

國家教育研究院籌備處《研習資訊》雙月刊電子期刊

第 26 卷第六期專論：【學生學科能力品管機制】

臺灣學生在 TIMSS 的數學表現及其啟示

李源順（臺北市立教育大學數學資訊教育學系教授）

王美娟（臺北市立教育大學數學資訊教育學系副教授）

蘇意雯（臺北市立教育大學數學資訊教育學系助理教授）

陳怡仲（臺北市立教育大學數學資訊教育學系碩士班）



## 摘 要

本研究的目的是在利用 TIMSS 數學資料庫，深度分析 TIMSS 試題中的關鍵概念，並與教育部已修訂的九七課程綱要對比，進而對九七課綱要提出可以考慮的建言。研究方法為質性分析法。信度和效度採三角校正法來檢核。研究發現，我國的課程綱要可以考慮是否在能力指標的說明中強調生活語意的內容、數學名詞的語意感覺、量感的教學、學生常犯的迷思概念問題、相對數值的問題。可以考慮是否在能力指標的說明中添加成人生活經驗問題、概念的反例問題、有規律的解答方法的問題、逆向思考和逆運算的問題、概念溝通的問題、正負數的前置概念問題、比例型的乘法問題、時間縮減的百分率問題、獨立事件的機率問題。可以考慮是否增加下列能力指標：在各年級增加怎樣解題的能力指標、四年級增加空間中全等的指標、四、六年級增加生活中計圖表的報讀和解讀的指標、六年級增加機率的能力指指標。

## 壹、前言

近十多年來，我國在國科會與教育部的支持下，積極參與國際數學教育成就評比。1999 年參加八年級學生為研究對象的國際數學和科學趨勢研究(Trends International Mathematics and Science Study [TIMSS])，2003 和 2007 年也持續參加八年級和四年級的 TIMSS 研究。這幾次的國際評比中，我國學童在國際上的表現令人滿意，成績都在前四名。同時 TIMSS 資料庫中也公布了一些研究結果和試題，這些研究結果和試題潛藏著國際上重視或者強調的內涵，若我們能夠進一步進行解析，便可以做為我國數學教育的借鏡，尤其供教育部已修訂的九七課程綱要（教育部，2008）的參考。因此本文的目的在於對於 TIMSS 的公開試題進行深入解析，希望能對我國的教師進行數學教學，甚至編訂未來課程綱要時有一些啟發。

## 貳、TIMSS 數學評量

### 一、TIMSS 沿革

國際教育學習成就評量委員會（The International Association for the Education Achievement, IEA）成立於 1959 年，目的在了解各國學生數學及科學學習成就及其各國

文化背景、學習環境、教師因素等影響因子之相關性；同時，對連續參加的國家進行縱向的趨勢比較，以協助參加的國家瞭解其在教育改革的成效（林碧珍、蔡文煥，2003）。IEA 於 1970 年舉行第一次國際數學與科學教育成就調查(The First International Mathematics and Science Studies[FIMSS])，當時共有 19 個國家參與。1980 年再次舉行第二次國際數學與科學教育成就調查 (The Second International Math and Science Studies[SIMSS])，則有 24 個國家參與。1995 年舉行第三次國際數學與科學教育成就研究 (Third International Mathematics and Science Study[TIMSS], Martin & Kelly(eds), 1996)，共有 45 個國家參與。在此之前，台灣並未參與調查研究。

由於世界各國對 TIMSS 的熱烈反應，IEA 計畫往後每隔四年辦理一次，並於 1999 年舉辦了第三次國際數學與科學教育成就研究後續調查 (the Third International Mathematics and Science Study Repeat[TIMSS-R], 羅珮華，2000)，同時之後的評量皆定名為「國際數學與科學教育成就趨勢調查(TIMSS)」。TIMSS 1999 的調查對象為八年級學生，包含台灣在內，共有 38 個國家/地區參加。

台灣參與 TIMSS 1999 的籌畫與執行是由國立台灣師範大學科學教育中心負責。之後國立台灣師範大學科學教育中心也持續負責台灣參加 TIMSS 2003 及 TIMSS 2007 的調查研究相關事務，此時參加的年級則有四年級與八年級的評量調查。TIMSS 2003 (Martin et al., 2004) 參與八年級評量的有 48 個國家，四年級的則有 26 個國家。TIMSS 2007(Mullis, et al., 2008)參與八年級評量的有 50 個國家，四年級的則有 37 個國家。

