

美國及亞洲國家學童 數學成就因素之比較

巫銘昌

國立屏東技術學院副教授

蔡明昌

國立高雄師範大學教育博士班研究生

壹、前言

在科技發達的今天，世界各國的科技與學術都在競爭中合作，亦在合作中競爭，於是人類的智慧與學術都有著突飛猛進的成長，尤其在自然科學方面，各國都相互學習，取長補短，激盪出空前的成就。在自然科學中，數學是共同的基石，擁有基本的數學能力及運用數學的技巧，是步入科技的第一步，同時也是現代人生存於世界與開拓成功的生涯極其重要的要素（Greenan, 1986）。在近三十年的跨國研究中，指出美國一年級、五年級、八年級及十二年級的學生的數學知識與技巧，均較亞洲國家的同儕低落（Stevenson & Bartsch, 1992; Stevenson & Stigler, 1992），因此，在美國，其中小學生低劣的數學成就表現引起了教育人士對中小學數學的課程、教學過程、及成就表現密切的關注。中小學數學教育的改善便成了美國教育改革的主要目標之一，在「美國2000年」（AMERICA 2000）的教育目標中訂定：「美國中學生的科學及數學成就將是世界第一。」

（Secretary's Commission on Achieving Necessary Skills, 1991）。當然，比較東西方國家數學教育之差異和探究影響數學成就之因素成為美國教育人士在教改過程中之首要工作；而正處教改熱潮中的我們或許應當冷靜想想國人的教育因素中，那些當改，那些不當改。

一般而言，在探討國際性的數學成就差異時，有兩個主要的假設，即外在環境假設（Exposure hypothesis）及先天能力假設（Ability hypothesis）（Mayer, Taalika & Stanley, 1991）。所謂外在環境假設係指人的成就是受到後天外在環境的影響；而先天能力假設即指人的成就是因先天能力之決定。意即外在環境假設論者認為在亞洲的外在教育過程及文化差異有利於數學的學習，而造成亞洲學生的數學成就優於美國學生的數學成就；而先天能力假設論者認為亞洲國家的學生與美國學生在學習數學的先天認知能力上即有所差異。在亞洲與美國學生數學成就的比較研究中，研究者均指出亞洲與美國學生在數學成就上的差異導因於東西方不同文化的背景，數學課程及教學方法，以及學生和家長的參與，

這些研究發現都支持外在環境假設 (Hess, Chang & McDevitt, 1987; Mayer, Tajika & Stanley, 1991; Miura & Okamoto, 1989)；另一方面，先天能力的假設卻缺乏相關的文獻證據，因此本研究所指的「因素」並非先天能力之假設中所包含的因素，而將重點置於探討影響亞洲國家與美國中小學學生數學成就的外在環境假設，主要是以文獻分析的研究方法，探討影響亞洲及美國學生數學成就差異的可能因素，包括文化背景、中小學數學課程，及教學方式的差異等三大因素。並希望本研究的結果對國內數學課程及教學方式的了解和改進有所助益。

貳、亞洲國家與美國之文化差異

亞洲與美國學生數學成就的差異可能導源於文化差異，這些文化差異包括傳統對教育目的的意識形態、團體觀念與個別差異之社會價值觀、努力與成就之觀念、以及語言系統等，每一因素均可能對數學的學習成就產生影響 (Stevenson & Stigler, 1992)。

一、教育目的的意識形態

由於東西方社會大眾對學校教育的期望不同，學校所提供的教育功能也有所不同；在美國，中小學學校被視為培育健全快樂公民的地方，學校該為孩童教導社會化的智能、發掘個人才能傾向、以及培養娛樂興趣，培養健全國民。美國學生追求優越學業表現的動機與其他方面表現的動機相當，美國家長則將學業成就與其他方面的目標等量齊觀，因此學生的學業表現未曾受到高度的重視。而在亞洲國家裡，學校教育被視為提高社會地位的重要條件，家長將學生在學校的學習成就視為唯一而且重要的任務，學校的活動幾乎都圍繞著課業發展。因此，由於東西方國家的學校基本任務不同，造成對於學生表現、家長參與程度和方式、以及學生學習意願的差異 (Stevenson & Stigler, 1992)。

