

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

他們為什麼不喜歡數學？中學生數學素養之追蹤研究：以  
TIMSS 資料分析為例  
研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 95-2521-S-004-001-  
執行期間：95年08月01日至96年07月31日  
執行單位：國立政治大學教育學系

計畫主持人：余民寧

計畫參與人員：博士班研究生-兼任助理：謝進昌、李仁豪  
碩士班研究生-兼任助理：韓珮華

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 96年07月28日

## 二、緣由與目的

根據最近一次國際成就調查委員會（The International Association for the Evaluation of Education Achievement, IEA）主辦的「國際數學與科學教育成就趨勢調查」（Trends in International Mathematics and Science Study, TIMSS 2003）於 2003 年的調查報告顯示（Mullis, Martin, Gonzales, & Chrostowski, 2004）：我國國二學生在「喜歡學習數學」的人數統計上，近四年來已降低 16%，並且低於 OECD 國際平均水準；換句話說，我國國二學生的數學學習興趣不如國際的平均程度，並且有每況愈下的趨勢。然而，弔詭的事是：該報告亦指出我國國二學生的數學評比成績，卻是全球 49 個參賽國中的第 4 名，僅次於新加坡、南韓、和香港。

因此，臺灣的新聞媒體開始大幅報導此「高成就、低興趣」的現象，並且此震撼消息一出，即刻引發國內各方學者的討論與爭辯，部分人士甚至認為這都是教育改革所帶來的「後遺症」（李名揚，2004；孟祥傑、李名揚，2004）。

然而，台灣國二學生的反應，果真如新聞媒體報導所言，厭惡數學的人數大幅增加，而且呈現「高成就、低興趣」的現象嗎？若真如此，這將引發兩個值得探討的學術性議題：第一，過去西方學者的理論均認為「學習興趣」是激發學生努力的動力之一（如：Wigfield 和 Eccles（2000）的期望價值模式、Deci 和 Ryan（1985）的認知評價理論等，均持如此的看法），興趣與成就之間為正向關係；但是，我國學生的表現，卻顯示出「在低興趣下具有優異成就表現」的結果。這兩者之間，似乎有弔詭、懸疑、矛盾之處存在？第二，過去認為學習興趣與自信兩因素，均能促進學習成就表現，但是，我國學生的表現，卻是在這兩者因素均普遍偏低的情況下，反而學習成就表現優異，其幕後的真正原因又為何呢？

針對上述兩項議題，由於目前尚無實徵證據可加以解答，因此，本研究的目的，即擬以數學科為範圍，企圖利用 TIMSS 2003 的台灣資料，進行二級資料分析（secondary analysis），以瞭解我國學生學習興趣偏低但表現優異的可能原因，並進而提出教學實務上的改進建議。

## 三、方法

根據前述的研究目的，本研究進行相關文獻（林冠群、葉明達，2002；林素卿，2003；陳竹村，2000，2003；甯自強，1993；劉曼麗，1996；鍾靜，1993，1994；Cobb, Wood, Yackel, & McNeal, 1992；Deci & Ryan, 1985；Duffy & Jonasses, 1992；Guay, Boggiano, & Vallerand, 2001；Hopkins, McGillicuddy-De Lisi, & De Lisi, 1997；Kim, 2005；Neal, 2004；Richardson, 2003；Timmermans & Van Lieshout, 2003；Travis & Lord, 2004；Wigfield & Eccles, 1994, 2000；Yuen & Hau, 2006）的評閱工作，並大膽假設屬於外在環境的建構式教學與教師中心式教學，會透過學生的能力知覺、數學有效性、與數學學習興趣等因素，而直接與間接影響數學成就表現。為了彰顯此一整體互動型態的影響特性，本研究採用結構方程式模型（structural equation modeling, SEM）方法學為架構，以建構一個影響國中生數學學習興趣與數學成就的理論模式，並探討潛在變項之間的路徑關係。

