

並與教育部已修訂的九七課程綱要（教育部，2008）對比，進而對九七課綱要提出有證據性的建言。

參、文獻探討

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，由歐、美學者推動。其目的主要在於瞭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，對於連續參加的國家可以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或課程改革的成效（林碧珍、蔡文煥，2003）。自 1960 年以來，IEA 爲了瞭解各國學生的學業表現，計畫長期追蹤調查學生學業成就表現（Walker, 1976）。IEA 於 1970 年舉行第一次國際數學與科學教育成就調查，共有 19 個國家參與。經過十年後，於 1980 年舉行第二次國際數學與科學教育成就調查（SIMSS），有 24 個國家參與。

其後，IEA 於 1990 年開始推動進行「第三次國際數學與科學教育成就研究（Third International Mathematics and Science Study, 簡稱 TIMSS）」，此次的研究重點在比較學生的數學和科學成就。IEA 自 1990 至 1993 年先進行課程分析、調查項目及測驗工具發展、取樣設計、試測等研究工作，於 1994-1995 年正式進行調查工作，共有 41 個國家參與，共計有五個年級的學生：國小三年級和四年級、國中一年級和二年級、高中三年級，超過 50 萬名學生參加測驗（Robitaille et al., 1993; Beaton et al., 1996）。

參與 1995 年 TIMSS 調查的共有四十二個國家/地區參加，不過台灣並未參與此次的調查之中（吳琪玉，2004）。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 年開始改名爲「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)」。

IEA 在 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, 簡稱 TIMSS-R 或稱 TIMSS 1999），主要是爲了追蹤各國家學生在 TIMSS 1995 是國小四年級的學生到了 1999 年升上國中二年級時，數學與科學的學習成就及態度是否有所變化，並評估各國八年級學生的學習成就而推動之。TIMSS 1999 的調查對象爲 13 歲群，包含台灣在內，共有三十八個國家/地區參加，台灣參與測驗的爲八年級生，成績表現相當出色，科學學習成就平均成績的國際排名爲第一；數學總平均成績排名爲第三（羅珮華，2000；洪志明，2001）。

我國是從 1999 年開始參加這項國際評比，計畫的籌畫與執行是以國立台灣師範大學理學院研究人員為主要班底，並結合國立台北教育大學、國立新竹教育大學、台北市立教育大學的研究人員；以國立台灣師範大學科學教育中心為工作平台，支援各項所需之人力及物力。之後也陸續參加了 2003 年及 2007 年的調查研究。

2003 年的國際數學與科學教育成就趨勢調查，我國這次同時參加了四年級與八年級的測驗調查，這是我國國小四年級學生第一次參加的國際性測驗。在此次的調查中，參與八年級測驗的有 48 個國家，四年級的則有 26 個國家 (Martin et al., 2004, p. 6&7)。由此可以看出，TIMSS 的數學與科學教育成就調查已被許多國家認同，並且各國都希望透過這樣的調查能了解自己的國家在全球的教育概況中，學生的成就趨勢以及表現情形。

TIMSS 2007 是調查國小四年級與八年級（國中二年級）之學生數學與科學學科學習成就，評估他們能否掌握參與社會所需的知識與技能，並比較各參與地區或國家的教育成效，其調查結果可作為我國數學與科學教育研究與實施之參考。四年級的參與國家有 37 國，八年級則有 50 個國家 (Mullis, et al., 2008)。

二、TIMSS 歷年的數學評量架構

(一)、TIMSS 1999 評量架構

TIMSS 1995 的測驗架構是從學習內容 (content)、外在表現 (performance expectations)、觀點與立場 (perspectives) 三方面 (Robitaille, 1992)，來蒐集學生在學習數學三個面向課程中的概念、過程、態度資料，然後在各分類項目之下再分別制訂完整的架構細目，藉以發展測驗和問卷內容，用來研究學生成就本質和學生自己的特性、他們受教的課程、老師的教學方法、教室和學校資源等。

