



數學學習態度與數學成就之探討一 以TIMSS 2007台灣、新加坡與美國為例

葛湘璋／致理技術學院國際貿易學系副教授

何素美／致理技術學院國際貿易學系教師

張定中／致理技術學院國際貿易學系教師

一、前言

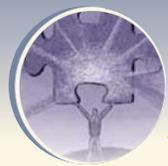
數學知能是科技與工程領域主要的基礎課程之一，在以科技領導國家經濟的時代，數學教育愈顯其重要性，改進數學教育因此為各國教育政策制定的重要議題。國際大規模的數學成就調查之結果能反映出該國學生的數理在國際間的相對程度，同時也能了解學生的學習成就與其個人學習態度、班級教師與學校環境的關係，參與國際間數學教育的交流合作與觀摩，並可作跨國比較，以作為改進數學教育之參考。

國際數學與科學教育成就趨勢調查（Trends in International Mathematics and Science Study, 簡稱TIMSS）為國際性大型成就評量，此調查是國際教育成就評比學會（International Association for the Evaluation of Educational Achievement, 簡稱IEA）執行，每4年進行一次調查，測驗參與國家之四年級和八年級學生科學和數學能力。

TIMSS資料庫內容豐富，除了建立測驗題庫測驗學生成就外，並將學生能力以四個基準分數作區分，以協助教育工作者了解學生成績與能力的關係。此四基準分別為進階國際基準（advanced international benchmark）、高國際基準（high international benchmark）、中等國際基準（intermediate international benchmark）及初級國際基準（low international benchmark）。除此之外，

TIMSS亦發展出學生／教師／學校三種問卷以了解有關學生個人、家庭背景、學習環境、教師因素與學校環境等因素與數學成就的關係。TIMSS並依據學生／教師／學校問卷題組建立多項指標方便各國專家與研究者統計分析使用。在學生問卷中，TIMSS建立了四項有關數學學習的指標，其中有三種指標來測量學生對數學的態度：（1）學生正向喜愛數學指標（index of students positive affect toward mathematics, 簡稱PATM）；（2）學生對數學評價指標（index of students valuing mathematics, 簡稱SVM）；（3）學生對數學自信指標（index of self-confidence in learning mathematics, 簡稱SCM）；另一項指標是有關數學作業時間指標（Index of time on math homework, 簡稱TMH）（Foy & Olson, 2008；Olson, Martin, & Mullis, 2008）。TIMSS並將各項指標分為低、中、高三種層次。

TIMSS 2007 國際數學報告（Mullis, Martin, Foy, Olson, Preuschoff, Erberber, Arora, & Galia, 2008）顯示我國參加IEA所進行的2007年國際數學與科學成就趨勢調查結果成績斐然，我國四年級學生的數學和科學平均成績排名，在37個參加國中分別排名第3和第2名，國二學生的數學和科學平均成績在50個國家中，也分列第1和第2名。但調查報告也指出，台灣學生數學正向態度與數學自信心成績低於國際平均，即國中小學生數理學習



成就名列前茅，但數學學習態度和自信心明顯不足。高成就、低自信為數學成就排名居全球領先地位的亞洲國家都有的類似現象，反而數學成就成績較差的歐美學生，自信心與興趣較強（Mullis et al., 2008）。

本研究以TIMSS 2007報告（Mullis et al., 2008）所指出亞洲國家的學生在國際數學成就測驗中高成就、低自信、低正向態度，而數學成就成績較差的歐美學生，自信心與興趣較強的現象做進一步探討。以台灣、新加坡及美國三個國家的八年級生作跨國比較，探討（1）進階國際基準與初級國際基準從2003年至2007年的趨勢分析，（2）三個國家的學生在PATM, SCM, SVM, TMH的高低層次組的情形，及（3）數學成就與數學學習因素的指標的關係。

