

教育研究集刊

第六十九輯第四期 2023年12月 頁121-147

研究紀要／學術評論：國際視角解析 臺灣中學生數學表現的跨年趨勢

黃敏雄、顏詩耕



摘要

2012年之後，臺灣的國中生與高中生經歷了一波數學表現的下滑。首先觀察到的跌落點是在2015年，之後在2018年創下新低。然而，根據2019年與2022年的國際數學評量結果，臺灣中學生的數學表現從低谷回升，成績僅次於新加坡，或與之並列各國之首。本研究目的在解析數學表現這種U字型止跌回升的戲劇性轉折，對數學表現的跨年趨勢做多面向的細部剖析，並考量趨勢變化與教育政策變革的關係。研究發現，學生背景特質的跨年改變，不能解釋數學表現的下跌。不過，在2022年的PISA評量中，發現學生家庭社經背景的提升，有助於解釋數學表現的回升。數學表現的下跌發生在2014年國中會考實施之後，也就是各科考試成績被大幅化約為七個標示之後。而帶動數學表現回升的那幾屆學生，擺脫了會考新計分方式的可能負面影響，且他們所接受的數學課綱在課程內容上較具有連

黃敏雄，中央研究院歐美研究所研究員（通訊作者）

顏詩耕，國立中正大學社會福利學系助理教授

電子郵件：mhhuang@sinica.edu.tw

投稿日期：2023年06月29日；修改日期：2022年11月28日；採用日期：2023年12月08日

貫性。

關鍵詞：國際評量、教育改革、跨國比較、數學表現、趨勢分析

Research Notes/ Scholarly Commentaries: Trends in Mathematics Performance Among Taiwanese Secondary School Students in an International Context

Min-Hsiung Huang, Shih-Keng Yen

Abstract

Secondary school students in Taiwan have experienced a decline in mathematics performance since 2012. A significant decrease was first observed in 2015, and by 2018, student performance had reached a record low. However, international mathematics assessments conducted in 2019 and 2022 have showed a recovery, with the performance of high school students in Taiwan reaching a level equivalent to, or close to, that of Singapore, the top-performing country. The purpose of this research is to analyze this U-turn in mathematics performance and to propose a number of policy-related explanations. Findings show that changes in student characteristics across survey years do not account for the decline, but in one case, do partially account for

Min-Hsiung Huang, Research Fellow, Institute of European and American Studies, Academia Sinica (Corresponding Author)

Shih-Keng Yen, Assistant Professor, Department of Social Welfare, National Chung-Cheng University

Email: mhhuang@sinica.edu.tw

Manuscript received: Jun. 29, 2023; Modified: Nov. 28, 2022; Accepted: Dec. 08, 2023.

the rebound. Notably, the decline occurred after 2014 when the senior high school entrance examination was modified from a norm-referenced, to a criterion-referenced, examination in which test scores in each tested subject were reduced to merely seven ranks. The higher-performing student cohorts that contributed to an upward trend after the decline overcame possibly negative influences of the new grading system, and were subject to more coherent curricular guidelines in learning mathematics.

Keywords: international assessment, educational reform, international comparison, mathematics performance, trend analysis

壹、前言

臺灣15歲學生分布在國三與高一，在2012年之後，經歷了一波數學表現下滑的趨勢。首先觀察到的跌落點是在2015年，之後在2018年創下新低，是臺灣15歲學生自2006年以來表現最為低落的一年（Avvisati et al., 2019, p. 2）。特別值得注意的是，臺灣學生數學表現的下滑趨勢是歸因於表現優異學生的比例降低，而不是表現低落學生的比例增加。不過，根據新一波的國際數學評量結果，2019年臺灣八年級學生在數學表現上恢復到2011年曾有的最高水準，且在跨國數學評比中，與新加坡及南韓八年級學生的表現一樣優異，同居各國之首（Mullis et al., 2020）。臺灣15歲學生也從低谷回升，在2022年有很好的表現，數學國際評比僅次於新加坡（Organization for Economic Cooperation and Development [OECD], 2023a）。本研究目的在解析臺灣國、高中生數學表現U字型止跌回升的戲劇性轉折，呈現數學表現趨勢變化與學生背景特質的相關，並針對趨勢變化的可能原因提出假設，分析趨勢變化與教育政策變革之間的關聯。

