

臺灣教育社會學研究 二十一卷一期

2021年6月，1~48



國家發展、學校因素及學生因素對 數學成就影響之多層次分析

張芳全

摘 要

本研究以38個國家參與TIMSS 2015年資料分為國家、學校與學生層因素，透過多層次模式以6,375所學校，206,002名八年級生分析獲得結論如下：一、國家、學校與學生之間差異在學習成就解釋力各有34.96%、23.0%及42.04%。二、學生的家庭資源、學生歸屬感、學生霸凌、學習數學信心及學生認知的數學價值對數學學習成就都是重要影響因素。三、學生來自富裕家庭比率愈高、學校愈重視學業表現及學校紀律問題愈少，數學學習成就愈好。四、國家的國民所得、性別平等、國家競爭力、教育年數對學習成就都是重要影響因素。本研究貢獻在於以三層模式分析各國八年級學生數學成就表現因素發現，跨國與校際差異對學習成就具有重要解釋力，以及各層納入的變項都是重要因素。

關鍵詞：多層次模式、國家發展、數學學習成就

- 本文作者：張芳全 國立臺北教育大學教育經營與管理系教授。
- 投稿日期：109年12月23日，修改日期：110年3月30日，接受刊登日期：110年6月15日
- DOI：10.3966/168020042021062101001

A Multi-Level Analysis of the Influence of National Development and School and Student-level Factors on Mathematics Achievement

Fang-Chuan Chang

Professor

Department of Educational Management

National Taipei University of Education

Abstract

This study developed a multi-level model comprising nation, school, and student-level factors utilizing data from 6,375 schools and 206,002 eighth-grade students from 38 countries participating in the 2015 TIMSS international assessment survey. Analysis of the model lead to the following conclusions: 1. The explanatory power, in terms of differences in learning achievement, was 34.96% for country-level factors, 23.0% for school-level factors, and 42.04% for student-level factors. 2. Among student-level factors, family resources, student sense of belonging, the degree of bullying, students' confidence in learning mathematics, and the value students place on mathematics were important factors influencing mathematics achievement. 3. In terms of school-level variables, higher achievement in mathematics was associated with schools having a higher proportion of wealthy parents, placing greater emphasis on academic performance, and reporting fewer discipline problems. 4. National-level factors influencing learning achievement included national income, gender equality, national competitiveness, and the number of years of compulsory education. The contribution of this research is in the application of a three-level model to analyze the factors influencing mathematics achievement for eighth grade students among 38 countries, finding that transnational and inter-school

differences have important explanatory power in terms of learning achievement, with specific variables included at each level (including country, school, and student) serving as important factors.

Keywords: multi-level modeling, national development, mathematics learning achievement

壹、緒論

一、研究動機

近年來以國際數學與科學教育成就趨勢調查（Trends in International Mathematics and Science Study, TIMSS）所進行的研究不少（Chen, 2013; Kyriakides, 2006; Marsh & Hau, 2004; Theule, 2007; Yıldırım, Demirtaşlı, & Akbaş, 2012; Zhao, 2007），尤其以學生特質、學習動機與自信及自我概念的研究相當多（張芳全，2006a，2006b；Chiu, 2008; Ma, 2000; Marsh & Hau, 2004; Shen & Tam, 2008）。與學習成就有關因素的研究，還有些是透過長期追蹤學生學習成就表現（蕭佳純，2011；Zvoch & Stevens, 2006）。Coley、Kruzik與Votruba-Drzal（2020）追蹤研究發現，家庭社經地位與學習成就是重要的相關因素。Sirin（2005）以後設分析發現，家庭社經地位對學業成就有提升效果。過去很少有研究納入學生、學校與國家發展對數學成就進行探討。本研究目的係以國家發展、學校與學生因素對數學成就影響，與上述不同。

許多研究指出，國家文化與發展和學生學習有關，尤其是國家發展和學生信念、態度與學習成就有關（Bempechat & Drago-Severson, 1999; Bempechat, Jimenez, & Boulay, 2002）。然而，國家發展因素包括國民所得、性別平等、教育發展、國家競爭力，以及學校因素與數學成就之關係密切。現代化國家國民所得高，生活水準愈高，教育發展愈好，國民素質愈好（張芳全，2007）。從國際數據資料來看，多數的情形是，國家的性別愈不平等，國家發展愈落後（The United Nations Development Programme [UNDP], 2017）。因此，將國家發展與學校因素納入分析，更能瞭解與數學成就有關的因素。各國學生數學成就差異大，國家發展扮演重要角色，究竟國家發展的差異可以解釋學習成就多少解釋力呢？現有研究少有以跨國、跨校及學生

的三階層分析，然而各國八年級學生的數學成就差距相當大，跨國、跨校之差異解釋數學成就表現的因素有多少呢？是非常值得探究。

學生因素與數學成就有關，若加入學校因素之後更值得探究。Coleman（1966）研究指出，學校內因素與學習成就有關，它有90%解釋量，校外因素僅有10%。Baker、Goesling與Letendre（2002）納入學校教育資源對學習成就關聯分析，還有一些以學校環境與數學成就來分析（Van den Broeck, Opdenakker, Hermans, & Damme, 2003）。Edmonds（1979）強調學校相關的因素，可以解釋有效能的學校，如學生的學習成就表現較好，它與學校有較好的校長領導、對學生有較高的學習成就期待、強調基本技能、有秩序的環境與有系統及規律的評估學生學習成就。但是許多研究支持，家庭文化資本與學習成就有關的重要因素（李文益、黃毅志，2004；張芳全，2009，2010a）。若將TIMSS 2015年的學校與學生資料，再結合國家發展，來瞭解國家層級對數學成就的解釋力，更能瞭解學生、學校及國家各個變因的重要性。TIMSS的問卷內容包括對數學課程、學校因素與教師資料、學生態度與學習成就評量。各國學生學習表現與學校因素相關，學生的家庭文化資本、學習興趣與學習自信也是影響學習成就的重要因素（張芳全，2010a，2010b）。然而，Mullis、Martin、Foy與Arora（2012: 338）歸納2011年參與TIMSS國家發現，亞洲國家有高度數學表現者，例如南韓、臺灣、日本、香港與新加坡的八年級生具高度數學學習信心者僅占全部施測學生比率的3%、7%、2%、7%與14%，比起以色列31%、約旦22%、黎巴嫩19%、阿曼17%及加納16%不如。本研究納入學生、學校因素及國家發展進行研究，彌補現有研究不足。

以階層線性模式（hierarchical linear models, HLM）或稱為多層次模式（multilevel models）分析跨國的TIMSS資料庫有其適切性。各國發展及學校差異大，在解釋學習成就有關因素，納入國家發展因素更適切。然而，究竟多少解釋量由國家發展所解釋呢？TIMSS資料結構具巢套性（nest），以HLM可減少誤差（Raudenbush & Bryk, 2002; Wang, 2000）。TIMSS 2015年

資料庫包含國家、學校和學生階層，若分析不同階層的變項關係，沒有考慮層與層之結構關係會造成型 I 誤差 (type I error) 過於膨脹，易發生解釋偏誤 (溫福星，2006；蕭佳純，2020；Kreft & DeLeeuw, 1998; Raudenbush & Bryk, 2002)。張芳全 (2010a) 對東亞洲國家分析沒有考量資料的階層特性；而張芳全 (2010b) 以學校及學生層因素分析、張芳全 (2018) 以國家與學生層分析，都僅有分析兩層因素，並沒有以三層的因素進行深入分析相當可惜。本研究以HLM的三階層建立模式，估計各層次的效果及估計各層因素的變異解釋量。也就是以TIMSS 2015年分析38個國家資料，分為三階層因素來分析數學學習成就的有關因素的重要理由包括：現有研究納入國家發展、學校與學生因素來研究各國學習成就因素很少，張芳全 (2018)、O'Dwyer (2005)、Wobmann (2003) 以國家與學生層因素的分析，但沒有納入學校層因素；若納入國家發展 (國民所得、教育年數、性別平等與國家競爭力) 搭配個體層因素 (含學生數學學習成就表現) 可以瞭解在國家發展對於數學成就的有關情形。若以國家、學校與學生層資料來分析，更應採HLM掌握各國發展與學校對數學成就的關聯情形，更能瞭解國家發展因素及學校因素與數學成的關聯性。簡言之，本研究以三階層模式分析各國數學學習成就有關因素，與現有研究在資料層次及研究對象不同，它結合國家發展、學校及學生因素 (家庭資源、學生歸屬感、學生霸凌、數學學習自信及數學價值) 對數學成就分析，更完整掌握學習成就有關因素。

二、研究目的

本研究以2015年參與TIMSS的38個國家資料分為三層，以瞭解國家發展、學校與學生因素和數學成就的關聯性。研究目的如下：(一)瞭解38個國家八年級學生數學成就受到國家、學校及個人因素的差異性對學習成就的解釋力。(二)分析38個國家八年級學生因素與數學學習成就之關聯情形。(三)探討學校因素和數學成就之關聯情形。(四)瞭解38個國家發展與數學成就之關聯情形。

貳、文獻探討

一、國家發展與學生學習成就

從現代化理論（modernization theory）來看，國家發展與學生學習表現有密切關聯。現代化理論認為，傳統價值及生活方式會因現代化被普遍價值所取代。Holsinger（1987）指出，各國家教育與現代化之相關性很高，許多研究支持正規教育成為有效現代價值社會化媒介，也就是，正規教育能夠提高個人的認知效益與個人現代程度產生的情意變化，而這情意變化具有重要意義，它與社會發展問題有著緊密關係，因為現代化的基礎設施需要具有心理適應能力與靈活個體來生活與應用。張芳全（2007）運用經濟、教育與健康等建立國家現代化指標，並分析教育發展對於國家發展有其關鍵影響力；同時國家發展面向，包括延長預期壽命、國民所得提高、醫療衛生完備、政治更民主、國民教育機會增加、識字率提高、國民權利受到重視等。因為經濟發展，國民所得增加、性別愈平等、社會及生活現代化，國民教育機會增加，人力資本提高，因而對學習成就更重視。國家現代化特徵為多面向。國家現代化代表在經濟發展具有一定水準，國民所得增加，社會風氣開放，性別愈平等、人民生活水準高。雖然國民所得為國家發展重要指標，但它無法完整代表國家發展，國家發展不可忽視國民教育水準，教育發展對於國民素質格外的重要。馬信行（1988）研究指出，教育發展與預期壽命、科學家數、醫生數等十多個國家發展變項都有顯著關係。國家愈現代化，教育發展愈好。張芳全（2007）運用國民所得、教育及健康指標建構現代化國家指數進行排名，指出教育發展對現代化具關鍵性影響。因此，國家現代化的教育發展及學生學習成就表現關聯值得探究。現代化國家，性別愈平等；相對地，愈落後國家，性別愈不平等。Freire與Lima（2018）以現代化理論來解釋巴西教育制度與學生在國際測驗評比的關聯發現，國家及教育現代化提高