二、文獻探討

TIMSS採用兩階段分層抽樣（2-stage stratified cluster sampling），其中第一階段採學校抽樣，按照學校所處區域的層次抽出學校名單，學校被抽中的機率與該校該年級（四年級或八年級）學生人數有關，為避免抽樣代表性不足的問題，被抽中的學校至少應有一定的比例參加。第二階段為班級抽樣，各年級正式抽樣人數（sample size），原則上應包含150個學校及5000位學生（譚克平，2009）。也由於TIMSS抽樣的特性，在資料分析時需選擇合宜的權重。如果要將TIMSS的資料回推到母群體，則需要採用抽樣權重（sampling weights），以兼顧所使用的抽樣方式，原因在於各抽樣單位（學生）並非在相同的情況下被抽中，所以每位學生要作適當的加權，才足以代表母群體。TIMSS有多種不同的抽樣權重係數，例如：TOTWGT、SENWGT、HOUWGT等，研究者需視研究問題需要來選擇使用。基本上，權重與抽樣單位被抽中的機率有關，經過加

權的處理可以獲得無偏誤的母群體估計值（Willms & Smith, 2005）。

TIMSS以五個似真值（Plausible Value, 簡稱PV）來估算學生數學成就分數並將學生能力以四個分數作區分，以協助教育工作者了解學生成績與能力的關係（Foy & Olson, 2008）。其中達625分以上者，表示該學生能力達到進階國際基準的程度，550分以上的學生則達到高國際基準，475分以上的學生能力為中等國際基準，400分以上的學生能力為初級國際基準。各基準所測能力如下：（1）進階國際基準：能夠整合所得的資訊，並能作結論及推論，能夠解決非例行性／多階段的問題。學生能夠統整、解釋並呈現資料來解決問題；（2）高國際基準：能夠解釋及應用統計圖表，解釋簡單的機率問題並能應用知識解答複雜的情境題；（3）中等國際基準：有基本的幾何／代數知識，並應用知識解答簡單的情境題；（4）初級國際基準：有基本的整合與計算分數小數、四則運算的知識與能力並能了解簡單的圖表問題。教育工作者可找出學生的基準，以得知學生大部份掌握到何種類型的題目及具備的能力，進而因材施教，發揮出評比應該有的功能（譚克平，2009；Mullis, Martin, Ruddock, O' Sullivan, Arora, & Erberber, 2008）。

除了國際基準外，TIMSS也從學生對問卷題項的回答，發展出四項指標以提供研究者從事數學教育的相關研究。這四項指標分別PATM、SCM、SVM及TMH。這四項指標主要目的為：（1）TMH：了解教師指定數學作業的頻率及學生花在數學作業的時間；（2）SCM：了解學生對自己數學能力的看法，譬如學生覺得自己在數學的表現、對數學是否擅長、學習與數學有關的事是否較容易等；（3）PATM：測量學生對數學的喜愛程度，如是否喜愛數學、是否數學很無趣、



是否希望在學校能多上數學課等；(4) SVM：衡量學生是否有學習數學的動機及是否認為數學有助於升學及就業，數學是否有助於學校其他科目學習，數學對日常生活是否有幫助，數學是否有助於進入理想的學校及選擇理想的職業等（Mullis et al., 2008；科學教育研究資料庫，2011）。

三、研究方法

本研究採用TIMSS2007資料庫中所釋出台灣、美國、新加坡的資料進行比較分析。TIMSS 2007釋出之原始資料（網址：http://timss.bc.edu/TIMSS2007/idb_ug.html）中參與該數學成就調查的台灣、美國、新加坡八年級生各 3346人、5548人、4148人。TIMSS 提供數項指標，本研究重新編碼，以符合正向涵義的指標值越大越佳之解釋，如SCM，原先TIMSS編碼1=高自信，2=中等自信，3=低自信；本研究重新編碼3=高自信，2=中等自信，1=低自信。

使用TIMSS作為分析時須考慮權重的選擇才能得到不偏母體估計值（Willms & Smith,2005），在跨國分析時，適合採用 Student Senate Weight（Foy& Olson, 2008；Williams, Ferraro, Roey, Brenwald, Kastberg, Jocelyn, Smith, & Stearns, 2009）。Student Senate Weight是Total Student Weight的轉換，每個國家的權重與學生樣本數均為500，本研究在各項統計分析，如標準誤、相關分析，均採用Student Senate Weight。

