

國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系
教育心理學報，民 97，40 卷，1 期，107-126 頁

跨學科間自我概念與學業成就路徑模式之 檢驗—整合模式在數學和科學領域的適用性*

簡 晉 龍

國立政治大學
心理學系

任 宗 浩**

國立台灣師範大學
科學教育中心

張 淑 婷

國立台灣科技大學
管理研究所

本研究以 TIMSS 1999 釋出之數據進行次級資料分析 (secondary data analysis)，針對台灣 5,690 位八年級學生的調查結果，以結構方程模式檢驗 Marsh 和 Köller (2003, 2004) 整合模式應用於解釋數學和科學成就與其自我概念關係之適用性。在橫斷性資料之條件下，本文將整合模式簡化為內外參照架構模式 (internal/external frame of reference model；簡稱 I/E 模式) 與動機資源競爭模式 (motivation-resource competition model；簡稱 MR 模式)。I/E 模式認為學業成就對於同領域的學業自我概念有正向預測力，對不同領域的學業自我概念有抑制效果；MR 模式則認為學業自我概念對於同領域的學業成就有正向預測力，而對不同領域的學業成就有抑制作用。為因應數學與科學學科特質，本研究提出 MR 的修訂模式，分析結果顯示模式路徑係數皆符合預期。

關鍵詞：TIMSS、互惠效果模式、似真值、次級資料分析、結構方程模式

關於自我概念與學業成就之關係大致可分為三種不同觀點：第一種稱為「技巧發展」模式 (skill development model)，持此觀點學者主張學生在學業或學科領域的表現水準會影響到其自我概念 (如 Pottebaum Keith, & Ehly, 1986)；第二種觀點稱為「自我提升」模式 (self-enhancement model)，探討自我概念對學業成就的影響 (如 Wigfield & Karpathian, 1991)；第三種為目前大部份學者所抱持的觀點，認為自我概念與學業成就兩者互為因果 (如 Guay, Marsh, & Boivin, 2003)，稱為互惠效果模式 (reciprocal effects model, 簡稱 REM)。自我概念不僅受到能力表現的塑造，也是影響學習成就的重要情意變項 (Hansford & Hattie, 1982; Pajares & Schunk, 2001)。

由於學生對於不同的學習領域可能展現不同的自我概念 (例如：數學自我概念、語文自我概念)，為了解釋這種多向度自我概念的建構，Marsh (1986) 提出「內外參照架構模式」(internal/external

* 本研究承蒙國科會之經費補助，計畫編號為 NSC95-2522-S-003-019-MY3，NSC94-2522-S-003-012。也承蒙國立政治大學心理系鄭中平老師在統計方法上的建議，以及審查委員提供寶貴意見，特此感謝。

** 為本文交通訊作者 tsungheu@ntnu.edu.tw；台北市文山區汀州路四段 88 號。

frame of reference model；簡稱 I/E 模式）以說明學生的數學和語文成就如何影響其數學和語文自我概念。研究指出領域內的學業成就對於自我概念（如數學成就對數學自我概念）有促進作用，而領域間的學業成就對自我概念（如數學成就對語文自我概念）則會產生較微弱的抑制效果（Marsh, Byrne, & Shavelson, 1988）。

Marsh 和 Köller（2003, 2004）進一步提出整合模式（Unification Model），以縱貫式（longitudinal）設計檢視數學／語文成就與數學／語文自我概念間互惠的因果關係（reciprocal causality）。研究結果除了支持 I/E 模式，也顯示相同領域內的自我概念對於學業成就（如數學自我概念對數學成就）有促進作用，而不同領域內的自我概念對學業成就（如數學自我概念對語文成就）則會產生微弱的抑制效果。

關於 I/E 或整合模式之研究，幾乎均以數學和語文學科領域為主（如 Marsh et al., 1988; Marsh, 1990），然自我概念與學業成就是教育心理學的重要議題，其理論能否直接擴充（或適用）至其它學科領域，有其研究價值與重要性。在科學教育裡，數學和自然科學是其兩大領域，兩者關係密切且所需能力亦多所重疊（蔡淑君、段曉林，2004; Wang, 2005）；相較於數學和語文，數學和科學之關係亦更加緊密（Marsh, 1992）。由於學科性質不同，整合模式能否直接應用於數學和科學領域，乃為本研究關注焦點。

本研究以「第三次國際數學與科學教育成就研究後續調查」（Third International Mathematics and Science Study-Repeat；簡稱 TIMSS1999）之台灣八年級學生資料進行次級資料分析。由於 TIMSS 1999 屬於橫斷（cross-sectional）資料，在同一時間點的條件下，本研究將整合模式分成 I/E 模式與「動機-資源競爭模式」（motivation-resource competition model，簡稱 MR 模式），以結構方程模式（Structural Equation Modeling；簡稱 SEM）檢驗 I/E 和 MR 模式應用於解釋數學和科學成就與其自我概念間準因果路徑關係之適用性。相關研究背景與待檢驗之模型說明如後：

一、自我概念與學業成就之關係

自我概念指「個體對於自己的知覺與判斷」（Shavelson, Hubner, & Stanton, 1976），也是「個人主體自我對客體自我的看法」（張春興，民 85）。有學者認為提升學生的自我概念能促進其學業表現（如 Brandon, 1994）；然這種簡單的「有正向自我就有好表現」之觀點近年亦受到質疑（簡晉龍、莊靜怡，民 96；Baumeister, Campbell, Krueger, & Vohs, 2003）。Hansford 與 Hattie（1982）對 128 篇相關研究進行後設分析（meta-analysis），發現不同研究報告的自我概念與學業成就相關分佈範圍從-.77 至.96，平均是.21；雖然各研究結果歧異性相當大，但若探討的是學業（而非整體）自我概念與學業成就，則兩者有顯著正相關。由於自我概念是一階層式的多向度建構（Byrne, 1984; Shavelson et al., 1976），整體自我概念—或稱一般自我概念（general self-concept）—位居自我概念結構的最高層，涵蓋之向度與層次過於廣泛，若以一般自我概念來預測學業成就（或以學業成就預測一般自我概念），難免有太多不相干成分涉入，而造成「兩者相關不顯著」或「解釋力過低」的局面（Pajares & Shunk, 2001; Hansford & Hattie, 1982; Pottebaum et al., 1986），而學業自我概念和學業成就的關係則相對較為密切（Byrne, 1984; House, 1996; Mboya, 1989）。

二、多向度自我概念與學業成就的理論模式

在 1970 年代前，學者多把自我概念視為單一向度構念，但隨理論與研究進展，益加支持自我概念是一個多向度構念，並具有階層性結構（Byrne, 1984; Shavelson et al., 1976）。Shavelson 等人（1976）主張，自我概念會因為領域的不同而出現多元分化的現象，相似的領域會形成更高階的自我概念，

使得個體自我概念成爲一個複雜的組合體；在自我概念的階層結構中，最上層的是一般自我概念。由於學校生活是生活經驗的重要來源，且學校學習是個人發展的主要活動之一，因此學生的自我概念首先會分化爲學業（academic）與非學業（non-academic）兩大範疇。由於各學科互有差異，學業自我概念再進一步分化爲各學科領域的自我概念（邱皓政，民 92；Marsh, 1992），如：語文、數學、科學...等，這些學科自我概念通常用來指涉學生對自己在該領域的能力知覺。

雖然早期教育心理學者對於學業自我概念和學業表現的互惠關係有所共識（Hansford & Hattie, 1982; Pajares & Schunk, 2001）；但特定領域內（如：數學成就對數學自我概念）和不同領域間（如：數學成就對語文自我概念）的成就表現與自我概念之關係逐漸受重視，其中主要的理論模型包括 I/E 模式（Marsh, 1986; Marsh et al., 1988; Marsh, 1990）和整合模式（Marsh & Köller, 2003, 2004），詳細說明如後。

（一）內外參照架構模式

由於 I/E 模式（請見圖 2（a））說明學科成就對學科自我概念的影響，故可歸爲技巧發展取向的理論模式。該模式主張：學生會根據兩種參照架構（或稱爲比較歷程）來形成語文自我概念（verbal self-concept）以及數學自我概念（math self-concept）（Marsh, 1986; Marsh, 1990）：一種是外在比較（external comparison）歷程（即社會比較），指學生將自己的語文（或數學）能力和他人的語文（或數學）能力比較；另一種參照來自內在比較（internal comparison），指學生比較自己在語文和數學能力上的好壞差異。

當透過社會比較得知自己的語文（數學）能力勝過他人，則語文（數學）成就對語文（數學）自我概念會有正向效果；反之，若語文（數學）成就經社會比較後遜於他人，則語文（數學）成就對語文（數學）自我概念會有負向效果。另一方面，學生會把自己的語文與數學成就拿來互相比較，若該生認爲語文成就優於數學成就，則內在比較會對語文自我概念產生正向效果，而對數學自我概念有負向效果；反之，若數學能力較優，則內在比較結果會對數學自我概念有正向效果，而對語文自我概念有負向效果。例如：某生的數學很好，班上排名第一，語文科也很好，大約在三、四名左右；當被要求評估是否同意「自己數學很好」時，傾向回答「非常同意」；但在評估是否同意「語文能力很好」時，透過內在比較歷程使得該生認爲自己語文雖好但卻不如數學，所以把語文能力評估爲還不錯，而傾向回答「同意」而不是「非常同意」。