## 二、TIMSS 的數學評量架構

由於篇幅所限，有關 TIMSS 的評量架構，我們僅探討台灣參與的幾次評量架構。歷年來 TIMSS 的數學評量架構都分為兩個領域。TIMSS 1999 (Martin, et al., 2000) 的數學評量架構的第一個領域為包含分數與數感、測量、資料呈現、分析與機率、幾何以及代數等五個內容領域，其試題分布分別為 38%, 15%, 13%, 13%, 22%。第二個領域為包含知道、使用例行性程序、使複雜性程序、探究與解題、以及溝通與推理等五個外在表現，其試題分布分別為 19%, 23%, 24%, 31%, 2%。

TIMSS 2003(Mullis, et.al., 2001)的數學評量架構，在內容領域方面，分為數、代數、

測量、幾何、資料等五個主題，4 年級和 8 年級的試題分布則分別為 40%, 15%, 20%, 15%, 10%，以及 30%, 25%, 15%, 15%, 15%。認知領域分為知道事實與程序、使用概念、解例行性問題、推理等四個面向。4 年級和 8 年級的試題分布則分別為 20%, 20%, 40%, 20%，以及 15%, 20%, 40%, 25%。

TIMSS 2007(Mullis, et.al., 2005)的數學評量架構把四年級和八年級的內容領域分開來了，4 年級的內容領域分為數、幾何圖形與測量、資料呈現等三個主題，試題分布分別為 50%, 35%, 15%。8 年級則分為數、代數、幾何、資料與機率等四個主題，試題分布分別為 30%, 30%, 20%, 20%。但兩個年級的認知領域則相同，都分為知道、應用與推理等三個面向。4 年級和 8 年級的試題分布則分別為 40%, 40%, 20%，以及 35%, 40%, 25%。

從近三次的評量架構發現，在內容領域方面，不管在 4 年級或 8 年級，數的主題都是評量的重點，之後 4 年級則是幾何與測量，8 年級則是代數。在認知領域方面，基本的知道事實與程序、使用概念、解例行性問題是 4 年級和 8 年級的評量重點，但隨著年級愈高，評量推理的百分比從 20%提高到 25%。

### 三、我國在 TIMSS 數學評量的排名

台灣八年級學生在 TIMSS 1999 (Mullis, et al., 2000) 的數學評量成績在 38 個參與國家/地區中，排名第三，僅次於新加坡和韓國，香港排名第四。若從統計的角度看，新加坡的成績獨領群國，與其他國家的評量成績都有顯著差異，而我國和韓國與香港在第二群，彼此間沒有顯著差異，且與第五名的日本有顯著差異。若從內容領域分析，台灣的代數排名為第一名，分數與數感及資料呈現分析與機率的排名均為第三名，在測量與幾何的排名均為第四名。

TIMSS 2003 (張秋男主編，2005) 的數學評量成績，台灣八年級學生 48 個參與國家/地區中排名第四，僅次於新加坡、韓國和香港。若從統計的角度看，新加坡的成績仍然獨領群國，與其他國家的評量成績都有顯著差異，而我國和韓國與香港在第二群，彼此間沒有顯著差異，且與第五名的日本有顯著差異。若從內容領域分析，台灣八年級學生在幾何及代數的排名均為第三名，在數、測量及統計的排名均為第四名。至於四年

級學生在 26 個參與國家／地區中，排名也是第四，次於新加坡、香港和日本。韓國的四年級學生則沒有參與評量。若從統計的角度看，新加坡的成績仍然獨領群國，與其他國家的評量成績都有顯著差異，香港在第二群與其他國家有顯著差異，而我國和日本在第三群，與其他國家有顯著差異。若從內容領域分析，數、數型和關係及資料的排名均為第三名，在測量及幾何的排名均為第四名。

TIMSS 2007(Mullis, et al., 2008) 的評量，台灣八年級學生在 50 個參與國家／地區中排名第一。若從統計的角度看，我國與第二、三名的韓國和新加坡的成績沒有顯著差異，且獨領群國，而其後的香港和日本則在第二群彼此間沒有顯著差異，但與其他國家有顯著差異。若從內容領域分析，臺灣八年級學生在數、統計、幾何和代數的排名則分別位居 3, 4, 1, 1 名。四年級學生在 37 個參與國家／地區中，排名第三，僅次於香港和新加坡。韓國的四年級學生則沒有參與評量。若從統計的角度看，香港和新加坡的成績沒有顯著差異，且獨領群國，而我國在第二群，且與第四名的日本有顯著差異。至於數、幾何圖形與測量和資料的排名則分別為第 3, 4, 4 名。