TIMSS 1999 採用 TIMSS 1995 的測驗架構然後稍做修改，其數學評量架構主要分為內容領域和外在表現，各部分的試題所佔的百分比分佈情形如表二 (Martin, et al., 2000)。

表二 TIMSS 1999 數學試題分佈情形

內容領域	百分比
分數與數感	38%
測量	15%
資料呈現、分析與機率	13%
幾何	13%

代數	22%
外在表現	百分比
知道	19%
使用例行性程序	23%
使複雜性程序	24%
探究與解題	31%
溝通與推理	2%

註（譯自 TIMSS 1999 International Mathematics Report 第 319 頁）。

(二)、TIMSS 2003 評量架構

TIMSS 2003 的數學評量架構，主要可分為內容和認知兩個層面。在數學的內容領域，分為數、代數、測量、幾何、資料等五個主題；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。表三為各主題在各年級所佔的百分比：

表三 TIMSS 2003 數學評量架構主要分類

內容領域	百分比	
	四年級	八年級
數	40%	30%
代數*	15%	25%
測量	20%	15%
幾何	15%	15%
資料	10%	15%
認知領域	四年級	八年級
知道事實與程序	20%	15%
使用概念	20%	20%
解例行性問題	40%	40%
推理	20%	25%

*四年級的代數內容領域又稱為模式 (patterns)、等式 (Equations)、關係 (Relations) 等。(譯自 TIMSS 2003 Mathematics Framework 第 9 頁)。

(三)、TIMSS 2007 評量架構

TIMSS 2007 的內容架構是依賴 TIMSS 2003 的架構，TIMSS 2007 更進一步的整合

主要的內容領域，並分別在四年級和八年級兩個年級提出數學內容領域為：數、幾何圖形與測量、資料呈現；數、代數、幾何、資料與機率。兩個年級的認知領域分類相同，都是分為：知道、應用與推理。表四為各主題在各年級所佔的百分比：

表四 TIMSS 2007 數學評量架構

四年級內容領域		百分比
數		50%
幾何圖形與測量		35%
資料呈現		15%
八年級內容領域		百分比
數		30%
代數		30%
幾何		20%
資料與機率		20%
百分比		
認知領域	四年級	八年級
知道	40%	35%
應用	40%	40%
推理	20%	25%

註（譯自 TIMSS 2007 Mathematics Framework 第 14 頁）。

三、我國 TIMSS 數學評量的排名

台灣學生僅有國中二年級學生參與 TIMSS 1999 的測驗。從 TIMSS 1999 的成績分析統計結果得知，在參與的 38 個國家（或地區）中，在數學方面的前五名依序為新加坡、韓國、台灣、香港和日本（Mullis, et al., 2000）。此外，在內容領域的代數排名為第一名，在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 的調查對象包括國小四年級及國中二年級學生，於 2001 年開始相關的試務工作，我國學童表現仍然優異，國中二年級學生在數學方面的總成績位居所有參加國之第四名，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（張秋男主編，2005）。TIMSS 2007 我國的總成績位居首位，在數、統計、幾何和代數的排名則分別位居 3、4、1、1 名(Mullis, et al., 2008)。三次成績詳細的排名如表五：

表五 我國國二學生在 TIMSS 的數學成就表現

1999年排名	數學總排名 3
---------	---------

	分數與 數感	測量	資料呈現分析 與機率	幾何	代數
	3	4	3	4	1
2003年排名	數學總排名 4				
	數	測量	統計	幾何	代數
	4	4	4	3	3
2007年排名	數學總排名 1				
	數		統計	幾何	代數
	3		4	1	1

TIMSS 2003 的調查，我國學童表現仍然優異，國小四年級學生在數學方面的總排名為第四名，在各內容領域裡，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（張秋男主編，2005）。TIMSS 2007 的調查，四年級學生的排名前進一名，為第 3 名。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(Mullis, et al., 2008)。如表六：