從1999年起，臺灣與數十個國家的八年級學生共同參與每四年一次的「國際數學與科學教育成就趨勢調查」（Trends in International Mathematics and Science Study, TIMSS）。此外，自2006年起，臺灣也與數十個國家的15歲學生共同參與每三年一次的「國際學生能力評量計畫」（Programme for International Student Assessment, PISA）。在2015年，TIMSS與PISA兩大跨國學生學習評量調查同時舉行，評量結果發現，臺灣學生的數學表現有顯著下滑的趨勢，且同時呈現在TIMSS與PISA的評量結果上（Mullis, Martin, Foy et al., 2016; OECD, 2016）。根據PISA官方所公布的評量結果，臺灣15歲學生的數學表現持續下滑到2018年，並創下了臺灣PISA數學表現的新低紀錄（OECD, 2019）。當兩項大型跨國學生評量調查都一致呈現臺灣國、高中生的數學表現不如以往時，代表數學表現跌落現象的真實性很高，值得關注。

根據TIMSS的官方報告（Mullis, Martin, & Loveless, 2016），臺灣在2011年的八年級學生數學平均分數為609分，四年之後，到了2015年，八年級學生數學平均分數降低了10分，來到599分。這樣的全國平均分數下降幅度不是特別大，

但值得關注的是，第90百分位數的數學成績，從2011年到2015年，減少了20分之多，而第10百分位數的數學成績，從2011年到2015年，卻維持不變。也就是說，臺灣學生數學表現下滑的趨勢，是導因於數學表現達到優異水準的學生愈來愈少，而不是歸因於數學表現未達基本水準的學生愈來愈多。

臺灣八年級學生第90百分位數的數學成績退步幅度如此之大，跨國來看，十分少見。對多數參與TIMSS評量的國家來說，八年級學生第90百分位數的數學成績，從2011年到2015年，是呈現進步的趨勢（Mullis, Martin, & Loveless, 2016）。與學生學科表現一向優異的東亞國家相比，從2011年到2015年，日本八年級學生第10百分位數的數學成績進步了12分，第90百分位數的數學成績則是進步了25分。新加坡八年級學生第10百分位數的數學成績進步了11分，第90百分位數的數學成績則是進步了3分。香港八年級學生第10百分位數的數學成績進步19分，第90百分位數的數學成績進步2分。南韓的情況比較接近臺灣，從2011年到2015年，八年級學生數學成績同樣有下降的趨勢。南韓八年級學生第10百分位數的數學成績僅退步1分，但第90百分位數的數學成績則是退步了13分，小於臺灣的退步幅度。

臺灣的15歲學生在PISA數學評量的表現，也是同步呈現下降的趨勢，並持續到2018年（Avvisati et al., 2019）。在2012年，臺灣學生數學平均成績為560分，之後便開始下降，到了2015年，平均成績來到542分，與2012年相比，下降了18分。再過三年，到了2018年，臺灣15歲學生的數學平均成績創了2006年以來的新低，來到531分，與2012年的評量結果相比，下降了29分之多。這樣顯著的下降趨勢，大多是歸因於得高分的學生比例大幅下降。在2012年，臺灣有37.2%的15歲學生數學程度達到PISA所定義的高標（top-performing），也就是達到level 5以上（最高是level 6）。到了2018年，卻只有23.2%的15歲臺灣學生達到數學高標（Avvisati et al., 2019）。這麼大的降幅，值得深入研究。

新一波的TIMSS評量結果是根據2019年所執行的調查，已經於2020年的12月發布。臺灣在2019年的八年級學生數學平均分數為612分，與2015年相比，進步了13分之多（Mullis et al., 2020）。因此，令人擔憂的國中學生數學表現下降趨勢並沒有持續下去。事實上，2019年的臺灣八年級學生是臺灣自1999年起參與TIMSS八年級評量以來，數學表現最好的一屆，至少是回復到2011年曾有的最高