了學生學習表現。Marks (2009) 研究指出，教育對經濟收入的影響增加與現代化理論的論點一致，也就是愈現代化國家，接受教育程度愈多，對於收入有正向影響。Gauvain與Munroe (2009) 探討與現代化相關的社會變化與3歲、5歲、7歲和9歲兒童認知發展之間關係發現，現代性的貢獻明顯體現在兒童的遊戲行為和認知表現，特別是在與學校教育有關技能。也就是說，現代化和學校教育可以解釋學生認知學習表現的改變。Moges (2019) 指出，在學習過程，學業成績和學校教育機會差異有利於男性，使得女性陷入不平等之中，尤其開發中國家的性別平等努力受到幾項因素挑戰：缺乏建設性的性別平等政策、缺乏社會態度和對教育平等的認識、對性別平等立法等。張芳全 (2018) 指出，國家競爭力是各國發展的重要指標，瑞士洛桑國際管理學院 (International Institute for Management Development) 和世界經濟論壇 (World Economic Forum) 在1989年發起國家競爭力指標建置，透過國家競爭力指標來反應出一個國家經濟、社會與教育發展的狀況，作為國家改善與發展依據。

張芳全 (2017) 研究幸福感與學習成就發現，主觀與客觀幸福感較高的國家，學生整體的學習成就不一定比較好，其中主觀幸福感的國民安全滿意度對學習成就有正向助益，生活滿意度、工作滿意度及教育品質滿意度和學習成就沒有明顯關聯；而客觀幸福感的性別不平等和學習成就的關聯性至為關鍵，教育年數與國民所得則和學習成就沒有明顯關聯。張芳全 (2018) 以2015年51個國家參加國際學生能力評量計畫 (Programme for International Student Assessment, PISA) 資料，透過HLM分析發現，國民所得、國家競爭力及性別平等對數學學習成就有正向顯著影響。Baker等人 (2002) 以TIMSS 1995年透過HLM分析發現，國民所得與學生家庭資源及學生數學成就沒有顯著相關。Chen與Luoh (2010) 研究發現，國家平均數學成就對所得差異有顯著影響，若納入研究與發展經費占國民生產毛額比率與中等教育在學率之後，學習成就對所得差異沒有影響力，但納入的兩個變項顯著正向影響國民所得。Park (2008) 以25個參與全球學生閱讀能力進展研究

(Progress in International Reading Literacy Study, PIRLS)，以國民所得為國家層次變項，以家長閱讀態度及家中藏書量為學生層面變項發現，分別可解釋各國差異量為19.7%與11%，可見國民所得與學生學習成就有關。Shi、He、Wang、Fan與Guo (2016) 使用PISA和TIMSS 2015年資料分析發現，研究與發展支出占國內生產總值 (gross domestic product) 百分比、研究與開發研究人員和技術人員數、國家科技競爭力有顯著正相關。Meyer與Werth (2016) 研究發現，學生國際成就測試表現與國家競爭力有中度正相關。Santibañez與Fagioli (2016) 以PISA 2012年分析發現，教育機會與數學成績為正向關係，所得較高國家，這種關係程度更高，而低所得國家的教師素質、學校領導或學校其他特性低於先進國家所致。

上述可知，國家發展與學習成就表現有關，而發展是多面向，本研究的國家發展指標包括教育年數、國民所得、國家競爭力指數與性別平等指數，作為分析38個國家發展對學校及學生數學成就的關聯依據。

二、學生因素與學習成就

與學生學習表現很重要關聯的因素是家庭資源。Koutsoulis與Campbell (2001) 研究指出，學生成就受到家庭環境影響最大。Özdemir (2016) 研究土耳其的四年級學生發現，家庭社經地位較低的學生和土耳其東部地區學生在數學成績均處於不利地位，其主要因素之一是家庭資源不足。Chiu (2007) 探討41個國家15歲學生學習成就的影響因素發現，在控制家庭結構與家庭社經地位之後，家庭文化資源對學習成就有正向顯著影響，若家中較多書籍數量與文化資本，學習表現較好，其平均成績比平均分數高出1分。Asako (2012) 分析日本及美國的TIMSS發現，兩國的學生家庭藏書、父母親教育程度、數學自我概念對於數學成就有正向顯著影響。Gözde (2014) 以HLM分析土耳其、新加坡、芬蘭及美國TIMSS 2011年分析發現，這四個國家的家庭教育資源正向影響數學成就。Kraaykamp與van Eijck (2010) 研究指出，受過高等教育的父母，孩子在校成就較好；時常參與高水準活動的

家長，子女會培養出對這些活動興趣，同時父母身教與言教的形體化（the embodied state）（即行為、態度或習性等）文化資本影響學習成就最深。因此，家中擁有豐富學習資源對學習成就有正面助益。

學生在學校歸屬感與數學學習表現有關係，如果學生的師生關係不好及與環境疏離，無法認同學校，包括教師的教學、學習材料，乃至於同學互動差，就很難在學校適應，因而在學校沒有歸屬感，學習表現亦較不佳。Cadigan、Wei與Clifton（2013）研究加拿大參與PISA 2003年的資料分析發現，學生學習動機、對數學興趣、教育期望、在PISA考試投入的精力及家庭社經地位與學業成就顯著正相關；同時，他們的學費成本、數學功課時數、歸屬感及較高的數學教學時間比例與數學成績顯著相關。Froiland、Davison與Worrell（2016）研究九年級生的數學內在動機及未來兩年數學課程學習顯著預測十一年級數學成就，同時學校歸屬與數學成就有關，但不明顯。McMahon、Wernsman與Rose（2009）研究149名低收入、不同種族的四和五年級學生語言藝術、數學和科學自我效能感有關的課堂氣氛（滿意度、凝聚力、摩擦力、任務難度和競爭）和學校歸屬發現，滿意度和學校歸屬感愈高、衝突愈少、高語言藝術自我效能感愈高；當納入課堂氣氛和學校環境變項之後，學校歸屬為最重要影響因素。這結果說明，課堂氣氛和學校歸屬與學業成績有其重要性。Wong、Konishi與Tao（2019）以PISA 2015年的15歲加拿大學生為對象分析發現，學生學校歸屬感與數學自我概念呈正相關，學校歸屬感、師生關係與數學自我概念之間間接影響數學成就。如果學生的歸屬感愈高，學習表現應該會愈好。然而38個國家情形是否如此，有待本研究分析。

學生霸凌與學習成就表現有關聯性。Caputo（2013）研究義大利不同年級（六至八年級）11,064名學生，在學校發生的欺凌事件及學校暴力感知預測數學教育成績發現，在控制個人和家庭背景，學校環境和地理特徵，學生對學校暴力的認知程度對數學成績為負向影響。Konishi、Hymel、Zumbo與Li（2010）以HLM探究加拿大參加PISA的27,217名15歲學生的學校欺凌、師

生關係及學業表現之關係發現，數學成績與學校欺負向影響，師生關係與學習表現正相關，同時師生關係，對於學校欺凌與數學成績之間的關係具有緩衝作用。

由於學生學習行為、努力、動機、正面學習價值、熱情與興趣有關，因而學習自信與學習成就表現有密切關係。學生自信是提升學習成就的關鍵因素（Ker, 2017; Liou & Liu, 2015; Patrick, Ryan, & Kaplan, 2007; Shernoff & Schmidt, 2008）。Akyüz（2014）以HLM分析土耳其、新加坡、美國和芬蘭的TIMSS 2011年八年級生資料分析發現，學生數學成績受到學生學習自信心和家庭教育資源的正向影響。張芳全（2006a）進行臺灣TIMSS分析顯示，影響學習成就最大特質包括學生抱負、對數學信心，而補習時間對數學成就有正向顯著影響。不僅是個別學生如此，若以學校整體來看，也是如此，張芳全（2010a）分析臺灣參與TIMSS發現，集體的學生數學自信對學習成就有正面影響。學生認為數學愈有價值，愈會投入學習，也代表他們對於數學的學習動機愈強。換句話說，學生認為數學價值與數學成就有關。

三、學校因素與學習成就

學校因素相當多元，本研究無法將所有因素納入，而以學校學生來自的家庭背景（與學校所在地區特性有關）、學校重視學業表現與學校紀律和和安全程度與學習成就的關係。說明如下。

（一）學生的家庭背景與學習表現方面

Baker等人（2002）跨國的研究發現，學校學生來自的家庭社經地位、學校教育經費與教學器材和數學與科學學習成就有顯著正相關聯。Gözde（2014）以HLM分析土耳其、新加坡、芬蘭及美國TIMSS 2011年分析發現，教育資源與學習成就無顯著相關。Akyüz（2014）研究土耳其、新加坡、美國和芬蘭的2011年參與TIMSS八年級學生數學成績的相關因素，運用HLM分析發現，在上述參與國家八年級學生的數學成績受到學生層的數學自信和家庭教育資源以及學校層的學生經濟背景的正向影響。Geesa、Izci、

Song與Chen（2019）分析韓國、土耳其和美國參與2015年TIMSS的資料發現，科學的積極態度和更多家庭資源與四年級學生科學成績呈正相關，家裡擁有書籍數量更能預測學生科學成績；對低年級學生來說，提供科學書籍會增加他們對科學興趣，有助於他們未來科學成就。Yıldırım（2019）以TIMSS 2011年的資料透過HLM分析土耳其學生的家庭社經地位對學生數學學習的影響，家庭社經地位由家庭教育資源所構成，可以顯著預測學生數學成績，父母在家中的參與和在學校活動的參與分別在家庭教育資源和數學成績之間具有中介作用，而學生的自信心是數學成績最有效預測因子，它也中介了家庭教育資源和父母在家中參與對數學成就的影響。可見，學生的學習成就表現與家庭背景有關。

學生來自的家庭與地區發展與學習成就密切關係。張芳全（2010a）的研究發現，學校學生家庭富裕比率、學校所在城鄉對平均數學成就有正面助益。Demi、Coleman-Jensen與Snyder（2010）以個人、家庭與學校脈絡分析發現：家庭收入和與家人相處對高中入學情形有顯著影響；學校脈絡對學生成績、志向與自我效能有較強正向關係。Gözde（2014）以HLM分析四個國家的TIMSS 2011年資料發現，土耳其、新加坡及美國的學校學生組成若經濟條件愈好，整個學校數學成就愈好。Lleras（2008）以HLM分析發現，非裔黑人子女高比率屬於弱勢族群較高的學校並位於鄉間，對學習成就有不利影響；學生八年級數學學習成就表現好，是居住在都會區，雖就讀高比率弱勢族群學校，但其數學成就仍有正向助益。

（二）學校重視學業表現、重視紀律與學習表現方面

學校重視學生學業表現、學校紀律和安全問題與學習成就有關。在控制學生家庭社經地位之後，若學生強調學業成就的重要性，不論在初等、中等及高等教育的學生都有正相關（Hoy, 2012; Goddard, Sweetland, & Hoy, 2000）。Badri（2019）以阿拉伯聯合大公國參與TIMSS 2015年的資料分析發現，學校重視學業表現（包括教師、父母和學生態度和行為）對數學學習成就表現有顯著正相關。Nilsen與Gustafsson（2014）研究挪威參與TIMSS