四、結果

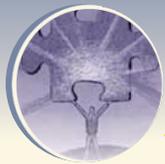
（一）2003年至2007年進階國際基準與初級國際基準趨勢

TIMSS將學生能力以四個基準分數解釋學生成績與能力的關係。表1為2003年及2007年台灣、新加坡與美國四年級生與八年級生初級國際基準與進階國際基準比例，其趨勢分析如下。

表1 2003年及2007年台灣、新加坡與美國四年級生與八年級生初級國際基準與進階國際基準比例

國家	初級國際基準						進階國際基準					
	台灣		新加坡		美國		台灣		新加坡		美國	
年級	四年級	八年級	四年級	八年級	四年級	八年級	四年級	八年級	四年級	八年級	四年級	八年級
2003年	8	14	9	12	28	33	16	45	38	40	7	6
2007年	8	14	8	12	23	33	24	45	41	40	10	6

註：資料取自TIMSS 2007 International Mathematics Report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the Fourth and Eighth Grades (p. 80-115), by Mullis, I.V.S., Martin, M.O., & Foy, P. (with Olson, J.F., Preuschoff, C., Erberber, E., Arora, A., & Galia, J.), 2008, Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.



1.以縱貫面角度分析，2003年四年級的學生在2007年為八年級生，各國趨勢分析如下：

(1) 台灣：2003年四年級生在2007年時為八年級生時，其趨勢為進階國際基準學生比例增加，從2003年四年級的16%增為2007年八年級的45%。初級國際基準學生比例也增加，從2003時四年級的8%增為2007年時八年級14%，亦即2003年四年級的學生在2007年成為八年級生時，進階國際基準學生增加了，初級國際基準學生也增加。數學高成就與低成就的學生大幅增加，即數學成就為M型分配。

(2) 新加坡：在進階國際基準方面，2003年四年級生比例為38%在2007年為八年級生時比例為40%改變幅度不大，在初級國際基準比例亦呈增加趨勢（從2003時四年級的9%增為2007年時八年級12%）。

(3) 美國：進階國際基準學生比例略減少（從2003時四年級的7%減為2007年時八年級6%），初級國際基準學生增加，從2003年四年級的28%增為2007年成為八年級時的33%。

2.以橫斷面分析，即以TIMSS 2007年四年級與八年級學生作比較，可得到與縱貫面分析相同的結論：

(1) 台灣學生進階國際基準、初級國際基準學生比例增加幅度較大，有M型分配趨勢。

(2) 新加坡進階國際基準比例變動幅度不大。

(3) 美國進階國際基準學生減少，初級國際基準學生增加。

(4) 三個國家均顯示出，不論是從橫斷面（2007年四年級v.s.2007年八年級）或從縱貫面（2003年四年級v.s.2007年八年級），初級國際基準比例均增加，尤其以台灣增加幅度最大，亦即年級越長，低數學成就的學生越多。

如果以2003年四年級與2007年四年級作縱貫面分析，三個國家進階國際基準比例均呈上升趨勢，如台灣2003年四年級進階國際基準為16%，2007年四年級進階國際基準為24%。在初級國際基準方面，美國則呈下降趨勢，如2003年四年級初級國際基準為28%，在2007年則降為23%。從以上的分析可看出的是，整體而言從2003年到2007年，三個國家在數學成就方面呈改進的趨勢，新加坡成長改變幅度不大，台灣有M型化趨勢，高分族群及低分族群比例均增加。而美國則高分學生比例減少，低分學生增加。

(二) 台灣、新加坡與美國八年級生
TMH、PATM、SVM與SCM在高層次組分析比較

TIMSS建立三種學生學習數學態度指標與數學作業時間指標並將各項指標分為低、中、高三種層次。表2列出台灣、新加坡與美國八年級生TMH、PATM、SVM與SCM在高層次組與低層次組的比例的比較。