本研究樣本資料取自 TIMSS 2003 中的台灣資料庫，以整列刪除法 (listwise deletion) 刪除具遺漏值 (missing values) 之樣本後，再以「國中學生問卷」中第十大題之「不用電算器來做加減乘除的運算」與「使用電算器」兩題作為測謊題，該兩題的問法正好相反，若受試樣本在該兩題上的填答呈現互相矛盾時 (例如，前一題答「非常同意」或「同意」，後一題也答「非常同意」或「同意」時，即表示前後作答互相矛盾，該受試者並未認真作答)，即視為無效作答者。因此，刪除疑似不認真作答者之後，最後的有效樣本數共計 3,929 名。

為使本研究所提出之模型具模型穩定性之證據，研究者以隨機分派 (random assignment) 方式，將 3,929 名有效樣本分成建模樣本 (calibration sample) 與驗證樣本 (validation sample) 兩群 (如表 1 所示的受試者分配表)，以進行最終模式的交叉驗證 (cross-validation)。

表 1 受試者分配 (單位：名、%)

	男生人數 (百分比)	女生人數 (百分比)	合計人數
建模樣本	951 (48.8)	996 (50.2)	1,947 (100)
驗證樣本	996 (50.3)	986 (49.7)	1,982 (100)
合計	1,947 (49.6)	1,982 (50.4)	3,929 (100)

本研究採用 TIMSS 2003 中的「國中學生問卷」與「數學測驗評量」資料，依據相關理論與《TIMSS 2003 Technical Report》(p. 317) 的說明，選擇其中適當的試題資料，作為本研究所擬探索因素結構模型的測量指標。茲選定「國中學生問卷」第十大題中的「10-(f)把所學的數學連結到日常生活上」、「10-(g)解釋自己的答案」、「10-(h)在解一些複雜問題時,我們自己決定解題步驟」等3題，作為「建構式教學」(constructivist instruction) 潛在變項的測量指標；選定第十大題中的「10-(i)檢討家庭作業」、「10-(j)聽老師講課」、「10-(k)自己做數學題目」、「10-(l)在課堂上就開始做家庭作業」、「10-(m)平時考或小考」等5題，作為「教師中心式教學」(teacher-centered instruction) 潛在變項的測量指標；選定第八大題中的「8-(a)我的數學不錯」、「8-(c)我覺得數學比較難，其他同學卻覺得比較容易」、「8-(g)與數學有關的事我學得快」等3題，作為「能力知覺」(ability beliefs) 潛在變項的測量指標；選定第八大題中的「8-(b)我希望在學校多上些數學課」、「8-(d)我喜歡學數學」等2題，作為「數學學習興趣」(mathematics learning interests) 潛在變項的測量指標；選定第九大題中的「9-(a)我認為數學對我日常生活有幫助」、「9-(b)我需要用數學去學習其他科目」、「9-(c)我需要學好數學以進入我心目中理想學校」、「9-(e)我需要把數學學好才能得到我想要的職業」等4題，作為「數學有效性」(mathematics usefulness) 潛在變項的測量指標；最後，選定「數學測驗評量」中的第一種能力可能值(plausible values)，作為「數學成就」(mathematics achievement) 潛在變項的測量指標。

本研究茲針對研究目的與前述的文獻評閱後，提出如圖 1 所示的初始模型，

除採用前述探索性因素分析 (Long, 1983) 外, 並採用結構方程式模型等檢定策略, 來進行模型的檢定 (余民寧, 2006; 邱皓政, 2003; Bagozzi & Yi, 1988; Hair, Black, Babin, Anderson, & Tatham, 2006; Kline, 2005)。同時, 在模式獲得初步確認後, 本研究再以驗證樣本進行最終適配模式的交叉驗證工作, 採行嚴格複製策略 (tight replication strategy) 與寬鬆複製策略 (loose replication strategy) 的檢定作法, 比較兩者間的卡方值差異, 以獲得模型穩定性 (model stability) 之證據。