2007年至2011年之科學表現，學校紀律安全與學習表現具有顯著關聯性。Lee（2014）以TIMSS資料以多元迴歸分析32個國家資料發現，學校對學業成績的重視、學校安全性和秩序性、教師對教學信心和學習成就有正相關。Yalcin、Demirtasli、Dibek與Yavuz（2017）使用2011年土耳其參與TIMSS的四年級與八年級生的數據，透過HLM分析發現，兩個年級在所有與教師的變項中，僅發現重視學業成績的學校對於學校平均數學成績具有顯著影響；而在學生層變項，學生被霸凌、對數學學習信心、父母參與對兩個年級學生數學學習成就也有顯著影響，其中學生被霸凌對於學習成就為負向顯著影響。

總之，學校因素影響學生學習成就表現，究竟各國學生數學學習成就受到學生來自家庭富裕狀況、學校紀律問題及學校重視學業表現程度對數學學習成就的影響情形有待本研究分析。

四、跨層級的因素與數學學習成就

近年來有許多研究以HLM對資料庫研究。張芳全（2010b，2016，2018）以兩層資料分析國際數學成就影響因素發現，學習成就受學校及國家差異之解釋力大約在22%~23%。Zhao（2007）以二層的HLM對美國、加拿大、捷克、香港、臺灣及荷蘭分析家長參與、教育期望與學生學習因素對TIMSS 1999年的數學成就影響發現，家長參與和教育期望愈高，學生愈有自信，數學學習成就表現愈好。Park、Lee與Cooc（2019）以多層次結構方程模式發現，校長支持、專業學習社群及教師期望對學習成就有顯著影響。Koretz等人（2001）以HLM對美國、香港、法國及韓國分析發現，班級差異與學習資源影響學習成就。O'Dwyer（2005）運用三層的HLM探討23個參與TIMSS國家學生數學成就的影響。Eugene（2020）以HLM研究發現，學生層因素，例如性別、種族、家庭社經地位、高中課程設置及學生對學校氣氛對於數學成績有顯著影響，其中學校層變項（例如學校平均的家庭社經地位）是數學成績的重要預測指標。Tsai、Smith與Hauser（2017）研究東亞地

區（臺灣、日本和韓國）和西方國家（美國、德國和捷克）在家庭背景和學校背景及學生學習成就（數學、科學和閱讀）透過HLM發現，家庭背景及學校和國家之間差異對學習成就表現有顯著影響。Broeck等人（2003）運用芬蘭在TIMSS 1999年以HLM分析分為學生、班級與學校層次發現，學生、班級與學校層次因素解釋學習成就各有57%、29%與13.6%，可見學習成就在各層因素之差異大；若將家庭社經地位納入模式之後，班級層的家庭社經地位解釋學習成就為10.3%，而學校層的社經地位解釋學習成就11.6%。Baker等人（2002）以參與TIMSS 1995年的35個國家透過HLM分析發現，影響學習成就的校際差異因素解釋力在6.5%~30.2%，最低為冰島，最高為愛爾蘭；家庭資源解釋影響學習成就量在1.4%~18.5%，各國在學校資源解釋學習成就因素在1.8%~17.8%。Matsuoka（2014）以HLM研究日本TIMSS 2007年的八年級生發現，教師期望、家庭作業頻率和數學成績存在差異，教師期望與八年級學生學習成就有顯著關聯。Sahin與Öztürk（2018）以HLM研究土耳其TIMSS 2015年四年級生發現，班級差異可以解釋科學成績為36%，解釋數學成績40%；同時喜歡數學、數學投入、家庭學習資源及數學學習信心對於科學和數學成就具有顯著影響力，其中最重要變項是數學學習自信。

Detmers、Trautwein與Ludtke（2009）以40個國家的學生回家作業與學習成就分析發現：各國的校內因素對於學習成就解釋量都高於校外因素，校內因素解釋量都在87%以上，只有日本在63.47%。van Dijk、Gage與Grasley-Boy（2019）探討教師對學生學習成就的影響，以教師行為與課堂管理技能、學習動機和學生成績之關係，以HLM對247名四年級教師及4,847名學生發現，教師的教學管理技能對學習動機有顯著直接影響，對學生數學成績有顯著間接影響。Gözde（2014）以HLM分析土耳其、新加坡、芬蘭及美國參加的TIMSS 2011年發現，四個國家校內因素可解釋數學成就變異各為69%、59%、83%及43%，而校際之間因素各可以解釋為31%、41%、13%及57%。Guillermo（2011）以HLM分析56個國家發現，學生的家庭社會階層、學校

教師素質、學校教育資源品質影響學生學習成就。Takashiro (2017) 研究日本參與TIMSS資料，透過HLM分析八年級生和學校平均家庭社經地位對數學成就的影響發現，在學生層上，學生的家庭社經地位與學生數學成就呈正相關；在學校層上，學校平均的家庭社經地位（包括人口較少的學校和經濟弱勢學校）與學生數學成績負相關，跨層次交互作用均沒有達到顯著水準，但是學生家庭擁有的計算機數量影響顯著，此外，學生和學校平均家庭社經地位對學生成績有關，但解釋力較小。Wobmann (2003) 以TIMSS 1995年分析39個國家發現，各國在學生層學習成就差異，無法由學校教育資源來解釋，但學校考試制度、學校自主性及教師教學方法與學習成就有關。

McMillen (2004) 分析顯示，學生特質對數學成就顯著影響，學校層因素只有補助午餐計畫達到統計顯著關係；學生特質對於閱讀成就為正向顯著影響，學校層變項都達到負向顯著影響。O'Dwyer (2005) 以HLM分析TIMSS 1995年與1999年的25國資料分析發現：各國學生學習成就差異有10%~70%變異量由學校差異所造成。West、Miller、Myers與Norton (2015) 採用三層的HLM模式發現，種族、家庭社經地位、所修數學課程、所獲數學學分、數學的不同成長率對學生數學學習成就表現有顯著影響；學校層面因素也是促進學生學習成就的重要因素。

總之，現有不少研究透過HLM分為兩層模式探究獲得很多與學習成就有關因素，而West等人 (2015) 採用三層素以學生、班級及學校因素探究。而事實上，學生學習表現不僅與學生、班級及學校因素有關，它還與國家發展有關，如上一節所討論內容。也就是運用國家發展、學校及學生因素透過HLM分析學習成就研究相當缺乏，這也是本研究以三層因素，納入國家發展因素為一層的主因，更想要瞭解不同層面因素和數學學習成就的關聯情形。

參、研究設計與實施

一、研究架構

本研究架構如圖1。圖中的階層一為學生因素及數學學習成就，階層二為學校因素、階層三為國家發展因素。三者之間呈現巢套關係，也就是學生受到學校環境系統的潛移默化影響，而學校又在國家的大環境系統之下受到相關因素的影響，因而形成階層的關係。直線代表前後的因素具有影響關係，例如國家發展與學校因素對數學學習成就的影響。

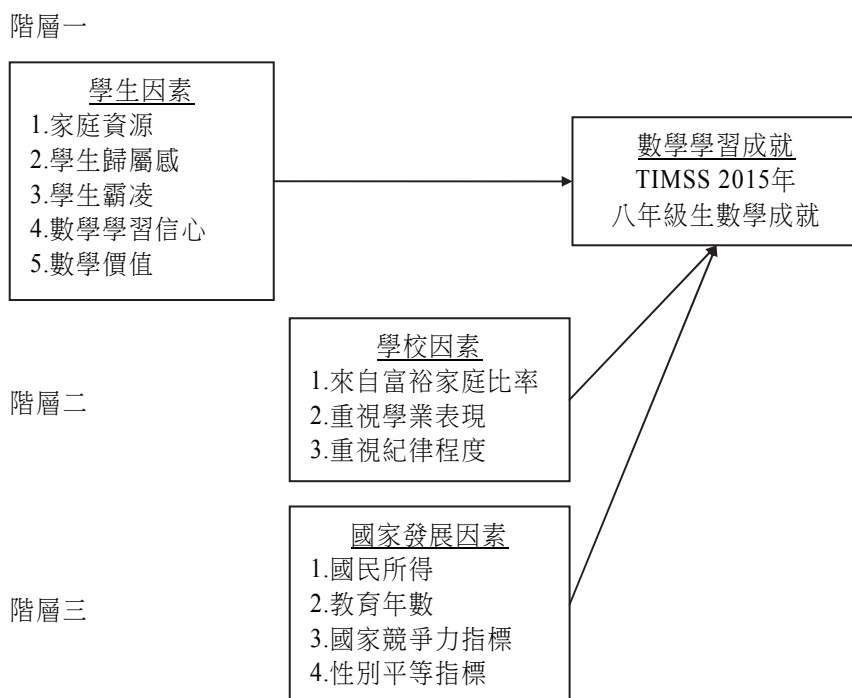


圖1 研究架構

本研究各層使用的變項如附錄一。階層一變項如下：(一)家庭資源：本研究以TIMSS 2015年學生問卷所列11個題目，選項為是、否，以1及2計分，加總及轉換之後分數愈高，代表家庭資源愈多。(二)學生歸屬感：TIMSS 2015年調查學生歸屬感有7題詢問學生歸屬於學校感受，選項為非常同意、有點同意、有點不同意及不同意，以1至4分計分，轉換分數後，分數愈高，歸屬感愈高。上述題目以Cronbach's α 估計係數為.85；(三)數學學習自信：TIMSS 2015年調查有9題組成，選項以非常不同意、有點不同意、有點同意及非常同意為選項，以1至4分計分，分數愈高，數學學習自信愈高。上述題目以Cronbach's α 估計係數為.84。(四)學生霸凌：詢問學生在校受到同學恐嚇、嘲笑或其他肢體不舒服感受程度有7題，選項為一星期至少一次、一個月至少一至二次、一年有幾次、從來沒有為選項，以1至4分計分，分數愈高，被霸凌愈低。上述題目以Cronbach's α 估計係數為.82。(五)對數學價值認知，詢問學生對於數學重要性等9題，選項為非常不同意、有點不同意、有點同意及非常同意，以1至4分計分，分數愈高，認為數學愈有價值。上述題目以Cronbach's α 估計係數為.87。(六)數學學習成就：係指學生在數學學習表現，包括平時及學期結束在學習整體表現。本研究以TIMSS 2015年測量八年級生數學表現為評定數學成就，領域包括幾何、數、代數與資料展示等，每個領域分為知識、應用與推理解。TIMSS 2015年估計成績方式，每領域分數都有五個近似值 (plausible values, PV)，這五個PV的相關係數在.97以上。

階層二的學校變項包括：(一)學生來自的富裕家庭比率：TIMSS 2015年調查學校學生來自於富裕家庭比率，以0%~10%、11%~25%、26%~50%、超過50%為選項，以1至4計分，分數愈高，代表該所學校學生家境愈富裕，反之則愈低。(二)學校重視學業表現程度：本研究以TIMSS 2015年詢問校長學校對學生學業表現重視程度，有13個題目，以非常高、高、中等、低、非常低，1至5計分，轉換後的分數愈高代表學校愈重視學生學業表現。(三)學校紀律與安全：它是詢問校長對於學校師生的紀律與安全問題程度，

有11個題目，以不成問題、問題輕微、問題中度、問題嚴重為選項，以1至4計分，分數愈低代表學校紀律和安全不嚴重，本研究為與數學成就同方向，轉為分數愈低愈嚴重，愈高愈不嚴重。