二、團體觀念與個別差異之社會價值觀

在亞洲文化中，團體意識的訓練經常重於個人意識的發揮，因此，大部份的學生都致力於個人在班級中的良好表現，而忽略個別差異的存在事實。在以團體為導向的亞洲文化裡，教育重視團隊合作的活動，而美國文化則較重視每個人個別能力的發展 (Stevenson, Lee & Stigler, 1986)。因此，在教學上，團體取向的亞洲意識形態較能確定大部分學生的學業達到某一定標準之上；美國文化意識卻鼓勵學生成為一個獨立的個體，發揮個別專長，不僅限於在學校的課業表現，美國社會提供較大的自由給每一個個體去發揮。此一現象允許學生在多方面去發展自己，而造成學生在學業方面的成就易形成高、低二個極端 (Stevenson & Bartsch, 1992; Stevenson, Lee & Stigler, 1986)。

三、努力與成就之觀念

由於在亞洲國家的文化忽略學生之個別差異，而認為人人皆可達到團體目標，相信努力是獲得成功的不二法門，因此，將學生的成就歸因於努力。相對地，美國人將成功歸因於先天的能力和個人性向，認為每個人都有其各自的才能傾向，而人應善盡其個別才能，做個成功的自由。這些信念著實影響學生學習的心態和過程，對學生成就造成了不良的影響，許多美國學生用之於逃避學習課業的藉口，以致缺乏精熟學校基本課程的能力。(Crystal & Stevenson, 1991; Hess,

Chang, & McDevitt, 1987; Holloway, 1988)。

四、語言系統之差異

語言系統的邏輯性在學習的過程中，深深影響著認知思維與觀念的建構；不同文化的語言系統也影響著數學概念和數學學習效果，亞洲語系和英語語系中的數字名稱結構並不相同，亞洲語系的數字結構是十進位，而英語系統的數字結構卻是十二進位，於是在數學概念的形成上，產生不同的認知效益。舉例而言，亞洲語言中的12和20稱為十二與二十；十二意謂著十加二，二十代表著兩個十。而英文的twelve及twenty在概念上卻有著較為複雜的十二進位的結構。基本上，亞洲語系十進位的數字結構觀念，較為系統化，且較為連貫。

參、亞洲國家與美國之課程差異

學習的效果常受到課程目標、教學內容、課程安排所影響，關於亞洲國家與美國之數學課程差異包括教師對教材的選擇空間、概念層級、呈現方式、以及學生之運用練習。

一、教師對教材的選擇空間

亞洲國家的教學教科書多為政府所頒訂，採用統一標準化少有變化；而美國學校所用的教科書則由各校自行選定。亞洲國家較傾向於團體導向的活動，課程具備清楚的定義和教學進度，而教師則遵照行事，這有助於亞洲國家學生較容易達到政府所規定的數學成就標準；相對地，由於美國教育強調學生的學生個別發展，教師只要注意州政府或學區的小學教育目標即可，並不須對所規定的課程、時間完全遵守。此種教學方法可以幫助學生完全的發展其天賦，另一方面，卻也允許部份學生以個人的能力限制，降低其學習成效。

二、課程內容的概念層級

由於數學語言上的優勢，亞洲國家的數學教科書通常比美國的教科書較早介紹較為完整的數學概念，且其概念層次也較美國教科書為高。例如，日本及臺灣的小學數學課本，較為著重較大數值的進位，甚至到達「兆」。亞洲教科書也對比率與四則運算較為強調，而在美國教科書中，這些課程內容，相對地少了許多。另外，亞洲國家的數學教科書也較強調十進位於分數間的轉換，同時形狀轉變的圖示及各種材料的建構，諸如帶子、火柴等在亞洲國家的教科書中也較為常見。在幾何學上，亞洲國家的教科書也比美國的教科書有較高層次的問題，諸如立體圖形及對稱的概念，而有某些概念，諸如或然率，也許美國教科書介紹的比亞國家教科書為早，卻不如亞洲國家教科書所介紹的那樣深入，例如日本的教科書中，推論的技巧是緊接於或然率的提出之後隨即討論（Stevenson & Bartsch, 1992）。

三、教材呈現方式

亞洲國家與美國學生數學成就差異亦受教科書呈現課程的方法與時間安排的影響。重視教學與回顧檢討是美國教科書設計的一個重要原則，美國教科書的設計是為了個別化的研讀，因此著重循序漸進，一步一步的方式進行教學。而且在每一年重複出現主題相同卻不同層次的內容，這種內容重複的課程設計形成了美國教學課程以螺旋的方法的特徵。這種螺旋式的課程與亞洲國家以「同心圓」式為課程模式的教學相比較，顯得較為無效；在亞洲國家的同心圓課程中，數學課