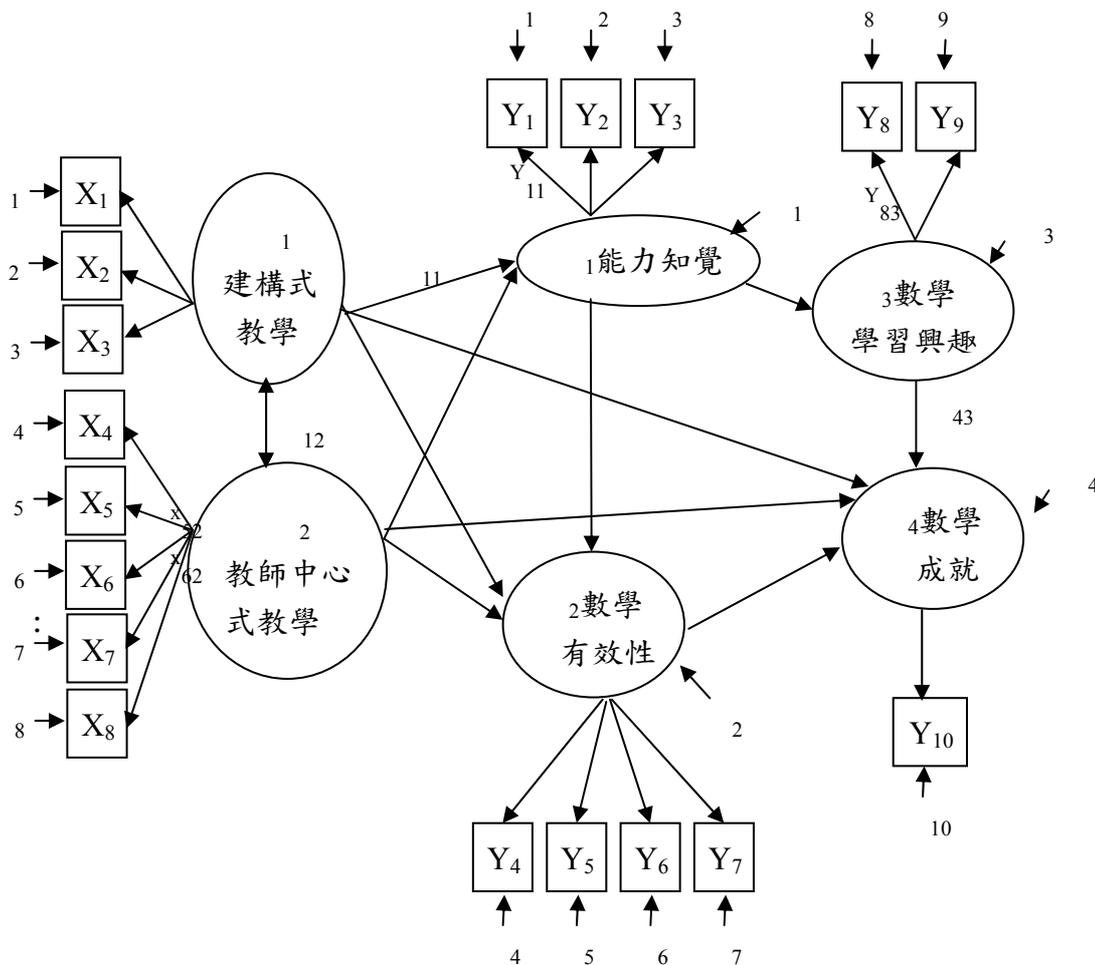
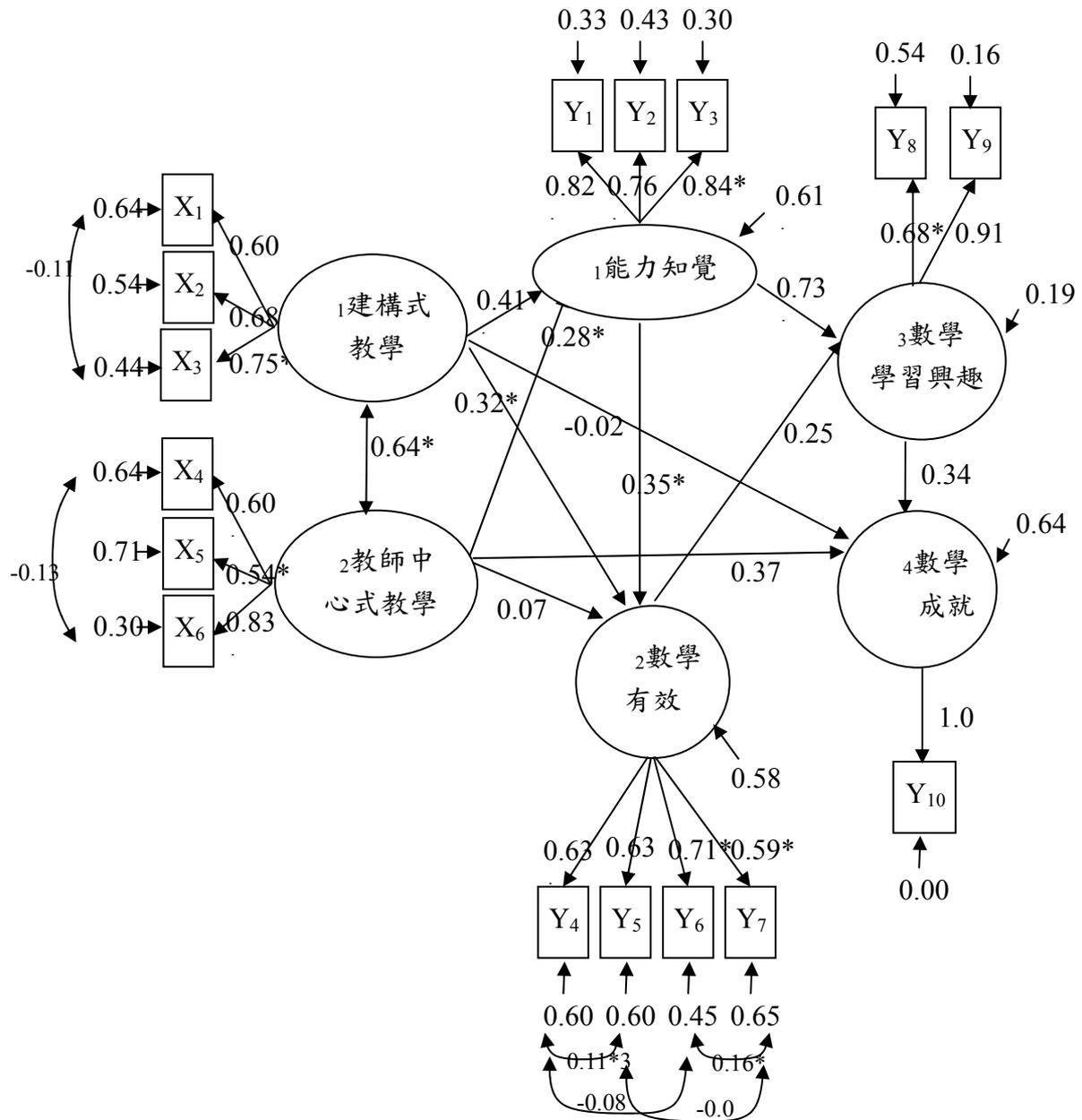