表現（Mullis et al., 2020）。

PISA 2022年的評量結果也已經公布，臺灣15歲學生的數學表現止跌回升，相較於2018年的低谷，進步了16分之多，進步的幅度居各國之冠（OECD, 2023a）。在2018年，只有23.2%的15歲臺灣學生達到PISA的數學高標，到了2022年，這個比例回升到32%，但仍略低於2012年的37.2%（OECD, 2023b）。臺灣15歲學生數學表現在2022年的回升，歸因於高分群的增加，而不是低分群的減少。因此，相較於2018年，臺灣學生之間的數學表現落差增加。事實上，臺灣學生之間的數學表現落差之大，在PISA 2022年的評量中，居各國之首。綜觀之，臺灣的國、高中生在2012年之後，經歷了一波數學表現下降的趨勢，主因是數學表現良好、達國際高標的學生大幅減少。所幸，這樣令人擔心的下滑趨勢已經止跌回升，並展現在2019年的TIMSS與2022年的PISA國際評量中。

在資料分析上，本研究使用PISA與TIMSS的多年趨勢資料，針對臺灣學生數學表現的趨勢做細部的分析，以便瞭解此U字型趨勢的內部特性。唯有先分析趨勢變化的細部層面，才能進一步推敲造成趨勢變化的原因。為了探索造成趨勢變化的成因，本研究分析學生背景特質的跨年變化對數學表現趨勢的影響，也探討2014年「十二年國民基本教育」（以下簡稱為十二年國教）升高中入學政策的改革，以及近年臺灣中小學數學課綱的變革。透過對政策的理解與資料的分析，期有助於詮釋近年臺灣國、高中生數學表現的跌落與回升。

貳、政策探討

有關造成中學生數學表現趨勢變化的政策因素，本研究考量兩項教育政策之變革。首先是2014年之後升高中入學政策的改革，從原有的國中學生基本學力測驗（簡稱基測），改為「國中教育會考」（簡稱國中會考或會考，2014年以後實施）。基測是常模參照測驗（norm-referenced testing），而會考是標準參照測驗（criterion-referenced testing），兩者計分方式有重大差異，可能影響到學生準備各科考試的時間分配策略，進而影響到學生的數學表現。在時間點上，臺灣中學生數學表現的下降恰巧是發生在2014年之後，與2014年所啟動的十二年國教相關政策吻合，因此有必要探究升高中入學政策的改革是否影響到學生的數學表現。

再者，本研究考量近年臺灣中小學數學課程內容的政策性修改，探究數學課綱的改革是否可能造成學生數學表現趨勢的改變。針對這兩項可能造成數學表現趨勢變化的政策因素，以下做較詳細的說明。

一、臺灣2014年十二年國教升高中入學政策的改革

基測於2001年取代高中聯考，成為國中畢業生最主要的升學考試，也是全國每一位國中應屆畢業生都必須參加的考試。基測考試科目包含國文、英語、數學、自然、社會等五科，每一科的滿分都是80分，加上作文12分，總分為412分。自2014年8月1日起，臺灣十二年國教進入全面實施階段，改變了國中畢業生升高中、高職及五專的入學方式，由過去傳統的「考試入學」，朝「免試入學」的目標做改革（教育部，2017）。「免試入學」是一項教育政策的名稱，是指學生不用參加入學考試，經過錄取報到後即可進入高中、高職或五專就讀（教育部，2017）。雖然美其名為「免試入學」，但這並不表示臺灣已經沒有與升高中相關的全國性大型考試。基測廢除之後，與十二年國教配套的國中會考將各科考試成績大幅化約為三等級，區分為精熟（A）、基礎（B）及待加強（C），同時區分七個標示（A++、A+、A、B++、B+、B及C）。

會考的主要目的是評估及監控全體國三學生的學習表現，但是會考成績的高低也會影響學生是否能進入理想的學校。會考是全體國三學生都必須參加的考試，在難度上比基測高。高中職及五專在辦理免試入學時，不可設定申請條件或門檻，也不可採計國中的在校學科成績。當學生報名人數未超過學校（科、班、組）招生名額時，則全額錄取。當學生報名人數超過招生名額時，學生就必須和其他競爭者進行所謂的「超額比序」，以決定哪一些學生可以錄取。超額比序列入比較的項目通常有三：（一）志願序；（二）在校多元學習表現；以及（三）會考的國文、數學、英文、社會及自然等五科總成績與中文寫作測驗。由於絕大多數的學生在「志願序」及「在校多元學習表現」上取得滿分，因此，會考成績成為可以分出高下的唯一標準，是決定錄取學校的單一因素。如果學生的會考成績表現不好，便無法進入聲望較高、學生學習表現較優異的高中、高職或五專。所以，「免試入學」此一政策名稱名實並不一致。