程的單元常以某數學概念為中心，以此概念之各種相關知識和主題補充，而不重複先前所教的內容，以期從各種角度協助學生深入了解數學主題，此種教學方式使得知識無限地擴充。

四、學生之應用練習

在學習數學的過程中，美國與亞洲國家的學生必須付出不同的努力程度：美國教科書編寫者試圖製作有意義材料，以增加學生學習數學的興趣，但為使每一個學生都能解決教科書所提供的問題，每一單元的問題傾向解決一般形式的簡單模式。在亞洲國家教科書中所提的問題則較多變化，包括困難的層次與解題的形式，皆有不同的題型，以提供學生進階性的練習。亞洲國家教科書所提出的問題較難，經常包括一些只有很少學生可以解決的難題，而大部分的美國教科書給予運算、練習、範例及在教科書的背後會提供解答的步驟。亞洲國家教科書的隨課練習題沒有提供解答，他們需要自己去解決，並考量答案的正確性。據此，亞洲國家學生不能採用例行的或機械的過程來解決問題，而且必須對自己解決的正確性做評估，此種問題解決的練習，促進了亞洲國教學生對數學概念的了解與強化。

肆、亞洲國家與美國的教學差異

正如上述的數學課程一樣，教學活動影響著學生學習的動機、效率、和成就。教學活動包括教師的教學方式、教室的師生互動、以及家長的支援協助與家課的練習，而亞洲國家與美國在這些因素上都有著明顯的差異存在。

一、教師的教學方式

亞洲國家與美國的數學教學有所差異：在亞洲國家，教學的設計與組織是為完成整體教學目標的一個明確的單一目標（Yoshida, Fernandez & Stigler, 1993）。例如，在日本與臺灣，教師通常花掉整節課的時間去解決一、兩個問題，而且對於學生解決問題的技巧給予立即的回饋，教師通常會要求學生對問題加以思考，提出解決方法，並在課堂中示範演練再加以討論，而不會匆促地進入下一個問題。在教學方法上，亞洲國家的教師通常會要求學生去思考先前教過的概念與現在所學的概念間的關係，這種同心圓式相互連貫的數學教學方式使學生有機會去建構並聯串其數學概念，而能立刻得教師或班上同學對此建構的回饋。相對地，美國學生在教科書中有許多問題要解決，且問題之間並沒有清楚地連貫，此一事實常使學生失望，並減低在數學上的興趣（Stigler & Perry, 1990）。

二、教室的師生互動

在亞洲國家與美國的教室中，教師對學生的活動參與有著不同的要求；亞洲國家的團體導向文化中，學生所接受的課程則建構在統一階層的教學目標，班級如同一個整體，學生在課堂上的時間大部分都花在教師所領導的教學活動上（Crystal & Stevenson, 1991）。例如，亞洲國家的教師常要求學生在黑板上分享其解決問題的方法，即使這是錯誤的方法，而全班則一起討論這錯誤的原因，並共同尋求解決的方法。此一策略提供學生機會去討論此問題的本質與可能的解決途徑，這也使得學生有較寬廣的數學知識與技巧，但美國學生僅在答對時才獲得教師或全班同學的讚美，卻未能充份討論答對與答錯的關鍵所在。對學習的效

果與效能產生了一定程度的負面影響 (Stigler & Perry, 1990)。

三、家長的支援協助與家課的練習

家長對課業重視的程度直接影響到學生的學習成就；在亞洲，家長對於各種得以促進學習的活動均有較大的支持，諸如家教、課外教材、課後數學補習等。相對地，美國家長對於學生在學校的問題較不予過問，且較不提供支持，讓學生自行摸索之下，自然影響其學習成就。社會價值與家長對孩子教育的期望使亞洲國家學生花許多時間在學業活動上。Stevenson, Lee, 以及 Stigler (1986) 的研究指出，美國教師花在數學教學的時間僅有亞洲國家教師的一半，在學校期間和在家庭作業方面，美國學童也明顯地比亞洲國家學童花較少的時間。亞洲國家的家長因為對教育的高度重視而樂於與教師合作，在家中監督孩子完成家課，協助學童學好數學。