表六 我國小四學生在 TIMSS 的數學成就表現

	數學總排名 4				
2003年排名	數	數型和 關係	測量	幾何	資料
	3	3	4	4	3
	數學總排名 3				
2007年排名	數	幾何圖形與測量			資料
	3	4			4

四、國內 TIMSS 相關研究

本研究透過文獻分析法 (Document Analysis)，並從以下五個線上資料庫搜尋國內過去 TIMSS 相關文獻。本研究將分散各處的文獻資料，經過分析後歸納在一起，比較各種文獻的異同正誤，並且分析歷史事件淵源、原因、背景、影響及其意義等，以便解釋。

資料庫包括：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。研究者並依其發表屬性分爲「期刊類」、「計畫類」與碩士學位「論文類」三種，查詢時間至 97 年 11 月 30 日止，總計 64 篇，詳如表七。

表七 資料庫 * 研究領域

資料庫	研究領域				總計	
	數學	數學與科學	數學與閱讀	其他		
期刊類	中華民國期刊論文索引	16	5		1	22
	教育論文線上資料庫	2	2		0	4
	小計	18	7		1	26
計畫類	國科會研究計畫	7	10	1		18
	小計	7	10	1		18
論文類	全國博碩士論文資訊網	16	3			19
	師範校院聯合學位論文系統	1	0			1
	小計	17	3			20
總計		42	20		1	64

至於詳細的研究文獻分析，將在研究結果中進一步解析。

五、PISA 的沿起

PISA(The Program for International Student Assessment，簡稱 PISA，林煥祥主編 2008)，是由經濟合作暨發展組織(Organization for Economic Co-operation and Development，簡稱 OECD)所委託的計畫，於 1990 年代末期開始對 15 歲學生的數學、科學、及閱讀進行持續、定期的國際性比較研究。每次評量會從數學、科學及閱讀三個領域中選擇一個主要領域，進行深入評量，主要領域的測驗時間較長、題目較多、內容較為深入，另外兩個領域仍會進行施測，但測驗時間較短、涵蓋的面向較少；PISA 2000 年主要領域爲閱讀，2003 年爲數學，2006 年爲科學。台灣於 2006 年第一次參與此項調查計畫，這一年進行施測的國家共有 57 國，各國接受評量的學生數大約在 4500 至 10000 位學生之間，由 OECD 組織審查學生資格、確認參與研究的總人數，並經由評量中心進行分區、不同學制的抽樣工作，台灣此次接受評量的學生共計 8815 人。

PISA 與一般調查針對特定學校學科的能力有所不同，尤其有助反映未來課程改變爲知識應用取向，而非只是單方面的知識獲取。由於相信學生在知識及技能上的準備是

未來國家社會及經濟人力資源的重要指標之一。因此 PISA 提供的學生資訊及國家間的比較，對於研究者、政策制定者、教育者、家長及學生都有非常之價值。

六、PISA 的數學評量架構

在 PISA 主要測驗—閱讀、數學、科學及問題解決，PISA2006 以科學素養為調查主軸，佔 70%。測驗問題中有選擇題、簡答題、亦有非傳統結構式的題型，使學生可有更多樣的回答。測驗外有學生問卷和學校問卷，調查下列有關內容：包括學生及家庭背景：包含經濟，社會和文化的資源。學生的生活：如學習態度，習慣，校園生活，家庭環境。學校：學校的資源，公私立金費來源，決策過程，學校員工。學校教學：教學的結構及方法，班級大小，家長參與程度。個人學習：自我規範的策略、動機和目標、個人規範認知機制、行為控制策略、不同的學習狀況、學習風格及合作學習之社會技能。學習與教學：學生動機、素養之自信、對於學業成就學習策略之影響。資訊科技：接觸機會、使用的機會、使用的地點、自信及態度、學習內容。教育背景：包括過去背景：留級、中輟、轉校；現在背景：學科課程、學科程度；未來職業：期待的教育程度、30 歲時的期待職業。