從基測到會考，考試計分上的巨大改變如何影響學生的學習表現呢？或許，

計分上的改變會影響到學生預備會考的時間分配策略。在基測時期，每一科目的分數是從1分至80分。學生努力的程度或多或少都可以反映在成績上。會考實施之後，各科成績被化約為七個標示，要在成績上提高一個標示，必須付出一定程度的努力才可達成。一般來說，數學表現比較需要有之前的數學基礎，比較無法靠背誦就可以輕鬆得分，是大家認為比較不容易有明顯進步的科目。既然錄取標準所考量的是五科的總分，在有限時間下要取得最高的五科總分時，學生可能把時間投入在比較容易提高一個成績標示的科目，而減少在數學科目上努力。據此，本研究假設，由常模參照的基測改為標準參照的會考，各考科成績被化約為七個標示之後，對學生的數學表現有負面影響。

會考表現愈好，愈有成績標示上的差異。以111學年度的數學會考成績為例，學生的數學會考表現可區分為最優、次優、次差及最差，各約占25%的學生。在表現最優的25%學生當中，會考成績可區分為三級——A++、A+及A。在表現次優的25%學生當中，則只區分了二級——B++與B+。接著，在表現次差的25%學生當中，則彼此沒有成績標示上的差異，同屬B級。在表現最差的25%學生當中，則成績皆為C級。除了數學，其他考試科目也有類似的情形，考試表現愈好，成績標示區分愈多。

國中教育會考在高分群中要區分多項成績標示，但似乎沒有足夠數量的較高難度考題來區分高分群中的不同標示。以社會科為例，拿A++需要答對52到54題，拿A+需要答對50到51題，拿A需要答對48到49題，拿B++需要答對41到47題，拿B+需要答對35到40題，拿B需要答對22到34題，答對0到21題者則拿C。會考成績等級愈低，考題答對題數上限與下限之間的範圍愈大。除了社會科，其他科目也有同樣的情形。成績在A++、A+及A三者之間在考題答對的題數上差異很小，是否足以有效區辨三個學習程度的標示，是可受質疑的。承上例，在社會科上答對52題可以拿A++，但答對49題者在成績上卻降了兩級，僅拿A。然而，答對52題（得A++）或49題（得A），可能沒有學習程度上的顯著差別，應不足以合理劃分兩個學習標示的差距。

國中教育會考這樣的計分方式，大致上是針對每一學科表現中等以上的學生做五個標示的區別，而對表現中等以下的學生則僅做兩個標示的區別。這樣的計分設計，似乎是為了凸顯成績中上者之間的差別，以支撐明星高中的持續存

在。不過，國中教育會考是否有足夠數量的高難度考題來區分高分群中的不同標示，是值得研究的議題。黃敏雄（2021）的研究發現，在2014年國中教育會考將各科考試成績大幅化約為「三等級、七標示」的計分方式之後，各高中之間在學科表現上的差異顯著降低。以數學表現為例，在2006年有高達65%的高一學生數學表現差異是來自於各高中之間的差異。但是，到了2018年，此比例大幅下降到43%。在科學與閱讀這兩個科目上，也有相似的情形。也就是說，升高中各科考試成績在2014年化約為七個標示之後，大幅減少各高中之間的學科表現差距。換言之，在學科表現上，高中學校與學校之間的區隔程度已經不像以前那麼明顯。傳統的高中學校聲望排行依然刻印在學生與家長的心中，但學科表現優異的學生已經不像過去一樣，高度集中在某一個或某幾個學校之內。

