

課室教學活動對數學學習成就解釋力之探討： 以 TIMSS 2007 臺灣資料為例

林素微¹ 吳正新² 洪碧霞¹

¹國立臺南大學 教育學系

²國立臺灣師範大學 心理與教育測驗研究中心

摘要

有效的課室教學活動可以提升學生的數學學習成就。基於如何促進學生數學能力的改善或提升，TIMSS 在教師問卷以及學生問卷當中均進行了課室教學活動的調查，包含相關數學主題、問題解決、家庭作業、以及計算機與電腦的使用等等。本研究利用 TIMSS 2007 的學生和教師問卷中的數學教學活動量表，探索有效的教學活動指標，並比較教師和學生問卷二者的差異。分析結果指出，從學生問卷萃取所得的課室教學活動指標較為合適，而且這些課室教學活動指標能解釋高比例的校際與校內變異，以及有效的預測學生成就。

關鍵字：TIMSS 2007、課室教學活動、探索性因素分析、階層線性模式

Relationships between instructional factors and mathematics achievement of students in Taiwan:

An analysis of TIMSS 2007

Su-Wei Lin^{*} Jeng-Shin Wu^{**} Pi-Hsia Hung^{*}

^{*}Department of Education, National University of Tainan

^{**}Research center for psychological and educational testing, National Taiwan Normal University

Abstract

To place students' mathematics achievement results in instructional contexts, it is necessary to precisely analyze the relationships between classroom instructional activities used in teaching and learning mathematics and achievements. Because of the high interest in improving students' ability in mathematics, TIMSS asked students and teachers about how often students were asked to do certain activities related to mathematics topics, problem-solving, calculator and computer use, role of homework, and assessment used in class. Thus, the purpose of this study is focused on constructing effective predictive classroom activities based on both student and teacher questionnaires in TIMSS 2007 survey of Taiwan. The results show that it is more appropriate to apply mathematics instructional activities from student self-report to explore the relationships between the instructional factors and achievements. Furthermore, these instructional activities can explain a large proportion of between school variations and within schools variations as well as can be very unique variables to predict student achievements.

Keywords: TIMSS 2007, mathematics instructional activities, exploratory factor analysis, hierarchical linear model

壹、緒論

近年來，臺灣在數學國際評比上，平均的表現相當地優質。以國際數學與科學教育成就調查（Trends in International Mathematics and Science Study，簡稱 TIMSS）2007、2011 的數學成就為例，臺灣學生四年級與八年級在國家排行裡皆名列前茅（Mullis, Martin, Foy, & Arora, 2012; Mullis, Martin, Foy, Olson, Preuschoff, Erberber, Arora, & Galia, 2008），但從學生表現的離散程度來看，則會發現八年級學生的數學成就個別差異明顯比其他同樣名列前茅的國家略大，而四年級學生卻無此現象，這顯示臺灣學生隨著年級的提升，其數學學習的機會上，可能有越來越明顯的個別差異存在。

教學方案通常透過課程標準為準則來確定學生應該知道什麼以及能夠做什麼的決定，而學生的成就評量是這些教學方案成效的重要指標之一。就學習環境而言，學生將其所學呈現在評量表現當中，這些評量和課程因素的連結緊密度，被認為是個體被賦予學習的機會。在一般情況下，學習機會（Opportunity to Learn, OTL）主要被定義為給予學習者學習具體任務的時間量（McDonnell, 1995）。然而，從教育均等的測量來看，OTL 也指公平獲得優質教育的機會（Guiton & Oakes 1995; O'Day & Smith, 1992; Schmidt & McKnight, 1995）。學習機會的構念是由國際教育成就調查委員會（International Association for the Evaluation of Educational Achievement, IEA）提出，作為國際評量調查跨國比較的一項調整因素，以提升評量的內容效度。各參與國能藉由 OTL 的分析和比較，瞭解評量對自己國家的適切性，同時也可做為解釋國際學生成就差異的指標（Floden, 2002）。

如同其名，OTL 即是學生在校的學習機會，最常被引用的是 Husén（1967）在第一次國際數學教育成就調查（the First International Mathematics Study, FIMS）報告中對 OTL 的定義—「學生是否有機會學習特定的主題或學習如何解決評量裡特定類型的問題」。其測量方式很多（Floden, 2002）。Porter、Floden、Freeman、Schmidt 和 Schwille（1988）利用問卷和教師的課程教學紀錄來評估 OTL。Brewer 與 Stacz（1996）則嘗試整合了課程內容、教學策略和教學資源作為 OTL 指標。多數的文獻指出，數學教學活動是教室內影響學生數學學習重要的因素之一。Brown（1994）的研究顯示學生若能主動參與數學相關的學習活動，其學習效果會比單純的聽老師上課講解佳。

基於教育的積極及可為的角度來看，課室教學活動應是諸多探究學習機會指標當中，具有實務意義且明確可行的一環。TIMSS 除了關懷學生當前的數學成就之外，也對於如何促進學生數學能力的改善或提升感到興趣，TIMSS 在教師問卷以及學生問卷當中均進行了課室教學活動的調查，包含相關數學主題、問題解決、家庭作業、以及計算機與電腦的使用等等。適切的教學策略有助於提升學生數學成就的發展，許多研究均指出數學教學活動與學生數學成就有所關連（如 Akyüz & Berberoğlu, 2010; House, 2001, 2009; House & Telese, 2008; Telese,