階層三為國家發展因素，是指國家發展過程中的有關因素，本研究包括：(一)每人國民所得 (gross national income per capital)：本研究以平均每位國民在一個年度的賺取所得，單位以美元計算，資料取自UNDP (2017)。(二)教育年數：本研究以國民教育年數為指標，其數值愈高，代表教育愈發達，反之則為教育發展相對的落後，其資料取自UNDP (2017)。(三)國家競爭力指標 (competitiveness index)：它係指一個國家在發展成長的動態指標 (World Economic Forum, 2018)。雖然在國家競爭力在瞭解不同國家競爭力，其指數愈高代表國家的競爭力愈好。資料取自於世界經濟論壇的《2017年全球競爭力報告》(Global Competitiveness Report 2017)。(四)性別平等指數：本研究以性別平等指數衡量各國性別不公平情形。它的數值介於0 (代表男女公平) 至1 (代表兩性最不公平)，研究資料取自UNDP (2017)，以生殖健康 (包括孕產婦死亡率、未成年生育率)、賦權 (包括國會議員女性比率、25歲以上受過中等教育以上之人口比率) 及勞動市場參與 (包括15歲以上之勞動力參與率) 所編製的性別綜合指數，數值介於0至1，分數愈低兩性愈平等，愈高愈不同等。本研究將此指數轉為分數愈高，兩性愈平等。

二、研究對象

本研究納入38個國家八年級學生為樣本，包括澳洲、巴林、亞美尼亞、波札納、智利、臺灣、喬治亞、匈牙利、伊朗、愛爾蘭、以色列、義大利、日本、哈薩克、約旦、韓國、科威特、黎巴嫩、立陶宛、馬來西亞、馬爾他、摩洛哥、阿曼、紐西蘭、挪威、卡達、俄羅斯、沙烏地阿拉伯、新加坡、斯洛維尼亞、斯洛伐克、南非、瑞典、泰國、阿拉伯聯合大公國、土耳其、埃及、美國。若一個國家有兩地區者，例如加拿大、哥倫比亞、安大略與

魁北克省不納入。TIMSS 2015年在每個國家以兩階段分層抽樣（Mullis et al., 2012）。每個國家與地區施測的學校及學生人數不等，各國參與樣本都以母群體抽出約1%~2%樣本調查。各國參與調查的八年級學生數不等，臺灣抽出施測的190所學校，再由這些學校抽出樣本施測。本研究對象以2015年參與TIMSS的38個國家與206,002名學生，TIMSS官方網站可獲得資料，即從該網站（<http://isc.bc.edu/>）下載TIMSS 2015年。各國在不同變項表現情形如表1，表中看出數學成就最大與最小值差距有20倍，而國民所得最少僅有7,480美元，最高為110,489美元，相差有14.77倍。

表1 38個國家的學校及學生在各變項的描述統計

| 變項 | 樣本數 | 平均數 | 標準差 | 最小值 | 最大值 |
|------------|---------|----------|----------|---------|-----------|
| 學生層 | | | | | |
| 數學成就 | 206,002 | 482.85 | 107.84 | 45.70 | 902.45 |
| 家庭資源 | 206,002 | 10.24 | 1.84 | 4.23 | 13.88 |
| 歸屬感 | 206,002 | 10.03 | 2.01 | 3.05 | 13.62 |
| 學生霸凌 | 206,002 | 9.95 | 2.00 | 2.47 | 12.78 |
| 數學信心 | 206,002 | 10.02 | 2.05 | 3.20 | 15.93 |
| 數學價值 | 206,002 | 9.99 | 2.08 | 3.00 | 13.65 |
| 學校層 | | | | | |
| 學來自富裕家庭比率 | 6,375 | 2.26 | 1.20 | 1.00 | 4.00 |
| 學校重視學業表現 | 6,375 | 9.98 | 2.02 | 1.93 | 16.63 |
| 學校的紀律問題 | 6,375 | 10.32 | 2.04 | 4.07 | 14.03 |
| 國家層 | | | | | |
| 國民所得 | 38 | 36111.05 | 23145.74 | 7480.00 | 110489.00 |
| 性別平等指數 | 38 | 0.77 | 0.14 | 0.51 | 0.96 |
| 國家競爭力 | 38 | 69.72 | 8.95 | 53.00 | 84.80 |
| 國民教育年數 | 38 | 10.84 | 1.96 | 5.50 | 13.40 |

三、資料處理

每個國家的TIMSS資料在學校與學生具巢套性，加上國家層就形成三階

層模式。本研究建立了國家發展、學校與學生因素對數學成就的三階層模式，以階層一、二及三各為學生、學校及國家。茲將統計方法說明如下：

(一)描述統計方面

本研究分析38個國家及地區的發展因素、學校因素與學生因素對數學成就影響，以平均數、標準差等統計瞭解資料分配情形。

(二)多層次模式方面

本研究在資料結構分為國家、學校及個體層次變項。先建立理論模式，蒐集及篩選資料，接著以HLM 7.0版軟體估計檢定，以最大概式估計法（maximum likelihood method）疊代（iteration）估計，估計係數以具強韌標準誤（with robust standard errors）為依據。本研究要瞭解同一層差異對學習表現解釋力，它以組內相關係數（intraclass correlation coefficient, ICC）來計算，用以表示總變異數中可以被組間學校差異所解釋的百分比，如果ICC很大，則代表存在組間差異。Cohen（1988）提出判斷相關程度標準，即 $ICC < .059$ 屬低度相關、 $.059 < ICC < .138$ 屬中度相關； $ICC > .138$ 屬高度相關。在HLM模式設定如下。

首先，在完全非條件模式方面，完全非條件模式是任何一層都不放入預測變數，它代表學習成就在三種不同層次（國家、學校及學生）的分配情形，也就是在瞭解國家、學校及學生之間的變異性。其模式如下：

$$\text{學生層模式（階層一）：} Y_{ijk} = \pi_{0jk} + \varepsilon_{ijk} \quad \varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2) \quad (1)$$

式中： Y_{ijk} 為國家k中學校j的學生i之數學學習成就。 π_{0jk} 為學校k中的學生j之平均數學學習成就。 ε_{ijk} 為一個隨機學生效果，即學生ijk的數學學習成就距學校平均數的離均差。而下標i、j、k代表不同的國家、學校及學生，其中 $I = 1, 2, 3 \dots n_{jk}$ ，即國家k的學校j中的各個學生。 $J = 1, 2, 3 \dots J_k$ ，即國家k的各个學校。 $K = 1, 2, 3 \dots K$ ，即各個學校。

$$\text{學校層模式（階層二）：} \pi_{0jk} = \beta_{00k} + r_{0jk} \quad r_{0jk} \sim N(0, \tau_{000}) \quad (2)$$

其中： β_{00k} 為學校k的平均學習成就。 r_{0jk} 為一個隨機的學校效果。即學校jk的平均學習成就距國家平均學習成就的離均差。

$$\text{國家層模式（階層三）：}\beta_{00k} = \gamma_{000} + u_{0jk} \quad u_{00k} \sim N(0, \tau_{000}) \quad (3)$$

其中： β_{0jk} 為總平均學習成就。 u_{0jk} 為一個隨機的國家效果，即國家k的平均學習成就距總平均成績的距離。

上述模式，其總變異數分為三部分，階層一是同校內的學生之間變異（ σ^2 ）；階層二為同一個國家內不同校之間的變異（ τ_π ）及階層三的國家之間變異（ τ_β ）。為瞭解各國的國家、學校及學生之間的變異情形。本研究以下列方式計算。

$$\text{同校內之學生的變異數比率} \quad \sigma^2 / (\sigma^2 + \tau_\pi + \tau_\beta) \quad (4)$$

$$\text{同國之中不同學校之間的變異數比率} \quad \tau_\pi / (\sigma^2 + \tau_\pi + \tau_\beta) \quad (5)$$

$$\text{跨國之間的變異數比率} \quad \tau_\beta / (\sigma^2 + \tau_\pi + \tau_\beta) \quad (6)$$

其次，在條件模式方面，本研究為了瞭解國家、學校及學生層次的變項對於數學學習成就的解釋力，也就是學生、學校與國家層級的各投入變項對數學成就的影響。因而將模式設定為條件模式。即每一層的變異性中的一部分可以由該層所測量的變項來加以解釋，以及不同層之變項，可以在這些層隨機變動的情形。例如學生層的學生家庭資源、數學自信心，或學校層學校重視紀律的程度，或國家層級中的國民所得、競爭力指標或性別平等指標等。此時可能的模式如下：

1.一般性的階層一模式

本研究在瞭解每所學校內，學生因素對數學學習成就影響情形。

也就是在每所學校內，可以將學生數學成就作為學生層預測變項之函數，加上學生層級的隨機誤差。其模式如下：

$$Y_{ijk} = \pi_{0jk} + \pi_{1jk} a_{1ijk} + \pi_{2jk} a_{2ijk} + \dots + \pi_{pjk} a_{pijk} + \varepsilon_{ijk} \quad \varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2) \quad (7)$$

式中： Y_{ijk} 為國家k中學校j的學生i的數學學習成就。 π_{0jk} 為國家k中的學校j的截距。 a_{ijk} 是 $p = 1, 2 \dots, p$ 個學生因素，用來解釋數學學習成就。 π_{pj} 是相對應的階層一係數，它代表每個學生的變項 a_p 與學校jk的數學學習成就之間的關聯方向與程度。 ε_{ijk} 是階層一的隨機效果，代表學生ijk的數學學習成就與其與學生層次模式的預測值之間的誤差。

2.一般性的階層二模式

本研究要瞭解學生層因素對學校層因素的影響。在模式設定以學生層的每個迴歸係數（包括截距項）等都可視為隨機變動、非隨機變動或固定，因而可以產生對同一個國家中，不同學校之間差異所建立的一般模式。對每個學校效果 π_{pj} ，有以下的模式：

$$\pi_{pj} = \beta_{pqk} + \sum \beta_{pqk} X_{qjk} + r_{pj} \quad r_{pj} \sim N(0, \sigma^2) \quad (8)$$

式中： β_{p0k} 是學校效果 π_{pj} 之模式中在國家k截距。 X_{qjk} 是學校效果 π_{pj} 之模式中作為預測變項的學校特徵或變項。 β_{pqk} 是相對應的係數，代表學校特徵 X_{qjk} 與 π_{pj} 之間的關聯強度與方向。 r_{pj} 是階層二的隨機效果，代表學校特徵jk的階層一係數 π_{pj} 與其基於學校層次模式的預測值之誤差。

3.一般性的階層三模式

在國家層次的模式重複上述過程，階層三的結果都可以運用一些學校的變項加以預測。它的模式如下：

$$\beta_{pqk} = r_{pq0} + \sum r_{pqs} W_{sk} + u_{pqk}$$

式中： r_{pq0} 是 β_{pqk} 國家層級模式中的截距項。 W_{sk} 是國家特徵，在國家效果 β_{pqk} 時作為預測變項。 r_{pqs} 相對應於階層三係數，代表國家特徵 W_{sk} 與 β_{pqk} 之間的關聯方向與程度。 u_{pqk} 是階層三的隨機效果，代表國家k的係數 β_{pqk} 與其基於國家層次模式的預測值之誤差。