二、臺灣中小學數學課程的變革

數學課程內容的改變也會影響到學生的數學表現。當課程內容的安排不恰當時，學生會有較低落的表現。因此，本研究嘗試從臺灣中小學數學課程內容的變革來解釋臺灣學生數學表現的趨勢變化。用數學課程內容的品質來解釋學生的數學表現，已有先例（Schmidt, McKnight, Valverde et al., 1997; Schmidt, McKnight, & Raizen, 1997）。例如，在TIMSS與PISA的跨國評比中，美國中小學生之數學表現並不理想，遠遠落後評比中拔得頭籌的國家。美國的研究者分析，美國學生在數學上的平庸表現可歸因於美國數學課程涵蓋的主題過於廣泛，缺乏深度、層次性及跨年級的連貫性，課程範圍如「有一英哩寬，卻只有一英吋深」（Schmidt & Houang, 2007, p. 65）。理想上，當年級提高，同一主題課程內容的深度與複雜程度亦應隨之提升，才能呈現學習的連貫性，也才能反映數學領域由簡入繁、層層相扣的特質。研究發現，課程內容的連貫性（coherence）與聚焦性（focus）是影響學生數學表現的關鍵因素（Schmidt & Houang, 2012）。於是，根據過去研究所得出的結論，本研究假設國小與國中數學課綱的一致性，例如國小與國中階段都採用同一數學課綱，會有利於學生的學習。

根據鄭章華（2018）的分析，臺灣九年一貫的數學課程在年級之間的銜接性不足。在「統計與機率」這個學習主題中，包含「數據表徵和分析」與「不確定性與機率」兩個小主題。臺灣的國中生在小學畢業之後，在七、八兩個年級沒有

學習任何「數據表徵和分析」的內容。此外，臺灣學生在九年級之前，數學課程沒有涵蓋「不確定性與機率」的概念。這樣的情形與國際評比排名前面的國家相比，顯然有銜接性不足的問題。而這些問題在臺灣十二年國教課程改革之中，有受到重視。臺灣十二年國教課程改革的重點之一在於加強課程的連貫性。因此，在安排數學的主題內容時盡可能循序漸進，分布於各年級，讓學生隨年級提升，能有層次性的深化學習（國家教育研究院，2018）。臺灣十二年國民基本教育課程綱要數學領綱的制定，強化了課程的連貫性，理應提高學生的數學表現，所以，本研究假設十二年國教數學領綱有利於學生的數學學習。

本研究所觀察到的臺灣數學表現趨勢變化，在時序上可以區分為「九年一貫數學學習領域暫行綱要」（90暫綱）、「國民中小學九年一貫課程綱要數學學習領域」（92課綱）、「國民中小學九年一貫課程綱要數學學習領域」（97課綱）及「十二年國民基本教育課程綱要」（108課綱）。高中課程則可以另外再區分為「99高中數學課程綱要」（99課綱）與「103高中數學課程綱要微調」（103課綱）。

參、資料說明

本研究的跨年與跨國分析需要有具全國代表性、跨國、多個調查時間點的教育調查資料，因此，本研究使用兩項調查資料，分別是TIMSS與PISA兩項涵蓋數十個國家的大型跨國資料庫。十多年來，臺灣連續多次參與大型跨國教育評量，在1999、2003、2007、2011、2015及2019年參與TIMSS，也在2006、2009、2012、2015、2018及2022年參與PISA。PISA及TIMSS資料具國家代表性，學生的學科評量分數可以做跨國比較，同一國家也可以做跨年比較。TIMSS與PISA兩項資料的連結，跨越臺灣兩個主要入學制度實施的時期，即「高中及高職多元入學」時期與強調「免試入學」的「十二年國教」全面實施時期。這兩項大型資料的串連使用，是難得的資料來源，可用來評估不同階段入學政策的改革對學生學習表現的影響。

一、國際數學與科學教育成就趨勢調查（TIMSS）

TIMSS資料蒐集的目的是希望藉由數十個國家的跨國比較，瞭解不同的教育環境、方法、實務及制度對學生學習數學及科學兩個科目的影響。TIMSS每四年蒐集資料一次。四年級是小學四年級，而八年級等同於臺灣的國中二年級。每一參與國家約有數千名至一萬多名的同一年級學生接受評量。測驗內容與分數計算是經過特別設計與標準化，使各國學生的學科表現可以互相比較高低。