2004)。但是，這些關聯在跨國的狀態上並不一致，例如：Stigler、Gallimore、和 Hiebert（2000）從 TIMSS 課室錄影比較日本和美國的差異，結果發現日本學生花較多的課堂時間在單一問題上，並且從中發展較多元的問題解決策略。House（2001）分析日本學生在 1995 年的 TIMSS 表現，指出與日本學生的數學成就有所關連的特定教學活動，包含得分較高的學生通常都有較頻繁的作業、會運用日常生活題材來解決數學問題，並且在學習新題材時會嘗試進行問題解決。此外，研究亦指出會將數學的成功歸因於可控因素（在家努力研讀以及背誦教科書或筆記）的學生通常會有較高的成績，而將數學成功歸因於外在因素者（如運氣）則傾向有較低的成就水準（House, 2006）。Akyüz 與 Berberoğlu（2010）分析了從土耳其、比利時、義大利、荷蘭、捷克、立陶宛、匈牙利、斯洛伐克、斯洛維尼亞、和塞浦路斯等十個國家 1999 年的 TIMSS-R 資料，研究顯示這些課堂教學活動並沒有跨國的一致性結果，在教室中使用講述、引導學生實作、獨立運作等方法各有千秋，沒有一致的最佳的教學方法。對歐盟國家而言，強調在教室中使用問題解決的教學法可明顯地促進學習，而在土耳其，教科書本位的教學是有效的。從上述的研究可知，關心此主題的研究應該考量國情文化對於數學教學有效性的影響。Leung（2001）發現亞洲學生被教導努力工作與學業成功的重要性，同時，亞洲學生記憶解題程序越頻繁，其成就也有較高的現象。

國內針對 TIMSS 資料探討數學課室活動的研究並不多，僅有余民寧、韓珮華（2009）透過 TIMSS 2003 中的臺灣資料，以課堂活動為外衍變項，利用結構方程式模型探討影響我國國二學生數學興趣偏低，卻依然展現亮眼成就之背後可能原因，在其研究中，並沒有特別針對課室教學活動的每一問題進行因素分析及歸類，僅將這些課室活動簡單區分為建構式教學與教師中心式教學兩種。研究結果顯示，建構式教學對於促進學生能力知覺、數學有效性與數學學習興趣等心理特質較具有正向影響力，而教師中心式教學則是對增進數學成就較具影響力，兩種教學活動各有優劣。

此外，TIMSS 的學生和教師問卷同時都有對數學教學活動進行調查。然而，有研究指出學習機會的指標界定不應由教師來進行主觀判定，因為教師所界定的學習機會與學生的表現結果並不完全相同（Floden, 2002）。相對的，Tan（1998）指出學生的看法和觀點對數學學習是很重要的，這些都是學生本身學習歷程的經驗和覺察。基於上述的理由，本研究將探討利用教師與學生的數學教學活動調查問卷來建構課室教學活動指標的適切性。由於 TIMSS 2011 沒有針對此項構念進行調查，因此，本研究以 TIMSS 2007 臺灣資料為主軸來進行探討。另外，本研究將進一步針對課室教學活動指標與學習成就的關聯程度進行分析，以了解數學教學活動與學習成就的關係。針對這些目的，本研究提出的研究問題如下：

- 一、利用學生和教師的數學教學活動問卷作為評估課室教學活動指標的適切性為何？
- 二、課室教學活動指標對於學習成就的解釋力為何？

貳、研究方法

本文利用 TIMSS 2007 的臺灣應試資料，分別對四年級、八年級的學生和教師問卷進行分析，探討數學教學活動與學習成就的關聯。研究所使用的資料庫、問卷以及分析方式說明如下：

一、TIMSS 資料庫

TIMSS 是一項大型的國際評量調查，其目的在於評量各國學生數學與科學領域上學習成就的發展趨勢、了解各國學生數學及科學學習成就及其與各國文化背景、研究各國教育制度的差異等影響因子之相關性，並進一步作國際間之比較分析，以幫助各國提昇其教學與學習（Mullis, et al, 2008）。

TIMSS 2007 的評量調查共有 59 個國家或地區參與，總計有超 425,000 位學生。歷屆 TIMSS 評量的資料庫都在評量結束後都會公開置於網路上，TIMSS 2007 的資料可由網站 <http://timss.bc.edu/> 下載。

二、研究對象

TIMSS 採取二階段分層叢集抽樣（two-stage stratified cluster analysis）方法：第一階段進行學校抽樣，採用分層抽樣方法；第二階段則是進行校內的班級抽樣，屬叢集抽樣，抽到班級的全班學生均參加調查。在第一階段的學校抽樣，臺灣四、八年級各抽出 150 個學校，每校 1 或 2 班按第一階段的估計決定，最後的調查樣本分別為四年級生 4260 人與八年級生 4164 人，扣除規定的排除樣本以及缺席樣本，最後的有效樣本分別為 4131 人與八年級生 4046 人。其中四年級男生 2142 人，女生 1989 人，八年級的男、女生則分別為 2103 和 1943 人。教師問卷部分，八年級一共有 152 名數學教師參與作答，四年級的教師問卷則不分科學和數學，一共有 343 名國小教師參與作答。學生資料均採用學生加權值（TOTWGT）為權重進行後續分析。教師部分所有數據的估計乃根據我國參加 TIMSS 2007 四年級和八年級調查班級之教師問卷整合入學生背景問卷資料後，以學生為研究層級，採用教師加權值（TCHWGT）進行分析（Foy & Olson, 2009）。

三、數學成就

TIMSS 調查為了讓研究者在進行任何統計分析時，能夠將成就測驗的測驗誤差考慮進去，在使用受試者的作答資訊以及所有背景資訊估計出能力之機率分布函數後，根據該機率分布函數，隨機抽取五個能力值來代表該學生的能力值。換句話說，這五個能力值可視為在同樣的狀況下，反覆測驗五次，該受試者可能得到的五個能力估計值，這五個數值被稱之為似真值（plausible values）（Foy, Galia, & Li, 2008）。為了在計算各國平均數學成就分數保持一致的統計程序，本研究的依變項為每位學生在 TIMSS 2007 數學成就的 5 個似真值；所有與 TIMSS 2007 數學成就相關的參數估計均透過五組似真值分別求出估計值後加以平均。