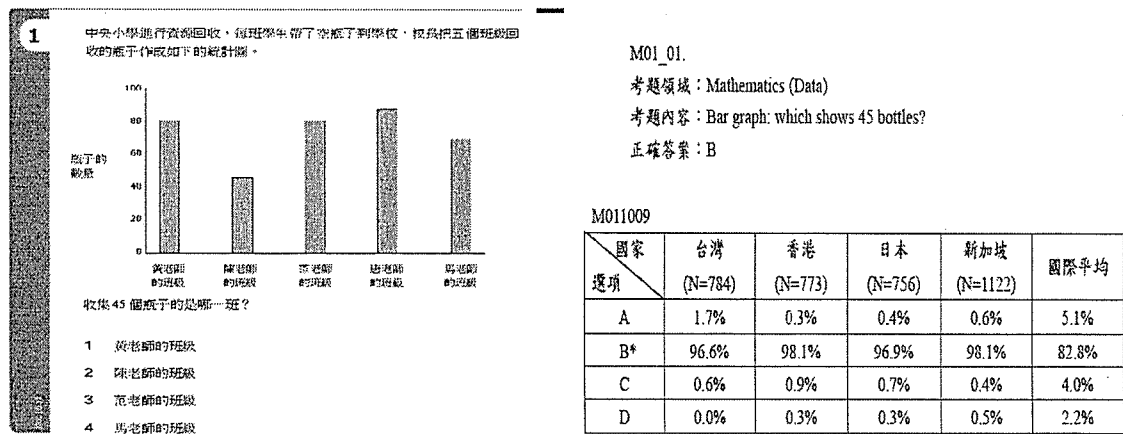
從三次的 TIMSS 評量發現，我國八年級和四年級學生大都在第二領先群，但八年級學生在 TIMSS 2007 年變成在第一領先群，顯示八年級學生的成績，在國際間有好的進展。

### 參、TIMSS 試題的次級分析

我們從中華民國期刊論文索引、教育論文線上資料庫、國科會研究計畫、全國博碩士論文資訊網及師範校院聯合學位論文系統等五個資料庫搜尋國內有關 TIMSS 數學評量的相關文獻，查詢時間至 97 年 11 月 30 日止，發現總計 64 篇。其中針對 TIMSS 的資料進行質性研究的只有兩篇，其它幾乎都是量化研究或者報導 TIMSS 的研究結果和進行資料詮釋，少有針對 TIMSS 的試題內容進行深度分析的研究。因此我們採用內容分析法針對 TIMSS 2003 的數學評量試題進行深度分析，試圖了解台灣學生表現欠佳的原因，做為我國教師教學或者修訂課程綱要的建議。

在試題分析的過程中，我們針對其內容領域、認知領域以及解題時所需要學會的關鍵概進行解析，並且了解這些關鍵概念是否被羅列在民國 100 年要實施的九七年國民中

小學數學課程綱（教育部，2008）中，以做為提出數學教學或綱要修訂的建言基礎。所謂的關鍵概念是指在解答此一試題過程中，具關鍵性的概念，了解此一概念便能順利解答或者避免不必要的迷思。至於內容領域與認知領域則以 TIMSS2003 所提的架構為主。資料分析的信度和效度則採三角校正法檢核之。我們在不同時間點對同一問題進行分析，同時也邀請多位學者同時進行解析與檢核。圖一是本文分析的一個例子。本文因篇幅所限無法將相關的題目與答對率等相關資訊一一羅列，有興趣的讀者可以在 <http://www.sec.ntnu.edu.tw/NSC/TIMSS/TIMSS-2003.htm> 找到相關的資料。



內容領域	認知領域	相應能力指標	關鍵概念
資料 - 資料表徵	解例行性問題	4-d-01 能報讀生活中資料的統計圖，如長條圖、折線圖與圓形圖等。	1. 認識生活中常用的統計圖； 2. 運用等分概念估算出長條圖對應的數據。

圖一 內容分析架構

## 一、強調生活語意的問題

八年級學生在 TIMSS 試題 M012037 的統計圖表問題中，對於問題「有多少學生的成績超過7分？」的答對率只有 50.5%，另一個包含7分的錯誤選項：10 人卻有 40.7% 的學生填答。分析發現這個試題的內涵在我國的能力指標 3-d-01 中已呈現，但學生作答不理想，主要是對生活中「超過」和「以上」語意的混淆。此外四年級 M011017 的試題中，也有 14.9% 的學生把「三星期後」的問題，選擇成「第三個星期」的答案。雖然有些語意我國的課程在教學時已不再特別強調，例如「增加 2 倍」和「增加為 2 倍」，「6 除以 2」和「2 除 6」的問題。但是 TIMSS 在八年級的試題中仍出現類似的語意的

了解的問題。因此我們建議在能力指標「3-d-01 能報讀生活中常見的直接對應（一維）表格。」的說明中可以考慮強調生活中「超過」和「以上」的語意的差異；在能力指標「2-n-13 能認識年、月、星期、日，並知道某月有幾日、一星期有七天」的說明中可以考慮強調「三星期後」和「第三個星期」的差異。