因此，基於「學科自我概念之形成同時受外在與內在比較歷程所影響」之假設，I/E 模式預測數學成就對數學自我概念有正向預測力，但對語文自我概念有負向預測力；而語文成就對語文自我概念有正向預測力，但對數學自我概念有負向預測力。目前檢驗 IE 模式的研究多採 SEM 分析技術，結果顯示該模式受到支持（Marsh et al., 1988; Marsh, 1990; Möller & Köller, 2001），並具跨文化一致性（Marsh & Hau, 2004）。

（二）整合模式

在互惠效果模式（REM）前提（Guay et al., 2003; Marsh & Yeung, 1997a）下，I/E 模式僅說明數學/語文成就如何分別對數學/語文自我概念產生影響，但未解釋數學/語文自我概念如何影響數學/語文成就。爲此，Marsh 與 Köller（2003, 2004）提出整合模式（Unification model）來說明數學/語文成就與數學/語文自我概念間的互惠因果關係（reciprocal causality）（見圖 1）。在整合模式中，第一時間點的數學和語文成就及自我概念會影響第二時間點的數學和語文自我概念，此部分源自於 I/E 模式（圖 1 上半部）；此外，第一時間點的數學和語文自我概念與成就會影響第二時間點的數學和語文成就，此部分爲整合模式基於 I/E 模式所延伸出來的部分（圖 1 下半部）。

根據 Marsh 與 Köller（2003, 2004）的研究，語文（數學）自我概念對語文（數學）成就有正向預測力，而語文（數學）自我概念對數學（語文）成就則有些微的抑制效果（負向或是接近零）；他

們並未對此一結果提出明確的解釋，僅以類比 I/E 模式可以得到類似的結果為理由。如果說，學業成就就是透過兩種參照標準塑造自我概念；那麼，學業（學科）自我概念如何影響成就表現？Valentine、DuBois 和 Cooper（2004）指出不同學者所抱持的觀點，例如 Pajares, Britner 和 Valiante（2000）所支持的「自我驗證（self-confirmation）」觀點認為學生藉由追求良好的學業表現，以維持正向學業自我概念；又如，Markus 與 Nurius（1986）的「可能自我（possible selves）」觀點也說明了有正向自我概念的學生，因為希望自己未來在學業（或學科）上有好表現，而產生學習動機並積極投入學習活動等。相關文獻也指出學業自我概念具有引起動機的特性（Byrne, 1984; Green, Nelson, Martin, & Marsh, 2006），而學習動機將促使學生有較多學習行為（劉政宏、張景媛、許鼎延、張瓊文，民 94），對該學科投入較多心力，例如 Marsh 與 Yeung（1997b）研究顯示在控制學業成就後，學科自我概念仍對學生是否修習該科目有顯著正向效果。

然而，在資源有限情形下，當具正向數學自我概念的學生花較多心思在數學上，分配給語文科目的時間與資源則或多或少相對減少；同理，具正向語文自我概念的學生投注給數學科目心力可能也相對減少。如：研究發現自我概念對學生在同領域與不同領域的選修學分（選課行為），分別會產生正向與負向（或接近零）的效果（Marsh & Yeung, 1998）。因此，在數學和語文自我概念同時考量下，數學自我概念對語文成就可能有抑制效果（負向預測力，或至少是接近零）；同理，兩項自我概念同時考量下，語文自我概念對數學成就亦會有負向預測力（至少接近零）。

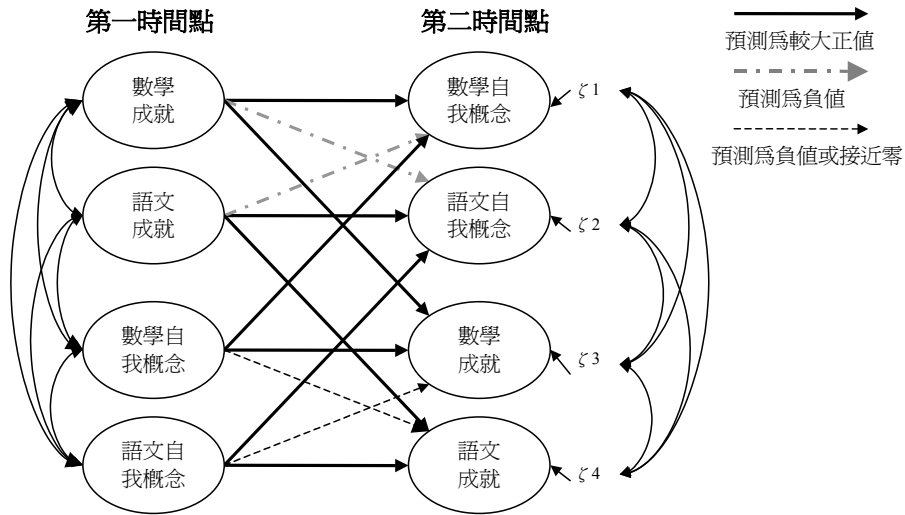


圖 1 整合模式之概念圖（修改自 Marsh & Köller, 2003）

（三）本研究檢驗之模式

根據 SEM 的檢驗結果，I/E 與整合模式皆受研究支持（Marsh & Hau, 2004; Marsh & Köller, 2004），但其結果侷限在語文和數學領域（如：Marsh, 1990; Marsh & Hau, 2004），本研究嘗試探討其在數學與科學領域的適用性。由於 TIMSS 1999 為橫斷性資料，無法檢驗整合模式的時序關係；但若檢視圖 1 的整合模式，並將第二時間點無限逼近第一時間點，去除同一個構念對自己的預測路徑（因為同一時間點無法以構念本身作為預測變項），可將整合模式簡化為兩部分：在預測學科自我概念的部份，會少掉由先備自我概念預測後續自我概念的路徑；這一部份會退化成為 I/E 模式（圖 2（a））。同理，在預測學科成就的部分，則少掉由先備知識（成就）預測後續成就的路徑，本研究稱之為 MR

模式 (圖 2 (b))。換句話說, 在橫斷設計的限制下, 整合模式簡化成 I/E 模式和 MR 模式。

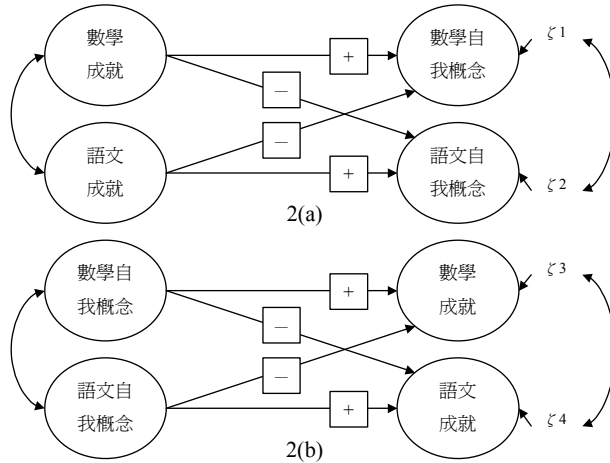


圖 2 整合模式在第二時間點逼近第一時間點的條件下之簡化圖

註：2(a)為數學/語文成就預測數學/語文自我概念的 I/E 模式；2(b)為數學/語文自我概念預測數學/語文成就的 MR 模式。

本研究探討的學科領域是數學和科學, 和 Marsh 和 Köller (2003, 2004) 所探討的數學與語文在學科特質上有所不同。人們常說「數學為科學之母」, 便是因為科學學習過程有許多需要藉助數學能力之處 (蔡淑君、段曉林, 2004), 研究也顯示數學與科學成就為高相關 (Marsh, 1992; Wang, 2005)。因此, 將整合模式推展至數學和科學時, 應有所修正。檢視 MR 模式的說明, 不難發現 MR 模式解釋學科自我概念對不同領域學科成就產生抑制效果的理由, 在於當學生投注心力於某個學科領域, 相對減少了其它領域研讀的時間。這個解釋的基本假設為學生研讀所有學科的時間與心力大約是固定的, 且對於該學科領域所投注的資源與學科表現有正向的關係 (Marsh & Yeung, 1998); 但也因為減少了對不同學科領域的努力, 間接對於不同學科的成就產生負向效果。但是如果兩個學科能力有高相關甚或重疊時, 這個假設便可能出現漏洞。