四、課室教學活動問卷

TIMSS 評量的對象包括四年級和八年級的學生。除了評量學生學習成就外，TIMSS 同時發展學生、家長、教師、學校等不同的背景問卷，藉由問卷了解影響學生學習成就的相關因素。在學生和教師問卷中，同時都有一項有關數學教學活動的調查。表 1 為八年級數學教學活動的學生和教師問卷調查項目，其中學生問卷共有 17 題，教師問卷有 12 題。表 2 則為四年級的學生和教師問卷調查項目，學生問卷共有 11 題；教師問卷有 9 題。這些題目為反向題，其回答方式為圈選 1=幾乎每一節課；2=約有一半的課；3=有些課；4=從來沒有過。為了說明方便，分析時我們將問卷中的反向題重新編碼成一般的正向題（即，幾乎每一節課=4；約有一半的課=3；有些課=2；從來沒有過=1）。

表 1 TIMSS 2007 有關課室數學教學活動的八年級學生和教師問卷

學生問卷	教師問卷
Q 10 你上數學課時，常做下面的這些事情嗎？	Q 17 上該班數學課時，您要求學生進行下列活動的情況為何？
a) 不用計算機來做加減乘除的運算	a) 不用計算機來做四則運算
b) 作小數及分數的計算	b) 做分數及小數的題目
c) 解有關幾何圖形、直線和角的問題	c) 用圖形、直線、角性質的知識解題
d) 解讀圖表中的資料	d) 解釋圖表的資料
e) 寫出方程式和函數來表示關係	e) 寫出方程式和函數來表示關係
f) 背誦公式和過程	f) 背誦公式與過程
g) 解釋自己的答案	g) 應用事實、概念和過程解一般問題
h) 將所學的數學聯結到日常生活上	h) 解釋答案
i) 為了解一些複雜的問題時，我們自己決定解題步驟	i) 將所學的數學連結到日常生活上
j) 檢討家庭作業	j) 在解一些複雜的問題時，讓學生自己決定解題步驟
k) 聽老師講課	k) 做那些沒有顯而易見解法的問題
l) 自己做數學題目	l) 小組討論
m) 小組共同合作	
n) 在課堂上就開始做家庭作業	
o) 平時考或測驗	
p) 使用計算機	
q) 使用電腦	

表 2 TIMSS 2007 有關課室數學教學活動的四年級學生和教師問卷

學生問卷	教師問卷
Q7 你上數學課時，多常做下面的這些事情？	Q 20 該班數學課時，您多常要求學生進行下列的活動？
a) 不用計算機來做加減乘除的運算	a) 不用計算機來做四則運算
b) 作小數及分數的計算	b) 做分數及小數的題目
c) 測量教室及學校裡的東西	c) 測量教室及學校中的物件
d) 畫圖、表	d) 作圖表
e) 學習圓形、三角形、長方形和立方體等形狀	e) 學習圓形、三角形、矩形、立方體等形狀
f) 記住解題的方法	f) 寫出算式來解應用問題
g) 和其他同學進行小組討論或活動	g) 解釋他們的答案
h) 說明自己的答案	h) 將所學的數學連結到日常生活
i) 自己做數學題目	i) 記住公式與過程
j) 使用計算機	
k) 使用電腦	

五、資料分析

本研究利用探索性因素分析（exploratory factor analysis）、相關分析（correlation analysis）與階層線性模式（Hierarchical Linear Model, HML）三項統計方法，探討課堂數學教學活動的學習機會與學習成就之間的關係，其說明如下：

1. 探索性因素分析用來做為發展測量工具，可以篩選量表題目及驗證量表之建構效度。本研究中，我們採用 VARIMAX 轉軸法以及主成份法（principal components method），將數學教學活動的問卷量表化簡至較少維度，作為有效數學教學活動指標。後續的相關分析以及階層線性模式分析所用的指標分數則是以此主成分分析所得因素分數來進行探討。
2. 相關分析是探討變項間的相關程度。本研究利用相關分析來評估數學教學活動指標與學生成就之間的關聯程度。
3. HLM 可用來分析具階層或嵌套（nested）性質的資料。TIMSS 資料具階層性，包括個人階層、學校階層和國家階層，此類型資料若以個人做為分析單位，會低估標準誤；若以學校或國家為單位，則無法利用個人的資料，即組內的訊息被捨棄而未加利用。如此一來，容易造成分析結果解釋上的偏誤（Raudenbush & Bryk, 2002）。本研究利用 HLM 探討不同數學教學活動對學生成就的影響，並比較不同學校影響程度的差異，以及計算數學教學活動能解釋校內和校際間變異的比例。

參、分析結果與討論

本研究分析結果主要有二項，一是有關數學教學活動的建構、分析與比較；另一項則是有關數學教學活動指標解釋學習成效變異比例的分析。

一、有效數學教學活動指標的建構、分析與比較

首先，我們分別利用四年級與八年級學生的數學教學活動問卷建構數學教學活動指標，並比較教師問卷與學生問卷的差異。

1. 八年級數學教學活動的問卷分析

首先，針對 17 項臺灣八年級學生課室數學教學活動的學生問卷信度的分析顯示 Cronbach Alpha 為.822，顯示信度頗佳，分析顯示學生教學活動問卷的信度尚佳。

另一方面，我們利用 Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) 統計量檢測數學教學活動的問卷是否適用探索性因素分析進行因素的萃取。分析結果顯示，臺灣的 KMO 值為.893，顯示利用學生問卷中課室數學教學活動是適合用探索性因素分析降低因素個數以進行後續的分析。

接著，我們進行探索性因素分析，其結果顯示，從 17 個題目中可明顯的萃取較少的因素。依據臺灣資料則可萃取出 3 個，如表 3 所示，各因素其因素負荷量較大的題目皆以粗體標示。