表2 台灣、新加坡與美國八年級生TMH、PATM、SVM與SCM在高層次組與低層次組的比例

	TMH		PATM		SVM		SCM	
	高	低	高	低	高	低	高	低
台灣	31(628)2	23(563)1	37(657)3	45(547)1	45(623)3	16(534)1	27(674)3	46(547)1
新加坡	42(616)1	16(547)2	60(615)1	20(545)3	77(598)2	4(528)2	41(638)2	25(547)2
美國	20(522)3	12(484)3	41(524)2	35(490)2	82(511)1	4(485)2	53(537)1	19(462)3
國際	27(458)	20(441)	54(471)	26(428)	78(458)	5(435)	43(492)	20(412)

註：括弧內數字為該國在該項指標該組的平均成績，括弧後的數字為該項指標比例在該組的排序。資料取自TIMSS 2007 International Mathematics Report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the Fourth and Eighth Grades (p.171-183), by Mullis, I.V.S., Martin, M.O., & Foy, P. (with Olson, J.F., Preuschoff, C., Erberber, E., Arora, A., & Galia, J.), 2008, Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.

1.在TMH方面，台灣與新加坡的高層次組與低層次組比例花在數學作業時間均比美國多。台灣的學生不管在高層次組與低層次組花在數學作業的時間比例均大於國際比例。而在三個國家中，新加坡在高層次組的比例相當高，顯示台灣與新加坡均重視家庭作業，美國學生高層次組與低層次組在數學作業時間的比例均低於國際比例，顯示美國學生花在數學作業的時間偏低，在數學作業練習的時間較少。

2.台灣在這四項指標上，不管在高層次組或低層次組，數學平均成績均居首位，顯見台灣學生成績優秀。然而，在PATM、SVM、SCM三項指標，台灣高層次組的比例在三個國家中均敬陪末座且低於國際比例，而低層次組的比例在三個國家中排首位，且高於國際比例幅度相當大。這種現象說明了台灣學生雖數學優秀，和各國比較，在對數學的正向學習態度上，是偏向於低正向愛好，低評價與低自信。相較於台灣，新加坡學生數學成就也非常優秀，但在數學態度上，比台灣學生高正向、高評價與高自信。而美國學生對數學的評價高，其中高層

次組比例為82%，顯示美國學生認為數學對日常生活與學科學習是有助益，並對未來就學與就業有幫助。美國在SVM與SCM的高層次組比例（分別為82%與53%）均高於國際平均（分別為78%與43%），低層次組比例均低於國際平均，顯見美國學生數學成就雖不若台灣與新加坡，但學生普遍對數學高評價與高自信。

（三）數學成績與TMH、SVM、PATM與SCM相關分析

TIMSS以五個PV來估算學生數學成績，本研究依Willms與Smith（2005）及Foy與Olson（2009）建議，以每個PV作個別相關分析，重複五次，求其合併後之係數與標準誤，權重採Student Senate Weight，得數學成績與TMH、SVM、PATM與SCM相關係數如表3。由表3可知，三個國家中和數學成績相關程度最強的均為SCM，次為PATM。由此可見學生自信對學習的重要。要加強學生數學成就，首重加強學生自信與對數學正向態度。

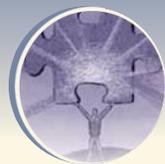


表3 數學成績與TMH、SVM、PATM與SCM相關係數

	台灣	新加坡	美國
TMH	0.22(0.03)	0.24(0.02)	0.14(0.02)
PATM	0.45(0.01)	0.30(0.02)	0.18(0.02)
SVM	0.26(0.02)	0.11(0.02)	0.07(0.01)
SCM	0.51(0.02)	0.40(0.01)	0.40(0.01)

註：括弧為標準誤

從以上分析可得知，台灣學生數學成就雖高，在數學作業時間較多，然而普遍對數學正向喜好度偏低，低評價及低自信。相較於台灣，新加坡學生在TMH、PATM、SVM及SCM的態度較正向。而美國學生雖然數學成就若不若台灣與新加坡學生傑出，但大部分對數學有高自信，高評價。學生的數學自信對數學成就影響最大。