我們在生活當中有時候對於「7 分以上」是否包含 7 分的問題；「增加 2 倍」到底是變成來的兩倍或是三倍；可不以說「下降 2 倍」？有些人似乎沒有共識，但它在數學上的意義是很明確的，因此在數學學習過程當中應加以強調。若我國要針對每一個生活語意逐指標建議強調，怕會掛一漏萬。因此我們建議在老師的教學過程中要適當的強調生活中常見的語意的定義。我們期望學生能依據他對中文語意的了解來了解類似的語意問題，而非盲目的背誦語意。

## 二、強調數學名詞語意的感覺問題

試題分析發現，有 34.6% 的八年級學童在 M022044 的小數問題中把 78.2437 四捨五入到百分位時選擇 78.244。有 13.8% 的四年級學生在 M011020 的分數化成小數問題中把  $\frac{7}{10}$  的答案選擇 0.07。八年級 M022154 的問題是將長方形旋轉成另一長方形，然後要求學生找出它的「旋轉中心」。旋轉中心的名詞，我國在能力指標「4-s-05 能理解旋轉角(包括平角和周角)的意義。」是針對旋轉角提到的名詞，此外再也沒有提到。因此我們建議在「3-n-12 能認識一位小數，並做比較與加減計算。」和「4-n-09 能認識二、三位小數與百分位、千分位的位名，並作比較。」的說明中可以考慮強調十分位、百分位、千分位的數學名詞的語意的感覺是因為它代表著十分中的幾分、百分中的幾分的感覺。在「4-s-05 能理解旋轉角(包括平角和周角)的意義。」的說明中可以考慮強調旋轉中心的語意的感覺，使學生能將此一名詞應用到相關的概念的學習上。

我們的研究及實務經驗發現，教師在教導數學名詞時，都不強調數學名詞的感覺問題，例如小數的百分位是把一平分成一百等分的感覺，因此有些學童會過度一般化他在整數位值名詞一個位、十位、百位…到小數為個分位、十分位、百分位。若我國要針對每一個數學名詞一一強調，會掛一漏萬，因此研究者認為最重要的就是讓學生能依據他對中文語意的了解，來學習數學的名詞。把數學名詞和它的數學意涵連結在一起，這樣學生對數學名詞便會更有感覺。以後當他面對新的數學名詞時，便可以會意，再配合



數學的概念，兩者結合成一個新的知識結構體。如此一來，學生的數學可以學得更好，教師也可以不用再擔心那些沒有教過的名詞。

### 三、強調量感

在 TIMSS 四年級 M012023 的量感問題，有 24.9% 的學生用公斤來秤一個蛋的重量，顯示我國學生的量感有待加強。因此建議在能力指標「3-n-16 能認識重量單位「公斤」、「公克」及其關係，並做相關的實測、估測與計算。」的說明中可以考慮強調公斤和公克的量感。當然，有關量感的學習建議教師要多強調「參考量」的概念。通常的參考量是學生生活週遭常見的量的感覺。例如學生的身高大約是 140 公分或 1.4 公尺；一瓶小的瓶裝水大約 600 毫公升；教室的長度大約 8 公尺；…。當學生所熟知的參考量愈多時，他愈能正確的估計量感。

### 四、強調學生易犯的迷思概念問題的釐清

TIMSS 八年級 M012016 問題是要求學生將分數化成小數或者小數化成分數的大小比較問題。學生的答對率只有 60.2%。分析這個問題，學生將分數化成小數再來比較，較為簡單。同時發現有 22% 的學生選擇  $2.5 < 2.25 < 2.75$ 。這個錯誤符合學者研究的小數大小比較的整數法則的迷思概念：學生把小數當做整數來比較。八年級 M022198 的問題則是小數的大小比較問題，學生的答對率只有 62.5%，且有 29.2% 的學生選擇  $0.3 < 0.32 < 0.332 < 0.233$ 。其原因比較符合學者研究中分數法則的迷思概念：分割的分數愈多，小數愈小。

因此我們建議在「4-n-11 能認識二位小數與百分位的位名，並做比較。」和「5-n-08 能認識多位小數，並作比較與加、減的計算，以及解決生活中的問題。」的說明中可以考慮強調小數大小比較中易犯的迷思概念問題的釐清。

此外 TIMSS 四年級 M011025 的面積與周長的問題，有 41.2% 的學生將周長的問題選擇了面積的答案。八年級 M012030 只有 25.9% 的學生用面積求周長的邊長問題。因此我們建議老師教學時應強調學生的迷思概念。在「3-n-18 能認識面積單位「平方公分」，並做相關的實測與計算。」的說明中可以考慮強調長度和面積的差異。