這些萃取出的因素可根據其因素負荷量重新命名，作為數學教學活動的指標。第一個因素可命名為「數學內容」，因為此因素中具較大因素負荷量的題目為題目 (b) ~ (g)，而這些題目，主要和學習數學知識有關的課堂數學活動。第二個因素中，因素負荷量較大的題目有題目 (h) ~ 題目 (l) 以及題目 (n) 和題目 (o)，這些題目主要有關數學學習的歷程，因此可命名為「解題活動型態」。其餘的 (m)、(p) 和 (o) 三個題目與小組討論以及工具使用有關，可命名為「工具使用與團隊合作」。

表 3 八年級數學教學活動問卷的因素分析結果

Q 10 你上數學課時，常做下面的這些事情嗎？	因素 1	因素 2	因素 3
a) 不用計算機來做加減乘除的運算	0.368	0.176	-0.149
b) 作小數及分數的計算	0.728	0.068	0.098
c) 解有關幾何圖形、直線和角的問題	0.732	0.263	-0.074
d) 解讀圖表中的資料	0.781	0.146	0.079
e) 寫出方程式和函數來表示關係	0.763	0.175	0.087
f) 背誦公式和過程	0.539	0.336	0.016
g) 解釋自己的答案	0.469	0.423	0.088
h) 將所學的數學聯結到日常生活上	0.373	0.430	0.191
i) 為了解一些複雜的問題時，我們自己決定解題步驟	0.316	0.564	0.086
j) 檢討家庭作業	0.127	0.726	-0.025

k) 聽老師講課	0.195	0.603	-0.220
l) 自己做數學題目	0.206	0.712	-0.032
m) 小組共同合作	0.065	0.220	0.582
n) 在課堂上就開始做家庭作業	0.040	0.438	0.386
o) 平時考或測驗	0.261	0.412	0.190
p) 使用計算機	-0.004	-0.055	0.731
q) 使用電腦	0.023	-0.133	0.761

以因素分析萃取出課室教學活動指標後，我們可以進一步分析這些課室教學指標與學生成就之間的相關程度，除了整體的數學成就之外，本研究亦針對數學內容領域的代數（algebra）、資料與機會（data and chance）、數（number）、幾何（geometry）以及與認知能力的知道（knowing）、應用（applying）、推理（reasoning）等向度來分析。表 4 為臺灣的課室教學活動指標與學生成就相關分析結果。從表中可知，臺灣的第二項課室教學活動指標「解題活動型態」與學生數學成就之間的相關最高（ $r=0.420$ ）。此外，從表 4 也可以看出，第二項課室教學活動指標「解題活動型態」與四項數學知識內容的相關係數分別為 0.415、0.360、0.391、0.396，其中與「代數」的相關程度最高；與三項認知能力的相關係數分別為 0.433、0.418、0.383，其中與「知道」的相關程度最高。

比較特別的是臺灣第三項課室教學活動指標「工具使用與團隊合作」和學生數學成就、內容領域和認知能力之間為負相關，其中「工具使用與團隊合作」相關的題目包括「和其他同學進行小組討論或活動」、「使用計算機」、「使用電腦」三項。負相關表示上課時愈少進行這三項活動，學生的數學成就會愈高。

表 4 臺灣八年級學生課室教學活動指標與整體數學成就、各數學內容領域、認知能力的相關摘要

	課室教學活動 指標		
	數學內容	解題活動型態	工具使用與團隊合作
整體數學成就	0.249	0.420	-0.253
內容領域_代數	0.226	0.415	-0.249
內容領域_資料與機會	0.197	0.360	-0.235
內容領域_數	0.229	0.391	-0.225
內容領域_幾何	0.250	0.396	-0.267
認知能力_知道	0.248	0.433	-0.252
認知能力_應用	0.267	0.418	-0.248
認知能力_推理	0.213	0.383	-0.234

根據這些資料，我們可以進一步分析性別差異。表 5 列出臺灣男、女生的三項課室教學活動指標與學生數學成就、數學知識內容和認知能力的相關。不論男生或女生，第二項課室教學活動指標「解題活動型態」是相關最高的。比較男、女生的相關係數可以發現，這三項指標的相關程度都是男生較高，這表示課室教學活動指標與男學生的數學成就關聯性高於女學生。

表 5 八年級不同性別課室教學活動指標與學生數學成就、數學內容知識和認知能力的相關程度

	女生			男生		
	課室教學活動 指標			課室教學活動 指標		
	數學內 容	解題活 動型態	工具使用與 團隊合作	數學內 容	解題活 動型態	工具使用 與團隊合 作
整體數學成就	0.230	0.370	-0.252	0.263	0.458	-0.259
內容領域_代數	0.208	0.367	-0.230	0.242	0.451	-0.259
內容領域_資料與機會	0.187	0.311	-0.214	0.205	0.399	-0.250
內容領域_數	0.217	0.338	-0.211	0.238	0.434	-0.244
內容領域_幾何	0.229	0.342	-0.274	0.266	0.438	-0.264
認知能力_知道	0.237	0.389	-0.241	0.259	0.466	-0.258
認知能力_應用	0.258	0.361	-0.248	0.274	0.462	-0.254
認知能力_推理	0.185	0.331	-0.217	0.234	0.423	-0.251

對於八年級數學教學活動的教師問卷，我們也進行的同樣的分析。利用探索性因素分析可將 12 個題目縮減為 4 個因素。但這些因素與學生學習成效之間的關係並不高，相關係數最高只有 0.13，其餘三項皆小於 0.1，因此我們不呈現相關的表格。