TIMSS學科成績是以1995年的評量為基準，將同一年級中（四年級或八年級）所有參與國學生的平均成績設定為500，標準差設定為100，以利於1995年之後，同一年級的成績可以跨不同調查年做比較。自1999年起，臺灣八年級學生開始參加TIMSS評量。臺灣四年級學生則是從2003年開始參加TIMSS評量。由於TIMSS採四年一次評量的設計，因此，2003年的四年級學生過了四年升為八年級之後，再次成為TIMSS八年級評量的抽樣母體。至今，臺灣共有四屆學生接受過TIMSS在四、八年級所執行的抽樣與評量，即2003年的四年級學生、2007年的四年級學生、2011年的四年級學生及2015年的四年級學生。這四屆的四年級學生都在成為八年級學生時，再次接受TIMSS針對八年級學生的抽樣與評量。由於TIMSS八年級的評量是重新抽樣，同一屆的TIMSS四年級與八年級學生只是同屬一屆，並不是同一批學生。

TIMSS的數學評量內容包含數量（number）、代數（algebra）、幾何（geometry），以及數據與機率（data and probability），前兩項各占計分的30%，後兩項各占計分的20%，四項占比加總為100%。其中，數量包含三個主題領域：整數（占10%），分數和小數（占10%），比值、比例和百分比（占10%）。代數包含方程式表達與運算，以及相關與函數。幾何包含圖形與測量。數據與機率則是包含對數據的解讀、組織、呈現、計算及運用，以及概率。

二、國際學生能力評量計畫（PISA）

PISA是由經濟合作暨發展組織（Organization for Economic Co-operation and Development, OECD）協調主持，針對全球數十個國家的15歲學生做學習評量與調查，評量科目包含數學、科學及閱讀。由於PISA不是以某一特定年級作為

母體，因此，對多數參與PISA的國家而言，15歲的學生樣本分散在不同的年級。以臺灣為例，約有三分之二的PISA學生樣本就讀高中一年級，其他樣本則是國中三年級的學生。臺灣從2006年開始參加PISA，已經累積了2006、2009、2012、2015、2018及2022等六個調查年度的學生學習資料。與TIMSS不同，PISA並沒有區分，也沒有公布數學各子領域的成績。

肆、研究方法

在分析策略上，本研究首先針對臺灣學生數學表現趨勢做細部剖析，檢視不同程度學生的比例增加或減少對整體數學表現跨年趨勢變化的影響，跨屆比較學生從四年級到八年級的學習成長，也區分不同數學領域（如幾何、數量、代數及機率等）呈現單一領域表現的跨年趨勢變化。這些分析的目的在瞭解趨勢變化的基本特性與細部動態，以利探索趨勢變化的原因。

TIMSS資料容許我們針對同一屆的學生觀察他們跨年級的學習成長，由於TIMSS已經累積四屆學生的跨年級成長資料，本研究可以比較政策改革前後學生跨年級學習成長的差異。這樣的比較方式具貫時性，同一屆學生有兩個觀察點，分別在四年級與八年級。倘若高中入學政策改革影響八年級學生的學習表現，而不影響四年級學生的學習表現，比較改革前後的跨年級成長可以評估教育政策改革的影響。

此外，針對臺灣國、高中生數學表現止跌回升的U字型轉折，本研究提出一個假設，考量趨勢變化與學生背景特質的關係並加以驗證。這樣的實證分析有其必要。倘若推翻「學生背景特質的跨年變化是造成數學表現跨年改變的原因」該項假設，便可縮小探索成因的範圍，聚焦在與教育政策相關的影響上。為了檢驗這個假設，本研究使用嵌套模型（nested models）迴歸分析，以數學成績為依變項，控制家庭社經背景（the PISA index of economic, social and cultural status, ESCS）、學校所在城鄉別、性別、公立或私立學校及移民背景，並在控制這些變項的前後觀察兩個調查年度之間數學表現的差異，包括TIMSS 2011年與2015年（呈下降趨勢）、TIMSS 2015年與2019年（呈上升趨勢）、PISA 2012年與2018年（呈下降的趨勢），以及PISA 2018年與2022年（呈上升的趨勢）。