TIMSS 八年級 M012004 的比例問題，只有 65.5% 的學生答對，其餘的學生大都可能犯了使用加法來計算。因此在「7-n-16 能理解比例的意義（以實例說明正比、反比關係的意義）」的說明中可以考慮強調學生使用加法進行比例計算的迷思概念的釐清。

為了防止掛一漏萬，我們建議在適當的能力指標上，應強調學生迷思概念的釐清，尤其是研究上已實證的迷思概念。例如，真分數愈乘愈大的迷思概念，…等等。

## 五、強調相對數值的問題

八年級 M032557 的問題是三個未知數兩個方程式的問題，它無法把 a,b,c 的值先求出來，再求出  $a+2(b+c)$  的值。這類的問題在某些能力指標中曾經出現過。例如「7-a-06 能理解二元一次方程式及其解的意義，並能由具體情境中列出二元一次方程式。」但未知數比方程式多的問題的求解，在我國的能力指標中未被強調，僅談到它有無限多解。因此我們建議在「7-a-01 能熟練符號的意義，及其代數運算。」剛開始建立學生未知數的概念時，能強調我們雖然不知道未知數的值，但是我們仍然可以知道在某些特定情形下的解。

其實這類的問題是一種相對數值的問題。它雖然有無限多解，但是在特定的情況下仍然可以求出它的解。有時候我們的公式也有相似的結果，例如  $\sin^2 \theta + \cos^2 \theta$ ，無論  $\theta$  的值是多少，它的結果永遠等於 1。例如爸爸和兒子的年齡每年變動，但是它們的差永遠固定。

相對數值的概念，在課程綱要中並未被充分討論其意義。例如，以前述例子  $\sin^2 \theta + \cos^2 \theta$  來說，它的一個特例的值也是對的， $\sin^2 55^\circ + \cos^2 55^\circ$  也會等於 1。因此可以用某一特例來求解。但是這樣會有危險性，所以最好多找幾個數值來檢驗是否完全相等。當然最好的求解方法是找出已知方程式和求解方程式間的關係，並利用其關係求解。

## 六、添加成人生活經驗的問題

我國的數學課程綱要強調數學與生活連結的問題，同時我們發現大部份強調的問題都是學童生活中的問題。在 TIMSS M032762-4 的題組中是一個不同方案的電話費率

問題。在這類的問題中，學童的答對率在 30%以下。因為這類的問題是成人生活中的問題，學童生活中是無法驗到的。倘若學童能學習這類的問題，也將有助於他將來的生活理財。因此我們建議在相關的單元中添加成人生活經驗的問題。例如在「5-n-02 能在具體情境中，解決三步驟問題，並能併式計算。」或者「7-a-03 能理解一元一次方程式及其解的意義，並能由具體情境中列出一元一次方程式。(修 7-a-04)」的說明中可以考慮添加電話費率的問題。

在數學課程綱要中，我們強調學生的學習要連結生活經驗，而學生的生活經驗是有限度的，成年人的生活經驗，並不是他們在學期間可以經驗到的。例如生活中電費的問題、手機費率的問題、計程車計費的問題...等等，雖然是學生生活中會碰到的成年人的問題，但是他們都是沒有機會去解決這些成年人生活中的問題。若我們想培養學生解答問題的能力，讓他成年以後能解決成年人的問題。我們建議在學生時期，相關的單元和能力指標應添加這些成年人會碰到的問題，讓學生有解題的經驗。

## 七、添加概念的反例問題

TIMSS 四年級 M011006 的問題需要讓學生判別平面和曲面，我國學生的答對率只有 61.6%。我國在能力指標「1-s-01 能認識直線與曲線。」中有曲線的介紹，但在「2-s-01 能認識周遭物體上的角、直線與平面(含簡單立體形體)。」沒有曲面的介紹。它也可以看成不是平面的問題，因此我們建議在 2-s-01 的說明中可以考慮添加非平面的概念的介紹。

TIMSS 四年級 M031267 的問題需要學生直觀的判斷兩個圖形是否形狀相同(相似)學生的答對率只有 66.0%。我國的能力指標在四年級「4-s-03 能認識平面圖形全等的意義。」教授平面圖形全等的意義，而到了九年級「9-s-02 能理解多邊形相似的意義。」才教授相似的意義。本研究發現，若針對每一個 TIMSS 的施測問題，我國的能力指標都要添加該能力指標，那可能會掛一漏萬。研究者認為在每個單元中添加概念反例的問題，可能可以解決此一問題。例如，在教全等概念的直觀意義時，它是狀況一樣，大小相同。因此我們需要介紹形狀一樣但大小不同的反例，要教大小一樣但形狀不同的反例。學生有了這樣的能力，便能解決 M031267 的問題。