2. 四年級數學教學活動的問卷分析

有關四年級數學教學活動的學生問卷共有 11 項。我們利用相同的分析程序來探討從數學教學活動的問卷萃取課室教學活動指標是否合適、是否與學習成效有關。為了方便說明，我們同樣將問卷中的反向題重新編碼成一般的正向題。問卷信度 Cronbach Alpha 為.746，KMO 為.823，顯示臺灣四年級的問卷信度尚可，且適合用探索性因素簡化問卷向度。

根據表 6 探索性因素分析的因素負荷量，可將臺灣四年級數學教學活動學生問卷重新命名化簡問卷量表。比較因素負荷量大小後，我們發現利用八年級的命名方式同樣可將四年級這 11 個問題命名為「數學內容」、「解題活動型態」和「工具使用與團隊合作」三項，其中「數學內容」包括題目 (a)~題目 (e)，

「解題活動型態」包括題目 (f)、(h)、(i)，而「工具使用與團隊合作」包括題目 (g)、(j) 和 (k)。

表 6 四年級學生問卷的因素分析結果

Q7 你上數學課時，多常做下面的這些事情？	因素		
	數學內容	解題活動型態	工具使用與團隊合作
a) 不用計算機來做加減乘除的運算	0.385	0.297	-0.186
b) 作小數及分數的計算	0.717	0.226	-0.008
c) 測量教室及學校裡的東西	0.717	0.069	0.232
d) 畫圖、表	0.745	0.112	0.177
e) 學習圓形、三角形、長方形和立方體等形狀	0.706	0.194	0.086
f) 記住解題的方法	0.230	0.690	-0.075
g) 和其他同學進行小組討論或活動	0.307	0.393	0.455
h) 說明自己的答案	0.203	0.709	0.157
i) 自己做數學題目	0.063	0.735	-0.041
j) 使用計算機	0.103	-0.036	0.766
k) 使用電腦	0.049	-0.030	0.817

表 7 列出課室教學活動指標的因素中與學習成效間相關程度較高的因素、及其因素負荷量較高的題目。其中，與學習成就有正相關的因素二中，其因素負荷量較大的題目為「記住解題的方法」、「說明自己的答案」、「自己做數學題目」三個相同的題目。針對四年級不同性別來進行分析，其結果和八年及雷同，男、女生的分析結果亦和全體學生的分析結果相當一致，這三項指標的相關程度也都是男生較高，顯示課室教學活動指標與男學生的數學成就關聯性較高於女學生。比較特別的是，萃取出來的因素三與學習成就相關係數為-0.322，代表此向因素與學習成就為負相關，即上課時愈少進行「和其他同學進行小組討論或活動」、「使用計算機」、「使用電腦」這些活動，學生的成績會愈高。

對於四年級數學教學活動的教師問卷，我們也進行同樣的分析。但這些因素與學生學習成效之間的關係並不高，相關係數最高僅有 0.1。

表 7 四年級數學教學活動問卷中與學習成就相關較高的因素與題目內涵

萃取因素	與學習成就相關	題目內涵
解題活動型態	0.312	f) 記住解題的方法 h) 說明自己的答案 i) 自己做數學題目
工具使用與團隊合作	-0.322	g) 和其他同學進行小組討論或活動 j) 使用計算機 k) 使用電腦

從上述八年級、四年級 TIMSS 學生、教師問卷的分析結果可知，以數學教學活動作為課室教學活動指標時，利用學生問卷可獲得與學習成效相關程度較高。

二、數學教學活動指標對於數學學習成就變異的解釋力

為了進一步評估課室教學活動指標對學習成就的解釋力，我們利用階層線性模式（HLM）來分析二者之間的關係。此處我們考量學校和學生二階層線性模式，而分析的對象主要聚焦在臺灣四年級和八年級的學生問卷。分析時學生層級和學校層級分別以 TIMSS 提供的權重 TOTGW 和 SCHWGT 進行加權，分析工具是以 HLM6.02 軟體。

首先我們利用零模式（Null model）確認資料是否適合使用 HLM 分析，同時計算學生表現的總變異、校際變異比例（intra-class correlation, ICC）和校內變異比例。零模式的學生和學校階層的模式如下：

零模式

學生階層模式： $Ach_{ij} = \beta_{0j} + r_{ij}$,

學校階層模式： $\beta_{0j} = \gamma_{00} + \mu_{0j}$,

其中 Ach_{ij} 代表第 j 所學校內的第 i 個學生的數學成績，

β_{0j} 代表第 j 所學校的平均數學成績，

γ_{00} 代表所有學校的平均數學成績，

μ_{0j} 代表第 j 所學校的隨機效果，

r_{ij} 代表第 j 所學校內的第 i 個學生的隨機效果，

$i = 1, 2, 3, \dots, n_j$ 代表第 j 所學校的學生數，

$j = 1, 2, \dots, J$ 代表學校數。

表 8 為零模式的分析結果。Lee（2000）指出，如果 ICC 大於 10% 分析時必須考慮資料的階層性，並使用 HLM 進行分析較為合適。從表的 ICC 計算結果可知四年級的 ICC 為 14.69%，八年級的 ICC 為 31.28%，因此在探討課室教學活動指標對學習成就的影響時，必須將學校差異所造成的階層性納入考量。此結果與張俊彥等人（無日期，p73）的結果有些為差異，因為他們是以班級為第二階層，而此處是以學校為第二階層。

表 8 臺灣四年級和八年級學生的校際變異比例

年級	總變異	校際變異比例 (ICC)	校內變異比例 (1-ICC)
四年級	3705.26	544.17 (14.69%)	3161.09 (85.31%)
八年級	12296.60	3847.53 (31.28%)	8449.07 (68.72%)

另一方面，ICC 可作為學習均等的檢核指標，ICC 值愈大，表示學生傾向依相似能力被分群到學校中。比較表 8 中四年級和八年級的 ICC 可以發現，八年級的 ICC 值明顯大於四年級，表示八年級的學習均等較四年級低。