伍、結論與建議

數學為學習理工科目的基礎。花在數學作業時間、學習數學的自信、態度與價值觀為影響數學成就的因素。本研究以TIMSS所提供之台灣、新加坡及美國八年級生的四項指標探討及比較各國在此四項指標與數學成就的關係。台灣學生，雖然在國際數學評量表現優異，Ker與Lee（2011）的研究指出，台灣八年級生除了在進階國際基準的學生外，其他基準的學生普遍對數學低自信、低評價及低正向喜好。此外，台灣學生在高成就及低成就的學生比例和其他亞洲國家（如新加坡）比較起來相對較高。有高比例的高成就學生固然顯示教育在某方面是成功的，但對於高比例的低成就的學生，教育學者亦應重視如何提升低成就學生對數學學習的自信、評價和正向態度。新加坡學生在國際成就測驗中經常表現優異，從本研究也可看

出，大部分的新加坡學生相對於台灣學生在學習數學的自信、評價及對數學的喜好均比台灣高。

美國在國際中小學數學成就評比中，學生表現不若亞洲學生出色，但在對數學的自信、評價與喜愛均在國際平均以上，而在成年國際大獎中，得獎者為美國人仍占多數。例如數學國際大獎The Wolf Prize Mathematics中，從2000年至2010年十五位得獎者中有八位為美國人（http://en.wikipedia.org/wiki/Wolf_Prize_in_Mathematics）。就計算能力課程內容而言，台灣的小學比美國領先一個年級，然而在應用及問題解決能力方面，美國和台灣在中學階差異不明顯（www.ithinkmath.idv.tw/idea_03.htm）。從本研究亦可看出，台灣學生M型化的情形隨年級的增加而更趨明顯，而美國則無此現象。台灣與新加坡國際數學成就測驗一向表現優異，這也引起美國教育學者對亞洲數學教育的興趣，台灣學生的數學成就優異在某方面而言數學教育是成功的，然而高比例的低分族群、低正向學習態度、低自信的現象，是數學教育改革者的另一個努力方向。2011的TIMSS資料將於兩年後釋出，本文希望除了探討2007年這三個國家的差異外，也能與後續的TIMSS 2011的分析研究做比較。



參考文獻

- 科學教育研究資料庫 (2011)。國際數學與科學教育成就調查。取自http://w1.dorise.info/DER/01_timss_2007_html/t2007_04_download.html。
- 譚克平 (2009)。TIMSS國際教育評比研究簡介。研習資訊專論, 26, 16-17。
- Foy, P., & Olson, J. F. (Eds.) (2008). *TIMSS 2007 User Guide for the International Database*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- Ker, H. W. & Lee, Y. H. (2011). Engineer Education and Attitudes Toward Mathematics: A Comparative Study. Accepted for Presentation at the *International Engineering and Technology Education Conference*, Kuala Lumpur, Malaysia, January 16 ~ January 19, 2011.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Gonzalez, 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: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- Mullis, I.V.S., Martin, M. O., Ruddock, G. J., O' Sullivan, C. Y., Arora, A., & Erberber, E. (2008). *TIMSS 2007 Assessment Frameworks*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- Mullis, I.V.S., Martin, M.O., Foy, P., Olson, J.F., Preuschoff, C., Erberber, E., Arora, A., & Galia, J. (2008). *TIMSS 2007 International Mathematics 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.
- Olson, J. F., Martin, M. O., & Mullis, I. V. S. (Eds.) (2008). *TIMSS 2007 Technical Report*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- Williams, T., Ferraro, D., Roey, S., Brenwald, S., Kastberg, D., Jocelyn, L., Smith, C., & Stearns, P. (2009). *TIMSS 2007 U.S. Technical Report and User Guide (NCES 2009-012)*. National Center for Education Statistics, Institute of Education Sciences, U.S. Department of Education. Washington, DC.
- Willms, J., & Smith, T.(2005) . A manual for conducting analysis with data from *TIMSS and PISA*. Retrieved May 5, 2010 from www.unb.ca/crisp/pdf/manual_TIMSS_PISA_2005-0503.pdf