## 八、添加有規律的解答方法

四年級 M022227 的題組主要的概念是要求學生從已知的正方形面積中求出邊長或周長。雖然這個問題是求平方根的問題，但是當它要做為四年級學生可以解答的問題一定是整數邊長的問題。它是課程中由邊長求面積的逆向思考的問題，它只需要學生有規律的去思考邊長是 1,2,3,... 的時候正方形面積是 1,4,9,... 便可以解答，但我們的學生只有 64.1% 可以正確回答。因此我們建議在「4-s-09 能理解長方形和正方形的面積公式與周長公式。」的說明中可以考慮添加這類的問題，讓學生能利用有規律的嘗試錯誤，或者有規律的思考可能的解答，以便解答相類似的問題。

相同的，建議在所有概念的學習上，在適當的時機都能添加或強調有規律的找尋答案，或者有規律的嘗試錯誤的方法。

## 九、添加逆向思考和逆運算的問題

八年級 M032046 的問題是給學生最習慣的表示法  $y=3x+2$ ，要求學生逆運算用不習慣的  $y$  來表示  $x$  的問題，我們的學生只有 47.7% 的學生答對。此外四年級 M022227 的題組也需要學生運用逆向思考的問題。

逆向思考或運算的問題，在數學的學習上有著非常重要的地位。有些逆向的性質仍然成立，有些逆向的性質就會錯誤，例如「正方形的四個邊長都相等」，但「四個邊長都相等的正方形並不一定是正方形」。

但這個概念在我們的能力指標中都已出現，只是沒有逆向思考的問題。M032046 和 M022227 相對應的能力指標中並未見到這樣的內容。因此，我們建議在「7-a-05 能利用移項法則來解一元一次方程式，並做驗算。」和「4-s-09 能理解長方形和正方形的面積公式與周長公式。」的說明中可以考慮添加逆向思考和逆運算的問題，同時在所有的數學概念的學習上也應該一致的被強調出來。若我們的老師都知道教一概念時，也應該反問它的逆向問題或概念，老師的教學將會更有條理。若學生了解每一概念都需要思考它的逆向概念或逆向問題，我們的學生可以學得更有感覺，會學得更好。

## 十、添加概念溝通的問題

八年級 M022261 的題組問題中，主要是找尋規律的問題，之後寫出「你如何得到答案的理由」。解釋理由的問題學生的答對率 48.9%。八年級 M022002 的問題中，也是一個概念溝通的問題，在這問題中只有 50.3%的學生能了解問題中 K 所代表的意義。

從八二年版開始，我國的課程綱要便開始強調學生建構自己的知識，強調學生能溝通他的數學概念。雖然我國的數學課程綱要列有「連結」的主題，也強調溝通的內涵，但是這類的理念，在課程綱要能力指標的說明中，並未被強調出來。同時學生口述他的數學概念與書寫他的數學概念仍有一段的差距。因為用講的比較快，用寫的比較花時間，同時要考慮是否能清楚表達的文法問題。因此我們建議在相關的能力指標「6-n-13 能利用常用的數量關係，列出恰當的算式，進行解題，並驗解的合理性。」的說明中可以考慮添加相關的說明，要求學生用書寫的方式解釋他的想法，或說明他的理由。在相關的能力指標「7-a-01 能熟練符號的意義，及其代數運算。」的說明中可以考慮要求教師讓學生溝通他人所表示出來的式子或者符號的意義。此外，在各概念的學習上也應添加概念溝通的內容，使我國學生習於書寫概念的溝通。

## 十一、添加正負數的前置經驗問題

TIMSS 四年級 M011013 的問題是零下溫度的上升和下降問題。我國學童的答對率只有 60.1%，有 31.7%的學生直接將 5 度和零下 3 度的兩數相減  $5-3=2$ 。因為我國地處亞熱帶，因此不會出現零下的溫度，所以在教材上沒有這類的問題。若我國想要讓學童能解答這類的問題，建議在「3-n-09 能由長度測量的經驗來認識數線，標記整數值與一位小數，並在數線上做大小比較、加、減的操作。」的說明中可以考慮添加輸贏、比多少、...等等有正負數概念的前置概念的問題，以增加學生的解答經驗，使學生有助於七年級正負數概念的學習。

## 十二、添加比例型的乘法問題

TIMSS 四年級 M031108 的問題是一種比例型的乘法問題，我國有 20.1%的學童用加法來解題。因為比例型的問題的單位可以全部相同，它與學生學習累加型的乘法啓蒙概念(不相同的單位)不同，因此學童有沒真正了解問題的情形下，會誤用加法來解題。