肆、研究結果與討論

一、完全非條件模式

本研究將38個國家的八年級學生之數學學習成就的分配狀況如圖2。圖中看出線條高低起伏，代表每個國家的平均數學學習成就明顯不同，平均值為474.7分；最小值為371.3分；最大值614.8分。

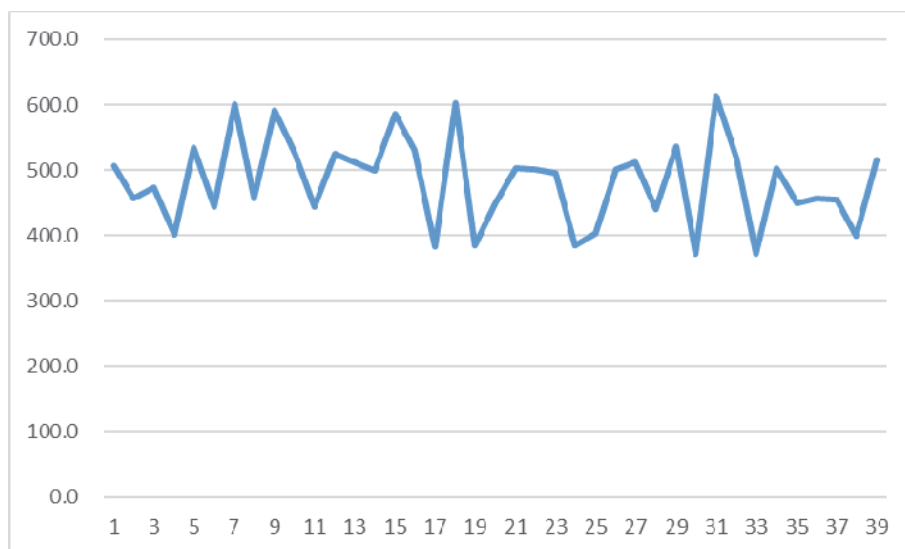


圖2 38個國家及地區的數學學習表現的分布狀況

經過HLM的檢定之後如表2，38個國家及地區6,375所學校學習成就平均數 (γ_{000}) 為483.05分，標準誤為10.37。HLM跑出完全非條件模式在數學學習成就的層一及層二的整體信度 (reliability) 各為.933與.995，表示以各校及各學生平均數學學習成就為估計值，作為各校真實學生平均學習成就的信

度高。階層一與二的隨機效果之 $\chi^2 = 115198.46$ ， $df = 6337$ ($p < .001$)，拒絕 ϵ_{ijk} 為0的虛無假設，它說明各校學生學習成就之間具有明顯差異。

表2 數學學習成就在完全非條件模式的結果

| 固定效果 | 係數 | 標準誤 | <i>t</i> 值 |
|-------------------------|------------|-----------|--------------|
| 國家平均學習成就 γ_{000} | 483.05*** | 10.37 | 46.57 |
| 隨機效果 | 變異數 | <i>df</i> | χ^2 |
| ϵ_{ijk} | 4895.87 | 6337 | 115198.46*** |
| r_{pjk} | 2678.42 | | |
| u_{pqk} | 4072.11 | 37 | 9186.11*** |
| 離異係數 (-2LL) | 2353069.17 | | |

*** $p < .001$.

階層一、二及三的平均數學學習成就的變異數各為4895.87、2678.42、4072.11，其內在組別相關係數 (ICC) $\rho = 4895.87 / (4895.87 + 2678.42 + 4072.11)$ ，因此數學學習成就有42.04%解釋力來自於不同學生之間差異、而有23.0%來自於學校之間差異、而有34.96%來自於國家之間的差異所造成，而且都達到統計顯著水準，表示八年級學生數學學習成就存在跨國及跨校及學生之間的差異。上述都說明了以三層模式來分析38個國家參與TIMSS 2015年的八年級學生之數學學習成就有其適切性。換句話說，各層之間都有不同的因素可以解釋跨國、跨校及學生之間的學習成就，因此探究TIMSS的各國八年級學生數學學習成就因素，必須考慮國際與校際間的差異。表2可看出離異係數 (deviance coefficient) 以負兩倍的對數概似函數值 (-2Log likelihood, -2LL)，用來反映估計模式後的適配度參考標準，作為後續模式適合度改善程度之參考。

二、條件模式——學生與學校層因素對學習成就的影響

在檢定之後如表3所示，學生層的家庭資源、學生歸屬感、學生霸凌、學習信心及數學價值都達到 $p < .01$ ，其中學生霸凌 (γ_{200}) 對數學學習成就

為負向影響。其意義是，學生的家庭資源 (γ_{100}) 愈多、學生愈有歸屬感 (γ_{300}) 愈高、數學學習信心 (γ_{400}) 愈高、認為數學愈有價值 (γ_{500}) 對數學學習成就平均數有正向影響，代表這些變項數值愈高，學生數學學習成就愈好。而學生霸凌愈多，數學學習成就愈不好。而學校學生來自愈富裕家庭人數比率愈高、學校對學業表現愈重視、學校紀律與安全問題愈少，學生數學學習表現愈好。

表3 學生層與學校層的數學學習成就之模式分析結果

| 固定效果 | 係數 | 標準誤 | t 值 |
|-------------------------|------------|-------|--------------|
| 學校層 | | | |
| 學校平均學習成就 γ_{000} | 483.02*** | 10.37 | 46.57 |
| 學生來自富裕家庭 γ_{010} | 11.20*** | 1.17 | 9.62 |
| 學校重視學業表現 γ_{020} | 8.89*** | 0.60 | 14.91 |
| 學校的紀律問題 γ_{030} | 2.93*** | 0.50 | 5.88 |
| 學生層 | | | |
| 家庭資源 γ_{100} | 7.11*** | 0.74 | 9.59 |
| 學生霸凌 γ_{200} | -0.91** | 0.35 | -2.60 |
| 學生歸屬感 γ_{300} | 0.82* | 0.34 | 2.44 |
| 數學學習信心 γ_{400} | 14.93*** | 0.49 | 30.78 |
| 數學價值 γ_{500} | 1.20** | 0.39 | 3.05 |
| 隨機效果 | 變異數 | Df | χ^2 |
| ε_{ijk} | 3799.29 | 6334 | 112106.84*** |
| r_{pjk} | 2052.32 | | |
| u_{pqk} | 4070.55 | 37 | 11954.49*** |
| 離異係數 (-2LL) | 2300765.68 | | |

* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

在此模式的隨機效果中，層一的 $\varepsilon_{ijk} = 3799.29$ ， $df = 6334$ ， $\chi^2 = 112106.84$ ，達到.001顯著水準，代表各國的學習成就平均數仍有顯著差異。而隨機效果的變異數總和為 $3799.29 + 2052.32 + 4070.55 = 9921.7$ ，因此，38個國家的學生數學學習成就有38.29%來自於不同學生之間、有20.69%來自於學校間差異、有41.03%來自於國家之間差異，都達到統計顯

著水準，表示學生的數學學習成就存在學校間及國家之間的變異。離異係數由完全非條件模式的2353069.17降為2300765.68，減少52303.49。

三、條件模式——學生與學校層因素對學習成就的影響

經過檢定之後如表4所示，學生層的家庭資源、學生歸屬感、學生霸凌、數學學習信心及學生認知數學價值程度都達到 $p < .01$ ，其中學生霸凌（ γ_{2000} ）為對數學學習成就負向影響。代表學生的家庭資源（ γ_{100} ）愈多、學生愈有歸屬感（ γ_{300} ）愈高、數學學習信心（ γ_{400} ）愈高、認為數學愈有價值（ γ_{500} ）對學習成就平均數有正向影響，代表這些變項數值愈高，學生數學學習成就愈好；而學生霸凌愈多，數學學習成就愈低。在學校層的因素中，學校學生來自愈富裕家庭人數比率愈高、學校對學業表現愈重視、學校紀律與安全狀況愈好，學生數學學習表現愈好。

很重要的是，在國家層因素中，國民所得（ γ_{001} ）、性別平等（ γ_{002} ）、國家競爭力（ γ_{003} ）、國民教育年數（ γ_{004} ）對於數學學習成就都有達到統計顯著水準，其中國民所得為負向，而其他三個為正向顯著影響，代表38個國家與地區的國民所得愈高，數學學習成就愈低，而國家競爭力愈高、性別愈平等及國民教育年數愈長，數學學習表現愈好。

四、綜合討論

現有研究對於影響數學學習成就的因素多以單一層或二層因素的探討（張芳全，2018；Dettmers et al., 2009; van Dijk et al., 2019）。本研究考量TIMSS資料結構的巢套性，分為國家層、學校層及學生層因素等三層探究，以瞭解不同國家、學校及學生之間的差異對於數學學習成就解釋力，以及各層因素對於八年級學生數學學習成就的關聯性是現有研究所欠缺，也是本研究的貢獻與特色。針對結果討論如下：

表4 學生層、學校層與國家層因素的學習成就之模式分析結果

| 固定效果 | 係數 | 標準誤 | t 值 |
|-------------------------|------------|-------|--------------|
| 學校平均學習成就 γ_{000} | 483.02*** | 5.91 | 81.67 |
| 國家層 | | | |
| 國民所得 γ_{001} | -.001** | .0003 | -2.69 |
| 性別平等 γ_{002} | 218.78** | 81.64 | 2.68 |
| 國家競爭力 γ_{003} | 2.68* | 1.15 | 2.35 |
| 教育年數 γ_{004} | 6.86* | 3.12 | 2.20 |
| 學校層 | | | |
| 學生來自富裕家庭 γ_{010} | 11.20*** | 1.17 | 9.62 |
| 學校重視學業表現 γ_{020} | 8.89*** | 0.60 | 14.91 |
| 學校的紀律問題 γ_{030} | 2.93*** | 0.50 | 5.88 |
| 學生層 | | | |
| 家庭資源 γ_{100} | 7.11*** | 0.74 | 9.59 |
| 學生霸凌 γ_{200} | -0.91** | 0.35 | -2.60 |
| 學生歸屬感 γ_{300} | 0.82* | 0.34 | 2.44 |
| 數學學習信心 γ_{400} | 14.93** | 0.49 | 30.78 |
| 數學價值 γ_{500} | 1.20** | 0.39 | 3.05 |
| 隨機效果 | 變異數 | df | χ^2 |
| ε_{ijk} | 3799.29 | 6334 | 112106.78*** |
| r_{dik} | 2052.33 | | |
| u_{dak} | 1312.95 | 33 | 3881.75*** |
| 離異係數 (-2LL) | 2300722.96 | | |

* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

(一)跨國與跨校際之間的差異性影響學習成就方面

本研究結果發現，從38個國家及地區參與TIMSS 2015年的八年級生之數學學習成就存在差異，各國參與TIMSS 2015年的八年級生學習成就差異相當大，運用完全非條件模式比較38個國家之間的數學學習成就差異就能解釋34.96%，而38個國家的學生數學學習成就有42.04%來自於學生個別差異，有23.0%來自於學校之間的差異。這發現與張芳全（2010a）對於臺灣參與TIMSS 2007年的差異23%相近，以及張芳全（2018）研究發現，各國差異可以解釋數學成就23%，還要高出許多。本研究以三層次分析各國學生在