除了零模式外，我們進一步分別利用課室教學活動指標作為學生階層模型與學校階層模式的獨立變項，計算課室教學活動指標對數學成績的預測能力，其中模式 1 是在學生階層中加入 3 項課室教學活動指標作為模式中的獨立變項；模式 2 是在學校階層中加入 3 項課室教學活動指標的學校平均作為模式中的獨立變項。

模式 1

學生階層模式： $Ach_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j} \times CIA_{1j} + \beta_{2j} \times CIA_{2j} + \beta_{3j} \times CIA_{3j} + r_{ij}$,

學校階層模式： $\beta_{0j} = \gamma_{00} + \mu_{0j}$,

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + \mu_{1j},$$

$$\beta_{2j} = \gamma_{20} + \mu_{2j},$$

$$\beta_{3j} = \gamma_{30} + \mu_{3j},$$

其中

$\beta_{1j} \sim \beta_{3j}$ 代表第 j 所學校的 3 個課室教學活動指標的係數，

$CIA_{1j} \sim CIA_{3j}$ 代表第 j 所學校的 3 個課室教學活動指標，

$\gamma_{10} \sim \gamma_{30}$ 代表 3 個課室教學活動指標的截距項，

$\mu_{1j} \sim \mu_{3j}$ 代表 3 個課室教學活動指標的隨機效果。

模式 2

學生階層模式： $Ach_{ij} = \beta_{0j} + r_{ij}$,

學校階層模式： $\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{10} \times CIA_{1M} + \gamma_{20} \times CIA_{2M} + \gamma_{30} \times CIA_{3M} + \mu_{0j}$,

其中

$CIA_{1M} \sim CIA_{3M}$ 代表 3 個課室教學活動指標的學校平均，

$\gamma_{10} \sim \gamma_{30}$ 代表 3 個課室教學活動指標學校平均的係數。

表 9 為模式 1 和模式 2 的 HLM 分析結果。就八年級而言，模式 1 的結果顯示，三項課室教學活動指標的係數在學生階層模式中皆達統計顯著，每單位課室教學活動指標的影響程度都超過 20 分，其中又以 CIA_2 最多，高達 38.58 分，再者，這三項課室教學活動指標同時可解釋校內變異 29.16%；另外，模式 2 的結果顯示，各校三項課室教學活動平均， CIA_{1M} 、 CIA_{2M} 、 CIA_{3M} 對學生成績也有顯

著影響，每增加一單位分別會增減 70.56 分、98.61 分、51.80 分數學成績，且這三項課室教學活動指標的校平均指標可解釋校際變異 73.82%。

就四年級而言，在模式 1 有二項課室教學活動指標達統計顯著，這三項課室教學活動指標同時可解釋校內變異共計 26.17%；另外，模式 2 的結果顯示，只有第二項指標達統計顯著，且這三項課室教學活動指標的校平均指標可解釋校際變異 20.23%。

整體而言，以這些由探索性因素分析萃取的課室教學活動指標作為階層線性模式的獨立變項，預測學生數學成就是相當合適的。另外，對八年級而言，課室教學活動指標解釋校內或校際變異的比例都相當高；對四年級而言，課室教學活動指標解釋校內變異比例也相當不錯。

表 9 課室教學活動指標對臺灣四年級和八年級學生數學成績的影響效果

	八年級				四年級			
	模式 1		模式 2		模式 1		模式 2	
	係數	S.E.	係數	S.E.	係數	S.E.	係數	S.E.
截距	585.11	8.53	590.84	4.29	567.45	4.15	569.38	2.79
學生階層								
CIA_1	25.15	3.11			-2.89	2.26		
CIA_2	38.29	3.47			20.55	2.24		
CIA_3	-23.98	2.85			-24.39	3.12		
學校階層								
CIA_{1M}			70.56	19.98			9.04	10.10
CIA_{2M}			98.61	11.92			<i>32.05</i>	<i>14.58</i>
CIA_{3M}			<i>-51.80</i>	<i>16.08</i>			-0.60	15.59
校內變異		5984.50		5483.68		2333.44		3166.26
校際變異		2006.43		1006.99		571.82		433.54
課室教學活動	(8449.07-5984.50)				(3161.09-2333.44)			
指標解釋校內	÷8449.07=29.16%				÷3161.09=26.17%			
變異比例								
課室教學活動	(3847.53-1006.99)				(544.17-433.54)			
指標解釋校際	÷3847.53=73.82%				÷544.17=20.23%			
變異比例								

註：1.具統計顯著者，若 $p < 0.01$ 以斜體表示；若 $p < 0.001$ 以粗體表示

2.CIA 代表課室教學活動（Classroom Instructional Activities）

3.HLM 軟體利用資料階層性的特色進行分析，並未考量其他抽樣設計的訊息，因此標準誤通常會高估

肆、結論與建議

本研究嘗試以提升學生數學學習成就的角度來探討課室教學活動作為學習機會指標的測量的可能性，課室學習不但能反應學生學習機會，同時與學習成就亦有所關聯。由於國際大型評量 TIMSS 2007 的教師和學生問卷都有包含數學教學活動的相關調查。因此，本研究以有效的課室教學活動指標建構進行探索，並探討有效課室教學活動指標與學生學習成效之間相關程度。分析結果指出從學生問卷萃取出的有效課室教學活動指標比從教師問卷萃取結果呈現較佳的關聯，亦即，不論四年級或八年級都是學生問卷的數學教學活動與學習成效有較高的相關性。此結果與 Floden (2002) 的論述是一致的，即教師對學習活動的評判和學生自身的察覺是有所差異。因此，以 TIMSS 國際調查中的學生問卷作為了解學生的學習機會是一個可行的方式。