因此我們建議，在「3-n-04 能熟練三位數乘以一位數的直式計算。」的說明中可以考慮添加相同單位卻需要用乘法來算的問題，例如比例型的乘法問題。

### 十三、添加時間縮短的百分率問題

有關 TIMSS 八年級 M022039 時間改變的百分率問題「25 分鐘變成 20 分鐘，縮短的時間百分比」，我國學童的答對率只有 39.7%，且有 47.8% 的學童都回答 5%。我們相信學童可能不知道怎麼作答，因此直接用  $25-20=5$  來作答。有關這類的問題，我國六到八年級能力指標的內容並未出現。但在「5-n-14 能認識比率及其在生活中的應用(含百分率、折)。」和「5-n-15 能解決時間的乘除計算問題。」分別有百分率和時間的乘除問題。我們認為這兩個能力指標已經可以含蓋其內涵，只是從未出現這類的問題。因此我們建議在「5-n-15 能解決時間的乘除計算問題。」的能力指標的說明中可以考慮添加時間的改變的百分率問題。

### 十四、各年級增加怎樣解題的能力指標

在 TIMSS 的試題中，有許多的推理或解題性知識的問題，例如八年級的 M022008、M032744，四年級 M031347、M031344、M031345 的問題。這些問題雜散在各個單元之中，同時學生的答對率不高。雖然我國的能力指標列有「連結」的主題，之內也強調「解非例行性的問題」，但是連結的主題時常被忽視。因此我們建議在各個年級都增加的能力指標，或者要求教科書著者在每一本教科書的最後一個單元加列「怎樣解題」，以增加學生解題的經驗。

### 十五、四年級增加空間中全等的能力指標

四年級 M012069 的問題是空間形體的旋轉問題。我國學生的答對率只有 57.5%。它是智力測驗常見的問題，可是我國的能力指標在並未出現類似的問題，只有在「4-s-03 能認識平面圖形全等的意義。」有判別平面圖形的全等問題。因此我們建議在四年級的能力指標中，可以考慮是否增加一個能力指標「4-s-04 能認識空間圖形全等的意義。」

### 十六、四、六年級增加生活中統計圖表的報讀和解讀的能力指標

八年級學童在試題 M022035 的曲線統計圖表報讀中，答對率只有 44.7%。TIMSS 四

年級 M031333 的問題需要學生報讀兩點高、低溫差的問題，學生的答對率只有 57.1%。此外，我們也發現我們的能力指標編排方式，八年級學童在五、七、八年級是學習統計單元，在六年級是強調長條圖和折線圖製作，以及圓餅圖的報讀與製作。在四年級則報讀長條圖和折線圖，完全沒有出現曲線圖的內容。由於生活中仍會出現曲線圖的報讀，因此我們建議可以考慮是否在四年級的能力指標中修改 4-d-01 和 4-d-02 為「能報讀生活中常用的統計圖表」。

## 十七、六年級增加機率的能力指標

2003 年八年級 M032271 的問題、M022252 的問題是機率的問題。機率的問題，在八二年版和九年一貫暫行綱要中，六年級都要進行教學，但是在九年一貫課程綱要和 97 年的課綱中都被刪除。此一問題的答題學生當時還就讀暫綱之前的版本，因此答對率尚可 77.2%。可是現在學習九年一貫課程綱要的學生在八年級之前已沒有機率的問題。再者研究者今年在某縣市進行國小數學科展的評審時，六年級學生在做「猜 1 到 100 之間的數，用中位數的方法是最好的方法」的問題，發現學生只知道他是算 1 到 100 被猜中的次數的平均數，他並不知道機率的觀念。

機率的問題在日常生活中是一個常見的問題，但它不是平均數的觀念，不是比例的概念，同時相關的國際評量仍然會施測，因此我們考量整個能力指標的編排精神，建議我國課程綱要在六年級時，可以考慮是否增加機率相關概念的能力指標。

## 肆、討論

雖然我國歷年來在 TIMSS 的成就或素養表現都非常優異，但是從 TIMSS 的個別試題表現，仍有許多試題的表現不如理想。因此值得進行質性分析。

在質性分析方面，我們依據 TIMSS 的試題內容，以及學生的答題情形，建議我國課程綱要能力指標的說明中可以考慮是否強調下列問題：生活語意的內容、數學名詞的語意感覺、量感的教學、學生常犯的迷思概念問題、相對數值的問題。

能力指標的說明中可以考慮添加下列問題：成人生活經驗問題、概念的反例問題、有規律的解答方法的問題、逆向思考和逆運算的問題、概念溝通的問題、正負數的前置概念問題、比例型的乘法問題、時間縮減的百分率問題、獨立事件的機率問題。