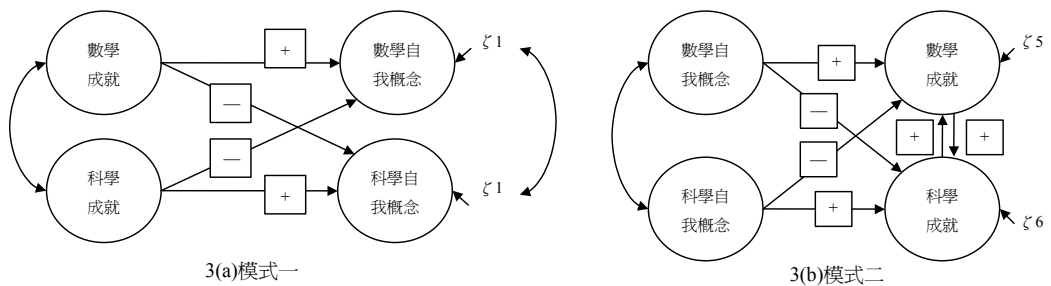


圖 3 本研究檢證數/理自我概念與數/理學業成就之準因果模式

註：模式一為 I/E 模式；模式二為預測科學成就與數學成就的 MR 模式

以科學成就為例, 如果正向數學自我概念的學生花較多的時間研讀數學, 相對花在研讀科學的

時間便減少，表面上，科學能力因為投注資源不足而無法提升，但是卻因為數學能力的提升而導致科學能力有所增加；整體的效果雖無法直觀推估，但是扣除了因數學能力的提升導致科學能力提升的部份後，花大部分時間研讀數學導致對科學努力不足，進而對科學成就所產生負面效果仍是合理的預期。所以當我們將科學成就作為被預測變項，且以數學成就作為中介變項時，因為科學成就的變異量由數學能力所佔的部分會被排除，故此時本研究預測數學自我概念對於科學成就有抑制的效果（請參考圖 3 (b)）。同理，當我們以數學成就為被預測變項時，若把科學成就當成中介變項，則合理猜測此時科學自我概念對於數學成就之預測係數為負值（也請參考圖 3 (b)）。因此，圖 3 (a) 與 3 (b) 為本研究為解釋數學與科學領域的自我概念與學業成之關係所提出之理論模式；其中，圖 3 (a) 為 I/E 模式，圖 3 (b) 為 MR 模式。

方 法

一、資料來源與樣本

本研究所採用的原始資料來自 TIMSS 1999 釋出之資料庫（請參見網址 <http://timss.bc.edu/timss1999i/database.html>），該調查於 1999 年 2 至 5 月間進行，學生對象為八年級（國中二年級），抽樣方法採「三階段分層集群抽樣設計」（three-stage stratified cluster sample design）（Gonzalez & Miles, 2001）：第一階段抽樣單位是學校，由各國自行決定分層變項，再以機率等比例（probabilities-proportional-to-size）系統抽樣決定受測學校；第二階段抽樣單位是受測學校內的班級，採隨機抽樣；第三階段是針對班級內的學生隨機分配不同題本。我國受測八年級學生共計 5,772 人。

二、測量變項與工具

以下說明本研究之測量工具，以及各測量變項與潛在變項之對應關係。

（一）數學自我概念

TIMSS 1999 與數學自我概念有關的題目有六題（其中五題來自 Mullis et al., 2000, Exhibit 4.8），採 4 點量尺作答（非常同意、同意、不同意、非常不同意）。根據信度分析，數學自我概念的內部一致性係數（ α ）為.81，若刪去一題「項目-總分相關」（item-total correlation）較低的項目，其內部一致性可達最高（.85），故本研究刪去該題，而採用其餘五題做為測量指標，各項目包括：（1）我在數學科的表現通常很好（ms1；參見附錄三）；（2）雖然我盡力了，可是數學對我而言，還是比別人難（ms2）；（3）沒有人可以在每個科目表現很好，我只是在數學方面較沒天分（ms3）；（4）數學不是我擅長的科目之一（ms4）；（5）有時候，在一開始時我無法瞭解一個新的數學單元，我就再也不會真正瞭解它（ms5）。

（二）科學自我概念

科學自我概念有五題（其中四題來自 Martin et al., 2000, Exhibit 4.8），作答方式與數學自我概念相同。科學自我概念的內部一致性（ α ）為.78，若刪去一題「項目-總分相關」較低的項目，其內部一致性可達最高（.81），故本研究刪去該題，而採用其餘四題做為測量指標，各項目包括：（1）我在自然科學科的表現通常很好（ss1）；（2）雖然我盡力了，可是自然科學對我而言，還是比別人難（ss2）；（3）沒有人可以在每個科目表現很好，我只是在自然科學方面較沒天分（ss3）；（4）自然科學不是我擅長的科目之一（ss4）。

（三）數學成就

TIMSS 1999 數學測驗的內容領域（分科）有：1.分數與數感（fns）；2.測量（mea）；3.資料呈現、

分析與機率 (dap); 4.幾何 (geo); 5.代數 (alg) 等五項分測驗 (Gonzalez & Miles, 2001, Exhibit 1.3)。答題型態有選擇、填充、和問答題，其中填充和問答為自由反應試題，需依賴人工閱卷評分。分析結果顯示該成就測驗具有良好的評分者間信度、內部一致性、以及專家效度 (羅珮華, 民 93)。本研究以數學各分測驗得分，作為數學成就 (能力) 的觀察指標。

(四) 科學成就

科學方面的內容領域 (分科) 有: 1.地球科學 (eas); 2.生命科學 (lis); 3.物理 (phy); 4.化學 (che); 5.環境與資源議題 (eri); 6.科學探究與科學本質 (nos) 等六項分測驗 (Gonzalez & Miles, 2001, Exhibit 1.3)，答題型態同上述數學測驗，該測驗具有良好信效度 (羅珮華, 民 93)。本研究以科學各分測驗得分，作為科學成就 (能力) 的觀察指標。

由於 TIMSS 的數學或科學測驗題數均相當多，故每位學生只答整個測驗的部分試題 (即其中一個題本)，而學生在數學與科學各分測驗得分，則藉由試題反應理論 (Item Response Theory, 簡稱 IRT) 的量尺化方法 (scaling methods)，以每位學生的平均答對率和每題的難度與鑑別度來估算之。然估計具有不確定性和誤差，TIMSS 為每位學生各分測驗的得分產生五個似真值 (plausible values) (羅珮華, 民 93)。因此，每位學生在各成就的分測驗上均有五個分數 (即每位學生均有五組成就測驗分數，而自我概念分數則只有一組)。似真值的處理方式見「研究設計與統計分析」一處的說明。

三、研究設計與統計分析

本研究利用 SEM 對 TIMSS 1999 之數據中，學業成就與學業自我概念的相關變項進行次級資料分析 (secondary data analysis)。統計軟體採用 LISREL 8.7 版。經表列刪除法 (listwise deletion) 處理遺漏值後，實際分析之樣本數為 5,690 人。

由於 TIMSS 採用似真值，或稱為多重插補法 (multiple imputation)，做為估算學生成就分數的方式 (Gonzalez & Miles, 2001)，為了在統計考驗中更精確地將測量誤差考慮進來，根據 TIMSS 技術手冊之建議，研究者可分別針對五組似真值，重複進行五次相同的分析，再根據五次分析所得之各組路徑係數與標準誤，計算出合併後之係數與標準誤 (Yamamoto & Kulick, 2000)。為因應不同組似真值，本研究共執行五次相同的分析過程，最後再將各次所得之路徑係數與標準誤進行整合估算 (Schafer & Graham, 2002; 計算公式請見附錄一)。以下為單次統計分析的流程：

(一) 變項常態性檢測

由於樣本分配型態會影響到參數估計結果，若常態性的假設不成立，會相當程度導致統計上的偏差 (邱皓政, 民 93)，故先檢視各觀察變項的偏態 (skewness) 與峰度 (kurtosis)。若偏態係數之絕對值大於 3 或峰度係數絕對值大於 10，則該變項分配被視為非常態 (引自邱皓政, 民 93)。由於各偏態與峰度係數均未超出上述標準，故採用最大概似法 (maximum likelihood) 作為參數估計法 (請參考黃芳銘、楊金寶, 民 93)。

(二) 驗證型因素分析

由於 SEM 包括測量模式與結構模式，若測量工具不佳，結構模式分析便不易有理想結果 (邱皓政, 民 93)。因此，先對成就測驗與自我概念指標分別進行驗證型因素分析 (confirmatory factor analysis, 簡稱 CFA)，以確認因素結構是否恰當，再進行潛在變項之路徑分析。由於數學和科學自我概念的問題形式幾乎相同 (即平行項目)，只是將學科 (數學、自然科學) 名稱替換，這會使潛在變項間之相關受到高估，故採 Marsh 與 Köller (2004) 的建議，在模式設定 (model specification) 方面將平行項目無法被共同因素解釋的殘差 (或稱獨特變異量) 設定為相關。

(三) 潛在變項路徑分析

經由 CFA 確保測量工具的構念效度後，進行潛在變項路徑分析 (path analysis with latent variables;

PA-LV) —即同時包含測量模式 (measurement model) 與結構模式 (structural model) 的完整模式分析 (邱皓政, 民 93)。模式檢驗包括模式設定與模式評鑑兩大部分, 說明如下:

1. 模式設定

以 SEM 的 PA-LV 對研究模式與路徑 (圖 3) 進行檢驗。潛在變項與觀察變項之對應關係見「測量工具與變項」之說明。對於數學和科學自我概念的平行項目, 將無法被共同因素解釋的殘差設定為相關 (同上述 CFA)。由於潛在變項係透過觀察變項推估, 沒有明確原點與測量尺度, 故須解決潛在變項量尺化的問題。一般而言, 潛在變項量尺化有兩種方法: 第一種是在每個潛在變項的觀察指標中選定一個信度最高者, 將此指標之因素負荷量設定為 1, 但此種方法計算的係數為非標準化係數; 第二種是將潛在變項的變異數設定為 1, 亦即將潛在變項量尺標準化 (黃芳銘, 民 93; Jöreskog & Sörbom, 1993)。本研究採第二種方法, 一方面解決量尺化的問題, 也讓所有潛在變項以同一個量尺表示, 並可直接利用估計出來的係數比較路徑間的效果。

2. 模式評鑑與修飾

本研究評鑑模式適合度之指標涵蓋三大類, 並附卡方值 (χ^2) 以供參考。各項指標及其理想標準如下 (黃芳銘, 民 93; 黃芳銘、楊金寶, 民 93): (1) 絕對適配指標 (absolute fit indexes), 包括 Goodness of Fit Index (簡稱 GFI, 需大於或等於 .90) 與 Root Mean Square Error of Approximation (簡稱 RMSEA, 小於或等於 .05 表示「良好適配」, .05 至 .08 為「不錯的適配」, .08 至 .10 為「中度適配」, 大於 .10 表示「適配不佳」) 兩項; (2) 相對適配指標 (relative fit indexes), 包括 Non-Normed Fit Index (簡稱 NNFI, 需大於或等於 .90) 與 Comparative Fit Index (簡稱 CFI, 需大於或等於 .90) 兩項; (3) 簡效適配指標 (parsimonious fit indexes), 包括 Parsimonious Normed Fit Index (簡稱 PNFI, 需大於或等於 .50) 與 Hoelter's Critical N (簡稱 CN, 需大於或等於 200) 兩項。

結果與討論

本研究利用五組似真值分別進行五次分析; 以不同組似真值所進行的 CFA 與 PA-LV 之結果均顯示, 欲檢驗之模式適合度達理想, 各路徑亦符合研究預期。然囿於篇幅限制 (也避免閱讀的繁瑣), 以下的 CFA 與 PA-LV 僅以第一組似真值做為代表, 以詳細說明統計分析之過程 (統計分析之語法, 請見附錄二; 觀察變項之兩兩相關與標準差, 請見附錄三); 最後, 再呈現各組似真值分析所得之路徑係數與標準誤, 並利用各次分析所得之係數與標準誤進行合併估計 (Schafer & Graham, 2002; Yamamoto & Kulick, 2000), 得到合併後之整體係數與標準誤 (請見表 3)。以下逐一呈現各項結果。

一、驗證性因素分析

(一) 自我概念之因素結構

如前所述, 學業自我概念會分化為各學科領域的自我概念 (邱皓政, 民 92; Marsh, 1992)。本研究首先對自我概念的九個項目進行 CFA。結果發現: 若將自我概念題目分成數學自我概念和科學自我概念兩個因素, 該模式 (模式 1A) 具有良好的適合度 (見表 1), 在 GFI (.98)、RMSEA (.067)、NNFI (.98)、CFI (.99)、PNFI (.60)、CN (400.25) 均達理想。本研究嘗試將自我概念題項視為單一因素 (見表 1 之模式 1B), 並比較單因素與雙因素模式之差異, 結果顯示: 雙因素在各項適合度指標上均較單因素理想, 雙因素模式之卡方值也顯著小於單因素模式的卡方值 ($\Delta\chi^2=6233.56$, $\Delta df=1$, $p<.001$)。模式 1A 各指標的因素負荷量 (標準化係數) 介於 .56~.84 之間, 數學自我概念和科學自我概念之因素相關為 .54。整體而言, 模式 1A 不僅優於模式 1B 且堪稱為理想。此處將自我概念項目區

分為二，不僅得到統計數據支持，同時亦符合理論上的看法：學生的學業自我概念會依據不同領域，再分化為不同的自我概念 (Byrne & Gavin, 1996; Shavelson et al., 1976)。由此看來，TIMSS 1999 的自我概念項目區分為數學與科學自我概念兩潛在因素較為恰當。

(二) 學業成就之因素結構

對學業成就各觀測指標進行 CFA，以確認學業成就較佳之因素結構。結果發現：若將成就指標分成數學成就 (或稱能力) 和科學成就兩因素，該模式具有良好的適合度 (見表 1)，該模式 (模式 2A) 在 GFI (.98)、RMSEA (.05)、NNFI (.99)、CFI (.99)、PNFI (.78)、CN (578.13) 均達理想。本研究嘗試將學業成就各指標視為單一因素 (見表 1 之模式 2B)，並比較單因素與雙因素模式之差異，結果顯示：除了 PNFI 外，雙因素在各項適合度指標上均較單因素理想，雙因素模式之卡方值也顯著小於單因素模式的卡方值 ($\Delta\chi^2=815.27$, $\Delta df=1$, $p<.001$)。模式 2A 各指標的因素負荷量 (標準化) 介於 .60~.91 之間，數學成就和科學成就之因素相關為 .90。整體而言，模式 2A 不僅優於模式 2B 且堪稱為理想，故 TIMSS 1999 的學業成就區分為數學與科學成就兩潛在因素，比起只視為單一潛在因素較為恰當。

表 1 測量工具 CFA 結果之適合度與比較

模式	df	適合度指標						
		χ^2	GFI	RMSEA	NNFI	CFI	PNFI	CN
1A	22	574.10***	.98	.067	.98	.99	.60	400.25
1B	23	6807.66***	.75	.250	.73	.82	.53	35.80
2A	43	664.98***	.98	.050	.99	.99	.78	578.13
2B	44	1480.25***	.95	.082	.98	.98	.79	265.07
模式比較	Δdf	$\Delta\chi^2$						
1A, 1B	1	6233.56***	+	+	+	+	+	+
2A, 2B	1	815.27***	+	+	+	+	-	+

註：*** $p<.001$ 。自我概念 CFA 之說明：1. 模式 1A：將所有學業自我概念項目區分為數學自我概念與科學自我概念兩個潛在因素；2. 模式 1B：將所有學業自我概念之項目視為同一個潛在因素。學業成就 CFA 之說明：1. 模式 2A：將數學與科學成就測驗的所有內容領域區分為數學成就與科學成就兩個潛在因素；2. 模式 2B：將數學與科學成就測驗的所有內容領域視為同一個潛在因素。模式適配度之比較：+ 表示前者優於後者 (如：以 1A, 1B 為例，1A 為前者，1B 為後者)；- 表示前者遜於後者；= 表示兩者相同；以下表格均同。

二、潛在變項之路徑分析

以下分析奠定在前述 CFA 基礎上，以 PA-LV 進行模式檢驗與參數估計，瞭解研究模式 (見圖 3) 之適合度與路徑係數是否符合預期。

(一) 技巧發展取向：I/E 模式

1. 初始模式

以 PA-LV 對 I/E 模式及其路徑 (圖 3 (a)) 進行檢驗，該模式具有良好契合度 (GFI=.96；RMSEA=.048；NNFI=.98；CFI=.99；PNFI=.83；CN=496.11； $\chi^2=2350.15$, $df=160$, $p<.001$) (見表 2 之模式一)。再者，此模式的路徑係數不僅皆達顯著水準，也符合 I/E 模式 (圖 3 (a)) 的預測 (見圖 4 之模式一)：就同學科領域的變項，數學成就對數學自我概念有正向預測力 ($\beta=.73$, $p<.001$)，科學成就對科學自我概念亦有正向效果 ($\beta=.76$, $p<.001$)；就不同領域而言，數學成就對科學自我概念有負向預測力 ($\beta=-.34$, $p<.001$)，科學成就對科學自我概念有負向效果 ($\beta=-.18$, $p<.001$)。

表 2 I/E 模式與替代模式之適合度比較

模式	df	適合度指標						
		χ^2	GFI	RMSEA	NNFI	CFI	PNFI	CN
一	160	2350.19***	.96	.049	.98	.99	.83	496.11
一 B	162	2792.47***	.95	.053	.98	.98	.84	422.29
模式比較	Δdf	$\Delta \chi^2$						
一, 一 B	2	442.28***	+	+	=	+	-	+

註：*** $p < .001$ 。模式適合度之比較。+- = 同表 2 之說明。

2. 多元共線性威脅之排除

雖然 CFA 之結果顯示數學成就和科學成就宜區分為兩個因素，但兩者相關高達 .90，可能多元共線性 (multicollinearity) 的問題，而導致模式檢驗與參數 (係數) 估計上有所偏差 (Jagpal, 1982; Marsh, Dowson, Pietsch, & Walker, 2004)。為了避免多元共線影響研究模式結果的穩定性，我們從三個面向來討論。首先，本研究的潛在變項之建構信度 (construct reliability) 或稱為組合信度 (composite reliability) 均在 .80 以上，同時具有大樣本特性，均有助於避免多元共線的威脅 (Grewal, Cote, & Baumgartner, 2004)。