利用學生問卷和教師問卷建構有效教學活動指標可以發現，學生問卷中的課室教學活動指標與學習成效有較高的關聯，相關程度約為.3~.4 左右。另外，分析發現，臺灣利用探索性因素分析所萃取出的三個因素「數學內容」、「解題活動型態」和「工具使用與團隊合作」與 Mullis 等人 (2008) 提出 TIMSS 國際報告的分類「數學主題（代數、資料與機會、數、幾何）」、「問題解決能力」和「其它項目」非常相似。

利用探索性因素分析所萃取的課室教學活動指標，可進一步利用 HLM 檢查這些課室教學活動指標影響學生成就的程度。分析結果顯示，這三項課室教學活動指標的確可作為預測學生數學成就的變項，而且不論校內或校際的變異都可解釋相當高的變異比例。因此不論作為課室教學活動指標或預測學生成就的變項，以學生的數學教學活動問卷為基礎來建構是相當合適的。

在這些課室教學活動指標中，第二個課室教學活動指標「解題活動型態」與學習成就有較大的正相關。在這個向度上，四年級的題目包括「記住解題的方法」、「說明自己的答案」、「自己做數學題目」；而八年級此指標中的題目包括「解釋自己的答案」、「將所學的數學聯結到日常生活上」、「為了解一些複雜的問題時，我們自己決定解題步驟」、「檢討家庭作業」、「聽老師講課」、「自己做數學題目」、「在課堂上就開始做家庭作業」、「平時考或測驗」等。HLM 的分析指出，這部分的指標每增加一單位，四年級和八年級的學生成績會分別會提升 21 與 38 分。而一個有趣的發現是，臺灣第三個課室教學活動指標「工具使用與團隊合作」與學習成就為負相關。此指標中因素負荷較大的題目包括「合作學習」、「使用計算機」、「使用電腦」，其他亞洲國家，如香港、新加坡、日本和韓國也有雷同的現象，這項與成就呈現負相關的指標其因素負荷量大都是題目 (m) ~ 題目 (p)。HLM 分析也指出，每增一單位的指標值，四年級和八年級的學生成績分別會下降約 24 分。此與許多研究的結果矛盾，例如：林秋斌、蘇怡慈、李美萱 (2012) 指出電腦輔助合作學習可以有效提升學生的分數概念以

及學習信心和興趣。蕭嘉偉、洪碧霞（2010）也指出試算表融入的數學教學對學生數學能力有積極的助益。因此，電腦、與計算機的學習輔助效果對於學習成就的可能成效有待後續研究的積極探討。而合作學習部分，Wickett（2000）指出在小學中運用合作學習可提升學生檢驗多重問題解決策略的能力並且提升學生對其數學能力的信念。Fuchs、Fuchs、Yazdian 與 Powell（2002）則指出一年級數學進行同儕輔助學習有助於數學的進步。范聖佳、郭重吉（2006）指出合作學習透過異質小組安排，可以提高個人的學習效果並達成團體共同的目標。因此，未來需要進一步的研究來找出可以有效運用合作學習來促進學生成就的教學情境。此外，八年級在第一個指標「數學內容」與數學成就的相關大概在.2左右，為低度的正相關。HLM 的分析也指出，每增一單位的指標值，四年級學生成績分別會下降約 3 分，而八年級的學生成績則會提升 25 分左右，兩個年級落差的原因可能在於不同年級數學內容與測驗試題所涵蓋的重疊程度。未來可針對試題內涵進行後續深度的分析。

對於教學實務而言，上述這些研究結果顯示教學中可針對第二個課室教學活動指標來有效提升學生的數學學習。例如：結果呈現學生愈常運用主動式學習（自己做數學題目）通常會有較高的成績。Crocker 與 Long（2002）建議教師可運用具體的模型和實例來發展數學連結。此外，教學中也應強調學生主動學習經驗後的反思，此活動提供了學生將學習資訊與先備知識進行統整的契機（Smith, 1999）。另一個意涵是透過數學學習範例的選擇來培養學生積極的態度。Boyer（2002）提出了發展學生對於學習的自我管理與提高數學學習動機的課堂活動建議。DeGeorge 與 Santoro（2004）指出數學教師在課堂中讓學生動手操作有助於學習動機及參與的提升。Polya（1957）曾表示課室教學與學習活動是相當重要的，有效的學習不再是依賴教師的講解，而是教師與學生兩者積極的投入及參與，而學習數學也不再著重重疊及反覆的練習，最主要還是努力不懈的探索與思考，因此建議教學時教師應積極採取上述的活動，讓學生有更為精緻化的學習處理。

本研究聚焦於課室教學活動對數學成就的關連進行探討，主要以臺灣參與 TIMSS 2007 的調查進行四年級和八年級的分析，許多影響學生學習成果之其他重要因素未能全面涵蓋，例如學生的性別、家庭社經背景變項、學校背景變項等可能相關因素並沒有加入討論，故後續研究者可針對不同研究主題，採行不同的研究變項，以補足研究變項廣泛而未能一併納入本模式分析之缺憾。此外，目前臺灣 TIMSS 的資料庫包含了 1999、2003、2007 和 2011 四個年度，雖然 2011 年度並沒有針對課室教學活動進行調查，但先前三次的調查當中均納入此一變項的資料蒐集，本研究僅以近期的 TIMSS 2007 的資料進行處理，若要對於四年級與八年級學生在數學學習的表現上有更完整的全觀瞭解，未來可嘗試進行更多年度趨勢之探討。