圖1 本研究之初始模型

#### 四、結果與討論

經由 LISREL 程式執行結果, 並參考修正指標 (modification index, MI) 及理論解釋的合宜性之後, 確定最終模式的參數估計結果如圖 2 所示, 其整體、比較、精簡適配度指標摘要表如表 2 所示, 內在適配度指標摘要表如表 3 所示, 且交叉驗證之評估策略適配度評鑑表如表 4 所示。根據上述這幾個摘要表的適配度指標評鑑結果顯示, 大體而言, 最終模式所隱含的結構方程式模型圖是適配的, 並且, 交叉驗證分析之後, 亦顯示本模式具有模型穩定之特性。



Chi-Square=769.72,  $df=88$ ,  $p\text{-value}=0.00000$ , RMSEA=0.063

圖 2 最終模式之標準化參數估計

表 2 整體、比較、精簡適配度指標摘要表

指標類型	指標	適配標準值	檢定結果	配適判斷
整體適配度指標	WLS $\chi^2$	未達.05 的顯著水準	769.716	否
	GFI	大於.90	0.953	是
	AGFI	大於.90	0.927	是
	SRMR	小於 0.08	0.042	是
	RMSEA	.05 以下良好、.05~.08 合理	0.063	是
比較適配	CFI	大於.90	0.977	是