倘若在控制家庭社經背景、學校所在城鄉別、公立或私立學校、性別及移民背景之後，兩個調查年度之間數學表現的差距顯著減少，表示數學表現的趨勢變化與學生背景特質的跨年改變有關，假設將得到支持。針對TIMSS，本研究共估計五個模型：模型一的自變項為調查年分；模型二至模型五依序累加控制家庭社經背景、移民背景、城鄉及性別變項（TIMSS資料沒有可以區分公、私立學校的變項）。針對PISA，本研究共估計六個模型：模型一的自變項為調查年分；模型二至模型六依序累加控制家庭社經背景、移民背景、城鄉、公私立學校及性別變項。

有關教育政策與學生數學表現，本研究考量數學課綱改革與基測改為會考的政策變革對臺灣學生數學表現趨勢變化的影響。在分析課綱改革的影響時，對象是TIMSS 2011、2015及2019年的八年級學生，以及PISA 2012、2015、2018及2022年的15歲學生（由國三與高一學生所組成）。這些學生在不同課綱之下接受數學教育，因此，可能會有不同的數學成就表現。TIMSS與PISA學生樣本在就學期間所接受的課綱包含90暫綱、92課綱、97課綱、108課綱，以及高中的99課綱與103課綱。在分析上，著重於不同課綱下學生在數學表現上的差異。在討論基測改為會考的可能影響時，主要聚焦在考試計分上的大幅差異，從每一考試科目總分80分變成為七個標示，這樣的改變可能促使學生將時間與努力轉投注在比較容易晉級的非數學科目，導致學生的數學表現下降。

伍、分析結果與討論

一、不同程度學生的比例改變

從2015年到2019年，TIMSS臺灣八年級學生數學平均值從599提升到612，提升幅度約0.13個標準差，且達統計顯著水準（ $p < 0.05$ ）；第10百分位數從459提升到475，增加16分；而第90百分位數則是從714提升到731，增加17分。也就是說，從2015年到2019年，臺灣八年級學生數學高分群增加且低分群減少，整體呈現止跌回升的趨勢。

為了進一步分析臺灣學生在數學表現上的跨年變化，表1列出TIMSS 1999、

2003、2007、2011、2015及2019年的資料，呈現臺灣四、八年級學生數學表現達到TIMSS進階、高、中、初級，還有不及初級國際標竿的比例。TIMSS 2011年的四年級學生，即是TIMSS 2015年的八年級學生，兩者同屬一屆。如表1所示，這一屆學生在四年級時數學表現優異，達到進階國際標竿的比例高達34%，比前四年及前八年的臺灣四年級學生高出甚多，例如，2007年臺灣四年級學生達到進階國際標竿的比例只有24%，2003年更是只有16%。而既然2011年的臺灣四年級學生數學表現如此優異，高於往屆，為何他們於2015年升到八年級時，數學平均表現及達到進階國際標竿的比例卻低於2011年的八年級學生？這表示，2015年的臺灣八年級學生在四到八年級的學習過程中，遭遇特定的負面事件，此可能與會考於2014年取代基測的政策變革有關。

表1

臺灣四、八年級學生數學表現達到進階、高、中、初級、不及初級國際標竿的比例（TIMSS 1999、2003、2007、2011、2015及2019）

	國際標竿	四年級（百分比）	八年級（百分比）
1999年	進階標竿（ ≥ 625 ）		37
	高級標竿（ $< 625, \geq 550$ ）		30
	中級標竿（ $< 550, \geq 475$ ）		18
	初級標竿（ $< 475, \geq 400$ ）		10
	低於初級標竿（ < 400 ）		5
2003年	進階標竿（ ≥ 625 ）	16	38
	高級標竿（ $< 625, \geq 550$ ）	45	28
	中級標竿（ $< 550, \geq 475$ ）	31	19
	初級標竿（ $< 475, \geq 400$ ）	7	11
	低於初級標竿（ < 400 ）	1	4
2007年	進階標竿（ ≥ 625 ）	24	45
	高級標竿（ $< 625, \geq 550$ ）	42	26
	中級標竿（ $< 550, \geq 475$ ）	26	15
	初級標竿（ $< 475, \geq 400$ ）	7	9
	低於初級標竿（ < 400 ）	1	5