同時可以考慮是否增加下列的能力指標：各年級增加怎樣解題的能力指標、四年

級增加空間中全等的指標、四、六年級增加生活中計圖表的報讀和解讀的指標、六年級增加機率的能力指指標。

我們之所以用「可以考慮」一詞，主要是考量到現在中小學的數學教學時數比六十四年版時期少，但現今的要進行教學的內容和六十四年版相仿，同時現在是大眾教育，所有的人都可以就讀中小學，不像以前有一些人無法就讀。因此老師是否能在更少的時間下，又去強調從 TIMSS 試題分析所得的問題，學生是否能因此而受惠，是我們不敢直言之因。

我們雖然沒有實足的證據，但是從我們的研究經驗，若教師能持續的進行我們從 TIMSS 試題的質性分析中，得出的下列建議中的教學，我們相信我們的老師可以把所有的指力指標教授完畢，我們的學生可以把數學學得更好，學生會學到數學的能力。例如

- 應教導我們的學生用他的語文能力去了解數學名詞和數學的概念，應用對比的語法讓學生了解關鍵詞的差異；
- 應教導概念的正例和反例，使學生的概念能建構得更完整，知道什麼時候可以用，什麼時候不能用；
- 應強調營造數學感的教學，尤其是量感的教學；
- 應重視學生常犯的迷思概念的學習，甚至運用診斷教學策略破除學生的迷思概念；
- 應教導學生有規律的思考問題，強調溝通和解題性知識或推理的問題，讓我們的學生學得能力而非不能活用的知識。

上述這些內容，在我國近年來的數學教育研究上，已有許多的實證證據。例如營造數學感和診斷教學的理念，林福來(1997)早已提出。強調有規律的思考問題、溝通和解題則是美國數學教師協會(National Council of Teachers of Mathematics, 1989)提出的理念，同時也獲得數學教育界的認同。李源順、林福來、呂玉琴和陳美芳(2008)則在其制定的「小學教師數學教學發展標準」強調關鍵概念和正、反例的教學。因此若我國能力指標在撰寫上能多參考數學教育研究上的證據，教師在教學時能多留意數學教育上的研究資料，相信我國學生的數學學習可以學得更好。



## 伍、參考文獻

- 李源順、林福來、呂玉琴和陳美芳(2008)。小學教師數學教學發展標準之探究：學者的觀點。《科學教育學刊》，16(6)，627-650。
- 林福來(1997)。《教學思維的發展：整合數學教學知識的教材教法(1/3)》。行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告。
- 林碧珍、蔡文煥(2003)。四年級學生在國際教育成就調查試測的數學成就表現。國立新竹師範學院數學教育系。《科學教育月刊》，258，2-20。
- 張秋男(主編)(2005)。《國際數學與科學教育成就趨勢調查 2003》。國立台灣師範大學科技教育中心。
- 教育部(2008)。《國民中小學九年一貫課程綱要數學學習領域》。  
[http://www.edu.tw/eje/content.aspx?site\\_content\\_sn=15326](http://www.edu.tw/eje/content.aspx?site_content_sn=15326)。
- 羅珮華(2000)。「第三次國際數學與科學教育成就研究後續調查」之抽樣設計。《科學教育月刊》，235，14-20。
- Martin, M.O., Kelly, D.L.(eds)(1996). *Third International Mathematics and Science Study Technical Report Volume I: Design and Development*. Center for the Study of Testing, Evaluation, and Educational Policy, Boston College.
- Martin, M.O.; Gregory, K.D.; Stemler, S.E.(2000). *TIMSS 1999 Technical Report*. International Study Center Lynch School of Education Boston College.
- Mullis, I., Martin, M. O., Gonzalez, E.J., Gregory, K. D., Garden, R. A., O'Connor, K. M., Chrostowski, S.J., and Smith, T. (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.
- Mullis, I. S, Martin, M.O., Smith, T.A, Garden, R.A, Gregory, K.D, Gonzalez, E.J, Chrostowski, S.J & O'conner, K.M. (2001). *TIMSS Assessment Framework and specification 2003, 2 ed*. International Study Center. Lynch School of Education, Boston College.

- Mullis, I.V.S.; Martin, M.O.; Gonzalez, E.J.; Chrostowski, S.J.(2004). *TIMSS 2003 International Mathematics Report*. TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- Mullis, I.V.S.; Martin, M.O.; Ruddock, G.J.; O' Sullivan, C.Y.; Arora, A.; Erberber, E.(2005). *TIMSS 2007 Mathematics Framework*. TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, 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*. TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- NCTM.(1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics , Reston , VA : Author.