度指標	NNFI	大於 .90	0.969	是
精簡適配度指標	PNFI	越接近 1 越好	0.714	是
度指標	CN	大於 200	326.050	是

表 3 最終模式之個別信度指標、潛在變項組合信度、及變異數平均解釋量摘要表

潛在變項及測量變項	個別變項 信度指標	潛在變項的 組合信度	潛在變項的 變異數平均解 釋量
<b>ξ<sub>1</sub>建構式教學</b>		0.72	0.46
X <sub>1</sub> 把所學的數學連結到日常生活上	0.36		
X <sub>2</sub> 解釋自己的答案	0.46		
X <sub>3</sub> 在解一些複雜問題時，我們自己決定解題步驟	0.56		
<b>ξ<sub>2</sub>教師中心式教學</b>		0.70	0.45
X <sub>4</sub> 檢討家庭作業	0.36		
X <sub>5</sub> 聽老師講課	0.29		
X <sub>6</sub> 自己做數學題目	0.70		
<b>η<sub>1</sub>能力知覺</b>		0.85	0.65
Y <sub>1</sub> 我的數學不錯	0.67		
Y <sub>2</sub> 我覺得處學比較難，其他同學卻覺得比較容易	0.57		
Y <sub>3</sub> 與數學有關的是我學得快	0.70		
<b>η<sub>2</sub>數學有效性</b>		0.74	0.42
Y <sub>4</sub> 我認為數學對我日常生活有幫助	0.40		
Y <sub>5</sub> 我需要用數學去學習其他科目	0.40		
Y <sub>6</sub> 我需要學好數學已進入我心目中理想學校	0.51		
Y <sub>7</sub> 我需要把數學學好才能得到我想要的職業	0.35		
<b>η<sub>3</sub>數學學習興趣</b>		0.78	0.65
Y <sub>8</sub> 我希望在學校多上些數學課	0.46		
Y <sub>9</sub> 我喜歡學數學	0.84		
<b>η<sub>4</sub>數學成就</b>		1.00	1.00
Y <sub>10</sub> 數學成績	1.00		

表 4 交叉驗證之評估策略適配度評鑑表

整體模式適配			驗證樣本		
MFF $\chi^2$ (df)	WLS $\chi^2$ (df)	$\Delta$ WLS $\chi^2$ (df)	MFF $\chi^2$	$\Delta$ MFF $\chi^2$ (df)	貢獻 %
寬鬆複製策略					
1553.7028 (176)	1625.2001 (176)	---	815.3270	---	52.48%

---

嚴格複製策略

1597.7798 (224)	1673.6336 (224)	48.4335 (48) $p > .05$	839.3545	24.0275 (48) $p > .05$	52.53%
--------------------	--------------------	------------------------------	----------	------------------------------	--------

---

本研究最終模式顯示，不同教學方式的確對學生心理特質與數學成就表現產生不同程度的影響。其中，建構式教學對數學成就的直接影響未達顯著水準，顯示建構式教學主要是透過提升學生內在心理特質而間接影響成就表現；而教師中心式教學對數學有效性直接影響未達顯著，顯示教師中心式教學主要是透過提升能力知覺而間接提升數學有效性。雖然，教師中心式教學對於能力知覺、數學有效性、與數學學習興趣等心理特質的正面影響效果不如建構式教學強烈，但是其對數學成就的直接與間接正向影響力，卻優於建構式教學的影響力。由此可見，我國國二學生之所以會產生喜歡數學的比例偏低現象，其背後的教學方式具有一定程度的影響力，政府過去所推行的建構式教學雖然有助於學生心理特質的提升（如：能力知覺、數學有效性、與數學學習興趣等），卻無法滿足我國考試制度的遊戲規則，強調「唯一」、「快速」、與「標準答案」的測驗方式要求（許清陽，2004），因此，教師中心式教學法能在短時間內傳遞與精熟大量訊息，有效提升成就表現，在當前的考試方式要求下，便顯得較具魅力，較為普遍使用。