在數學評量方面，PISA 運用了數學素養的概念來描述學生提出、解決及解釋各式各樣牽涉到數量、空間、機率或是其他數學概念的問題情境時，能有效進行分析、推理以及溝通的能力。透過 *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006* (OECD, 2006)，OECD 國家建立了用來比較 PISA 中參與國之間數學表現的指導方針，並定義數學素養為「個體能夠辨認和瞭解數學在世界上所扮演的角色，能夠進行有根據的評斷，並且針對個體在生活中的需求來運用或者投入數學活動，以成爲一個積極的、關懷的、以及反思的國民」。

由於 PISA 2003 數學爲主軸，因此，數學的部份以 PISA 2003 的調查爲基準，PISA 2003 的平均分數設定爲 500 分，以此分數爲參照點，進行 PISA 2006 的數學表現比較，未來此類的比較中，此參照點將會持續使用。PISA 2003 與 PISA 2006 的差異在於 PISA 2006 在數學領域的測驗時間比 PISA 2003 還要短，PISA 2006 的測驗時間只有 120 分鐘，而 PISA 2003 則進行了 210 分鐘。PISA 2003 的試題分配及涵蓋面較廣，因此可以針對數學素養進行知識和技能的深度分析，而 PISA 2006 的主軸是科學，數學部份主要著眼於整體表現。

七、我國 PISA 2006 數學評量的排名

我國十五歲組的學生在 PISA2006 的數學評量排名是世界第一名。

八、國內 PISA 相關研究

由於 PISA 2006 的研究報告公告不久，因此針對 PISA 進行研究的報告並不多見。同時 PISA 相關研究員告訴研究者，PISA 所公佈的試題，並不是 PISA 正式施測的試題。因此 PISA 的研究結果，並無法與它的試題進行比對。

但是 PISA 所公布的試題可以反應 PISA 評量的意圖與方向。因此我們在進行質性分析時，仍將其所公布的試題列為分析的範圍。

肆、研究方法

本研究採取的研究方法有量化分析和內容分析法。首先我們深度解讀 TIMSS 和 PISA 等資料庫的網站、出版品，以了解其宗旨與資料庫的結構、相關研究等基要資訊，同時將進一步蒐集、彙整與統合目前使用這些資料庫所做的國內外相關研究成果，以呈現研究現況與趨勢，釐清其優點與缺點，以作為執行本研究之基礎。

在量化分析方面，本計畫除了建構分析概念的架構、指標、統計模型與方法之外，也和各相關子計畫共同討論是否可以形成共同的分析概念架構、指標、統計模型與方法。同時也將適時邀請相關的數學教育學者或教育實務工作者，進行焦點團體的激盪。此後，定期向整合型計畫報告本計畫的成果。

將根據研議出來的分析架構與統計模型與方法，抽取各資料庫中的 DATA，進行統計分析與結果解讀。同時，將視各資料庫特有的性質、結構與變項，進行個殊性的分析，以提供更多元角度來了解學生的學習表現情形。

在內容度分析方面，我們針對 TIMSS 和 PISA 試題進行關鍵概念的深度分析，並了解這些關鍵概念是否內蓋於現行課程綱要或教科書之中，做為提出數學課程綱要的建言基礎。

本研究所採取的內容分析法，主要是質性分析，首先針對逐 TIMSS 和 PISA 試題逐題分析其內容領域、認知領域以及解題時所需要學會的關鍵概念。我們以 TIMSS 2003 的架構進行分析，也就是在內容領域方面，我們以數、測量、幾何、資料（機率和統計）、代數為分析的依據。在認知領域方面則以知道事實與程序、使用概念、解例行性問題、推理為分析的依據。

之後將此關鍵概念與民國 100 年要實施的九七年國民中小學數學課程綱要進行比對，解析出 TIMSS 和 PISA 所評量的能力，我國課程綱要是否已呈現(如下圖一)。最後，再對課綱提出建言。當然，我們在分析時，也會適時聘請專家學者提供建言，使我們儘