此外，本研究進一步採 Marsh 等人 (2004) 建議之模式比較策略，就統計上的證據說明模式一的合理性，方法簡述如下：當兩個具有高相關的潛在預測變項同時預測某一潛在效標變項時，研究者可將兩條路徑係數設定為相等 (constrained to be equal)，得出一個替代模式後，再和原來路徑未受限制的模型 (初始模型，此處為本研究之模式一) 作比較，以確認何者為較佳之模型。要注意的是，研究者必須對兩個潛在預測變項進行量尺化，使其變異數皆為 1，如此才可以在同一個尺度上進行路徑係數的比較。根據 Marsh 等人 (2004) 的建議，本研究以模式一為基礎，提出模式一 B 為替代模型，將其路徑設定如下：數學成就至數學自我概念與科學成就至數學自我概念之路徑設定為相等；數學成就至科學自我概念與科學成就至科學自我概念之路徑設定為相等，其餘設定和模式一相同。如果數學成就與科學成就真的共線，也就是反映同一種構念向度，那麼這樣的設定應該是比模式一更理想；但就適合度指標而言，模式一在 GFI (.96)、RMSEA (.049)、CFI (.99) 和 CN (496.11) 的表現均比模式一 B (.95、.053、.98、422.29) 為佳，在 NNFI (.98) 上的表現則和模式一 B 相當；只有在 PNFI 上模式一 (.83) 略遜於模式一 B (.84)；此外，模式一的卡方值顯著地小於模式一 B 的卡方值 ($\Delta \chi^2 = 442.28, p < .001$)，故整體而言，模式一的適合度比模式一 B 更為理想 (見表 2 之模式比較)。

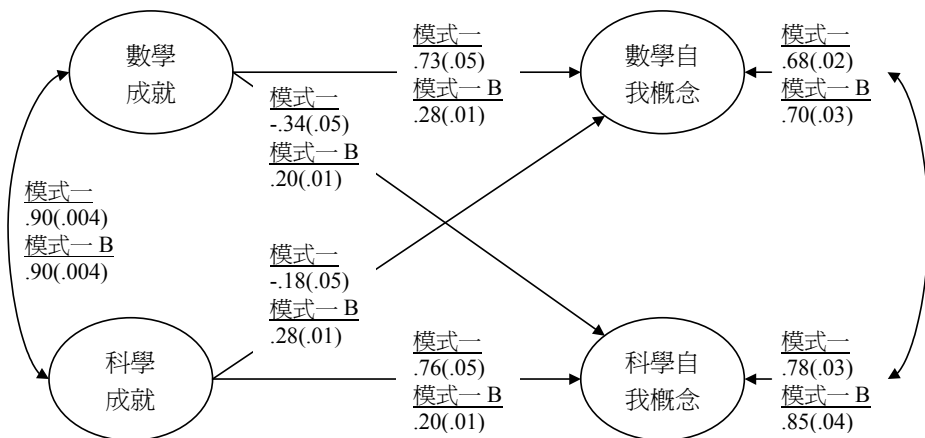


圖 4 I/E 模式之路徑係數

註：列出模式一與模式一 B 之標準化係數 (括弧內附上其標準誤)。測量模式省略。

另一個處理多元共線性問題的方法是檢視結構係數，在模式一路徑係數的標準誤（範圍.004~.05）均不大（見圖4），相較於路徑係數本身均非常小，顯示模式一的參數估計值已相當穩定（參見 Marsh et al., 2004）。綜言之，就統計證據來看，模式一除了比模式一 B 具有更佳的契合度，同時其參數估計結果（路徑係數）亦穩定；而就理論上的意義來看，模式一比模式一 B 更能符合現有理論上的解釋。上述結果顯示：雖然模式一中數學成就和科學成就兩個潛在預測變項高相關，但是卻不會因為多元共線的問題導致模式估計上的偏差。

（二）自我提升取向：MR 模式

模式二（見圖3（b））為「非遞迴模式（non-recursive model）」—即模式裡有雙向因果路徑，目前 SEM 技術與 LISREL 軟體可處理此類模型（Jöreskog & Sörbom, 1993）。由於模式二包括四個潛在變項，而欲估計之結構係數有七個（包括潛在變項之相關與各條準因果路徑），會產生辨識不足的（underidentified）情形，而使得各項結構係數的解有無限多組，無法估算。因此必須藉由將某些參數進行限定（restrictions）的策略而獲得解決（Shah & Goldstein, 2006）。由於篇幅所限，以下簡述本研究採取之策略：

1. 辨識不足的處理策略

由於模式二在數學和科學領域之變項間的路徑彼此是對稱的，而這樣的對稱關係有三組，包括：（1）學科內的預測路徑—數學自我概念對數學成就以及科學自我概念對科學成就之路徑；（2）跨學科間的預測路徑—數學自我概念對科學成就以及科學自我概念對數學成就之路徑；（3）互為影響之路徑—數學成就對科學成就以及科學成就對數學成就之路徑。我們可將其中一組路徑係數設定為相等，以減少模式二所需估計之參數，讓模式能夠順利被估計出來。

為了和整合模式有所對照，本研究首先讓自我概念與學科成就之路徑自由地被估計，而將前述「互為影響之路徑」設定為相等（策略一）。結果發現：就模式適合度而言，此模式的多項指標均佳（GFI=.94；RMSEA=.06；NNFI=.96；CFI=.97；PNFI=.81；CN=234.55）；就學科內的預測路徑，數學自我概念對數學成就（ $\beta = .40, p < .001$ ）與科學自我概念對科學成就（ $\beta = .24, p < .001$ ）均有正向效果，而跨學科間的路徑，數學自我概念對科學成就（ $\beta = -.08, p < .001$ ）與科學自我概念對數學成就（ $\beta = -.06, p < .001$ ）則有負向效果。雖然這些路徑均符合本研究以及整合模式之預測，但此模式有相當程度的模式殘差（SRMR=.28 > 一般標準.08），而且也無法比較數學成就與科學成就彼此的影響力，故本研究採取另外兩種參數限定策略—將「學科內的預測路徑」設定為相等（策略二），以及將「跨學科間的預測路徑」設定為相等（策略三）。

就模式適合度而言，策略二和策略三均比策略一的表現佳，而策略三又比策略二佳。由於三種策略下的模式並非互為巢套模式，此處也比較三者 in ECVI、AIC、CAIC 等指標的差別（見邱皓政，民 93），而策略三估計的模式均為最佳。此外，相較於策略三，策略二模式之結構參數有較大的標準誤（介於.01~.80），甚至有不合理的解釋殘差（此處科學成就之殘差變異量為 1.82；除了第二組似真值外，其它各組似真值的分析結果也有相同情形），顯示策略二的模式參數估計值較不穩定，也不是理想的模式。綜上所述，從模式適合度（也包括 ECVI、AIC、CAIC 等指標以及模式殘差）、係數標準誤、以及參數估計值合理性，策略三皆為最佳者，故採策略三進行 MR 模式的檢驗。

2. MR 模式的適合度與係數

採取策略三的方式，以 PA-LV 對模式二（圖3（b））進行檢驗。模式二的檢驗結果（見圖5）顯示：該模式具有良好的模式契合度（GFI=.96；RMSEA=.049；NNFI=.98；CFI=.99；PNFI=.83；CN=494.83； $\chi^2=2356.26, df=160, p < .001$ ）。就同學科領域的變項，數學自我概念對數學成就有正面預測力（ $\beta = .40, p < .001$ ），科學自我概念對科學成就有正面預測力（ $\beta = -.09, p < .001$ ），符合 MR 模式的預測。就跨學科領域的變項，數學自我概念對科學成就有負面預測力（ $\beta = -.09, p < .001$ ），科學

自我概念對數學，成就有負面預測力 ($\beta = .24, p < .001$)，亦符合 MR 模式的預測。就兩種成就互為影響之路徑，數學成就對科學成就有正面預測力 ($\beta = .77, p < .001$)，且科學成就對數學成就亦有正向效果 ($\beta = .42, p < .001$)。

雖然自我概念對跨學科成就的預測路徑受到某種程度的限制（即設定為相等），並非是完全自由的參數，故無法得知這兩條路徑在此模式中較精確的估計值，然而，此模式在各項契合度均達理想，表示這樣的路徑設定是可接受的；以策略一所得出的參數解，也支持數學自我概念對科學成就的路徑係數 ($\beta = -.05, p < .001$) 以及科學自我概念對數學成就的路徑係數 ($\beta = -.04, p < .001$) 為負向；因此，在 MR 模式中，自我概念對跨學科成就確有負向預測力（相較之下，若未考量數學與科學成就彼此的相互影響關係，自我概念對學科內的學習成就有正面預測力）。自我概念除了直接影響學科成就外，尚有其間接效果（indirect effect）。數學自我概念可透過數學成就提升科學成就 ($\beta = .31, p < .001$)，科學自我概念則可透過科學成就提升數學表現 ($\beta = .10, p < .001$)；另外，數學自我概念會透過科學成就對數學成就有負向效果 ($\beta = -.04, p < .001$)，而科學自我概念則透過數學成就抑制數學表現 ($\beta = -.07, p < .001$)。