再者，除教學方法外，影響我國國二學生數學成就表現的成因，還有心理特質等因素。從本研究數據可知，能力知覺、數學有效性、與數學學習興趣等心理特質，對數學成就的影響亦功不可沒。但是，為何國內媒體會提出我國國二學生數學學習興趣逐漸下降的報導，以致呈現高成就、低興趣的弔詭論調，研究者推測可能是文化因素所造成主觀判斷上的系統性偏見所致。根據 Heine 與 Hamamura (2007) 針對一系列跨文化研究進行後設分析 (meta analysis) 發現，在大部分情境中，西方社會有明顯自利歸因 (self-enhance) 傾向，而東方社會則偏向自我批評 (self-critical)。就以我國教育文化而言，自幼年起，師長即會傳遞「謙虛便是美德」的重要性，因此，當在進行這些心理特質的判斷時，我國國二學生便可能因此轉趨保守（如：記住謙虛即是美德的紀律）與負面（如：嚴格地批判自己）。就誠如《PISA 2003 技術報告》(PISA 2003 technical report) 所言，縱使在整體國際比較時，部分國家呈現高成就、低正向心理特質等不一致傾向，但是就該國內部自行比較時，仍然是呈現高成就、高正向心理特質的學習傾向；我國即是呈現如此現象的國家之一，並無弔詭之處。況且，TIMSS 1999 與 TIMSS 2003 的兩次測量對象，並非同一群受試者，因此，研究者認為數學學習興趣逐漸下降的數據，不能直接解讀成具有縱貫性發展趨勢的涵義。

最後，關於不同教學法之優劣，過去已有相當多的文獻論述出版。至於，要如何在有效增進學生內在的正向心理特質前提下，又能獲得不錯的成就表現，除了從教學方式著手外，考試制度與考試內容的改革，更是重要的一環。例如 Cai (2001) 即針對東西方學生進行研究，認為西方學生表現不若東方學生優秀，那

是由於數學成就測量方式不周延所致；在比較香港與美國學生後，Cai 發現美國學生較香港學生更擅長於開放性、複雜的問題解決技巧，而這方面試題在過去大型跨國研究中，卻較少被使用。因此，改革測驗方式，使得學生高層次思考能力得以有展現的機會，將有助於教學方式的革新，進而能夠提升學生的學習興趣、能力知覺等正向心理特質。

因此，整體而言，教學方式對我國國二學生的數學學習，扮演著重要的影響角色，其影響效果不僅是外顯的數學成就表現差異而已，尚包含對學生內在心理特質傾向的差異影響。

## 五、計畫成果自評

根據本研究發現，國內新聞報導國二學生在 TIMSS 2003 的數學表現呈現「高成就、低興趣」現象，其實是一種主觀判斷上的系統性偏見所致。實質上，就參與當年度 TIMSS 2003 數學表現評比的學生而言，還是呈現「興趣與成就之間具有正向相關」的現象；且不同教學方式對數學成就表現的影響方式，亦有所不同。本研究成果不僅對端正視聽的幫助極大，同時亦對教育政策的施政方向，提供一項新的詮釋和指引，對促進國內數學教育的發展，亦深具啟示與應用價值。

## 六、參考文獻

- 余民寧 (2006)。潛在變項模式：SIMPLIS 的應用。台北：高等教育。
- 李名揚 (2004, 10 月 9 日)。國二數學科學女生越來越優—國科會調查四年來厭惡這兩學科的學生大幅增加。聯合報，B7 教育版。
- 孟祥傑、李名揚 (2004, 3 月 5 日)。國中生不愛數理，立委：都怪教改—國科會調查喜愛數理的國二生比前幾年少也不及各國八年級生。聯合報，B8 教育版。
- 林冠群、葉明達 (2002)。從過程-對象對偶體看當前「建構式數學」的爭議。教育研究資訊，10 (4)，121-138。
- 林素卿 (2003)。從建構式數學教學的迷思談建構主義的教學理念。國教天地，151，97-101。
- 邱皓政 (2003)。自我概念向度與成份雙維理論之效度檢驗與相關因素研究。教育與心理研究，26，85-131。
- 許清陽 (2004)。從數學有意義的學習談建構式教學與講述式教學二元對立的迷思。教育研究，12，83-90。
- 陳竹村 (2000)。發展式數學課程及其教學觀。研習資訊，17 (5)，15-46。
- 陳竹村 (2003)。TIMSS 1999 台灣名列前茅極可能因素探討。教育研究月刊，108，133-146。
- 甯自強 (1993)。「建構式教學法」之教學觀——由根本建構主義的觀點來看。國教學報，5，33-41。
- 劉曼麗 (1996)。談師院生在小數上常發生的幾個錯誤觀念。科學教育，3，11-17。
- 鍾靜 (1993)。效學數學課程實驗階段之實施現況研究。教育部委託研究計畫報告。