跨國與跨校之間的差異對學生學習成就的解釋力各為42.04%及23.0%。這與許多研究發現校際差異是解釋學習成就的因素一致，例如Baker等人（2002）透過HLM分析發現：校際差異可以解釋影響學習成就解釋力在6.5%至30.2%，最低為冰島，最高為愛爾蘭。Broeck等人（2003）運用芬蘭在TIMSS 1999年以HLM分析發現：學生、班級與學校層次因素解釋學習成就各有57%、29%與13.6%。可見在各層因素的差異對於數學學習成就的解釋力相當大之外，也可以看出數學學習表現的解釋因素比較著重在學生個別差異。

(二)學生層因素的結果方面

本研究結果發現，在學生層因素之中，學生的家庭資源、學生歸屬感、學生霸凌、數學學習信心及學生認知的數學價值都達到顯著水準，其中學生霸凌為負向對學習成就影響。上述代表38個國家的學生家庭資源愈多、學生歸屬感愈高、數學學習自信愈高、認為數學愈有價值，學生的數學學習成就愈高，這與許多研究發現是一樣的（Ker, 2017; Lay & Chandrasegaran, 2016; Patrick et al., 2007; Pintrich & Schunk, 2002; Shernoff & Schmidt, 2008）。在家庭資源與數學學習成就為正相關，與許多研究相呼應（林慧敏、黃毅志，2009；Sirin, 2005; West et al., 2015），也就是家庭社經地位愈高，有愈多的資源，有益於子女學習成就的提升。學生感受到在學校歸屬感愈高，數學學習成就愈好，這與McMahon等人（2009）、Wong等人（2019）的研究發現相同，可以理解的是，學生愈對學校認同及良好的師生關係，愈能適應學校生活，因而歸屬感較高，學習成就表現較好。學生霸凌對於數學學習成就有負向顯著影響，這和Gunter與Thomson（2007）的論點相同，也與Caputo（2013）、Huebner（2010）、Konishi等人（2010）的研究發現相同。這是可以預期的，如果學校有愈多學生感受到威脅與不安全，就無法安心學習，亦無法讓課業表現提升。因此，學生霸凌會明顯讓數學學習成就降低。

(三)學校層因素的結果方面

本研究結果發現，學生來自富裕家庭比率愈高、學校愈重視學業表現以及學校愈重視紀律與安全，學生的數學學習成就愈好。學校學生來自愈富裕的家庭，學生的數學成就表現愈好。這與張芳全（2010a）、Demi等人（2010）、Gözde（2014）、Lleras（2008）的研究發現一致。合理推論是，這些學生家庭社經地位好，學生可以帶入更多資源，家長對於子女教育及學習表現的重視，子女學習態度較好，因而子女的學習表現愈好。而學校愈重視紀律與安全，數學學習成就愈好，這與張芳全（2016）、Lee（2014）、Nilsen與Gustafsson（2014）的研究發現一樣。可以理解的是，如果學校學習紀律問題少，讓學生感受到安全環境，對於各校平均數學學習成就都有顯著影響。此外，學校重視學業表現對數學學習成就有正面助益，這與張芳全（2010a）、Badri（2019）、Lee（2014）、Yalcin等人（2017）的研究發現一樣。可以理解的是，學生學習表現不僅要學生個人努力，學校（包括家長及教師）重視學業成就表現也很重要，代表他們很在意學生的學習表現，因而教師更努力教學與學校認真辦學。同時本研究發現，校際之間的差異可以解釋23.0%，就可以看出校際間差異也是重要因素之一。

總之，如果學校中多數學生傾向於來自於較富有的家庭，學生的學習資源會較多，因而會有較好的學習表現；學校愈重視學生學業表現、學校紀律與安全的問題愈少，可以提高數學學習成就表現。

(四)國家層因素的結果方面

本研究結果發現，38個國家及地區的國民所得、性別平等、國家競爭力、國民的教育年數對於數學學習成就都有達到統計顯著水準，其中38個國家及地區的性別平等、國家競爭力、國民的教育年數對於數學學習成就為正向顯著影響，代表國家競爭力愈高、性別愈平等及國家的教育年數愈長，數學學習表現愈好。這與張芳全（2018）的研究發現一樣。然而，38個國家及地區的國民所得愈高，反而學生數學學習成就愈低，說明了國家國民所得愈高，不一定數學學習成就表現愈好，這與張芳全（2018）及Park（2008）的

研究發現不同。一方面是PISA以素養導向成績以及納入國家為52個與本研究不同，另一方面很有可能是，本研究納入的亞洲國家，尤其是石油國家，例如卡達、沙烏地阿拉伯、阿拉伯聯合大公國生產石油，每人平均國民所得較高，但是學生數學成就表現不會比較好是可以理解的。這與刻板印象認為國民所得愈高的國家，學生數學學習表現愈高不一樣，這代表除了國民所得或經濟因素之外，還有國家的文化、社會、教育或環境等相關因素等值得納入研究。就如Mammadov與Çimen（2019）以PISA 2015年和教與學國際調查（Teaching and Learning International Survey, TALIS）2013年的28個國家納入教師素質與學習表現發現，芬蘭、法國、日本、韓國、挪威、新加坡是教師素質與學生學習表現較有效率的國家，而巴西、保加利亞、智利、捷克、丹麥、冰島、義大利、拉脫維亞、荷蘭、葡萄牙、斯洛伐克和西班牙學習表現效率低。可見納入的教師素質之後，幾個先進國家的學生學習表現並沒有相對的好，就可以理解國家層級還有許多因素與學習成就有關。而38個國家的性別愈平等指數、國家競爭力與教育年數愈高，代表國家愈先進，社會愈開放，也與學生數學學習成就愈好有關，這是可以理解的，也與現代化理論論點一致，這與張芳全（2018）、Baker等人（2002）的研究發現相近。

伍、結論與建議

一、結論

(一)不可以忽略跨國與校際之間的差異對數學學習成就的解釋力

本研究結果發現，38個國家與6,375所校及206,002名學生之間的數學學習成就存在差異，國家、學校及學生層差異可以解釋影響學生數學學習成就各有34.96%、23.0%及42.04%。上述各層差異的解釋量是不可以忽視的。

(二)學生的家庭資源、學生歸屬感、學生霸凌、數學學習信心及數學價值對學習成就都是重要因素

本研究結果發現，各國學生的家庭資源、學生歸屬感、學生霸凌、數學學習信心及數學價值都是重要的影響因素，其中學生霸凌為負向對數學學習成就影響。

(三)學生來自富裕家庭比率愈高、學校愈重視學術表現以及學校愈重視紀律，學生的學習成就愈好

本研究結果發現，學生來自富裕家庭比率愈高、學校愈重視學業表現以及學校紀律與安全狀況愈少，學生數學學習成就愈好。

(四)國家的國民所得、性別平等、國家競爭力、國民教育年數對於學習成就都是重要影響因素，但國民所得對學習成就為負向影響

本研究結果發現，38個國家的國民所得、性別平等、國家競爭力、國民的教育年數對於學習成就都是重要關聯因素，其中國民所得對數學學習成就為負向影響，而其他三個變項對數學學習成就為正向顯著影響，代表38個國家的國民所得愈高，數學學習成就愈低，而國家競爭力愈高、性別愈平等及國家的國民教育年數愈長，學生的數學學習成就表現愈好。

二、建議

(一)政府、學校及教師宜掌握跨國、校際與學生差異對學習成就影響

結論一指出，跨國、跨校及學生之間的數學學習成就存在差異，這種差異可以解釋數學學習成就各有34.96%、23.0%及42.04%。因此，38個國家的政府、學校及教師在瞭解學生學習成就差異，宜考量這些因素所造成的差異，不可以單一層的因素來解釋。

(二)學校及教師與家長應提高學生之數學學習自信與學校歸屬感

結論二指出，學生歸屬感、學生霸凌、數學學習信心及數學價值是影響

學習成就的重要因素。學校、教師與家長宜有具體策略引發學生數學學習自信，同時讓學生從生活中瞭解數學學習的價值，循循善誘，提高學生在數學學習自信，降低學生對數學學習的恐懼感。同時學校及教師應留意學生霸凌，讓學生減少此問題，增加他們在學校的歸屬感，進而提高學生的數學學習表現。

(三)學校宜正視校園紀律，並對於弱勢學生給予更多關懷協助，以提高學習表現

結論三指出，38個國家的八年級學生來自富裕家庭比率愈高、學校愈重視學業表現及學校紀律與安全問題愈少，學生數學學習成就愈好。這代表來自於弱勢家庭者，學校及教師應給予更多協助與關懷，瞭解他們的需求，同時學校應留意學校紀律狀況，避免產生霸凌，以提升數學學習成就表現。

(四)政府應提高性別平等、國家競爭力、國民的教育年數以提高學生學習表現

結論四指出，38個國家的國民所得、性別平等、國家競爭力、國民的教育年數對於學習成就都是重要影響因素，尤其是性別平等、國民教育年數與國家競爭力愈高，數學學習表現愈好，38個國家政府應提高性別平等，尤其低度或開發中國家應給予女性有更多的學習機會，尊重女性，保障其工作等，在社會尊重兩性平等下，學習表現得以提高。而政府應投資教育經費提高國民教育年數，並運用各種策略提高國家競爭力，以提高學生的學習表現。

(五)未來研究建議方面

本研究僅對於臺灣參與TIMSS 2015年資料分析，未來要瞭解這些模式的穩定性，可針對每四年TIMSS資料庫分析，以瞭解各國的八年級學生學習狀況。尤其TIMSS有四年級與八年級生，未來都可以試著多層次的分析，同時本研究發現，國民所得對於學習成就為負向顯著影響，未來研究可以再探究，以瞭解其狀況。

誌謝：研究者感謝行政院科技部2018年專案補助計畫——國家發展、學校因素及學生因素對數學成就影響之多層次分析（計畫編號：MOST105-2511-S152-001）補助；並感謝兩位審查者之寶貴建議，讓本研究可讀性更高，文中若有任何疏漏，實為研究者責任。

附錄一 本研究工具之各向度與題目

一、家庭資源

(一)你自己的電腦或平板電腦、(二)家人共用的電腦或平板電腦、(三)你個人專用的書桌或桌子、(四)你個人的房間、(五)電腦網路連線、(六)你自己的手機、(七)遊戲系統(例如:PlayStation、Wii、XBox)、(八)有浴室的臥房至少有兩間、(九)父母有兩臺或更多臺自己的轎車(不是營業用的)、(十)小提琴或鋼琴、(十一)幫傭。

二、學生歸屬感

(一)我喜歡待在學校裡、(二)在學校裡我覺得安全、(三)我覺得我是這個學校的一份子、(四)我喜歡見到學校的同學、(五)學校老師對待我很公平、(六)我很驕傲是這個學校的學生、(七)在學校我學到很多。

三、學生霸凌

(一)取笑我或辱罵我、(二)不讓我參加遊戲或活動、(三)散播有關我的謠言、(四)偷走我的東西、(五)打我或傷害我(例如:推撞、毆打、腳踢)、(六)強迫我做我不想做的事、(七)散播我不想讓人知道的難堪事情、(八)在網路上公布我不想讓人知道的難堪事情、(九)威脅我。