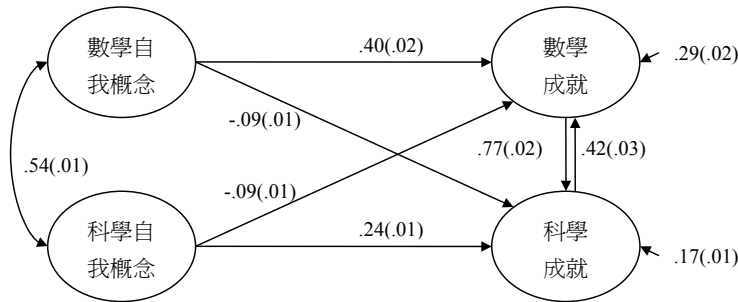


圖 5 模式二之路徑係數

註：數值顯示標準化後的路徑係數（括弧內附上其標準誤）。測量模式省略。

表 3 以各組似真值分析暨合併後之路徑係數與標準誤

模式與預測路徑	似真值組別					合併估計	
	第一組	第二組	第三組	第四組	第五組		
直接效果							
模式一	MACH->MSC	.73 (.05)	.61 (.04)	.74 (.04)	.73 (.04)	.91 (.06)	.74 (.13)
	SACH->SSC	.76 (.05)	.88 (.05)	.70 (.05)	.70 (.05)	.61 (.06)	.73 (.12)
	MACH->SSC	-.34 (.05)	-.44 (.05)	-.29 (.05)	-.26 (.04)	-.20 (.06)	-.31 (.11)
	SACH->MSC	-.18 (.05)	-.06 (.04) ^a	-.20 (.04)	-.18 (.04)	-.36 (.06)	-.20 (.13) ^a
直接效果							
模式二	MSC->MACH	.40 (.02)	.40 (.02)	.41 (.02)	.39 (.01)	.37 (.01)	.39 (.02)
	SSC->SACH	.24 (.01)	.27 (.01)	.24 (.01)	.25 (.01)	.19 (.01)	.24 (.03)
	MSC->SACH	-.09 (.01)	-.08 (.01)	-.09 (.01)	-.08 (.01)	-.07 (.01)	-.08 (.01)
	SSC->MACH	-.09 (.01)	-.08 (.01)	-.09 (.01)	-.08 (.01)	-.07 (.01)	-.08 (.01)
	MACH->SACH	.77 (.02)	.76 (.02)	.75 (.02)	.72 (.02)	.76 (.02)	.75 (.03)
	SACH->MACH	.42 (.03)	.38 (.03)	.42 (.03)	.44 (.03)	.50 (.03)	.44 (.06)
間接效果							
	MSC->MACH->SACH	.31 (.01)	.31 (.01)	.31 (.01)	.28 (.01)	.28 (.01)	.30 (.02)
	SSC->SACH->MACH	.10 (.01)	.10 (.01)	.10 (.01)	.11 (.01)	.10 (.01)	.10 (.01)
	MSC->SACH->MACH	-.04 (.01)	-.03 (.00)	-.04 (.00)	-.03 (.00)	-.04 (.01)	-.04 (.01)
	SSC->MACH->SACH	-.07 (.01)	-.06 (.01)	-.07 (.01)	-.06 (.01)	-.06 (.01)	-.06 (.01)

註：^a表示 $p < .10$ ，其它係數均達 .001 顯著水準（採單側考驗）。模式一無間接效果，模式二的間接效果皆達顯著。MACH 為數學成就；SACH 為科學成就；MSC 為數學自我概念；SSC 為科學自我概念；->為路徑方向。括弧內為標準誤。

(三) 合併後之路徑係數

以上分析為依據自我概念變項與成就測驗第一組似真值所得之結果，而經過五次相同的分析程序後，可得到五組不同的路徑係數與標準誤（如：數學成就對數學自我概念影響的路徑係數與標準誤皆有五個，請見表 3 之 MACH->MSC）。此處進一步根據五組似真值分析後之路徑係數與標準誤，計算出合併估計之係數與標準誤。由表 3 可知，從第一至第五組之分析，整體的結果相當一致。進一步檢視由各組係數合併估計之係數，除了科學成就預測數學自我概念之路徑僅達邊緣（marginal）顯著（ $\beta = -.20, p < .10$ ），其他係數皆達統計上的顯著水準，故整體結果與研究預期相吻合，各項間接效果也都顯著。雖然科學成就預測數學自我概念僅達邊緣顯著，但其方向仍與預期一致，且係數值（ $-.20$ ）與 Marsh 等人在數學和語文學科領域的研究結果（約介於 $-.07 \sim -.43$ 之間）相當（Marsh et al., 1988; Marsh, 1990; Marsh & Köller, 2003）。

結論與建議

一、理論上的意義

本研究探討整合模式在數學與科學學科領域的適用性，並以 SEM 進行模式參數估計與檢驗。首先，就 I/E 模式（見模式一），本研究發現以數學和科學成就同時預測數學和科學自我概念，其路徑係數皆能符合 I/E 模式之預測：數學（科學）成就對數學（科學）自我概念有正面預測力，而數學（科學）成就對科學（數學）自我概念則有抑制效果；此外，領域內學科成就對自我概念的正面效果（效果量）大於領域間的成就對自我概念的負面效果（如：Marsh et al, 1988; Marsh & Köller, 2004）。就理論上的價值而言，本研究支持 I/E 模式，更進一步拓展 I/E 模式適用於數理領域。就 MR 模式（見模式二），同學科內的自我概念確如預期對於學科成就有正向預測力，更重要地，跨學科間的預測路徑顯示：當從科學成就中排除掉數學能力（亦即排除了數學成就對科學成就變異量的預測）後，數學自我概念對科學成就的確有抑制效果；同理，科學自我概念也對數學成就產生抑制效果。就理論價值而言，本研究對整合模式的 MR 模式部分有所修飾，此為本文與 Marsh 與 Köller（2003, 2004）對整合模式的研究最大不同處。

本研究對學科自我概念如何影響成就的路徑（即 MR 模式），並非意圖複製整合模式（Marsh & Köller, 2003, 2004）之結果，而研究結果也確實符合本研究預期，而與整合模式稍有出入。然本文並非要推翻或否定整合模式，而在於精緻化其理論模式。本文基本上贊同整合模式在 MR 模式方面的觀點，亦即同一學科內的自我概念對學科成就有正向效果，而不同學科間的自我概念對學科成就則有負向或接近零的預測力（Marsh & Köller, 2004; Marsh & Yeung, 1998）。然而，在考量學科相關性之後，這樣直觀的預測便不見得會受到支持。例如：學生因正向數學自我概念而對數學學習成果產生助益時，等於也間接提升了科學方面的能力，故表面上數學自我概念對科學成就有正向效果，而扣除了科學成就的數學成分後，這樣的正向效果即消失。本文指出了這種情形存在之可能性，並提出更精緻化的理論預期，結果也符合假設。

二、整合模式在教育上的意涵

根據研究結果，進一步闡釋其在教育實務之意涵，以供讀者參考。首先，就整合模式，自我概念和成就的互惠效果是其基本假定，也受實徵證據支持（Marsh & Köller, 2003, 2004）；在此前提下，不論在任何學科領域，便不再問「改善學生學習技巧，或提升其自我概念」何者重要，而是兩者皆不應受到忽視。在教育現場，若能兼顧兩者，一方面對學生的學習困難給予適度指導，一方面給予

適時的回饋與鼓勵，相信在這樣互惠效果的相互增強下，可達最佳學習效果 (Marsh & Köller, 2003)。自我概念通常隨著年齡而益加穩固 (Guay et al, 2003)，相形之下，低年級生的自我概念較不穩固，更有賴教師適時地為學生搭建「鷹架」。

此外，I/E 模式指出學生透過兩種不同歷程形成學科自我概念。透過內在比較的歷程，一個在各科表現優異的學生在其較弱的領域上，也會有較低的自我概念（主觀認定自己在該領域能力較差）；反之，一般認為低學業成就的學生，在其相比之下較強的領域上，也可能會有較正向的自我概念。另一方面，教師對學生的知覺通常是較為全面的，而非以分科為單位，即所謂月暈效果 (halo effect)。例如：數學教師可能認為該班數學好的學生，在整體學業表現也不錯（即在其他科目表現亦佳），而認為數學低成就者的整體學業成就也不會太好。教師對學生的知覺與學生的自我知覺常存有落差，而錯誤期待則可能產生畢馬龍效應 (Pygmalion effect) 或自證預言 (self-fulfilling prophecy) 的結果 (Rosenthal, 1974)；若是正向期待可能有助學生的學習結果，但若是負向期待則可能有害於其學業成就，故應謹慎小心。