- 鍾靜 (1994)。效學數學課程實驗階段之實施現況研究。教育部委託研究計畫報告。
- Bagozzi, R. P., & Yi, Y. (1988). On the evaluation of structural equation models. *Academic of Marketing Science*, 16, 74-94.
- Cai, J. (2001). Improving mathematics learning: Lessons from cross-national studies of U.S. and Chinese students. *Phi Delta Kappan*, 82(5), 400-405.
- Cobb, P., Wood, T., Yackel, E., & McNeal, B. (1992). Characteristics of classroom mathematics traditions: An interactional analysis. *American Educational Research Journal*, 29(3), 573-604.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum.
- Duffy, T. M., & Jonassen, D. H. (1992). Constructivism: New implications for instructional technology. In T. M. Duffy & D. H. Jonassen (Eds.), *Constructivism and the technology of instruction: A conversation* (pp. 1-16). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associate.
- Guay, F., Boggiano, A. K., & Vallerand, J. R. (2001). Autonomy support, intrinsic motivation, and perceived competence: Conceptual and empirical linkages. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 27(6), 643-650.
- Hair, J. F. Jr., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2006). *Multivariate data analysis* (6th ed.). Upper Saddle, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Heine, S. J., & Hamamura, T. (2007). In search of east Asian self-enhancement. *Personality and Social Psychology Review*, 11(1), 1-24.
- Hopkins, K. B., McGillicuddy-De Lisi, A. V., & De Lisi, R. (1997). Student gender and teaching methods as sources of variability in children's computational arithmetic performance. *The Journal of Genetic Psychology*, 158(3), 333-346.
- Kim, J. S. (2005). The effects of a constructivist teaching approach on student academic achievement, self-concept, and learning strategies. *Asia Pacific Education Review*, 6(1), 7-19.
- Kline, R. B. (2005). *Principles and practice of structural equation modeling* (2nd ed.). New York: Guilford.
- Long, J. S. (1983). *Confirmatory factor analysis: A preface to LISREL*. Beverly Hills, CA: Sage.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., & Chrostowski (2004). *TIMSS 2003 Technical Report*. Chestnut Hill, MA: Boston College.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Gonzales, E. J., & Chrostowski, S. J. (2004). *TIMSS 2003 international mathematics report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the fourth and eighth grades*. Chestnut Hill, MA: Boston College.
- Neal, K. L. (2004). *Improving high school mathematics instruction: Using constructivist*

- pedagogy*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 490511)
- Richardson, V. (2003). Constructivist pedagogy. *Teachers College Record, 105*(9), 1623-1640.
- Timmermans, R. E., & Van Lieshout, E. C. D. M. (2003). Influence of instruction in mathematics for low performing students on strategy use. *European Journal of Special Needs Education, 18*(1), 5-17.
- Travis, H., & Lord, T. (2004). Traditional and constructivist teaching techniques: Comparing two groups of undergraduate nonscience majors in a biology lab. *Journal of College Science Teaching, 34*(3), 12-18
- Wigfield, A., & Eccles, J. S. (1994). Children's competence beliefs, achievement values, and general self-esteem change across elementary and middle school. *Journal of Early Adolescence, 14*(2), 107-138.
- Wigfield, A., & Eccles, J. S. (2000). Expectancy-value theory of achievement motivation. *Contemporary Educational Psychology, 25*, 68-81.
- Yuen, K. M., & Hau, K. T. (2006). Constructivist teaching and teacher-centered teaching: A comparison of students' learning in a university course. *Innovations in Education and Teaching International, 43*(3), 279-290.