四、數學學習自信

(一)我在數學方面通常表現不錯、(二)和班上許多同學比起來,數學對我來說是比較困難的、(三)數學不是我擅長的科目之一、(四)與數學有關的事我學得很快、(五)數學讓我緊張、(六)我很會解決困難的數學問題、(七)老師說我的數學能力很好、(八)和其他任何科目比起來,我覺得數學比較

難、(九)數學讓我煩惱困惑。

五、學生感受的數學價值

(一)我認為學數學對我的日常生活會有幫助、(二)我需要用數學去學其他學科、(三)我需要學好數學以進入我心中理想的學校、(四)我需要學好數學才能得到我想要做的工作、(五)我希望將來的工作和運用數學有關、(六)要在世上獲得成功，學數學是重要的、(七)學習數學能讓我在成年以後有更多的工作機會、(八)我的父母認為我學好數學是重要的、(九)學好數學是重要的。

六、學校對學業成就的重視

(一)教師對學校課程目標的瞭解、(二)教師成功達成學校課程目標的程度、(三)教師對學生學習成就的期望、(四)教師間為了增進學生學習成就的共同合作、(五)教師啟發學生的能力、(六)家長對學校活動的參與、(七)家長對確保學生準備就緒可開始學習之責任的承擔、(八)家長對學生學習成就的期望、(九)家長對學生學習成就的支持、(十)家長施給學校維持高學業標準的壓力、(十一)學生力求在校表現良好的意願、(十二)學生達成學校學業目標的能力、(十三)學生對在校表現優異的同學的尊重。

七、學校紀律和安全

(一)上學遲到、(二)曠課、(三)擾亂課堂秩序、(四)作弊、(五)粗言穢語、(六)破壞公物、(七)偷竊、(八)學生之間的恐嚇或辱罵（包括簡訊、電子郵件等）、(九)造成其他學生肢體傷害、(十)恐嚇或辱罵教師或學校職員（包括簡訊、電子郵件等）、(十一)造成教師或學校職員的肢體傷害。

參考文獻

(一)中文部分

李文益、黃毅志（2004）。文化資本、社會資本與學生成就的關聯性之研究——以台東師院為例。《台東大學教育學報》，15（2），23-58。

[Lee, W.-Y., & Huang, Y.-Z. (2004). A study of the correlation between cultural capital, social capital and student achievement: Taitung Normal University as an example. *Educational Journal of Taitung University*, 15(2), 23-58.]

林慧敏、黃毅志（2009）。原漢族群、補習教育與學業成績關聯之研究——以臺東地區國中二年級生為例。《當代教育研究》，17（3），41-81。

[Lin, H.-M., & Huang, Y.-Z. (2009). The study of the relationship between the original Han ethnic group, remedial education and academic performance: Takes the second-year junior high school students in Taitung area as an example. *Contemporary Educational Research*, 17(3), 41-81.]

馬信行（1988）。國家發展指標之探索——以教育與經濟發展指標為主。《國立政治大學學報》，58，229-271。

[Ma, X.-X. (1988). The exploration of national development indicators: Focusing on education and economic development indicators. *Journal of National Chengchi University*, 58, 229-271.]

張芳全（2006a）。影響數學成就因素在結構方程式模型檢定——以2003年臺灣國中生TIMSS資料為例。《國立臺北教育大學學報》，19（2），163-196。

[Chang, F.-C. (2006a). Factors affecting mathematical achievement in structural equation model verification: Take the 2003 Taiwan national second student TIMSS data as an example. *Journal of National Taipei University of Education*, 19(2), 163-196.]

張芳全（2006b）。影響數學成就因素探討：以臺灣在TIMSS 2003年的樣本

為例。課程與教學季刊，9（3），139-167。

[Chang, F.-C. (2006b). Discussion on factors affecting mathematics achievement: Take the sample of Taiwan in TIMSS 2003 as an example. *Curriculum and Teaching Quarterly*, 9(3), 139-167.]

張芳全（2007）。國家現代化指標建構：教育對現代化影響。教育研究與發展期刊，3（3），127-164。

[Chang, F.-C. (2007). The construction of national modernization indicators: The impact of education on modernization. *Journal of Educational Research and Development*, 3(3), 127-164.]

張芳全（2009）。家長教育程度與科學成就之關係：文化資本、補習時間與學習興趣為中介的分析。教育研究與發展期刊，5（4），39-76。

[Chang, F.-C. (2009). The relationship between parent's educational level and scientific achievement: An analysis mediated by cultural capital, tuition time and learning interest. *Journal of Educational Research and Development*, 5(4), 39-76.]

張芳全（2010a）。以SEM檢定影響數學成就因素：亞洲四小龍國二生參與TIMSS 2003的資料為例。教育行政論壇，2，41-70。

[Chang, F.-C. (2010a). Take the SEM verification factors affecting mathematics achievement: The data of the second student of the four little dragons from Asia participating in TIMSS 2003 as an example. *Educational Administration Forum*, 2, 41-70.]

張芳全（2010b）。多層次模型在學習成就之研究。臺北市：心理。

[Chang, F.-C. (2010b). *Multi-level model in the study of learning achievement*. Taipei, Taiwan: Psychological.]

張芳全（2016）。臺灣國中學校效能之多層次模型分析：以TIMSS 2011為例。彰化師大教育學報，30，59-86。

[Chang, F.-C. (2016). Multi-level model analysis of school effectiveness in

Taiwan's junior high schools: Taking TIMSS 2011 as an example. *Journal of Education of Changhua Normal University*, 30, 59-86.]

張芳全 (2017)。幸福感與學習成就之跨國分析。教育研究與發展期刊，13 (3)，31-66。

[Chang, F.-C. (2017). A transnational analysis of happiness and learning achievement. *Journal of Educational Research and Development*, 13(3), 31-66.]

張芳全 (2018)。學生因素、國家發展與數學成就之多層次研究。教育政策論壇，21 (3)，101-142。

[Chang, F.-C. (2018). Multi-level research on student factors, national development and mathematics achievement. *Education Policy Forum*, 21(3), 101-142.]

溫福星 (2006)。階層線性模式——原理、方法與應用。臺北市：雙葉書廊。

[Wen, F.-X. (2006). *Hierarchical linear model: Principles, methods and applications*. Taipei, Taiwan: Yeh Yeh Book Gallery.]

蕭佳純 (2011)。TEPS資料庫中學業成就與相關影響因素之縱貫性研究。教育政策論壇，14 (3)，119-154。

[Xiao, J.-C. (2011). A longitudinal study of high school achievement and related influencing factors in TEPS database. *Education Policy Forum*, 14(3), 119-154.]

蕭佳純 (2020)。多層次分析理論與HLM操作實務含縱貫性研究與創造力應用。臺北市：五南。

[Xiao, J.-C. (2020). *Multi-level analysis theory and HLM operation practice include longitudinal research and creative application*. Taipei, Taiwan: Wu-Nan.]

(二)英文部分

- Akyüz, G. (2014). The effects of student and school factors on mathematics achievement in TIMSS 2011. *Egitim Ve Bilim*, 39(172). Retrieved from <https://www-proquest-com.metalib.lib.ntue.edu.tw/scholarly-journals/effects-student-school-factors-on-mathematics/docview/1500647491/se-2?accountid=8007>
- Asako, Y. (2012). The relationship between self-concept and achievement in TIMSS 2007: A comparison between American and Japanese students. *International Review of Education*, 58, 199-219.
- Badri, M. (2019). School emphasis on academic success and TIMSS Science/Math achievements. *International Journal of Research in Education and Science*, 5(1), 176-189.
- Baker, D. P., Goesling, B., & Letendre, G. K. (2002). Socioeconomic status, school quality, and national economic development: A cross-national analysis of the “Heyneman-Loxley effect” on mathematics and science achievement. *Comparative Education Review*, 46(3), 291-312.
- Bempechat, J., & Drago-Severson, E. (1999). Cross-national differences in academic achievement: Beyond etic conceptions of children’s understanding. *Review of Educational Research*, 69(3), 287-314.
- Bempechat, J., Jimenez, N. V., & Boulay, B. A. (2002). Cultural-cognitive issues in academic achievement: New directions for cross-national research. In A. C. Porter & A. Gamoran (Eds.), *Methodological advances in cross-national surveys of educational achievement* (pp. 117-150). Washington, DC: National Academy Press.
- Cadigan, F. J., Wei, Y., & Clifton, R. A. (2013). Mathematic achievement of Canadian private school students. *Alberta Journal of Educational Research*, 59(4), 662-673.

- Caputo, A. (2013). Students' perception of school violence and math achievement in middle schools of southern Italy. *Educational Assessment, 18*(4), 269. Retrieved from <https://search-proquest-com.metalib.lib.ntue.edu.tw/docview/1462219117?accountid=8007>
- Chen, Q. (2013). Using TIMSS 2007 data to build mathematics achievement model of fourth graders in Hong Kong and Singapore. *International Journal of Science and Mathematics Education, 12*(6), 1519-1545.
- Chen, S., & Luoh, M. (2010). Are mathematics and science test scores good indicators of labor-force quality? *Social Indicators Research, 96*(1), 133-143.
- Chiu, M.-M. (2007). Families, economies, cultures, and science achievement in 41 countries: Country-, school-, and student-level analyses. *Journal of Family Psychology, 21*(3), 510-519.
- Chiu, M.-M. (2008). Achievements and self-concepts in a comparison of math and science: Exploring the internal/external frame of reference model across 28 countries. *Educational Research and Evaluation, 14*(3), 235-254.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.
- Coleman, J. S. (1966). *Equality of educational opportunity*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Coley, R. L., Kruzik, C., & Votruba-Drzal, E. (2020). Do family investments explain growing socioeconomic disparities in children's reading, math, and science achievement during school versus summer months? *Journal of Educational Psychology, 112*(6), 1183-1196. doi:10.1037/edu0000427
- Demi, M. A., Coleman-Jensen, A., & Snyder, A. R. (2010). The rural context and secondary school enrollment: An ecological systems approach. *Journal of Research in Rural Education, 25*(7), 1-26.