就 MR 模式，雖然學科自我概念對不同領域的成就有負向效果，但在數學和科學領域，考量兩者能力高度重疊性，數學自我概念對於科學成就或科學自我概念對數學成就，均有間接的正面效果。這很可能是因為數學（科學）自我概念透過提升了數學（科學）能力，間接地提升了科學（數學）成就所致，而此結果益加支持數學與科學是相輔相成的 (蔡淑君、段曉林, 2004)，故兩者間如何在分科之下且又能統整（如：教師可藉由科學應用範例，幫助學生學習抽象的數學概念；或者透過數學邏輯的推導，幫助學生掌握物理世界背後的原理原則），也許是數理教學工作者可思考之方向。

三、未來可行之研究方向

首先，過去 I/E 與整合模式之研究，皆以語文和數學兩學科為其研究範疇（如：Marsh, 1990）；本研究則顯示，對台灣八年級生而言，I/E 模式可推廣至數學與科學領域，而 MR 模式的部份因應學科特質加以修飾後，亦符合預期。雖然 Marsh 等人未將其理論限定於專屬學科，但其參數設定是否隨著不同學科而有變化，值得進一步探究。此外，學業自我概念係透過哪些中介變項影響學業表現，亦是值得進一步研究的議題。自我概念所影響之學業（學習）行為，除了學業選擇（如：課程選修）行為 (Marsh & Yeung, 1997b, 1998) 之外，可能還包括：努力程度、面對失敗後的堅持 (persistence)、以及內在學習動機提升等等 (Marsh, Byrne, & Yeung, 1999, p.164)。這些議題都是值得研究者未來的努力方向之一。

參 考 文 獻

- 邱皓政 (民 92)：青少年自我概念向度與成分雙維理論之效度檢驗與相關因素研究。教育與心理研究，26 期，85-131 頁。
- 邱皓政 (民 93)：結構方程模式：LISREL 的理論、技術與應用。台北：雙葉。
- 張春興 (民 85)：教育心理學。台北：東華。
- 黃芳銘 (民 93)：社會科學統計方法—結構方程模式。台北：五南。
- 黃芳銘、楊金寶 (民 93)：從受害者理論探討國中女生網路交友性侵害潛在危險因素之研究。師大學報：教育類，49 卷，1 期，21-40 頁。
- 蔡淑君、段曉林 (民 93)：論科學與數學之統整。科學教育月刊，275 期，6-19 頁。
- 簡晉龍、莊靜怡 (民 96)：高自尊的迷思：近年來自尊的研究及其帶來之省思。國教新知，54 卷，1

- 期，48-56 頁。
- 羅珮華（民 93）：從「第三次國際科學與數學教育成就研究後續調查（TIMSS 1999）」結果探討國中學生成績與學生特質的關係：七個國家之比較。國立台灣師範大學科學教育研究所博士論文。
- 劉政宏、張景媛、許鼎延、張瓊文（民 94）：國小學生學習動機成分之分析及其對學習行為之影響。教育心理學報，37 卷，2 期，173-196 頁。
- Baumeister, R. F., Campbell, J. D., Krueger, J. I., & Vohs, K. D. (2003). Does high self-esteem cause better performance, interpersonal success, happiness, or healthier lifestyles? *Psychological Science in the Public Interest*, 4(1), 1-44.
- Branden, N. (1994). *The six pillars of self-esteem*. New York: Bantam Books.
- Byrne, B. M. (1984). The general/academic self-concept nomological network: A review of construct validation research. *Review of Educational Research*, 54, 427-456.
- 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.
- Gonzalez, E. J., & Miles, J. A. (2001). *TIMSS 1999 User Guide for the International Database*. Chestnut Hill, MA: Boston College.
- Green, J., Nelson, G., Martin, A. J., & Marsh, H. (2006). The causal ordering of self-concept and academic motivation and its effect on academic achievement. *International Education Journal*, 7(4), 534-546.
- Grewal, R., Cote J. A., & Baumgartner, H. (2004). Multicollinearity and measurement error in structural equation models: Implications for theory testing. *Marketing Science*, 23(4), 519-529.
- 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.
- Hansford, B. C., & Hattie, J. A. (1982). The relationship between self and achievement/performance measures. *Review of Educational Research*, 52, 123-142.
- House, J. D. (1996). Student expectancies and academic self-concept as predictors of science achievement. *The Journal of Psychology*, 130(6), 679-681.
- Jagpal, H. S. (1982). Multicollinearity in structural equation models with unobservable variables. *Journal of Marketing Research*, 19, 431-439.
- Jöreskog, K. G., & Sörbom, D. (1993). *LISREL 8: Structural equation modeling with the SIMPLIS command language*. Chicago: Scientific Software International.
- Markus, H., & Nurius, P. (1986). Possible selves. *American Psychologist*, 41, 954-969.
- Marsh, H. W. (1986). Verbal and math self-concepts: An internal/external frame of reference model. *American Educational Research Journal*, 23, 129-149.
- Marsh, H. W., Byrne, B. M., & Shavelson, R. J. (1988). A multifaceted academic self-concept: Its hierarchical structure and its relation to academic achievement, *Journal of Educational Psychology*, 80(3), 366-380.
- Marsh, H. W. (1990). Influences of internal and external frames of reference on the formation of math and English self-concept. *Journal of Educational Psychology*, 82, 107-116.
- Marsh, H. W. (1992). Content specificity of relations between academic achievement and academic

- self-concept. *Journal of Educational Psychology*, 84(1), 35-42.
- Marsh, H. W., & Yeung, A. S. (1997a). Causal effects of academic self-concept on academic achievement: Structural equation models of longitudinal data. *Journal of Educational Psychology*, 89(1), 41-54.
- Marsh, H. W., & Yeung, A. S. (1997b). Coursework selection: Relations to academic self-concept and achievement. *American Educational Research Journal*, 34(4), 691-720.
- Marsh, H. W., & Yeung, A. S. (1998). Longitudinal structural equation models of academic self-concept and achievement: Gender differences in the development of math and English constructs. , *American Educational Research Journal*, 35(4), 705-738.
- 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 Psychologists*, 34(3), 155-167.
- Marsh, H. W., Dowson, M., Pietsch, J., & Walker, R. (2004). Why multicollinearity matters: A reexamination of relations between self-efficacy, self-concept, and achievement. *Journal of Educational Psychology*, 96(3), 518-522.
- Marsh, H. W., & Hau, K.-T. (2004). Explaining paradoxical relations between academic self-concept and achievements: Cross-cultural generalizability of the Internal/External Frame of Reference predictions across 26 countries. *Journal of Educational Psychology*, 96(1), 56-67.
- Marsh, H. W., & Köller, O. (2003). Unification of two theoretical models of relations between academic self-concept and achievement. In H. W. Marsh, R. G. Craven, & D. McInerney (Eds.) *International advances in self research* (Vol. 1, pp. 17-47). Greenwich, CT: Information Age.
- Marsh, H. W., & Köller, O. (2004). Unification of theoretical models of academic self-concept/achievement relations: Reunification of east and west German school systems after the fall of the Berlin Wall. *Contemporary Educational Psychology*, 29, 264-282.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., Gregory, K. D., Smith, T. A., Chrostowski, S. J., Garden, R. A., & O'Connor, K. M. (2000). *TIMSS 1999 International Science Report: Findings from IEA's Repeat of the Third International Mathematics and Science Study at the Eighth Grade*. Chestnut Hill, MA: Boston College.
- Mboya, M. M. (1989). The relative importance of global self-concept and self-concept of academic ability in predicting academic achievement. *Adolescence*, 24(93), 39-46.
- Möller, J., & Köller, O. (2001). Dimensional comparisons: An experimental approach to the internal/external frame of reference model. *Journal of Educational Psychology*, 93(4), 826-835.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Gonzalez, E. J., Gregory, K. D., Garden, R. A., O'Connor, K. M., Chrostowski, S. J., & Smith, T. A. (2000). *TIMSS 1999 International Mathematics Report: Findings from IEA's Repeat of the Third International Mathematics and Science Study at the Eighth Grade*. Chestnut Hill, MA: Boston College.
- Pajares, F., Britner, S. L., & Valiante, G. (2000). Relation between achievement goals and self-beliefs of middle school students in writing and science. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 406-422.
- Pajares, F., & Schunk, D. H. (2001). Self-beliefs and school success: Self-efficacy, self-concept, and school achievement. In R. J. Riding & S. G. Rayner (Eds.), *International perspectives on individual differences: Vol 2. Self-Perception*(pp. 239-266). London: Ablex Publishing.
- Pottebaum, S. M., Keith, T. Z., & Ehly, S. W. (1986). Is there a causal relation between self-concept and

- academic achievement? *Journal of Educational Research*, 79(3), 140-144.
- Rosenthal, R. (1974). On the social psychology of the self-fulfilling prophecy: Further evidence for Pygmalion effects and their mediating mechanisms. New York: MSS Modular.
- Schafer, J. L., & Graham, J. W. (2002). Missing data: Our view of the state of the art. *Psychological Methods*, 7(2), 147-177.
- Shah, R., & Goldstein, S. M. (2006). Use of structural equation modeling in operations management research: Looking back and forward. *Journal of Operations Management*, 24, 148-169.
- Shavelson, R. J., Hubner, J. J., & Stanton, G. C. (1976). Self-concept: validation of construct interpretations. *Review of Educational Research*, 51, 101-137.
- Valentine, J. C., DuBois, D. L., & Cooper, H. (2004). The relation between self-beliefs and academic achievement: A meta-analytic review. *Educational Psychologist*, 39(2), 111-133.
- Wang, J. (2005). Relationship between mathematics and science achievement at the 8th grade. *International Journal of Science and Math Education*, 5, 1-17.
- Wigfield, A., & Karpathian, M. (1991). Who am I and what can I do? Children's self-concepts and motivation in achievement situations. *Educational Psychologist*, 26, 233-261.
- Yamamoto, K., & Kulick, E. (2000). Scaling methodology and procedures for the TIMSS mathematics and science scales. In M. O. Martin, K. D. Gregory, & S. E. Stemler (Eds.), *TIMSS 1999 Technical Report* (pp. 235-263). Chestnut Hill, MA: International Study Center, Boston College.