參考文獻

中文部分

- 余民寧、韓珮華(2009)。教學方式對數學學習興趣與數學成就之影響：以 TIMSS 2003 臺灣資料為例。**測驗學刊**，**56** (1)，19-48。
- 林秋斌、蘇怡慈、李美萱(2012)。電腦輔助合作學習於分數概念教學之研究。**數位學習科技期刊**，**4** (1)，1-15。
- 范聖佳、郭重吉(2006)。國中數學教師試行合作學習之行動研究。**科學教育**，**13**，73-90。
- 張俊彥、林碧珍、洪志明、曹博盛、張美玉、任宗浩、李哲迪(無日期)。**TIMSS 2007 國際數學與科學教育成就趨勢調查**。取自：
http://www.dorise.info/DER/download_T2007/resault/TIMSS-2007-full_ver.pdf
- 蕭嘉偉、洪碧霞(2010)。試算表融入的數學教學與評量設計。**數位學習科技期刊**，**2** (3)，1-18。

英文部分

- Akyüz, G., & Berberoğlu, G. (2010). Teacher and classroom characteristics and their relations to mathematics achievement of the students in the TIMSS. *New Horizons in Education*, 58(1), 77-95.
- Boyer, K. R. (2002). Using active learning strategies to motivate students. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 8, 48-51.
- Brewer, D. J., & Stacz, C. (1996). *Enhancing opportunity to learn measures in NCES data*. Santa Monica, CA: RAND.
- Brown, A. (1994). The advance of learning. *Educational Researcher*, 23, 4-12.
- Crocker, D.A., & Long, B.B. (2002). Rice + technology = an exponential experience. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 7, 404-407.
- DeGeorge B., & Santoro, A.M. (2004). Manipulatives: A Hands-On Approach to Math. *Principal*, 84(2), 28-29.
- Floden, R. E. (2002). The measurement of opportunity to learn. In A. C. Porter & A. Gamoran (Eds.), *Methodological advances in cross-national surveys of educational achievement* (pp.231-266). Washington, DC: National Academy Press.
- Foy, P., & Olson, J. F. (Eds.). (2009). *TIMSS 2007 user guide for the international database*. Chestnut Hill, MA: Boston College.
- Foy, P., Galia, J., & Li, I. (2008). Scaling the data from the TIMSS 2007 mathematics and science assessments. Chapter 11 in J.F. Olson, M.O. Martin, and I.V.S. Mullis (Eds.), *TIMSS 2007 technical report* (pp. 225-280). Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.

- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Yazdian, L., & Powell, S. R. (2002). Enhancing first-grade children's mathematical development with peer-assisted learning strategies. *School Psychology Review, 31*, 569-583.
- Guiton, G., & Oakes, J. (1995). Opportunity to learn and conceptions of educational equality. *Educational Evaluation and Policy Analysis, 17*(3), 323-336.
- House, J. D. (2001). Relationships between instructional activities and mathematics achievement of adolescent students in Japan: Findings from the Third International Mathematics and Science Study (TIMSS). *International Journal of Instructional Media, 28*, 93-105.
- House, J. D. (2006). Mathematics beliefs and achievement of elementary school students in Japan and the United States: Results from the Third International Mathematics and Science Study. *Journal of Genetic Psychology, 167*, 31-45.
- House, J. D. (2009). Elementary-school mathematics instruction and achievement of fourth-grade students in Japan: Findings from the TIMSS 2007 assessment. *Education, 130*(2), 301-307.
- House, J. D., & Telese, J. A. (2008). Relationships between student and instructional factors and algebra achievement of students in the United States and Japan: an analysis of TIMSS 2003 data. *Educational Research and Evaluation, 14*(1), 101-112.
- Husén, T. (Ed.). (1967). *International study of achievement in mathematics: A comparison of twelve countries*. I. Stockholm: Almqvist & Wiksell; New York: John Wiley & Sons.
- IEA (1988). *Science achievement in seventeen countries: A preliminary report*. Oxford: Pergamum Press.
- Lee, V. E. (2000). Using hierarchical linear modelling to study social context: The case of school effects. *Education Psychologist, 35*, 125-141.
- Leung, F. K. S. (2001). In Search of an East Asian Identity in Mathematics Education. *Educational Studies in Mathematics, 47*, 35-52.
- McDonnell, L. M. (1995). Opportunity to learn as a research concept and a policy instrument. *Educational Evaluation and Policy Analysis, 17*(3), 305-322.
- 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*. TIMSS & PIRLS International Study Center.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., & Arora, A. (2012). *TIMSS 2011 International Results in Mathematics*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.

- O'Day, J. A., & Marshall S. (1992). Systemic Reform and Educational Opportunity. In S. Fuhman (Ed.) *Designing Coherent Education Policy*, pp. 250-312. San Francisco: Jossey-Bass.
- Polya, G. (1957). *How to solve it*. New York: Doubleday Anchor Book.
- Porter, A., Floden, R., Freeman, D., Schmidt, W., & Schwille, J.(1988). Content determinants in elementary school mathematics. In D. A. Grouws & T. J. Cooney (Eds.), *Perspectives on research on effective mathematics teaching* (pp. 96-113). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Raudenbush, S. W. & Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods*. (2nd ed.). Thousand Oaks: Sage Publications.
- Schmidt, W. D., & Curtis C. M. (1995). Surveying Educational Opportunity in Mathematics and Science: An International Perspective. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 17, 337-54.
- Smith, J. (1999). Active learning of mathematics. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 5, 108-110.
- Stigler, J. W., Gallimore, R., & Hiebert, J. (2000). Using Video Surveys to Compare Classrooms and Teaching Across Cultures: Examples and Lessons From the TIMSS Video Studies. *Educational Psychologist*, 35(2), 87-100.
- Tan, A. G., (1998). Exploring primary pupils' desirable activities in mathematics lessons. *The Mathematics Educator*, 3, 26-37.
- Telese, J. A. (2004). Middle school mathematics classroom practices and achievement: A TIMSS-R analysis. *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 26, 19-30.
- Wickett, M. S. (2000). Nurturing the voices of young mathematicians with dyads and group discussions. *Teaching Children Mathematics*, 6, 412-415.