- Dettmers, S., Trautwein, U., & Ludtke, O. (2009). The relationships between homework time and achievement is not universal: Evidence from multilevel analyses in 40 countries. *School Effectiveness and School Improvement, 20*(4), 375-405.
- Edmonds, R. (1979). Effective schools for urban poor. *Educational Leadership, 37*, 15-24.
- Eugene, D. R. (2020). A multilevel model for examining perceptions of school climate, socioeconomic status, and academic achievement for secondary school students. *Journal of Education for Students Placed at Risk, 25*(1), 79-99.
- Freire, F. M., & Lima, D. da C. B. P. (2018). The 1960s modernization theory updated: The role of the evaluative state in today's Brazilian education. *Universal Journal of Educational Research, 6*(10), 2373-2378.
- Froiland, J. M., Davison, M. L., & Worrell, F. C. (2016). Aloha teachers: Teacher autonomy support promotes native Hawaiian and pacific islander students' motivation, school belonging, course-taking and math achievement. *Social Psychology of Education: An International Journal, 19*(4), 879-894. doi:10.1007/s11218-016-9355-9
- Gauvain, M., & Munroe, R. L. (2009). Contributions of societal modernity to cognitive development: A comparison of four cultures. *Child Development, 80*(6), 1628-1642.
- Geesa, R. L., Izci, B., Song, H. S., & Chen, S. (2019). Exploring the roles of students' home resources and attitudes towards science in science achievement: A comparison of south Korea, Turkey, and the United States in TIMSS 2015. *Asia-Pacific Science Education, 5*, 1-22. doi: 10.1186/s41029-019-0038-7
- Goddard, R. D., Sweetland, S. R., & Hoy, W. K. (2000). Academic emphasis of

- urban elementary schools and student achievement: A multi-level analysis. *Educational Administration Quarterly*, 36, 683-702.
- Gözde, A. (2014). The effects of student and school factors on mathematics achievement in TIMSS 2011. *Education and Science*, 172(39), 150-162.
- Guillermo, M. (2011). Cross-national differences in educational achievement inequality. *Sociology of Education*, 84(1), 49-68.
- Gunter, H., & Thomson, P. (2007). Learning about student voice. *Support for Learning*, 22(4), 181-188.
- Holsinger, D. B. (1987). Modernization and education. In G. Psacharopoulos (Ed.), *Economics of education: Research and studies* (pp. 107-110). Washington, DC: Pergamon.
- Hoy, W. K. (2012). School characteristics that make a difference for the achievement of all students: A 40-year academic odyssey. *Journal of Educational Administration*, 50, 76-97.
- Huebner, S. (2010). Students and their schooling: Does happiness matter? *Communique*, 39(2), 1-2.
- Ker, H.-W. (2017). The effects of motivational constructs and engagements on mathematics achievements: A comparative study using TIMSS 2011 data of Chinese Taipei, Singapore, and the USA. *Asia Pacific Journal of Education*, 37(2), 135-149.
- Konishi, C., Hymel, S., Zumbo, B. D., & Li, Z. (2010). Do school bullying and student-teacher relationships matter for academic achievement? A multilevel analysis. *Canadian Journal of School Psychology*, 25(1), 19-39.
- Koretz, D., McCaffrey, D., & Sullivan, T. (2001). Predicting variations in mathematics performance in four countries using TIMSS. *Education Policy Analysis Archives*, 9(34), 1-28.
- Koutsoulis, M., & Campbell, J. R. (2001). Family processes affect students'

- motivation, science, and math achievement in Cypriot high schools. *Structural Equation Modeling*, 8, 108-127.
- Kraaykamp, G., & van Eijck, K. (2010). The intergenerational reproduction of cultural capital: A threefold perspective. *Social Forces*, 89(1), 209-231.
- Kreft, I., & DeLeeuw, J. (1998). *Introducing multilevel modeling*. London, UK: Sage.
- Kyriakides, L. (2006). Using international comparative studies to develop the theoretical framework of educational effectiveness research: A secondary analysis of TIMSS 1999 data. *Educational Research and Evaluation*, 12(6), 513-534.
- Lay, Y. F., & Chandrasegaran, A. L. (2016). The predictive effects of motivation toward learning science on TIMSS Grade 8 students' science achievement: A comparative study between Malaysia and Singapore. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(12), 2949-2959.
- Lee, C. (2014). Worksheet usage, reading achievement, classes' lack of readiness, and science achievement: A cross-country comparison. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 2(2), 96-106.
- Liou, P.-Y., & Liu, E. Z.-F. (2015). An analysis of the relationships between Taiwanese eighth and fourth graders' motivational beliefs and science achievement in TIMSS 2011. *Asia Pacific Education Review*, 16(3), 433-445.
- Lleras, C. (2008). Race, racial concentration, and the dynamics of educational inequality across urban and suburban schools. *American Educational Research Journal*, 45(4), 886-912.
- Ma, X. (2000). A longitudinal assessment of antecedent course work in mathematics and subsequent mathematical attainment. *The Journal of*

Educational Research, 94(1), 16-28.

Mammadov, R., & Çimen, I. (2019). Optimizing teacher quality based on student performance: A data envelopment analysis on PISA and TALIS. *International Journal of Instruction*, 12(4), 767-788.

Marks, G. N. (2009). Modernization theory and changes over time in the reproduction of Socioeconomic inequalities in Australia. *Social Forces*, 88(2), 917-944.

Marsh, H. W., & Hau, K. (2004). Explaining paradoxical relations between academic self-concepts and achievements: Cross-cultural generalizability of the internal/external frame of reference predictions across 26 countries. *Journal of Educational Psychology*, 96(1), 56-67.

Matsuoka, R. (2014). Disparities between schools in Japanese compulsory education: Analyses of a cohort using TIMSS 2007 and 2011. *Educational Studies in Japan: International Yearbook*, 8, 77-92.

McMahon, S. D., Wernsman, J., & Rose, D. S. (2009). The relation of classroom environment and school belonging to academic self-efficacy among urban fourth- and fifth-grade students. *Elementary School Journal*, 109(3), 267-281. doi:10.1086/592307

McMillen, B. J. (2004). School size, achievement, and achievement gaps. *Education Policy Analysis Archives*, 12(58), 1-24.

Meyer, D., & Werth, L. (2016). School reform: America's Winchester mystery house. *International Journal of Education Policy and Leadership*, 11(4), 1-20.

Moges, B. T. (2019). One-hand clapping: Gender equality and its challenges in pastoralist secondary education in afar region: A quality concern. *Educational Research and Reviews*, 14(6), 217-227.

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.

- Nilsen, T., & Gustafsson, J. (2014). School emphasis on academic success: Exploring changes in science performance in Norway between 2007 and 2011 employing two-level SEM. *Educational Research and Evaluation, 20*(4), 308-327. doi:10.1080/13803611.2014.941371
- O'Dwyer, L. M. (2005). Examining the variability of mathematics performance and its correlates using data from TIMSS'95 and TIMSS'99. *Educational Research and Evaluation, 11*(2), 155-177.
- Özdemir, C. (2016). Equity in the Turkish education system: A multilevel analysis of social background influences on the mathematics performance of 15-year-old students. *European Educational Research Journal, 15*(2), 193-217. doi:10.1177/1474904115627159
- Park, H. (2008). Home literacy environments and children's reading performance: A comparative study of 25 countries. *Educational Research and Evaluation, 14*(6), 489-505.
- Park, J., Lee, I. H., & Cooc, N. (2019). The role of school-level mechanisms: How principal support, professional learning communities, collective responsibility, and group-level teacher expectations affect student achievement. *Educational Administration Quarterly, 55*(5), 742-780. doi:10.1177/0013161X18821355
- Patrick, H., Ryan, A., & Kaplan, A. (2007). Early adolescents' perceptions of the classroom social environments, motivational beliefs, and engagement. *Journal of Educational Psychology, 99*(1), 83-98.
- Pintrich, P. R., & Schunk, D. H. (2002). *Motivation in education: Theory, research, and applications* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Merrill Prentice Hall.

- Raudenbush, S. W., & Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Sahin, M. G., & Öztürk, N. B. (2018). How classroom assessment affects science and mathematics achievement? Findings from TIMSS 2015. *International Electronic Journal of Elementary Education*, *10*(5), 559-569.
- Santibañez, L., & Fagioli, L. (2016). Nothing succeeds like success? Equity, student outcomes, and opportunity to learn in high- and middle-income countries. *International Journal of Behavioral Development*, *40*(6), 517-525. doi:10.1177/0165025416642050
- Shen, C., & Tam, H. P. (2008). The paradoxical relationship between student achievement and self-perception: A cross-national analysis based on three waves of TIMSS data. *Educational Research and Evaluation*, *14*(1), 87-100.
- Shernoff, D., & Schmidt, J. (2008). Further evidence of an engagement-achievement paradox among US high school students. *Journal of Youth and Adolescence*, *37*, 564-580.
- Shi, W., He, X., Wang, Y., Fan, Z., & Guo, L. (2016). PISA and TIMSS science score, which clock is more accurate to indicate national science and technology competitiveness? *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, *12*(4), 965-974.
- Sirin, S. R. (2005). Socioeconomic status and academic achievement: A meta-analytic review of research. *Review of Educational Research*, *75*(3), 417-453.
- Takashiro, N. (2017). A multilevel analysis of Japanese middle school student and school socioeconomic status influence on mathematics achievement. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, *29*(3), 247-267.

doi:10.1007/s11092-016-9255-8

- Theule, L. S. (2007). What we can do about achievement disparities. *Educational Leadership*, 65(3), 54-59.
- Tsai, S., Smith, M. L., & Hauser, R. M. (2017). Families, schools, and student achievement inequality: A multilevel MIMIC model approach. *Sociology of Education*, 90(1), 64-88. doi:10.1177/0038040716683779
- The United Nations Development Programme. (2017). *Human development report 2017*. Oxford, NY: Oxford University Press.
- van den Broeck, A., Opdenakker, M. C., Hermans, D., & Van Damme, J. (2003). Socioeconomic status and student achievement in a multilevel model of Flemish TIMSS-1999 data: The importance of a parent questionnaire. *Studies in Educational Evaluation*, 29, 177-190.
- van Dijk, W., Gage, N. A., & Grasley-Boy, N. (2019). The relation between classroom management and mathematics achievement: A multilevel structural equation model. *Psychology in the Schools*, 56(7), 1173-1186. doi:10.1002/pits.22254
- Wang, J. (2000). Relevance of the hierarchical linear model to TIMSS data analyses. *Education*, 120(4), 787-789.
- West, J., Miller, M. L., Myers, J., & Norton, T. (2015). The relationship of grade span in 9th grade to math achievement in high school. *Administrative Issues Journal: Connecting Education, Practice, and Research*, 5(2), 64-81.
- Wobmann, L. (2003). School resources, educational institutions and student performance: The international evidence. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 65(2), 0305-9049.
- Wong, T. K. Y., Konishi, C., & Tao, L. (2019). A social-emotional pathway to promoting math self-concept: The moderating role of sex. *Educational*

- Psychology*, 39(9), 1119-1135. doi:10.1080/01443410.2019.1621994
- World Economic Forum (2018). *Global competitiveness report 2016/2017*. Geneva, Switzerland: Author.
- Yalcin, S., Demirtasli, R. N., Dibek, M. I., & Yavuz, H. C. (2017). The effect of teacher and student characteristics on TIMSS 2011 mathematics achievement of fourth- and eighth-grade students in Turkey. *International Journal of Progressive Education*, 13(3), 79-94.
- Yıldırım, Ö., Demirtaşlı, N. Ç., & Akbaş, U. (2012). The opinions of mathematics teachers on homework and in-class assessment: TIMSS 1999 and TIMSS 2007 periods. *Education & Science*, 37(163), 126-142.
- Yıldırım, S. (2019). Predicting mathematics achievement: The role of socioeconomic status, parental involvement, and self-confidence. *Eğitim Ve Bilim*, 44(198). Retrieved from <https://www-proquest-com.metalib.lib.ntue.edu.tw/scholarly-journals/predicting-mathematics-achievement-role/docview/2227714537/se-2?accountid=8007>
- Zhao, H. (2007). *School expectations and initiatives for parental involvement in 30 nations: A comparative study using TIMSS 1999 data*. Unpublished doctoral dissertation, University of Missouri-Columbia, Columbia, MO.
- Zvoch, K., & Stevens, J. J. (2006). Longitudinal effects of school context and practice on middle school mathematics achievement. *The Journal of Educational Research*, 99(6), 347-356.