收稿日期：2006年12月26日

一稿修訂日期：2007年06月05日

二稿修訂日期：2007年09月05日

三稿修訂日期：2007年10月09日

四稿修訂日期：2008年01月14日

接受刊登日期：2008年01月16日

附錄一：合併估計之路徑係數與標準誤的計算公式

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{Q}_j}{m} \quad (\text{公式 1}) \quad \bar{U} = \frac{\sum_{j=1}^m U_j}{m} \quad (\text{公式 2}) \quad B = \frac{\sum_{j=1}^m [\bar{Q}_j - \bar{Q}]^2}{m-1} \quad (\text{公式 3})$$

$$T = \bar{U} + (1 + m^{-1})B \quad (\text{公式 4}) \quad v = (m-1) \left[1 + \frac{\bar{U}}{(1 + m^{-1})B} \right]^2 \quad (\text{公式 5})$$

說明：以某一條特定路徑(如數學成就對數學自我概念)來說，以某一組似真值所估計出的路徑係數與標準誤分別為 \bar{Q}_j 與 U_j (j 表示第幾數，在本研究中 $j=1\sim 5$)。公式 1 係用來估計各組係數 \bar{Q}_j 合併後之路徑係數 \bar{Q} ， m 為似真值組數(在本研究中為 5)；公式 2 則用來估計 \bar{Q} 之標準誤 T 。 T 是經由 \bar{U} (見公式 2) 和 B (見公式 3) 加權後所組合而成。將 \bar{Q} 除以 T 可得統計考驗數 t 值。運用公式 5 即可計算出此 t 值之自由度 v 。

附錄二：模式語法(以 IE 模式為例，/ 表示隔一行)

```
title 'IE model' / Observed variables: ms1 ms2 ms3 ms4 ms5 ss1 ss2 ss3 ss4 alg dap fns geo mea che
eas lis phy eri nos/ Correlation matrix / 輸入相關矩陣 / Standard deviations: 輸入標準差 / Sample
Size=5960 / Latent Variables: MSC SSC MACH SACH / Relationships: / ms1 ms2 ms3 ms4 ms5=MSC /
ss1 ss2 ss3 ss5=SSC / alg dap fns geo mea=MACH / che eas lis phy eri nos =SACH / MSC=MACH SACH
/ SSC=MACH SACH / Let the errors between ms1 and ss1 correlate / Let the errors between ms2 and ss2
correlate / Let the errors between ms3 and ss3 correlate / Let the errors between ms5 and ss4 correlate / Let
the errors between MSC and SSC correlate / LISREL Output / Path Diagram / End of Problem
```

附錄三：所有觀察變項之相關矩陣與標準差

變項	數學自我概念					科學自我概念					數學成就					科學成就				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.ms1	—																			
2.ms2	<u>.48</u>	—																		
3.ms3	<u>.45</u>	<u>.62</u>	—																	
4.ms4	<u>.41</u>	<u>.48</u>	<u>.46</u>	—																
5.ms5	<u>.60</u>	<u>.61</u>	<u>.62</u>	<u>.53</u>	—															
6.ss1	<u>.52</u>	<u>.23</u>	<u>.19</u>	<u>.24</u>	<u>.28</u>	—														
7.ss2	<u>.22</u>	<u>.47</u>	<u>.36</u>	<u>.35</u>	<u>.33</u>	<u>.38</u>	—													
8.ss3	<u>.23</u>	<u>.36</u>	<u>.48</u>	<u>.36</u>	<u>.36</u>	<u>.38</u>	<u>.63</u>	—												
9.ss4	<u>.26</u>	<u>.31</u>	<u>.30</u>	<u>.32</u>	<u>.41</u>	<u>.48</u>	<u>.59</u>	<u>.65</u>	—											
10.alg	.42	.38	.33	.43	.39	.23	.25	.23	.21	—										
11.dap	.31	.28	.24	.34	.28	.16	.16	.14	.11	<u>.62</u>	—									
12.fns	.39	.39	.31	.44	.36	.22	.27	.22	.20	<u>.77</u>	<u>.67</u>	—								
13.geo	.34	.34	.32	.36	.35	.20	.25	.24	.23	<u>.61</u>	<u>.52</u>	<u>.60</u>	—							
14.mea	.35	.31	.27	.38	.31	.19	.22	.20	.19	<u>.70</u>	<u>.60</u>	<u>.75</u>	<u>.58</u>	—						
15.che	.30	.26	.23	.30	.26	.26	.25	.22	.23	<u>.52</u>	<u>.49</u>	<u>.57</u>	<u>.49</u>	<u>.53</u>	—					
16.eas	.23	.25	.19	.27	.20	.19	.25	.20	.18	<u>.47</u>	<u>.41</u>	<u>.49</u>	<u>.37</u>	<u>.46</u>	<u>.41</u>	—				
17.lis	.27	.24	.18	.32	.22	.27	.26	.23	.25	<u>.53</u>	<u>.46</u>	<u>.60</u>	<u>.46</u>	<u>.51</u>	<u>.50</u>	<u>.43</u>	—			
18.phy	.28	.28	.22	.33	.27	.26	.27	.23	.25	<u>.54</u>	<u>.45</u>	<u>.60</u>	<u>.53</u>	<u>.53</u>	<u>.56</u>	<u>.45</u>	<u>.52</u>	—		
19.eri	.24	.25	.22	.26	.24	.25	.28	.27	.26	<u>.50</u>	<u>.44</u>	<u>.55</u>	<u>.44</u>	<u>.48</u>	<u>.51</u>	<u>.44</u>	<u>.51</u>	<u>.47</u>	—	
20.nos	.25	.19	.16	.26	.20	.21	.15	.15	.19	<u>.49</u>	<u>.42</u>	<u>.53</u>	<u>.47</u>	<u>.47</u>	<u>.44</u>	<u>.30</u>	<u>.47</u>	<u>.49</u>	<u>.36</u>	—
標準差	.78	.87	.91	.90	1.00	.71	.80	.82	.87	1.13	1.06	1.02	1.02	.94	1.01	.86	.96	.98	1.01	.87

註：所有相關均達.001 顯著水準。成就指標得自第一組似真值。其中，1~5：數學自我概念之指標；6~9：科學自我概念之指標；10~14：數學成就之指標；15~20：科學成就之指標。係數加方框者：同一潛在變項之指標的相關；加底線者：不同自我概念（數學/科學自我概念）之指標的相關，或不同學科成就（數學/科學學業成就）指標間的相關。

Bulletin of Education Psychology, 2008, 40 (1), 107-126
National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

Academic Self-Concept and Achievement Within and Between Math and Science: An Examination on Marsh and Köller's Unification Model

Chin-Lung Chien

Department of Psychology
National Chengchi University

Tsung-Hau Jen*

Science Education Center
National Taiwan
Normal University

Shu-Ting Chang

Graduate School of Management
National Taiwan University
of Science and Technology

This study is based on a secondary analysis of data collection from 5,690 Taiwanese 8th graders in TIMSS 1999. Marsh and Köller's (2003, 2004) Unification model was examined by using a structural equation modeling technique. Due to limitation of cross-sectional data, the Unification model was further divided into an internal/external frame of reference model (I/E model) and a motivation-resource competition model (MR model). In support of the I/E model, math achievement had a positive effect on math self-concept but a negative effect on science self-concept. On the other hand, science achievement had a positive effect on science self-concept but a negative effect on math self-concept. Consistent with the revised MR model, self-concept in one domain (math or science) had a positive effect on achievement in the same subject, but a negative effect of achievement in another domain (science or math). The results indicated that I/E model and modified MR model could be generalized to math and science subject areas.

KEY WORDS: plausible value, reciprocal effects model, secondary data analysis, structural equation modeling, TIMSS

* Correspondence author: tsunghou@ntnu.edu.tw