伍、結語

因為亞洲國家十進位的數字語言系統有益於學童早期數學之學習；亞洲國家同心圓式的數學課程設計，也比美國螺旋式的數學課程進行方式於學童建構其數學概念；亞洲國家學校統一式的教材也使得學童之數學平均成績高於美國個別式之數學教材；傳統的價值觀念裡，亞洲國家的家長重視子女的學業成就，願為子女之前途而全力投注；亞洲學童視學業為唯一的活動，而美國的家長則注重學童多方面的發展，學童也因此受到不同的期望，使其追求優越學業表現的動機與其他方面表現的動機相當，學生的學業表現因而未受到高度的重視，這些因素造就了亞洲國家的學童早期優於美國同儕的數學成就。然而，國人在明瞭幫助我們學童數學學習的因素並持續優良傳統之餘，仍應警惕的是，就實際情況而言，在我國，學習測驗的成就（亦即考試成績）一直主導著教師的教學與學生的學習活動，學童多半是機械式地反覆訓練考試題目。這個現象固然可以訓練學童在國際數學成就測驗中高人一籌，但至於高深的數學研究，卻罕見我國或其他亞洲國家的數學家有革命性的成就，因此在本文中所探討導致我國學童數學成就優於美國學童數學成就的各項因素究竟是助益或是障礙，值得深入研究探討，或許國人應該深思一點：為什麼我們的高等教育無法延續優勢的數學成就？另則，美國教育觀念中，高中以下的教育視為公民教育，旨在培養身心健康的良好公民，重視每個人個別能力之發揮，大學之後的教育始加強學生之專業能力之訓練，強調理解與創造。因此，縱使美國在高中以前的數學能力不如亞洲國家的成就，但今日美國人的創造能力與尖端科技都超過亞洲國家卻是不爭的事實。本研究中所探究的因素，應可以提供國人冷靜思考的素材，為我國數學教育尋思一個正確的方向，使我們的學生不僅能在起跑點一馬當先，更能在終點超越群雄。

參考文獻

- Crystal, D. S. & Stevenson, H. W. (1991). *Mothers' perceptions of children's problems with mathematics: A cross-national comparison*. *Journal of Educational Psychology*, 83(3), 372-376.
- Greenan, J. P. (1984). The development and validity of generalizable mathematics skills assessment instrument. *Journal of Vocational*

- Education Research*, 9(3), 14-30.
- Hess, R. D., Chang, C. W., & McDevitt, T. M. (1987). Cultural variations in family beliefs about children's performance in mathematics: Comparisons among people's Republic of China, Chinese-American, and Caucasian-American families. *Journal of Educational Psychology*, 79(2), 179-188.
- Holloway, S. D. (1988). Concepts of ability and effort in Japan and the United States. *Review of Educational Research*, 58(3), 327-188.
- Miura, I. T., & Okamoto, Y. (1989). Comparisons of U.S. and Japanese first graders' cognitive representation of number and understanding of place value. *Journal of Educational Psychology*, 81(1), 109-113.
- Mayer, R. E., Tajika, H., & Stanley, C. (1991). Mathematical problem solving in Japan and the United States: A controlled comparison. *Journal of Educational Psychology*, 83(1), 69-72.
- Secretary's Commission on Achieving Necessary Skills (SCANS). (1991). *What work requires of schools: A SCANS report for America 2000*. Washington, DC: U.S. Department of Labor. (REIC Document Reproduction Service NO. Ed 332045).
- Stevenson, W. H., & Bartschh, K. (1992). An analysis of Japanese and American textbooks in mathematics. In R. Leestma, H. J. Walberg, R. Leesta & H. J. Walberg (Eds.), *Japanese Studies* (Vol. 22).
- Stevenson, H., Lee, S. Y., & Stigler, J. (1986). Achievement in mathematics. In H. Stevenson, H. Azuma, & K. Hakuta (Eds.), *Child development and education in Japan*. New York: W. H. Freeman and Company.
- Stevenson, H. W., & Stigler, J. W. (1992). *The Learning Gap*. New York: Summit Books.
- Stigler, J. W., & Perry, M. (1990). Mathematics learning in Japanese, Chinese, and American classrooms. In J. W. Stigler, R. A. Shweder, & G. Herdt (Eds.), *Cultural psychology: Essay on comparative human development* (328-356). New York: Cambridge University Press.
- U. S. Department of Education, The Office of Vocational and Adult Education, Carl D. (1991). *Perkins Vocational and Applied Technology Education Act Amendments of 1990*. Washington, DC.
- Yoshida, M., Fernandez, C., & Stigler, J. W. (1993). Japanese and American students' differential recognition memory for teachers' statements during a mathematics lesson. *Journal of Educational Psychology*, 85(4), 610-617.