（續下頁）

	國際標竿	四年級（百分比）	八年級（百分比）
2011年	進階標竿（ ≥ 625 ）	34	49
	高級標竿（ $< 625, \geq 550$ ）	40	24
	中級標竿（ $< 550, \geq 475$ ）	19	15
	初級標竿（ $< 475, \geq 400$ ）	6	8
	低於初級標竿（ < 400 ）	1	4
2015年	進階標竿（ ≥ 625 ）	35	44
	高級標竿（ $< 625, \geq 550$ ）	41	28
	中級標竿（ $< 550, \geq 475$ ）	19	16
	初級標竿（ $< 475, \geq 400$ ）	5	9
	低於初級標竿（ < 400 ）	0	3
2019年	進階標竿（ ≥ 625 ）	37	49
	高級標竿（ $< 625, \geq 550$ ）	41	26
	中級標竿（ $< 550, \geq 475$ ）	18	15
	初級標竿（ $< 475, \geq 400$ ）	4	8
	低於初級標竿（ < 400 ）	0	2

二、不同數學領域表現的跨年改變

TIMSS八年級學生的數學評量內容有不同主題，包含數量、代數、幾何、數據與機率。因此，可以檢視不同主題的數學表現在跨年趨勢上是否有不同的呈現。本研究以簡單迴歸模型分析臺灣八年級學生數學表現在2011年與在2015年的差異，區分數學整體表現與不同數學主題（數量、代數、幾何、數據與機率）的表現。利用簡單迴歸模型的分析，有利於呈現跨年數學表現差異是否達到統計顯著水準。除了比較2011年與2015年，也比較2015年與2019年之間的差異。表2呈現迴歸分析的結果。如前所述，從2011年到2015年，臺灣八年級學生的數學整體表現是呈現下降的趨勢，數學平均成績減少了10分，從609分降到599分。從2015年到2019年，則是呈上升趨勢，數學平均成績增加了13分，從599分提高到612分，已經回復到2011年的水準。

表2

迴歸分析臺灣八年級學生在整體數學表現與不同數學領域（幾何、代數、數據與機率、數量）表現的跨年趨勢變化（TIMSS 2011、2015、2019）

	2015年相對於2011年	2015年相對於2019年
整體數學成績		
2015年	-10.17*** (1.99)	-13.39*** (1.96)
常數	609*** (1.48)	599*** (1.34)
樣本數	10753	10626
幾何成績		
2015年	-18.13*** (2.07)	-16.39*** (2.00)
常數	624*** (1.58)	606*** (1.34)
樣本數	10753	10626
代數成績		
2015年	-14.82*** (2.20)	-5.01* (2.03)
常數	628*** (1.68)	613*** (1.42)
樣本數	10753	10626
數量的成績		
2015年	-7.84*** (2.01)	-23.40*** (2.05)
常數	597*** (1.48)	589*** (1.35)
樣本數	10753	10626
數據與機率成績		
2015年	4.01* (1.87)	-5.30** (1.94)
常數	583*** (1.32)	587*** (1.32)
樣本數	10753	10626

註：括弧內數字為標準誤。

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

在「幾何」這個部分，從2011年到2015年所呈現的下降趨勢十分顯著，下降了18分，但從2015年到2019年的上升力道也很大，提高了16分。在「代數」方面，從2011年到2015年所呈現下降的趨勢很顯著，減少了15分，而從2015年到2019年的上升幅度小，僅提高了5分。因此，在「代數」方面的下滑趨勢，即便在2019年略有反彈，依然低於2011年的表現甚多，還沒有遠離低谷。

在「數量」這個部分，主要是包含整數、分數及比例的運算，臺灣八年級學生從2011年到2015年呈現下降的趨勢，降低了8分，但從2015年到2019年的止跌回升力道十分強勁，提高了23分。在「數據與機率」部分，2015年的表現略高於2011年。這一點顯得相當特殊，因為在其他數學主題上，2015年的表現都是低於2011年。到了2019年，在「數據與機率」部分的表現又高於2015年。因此，從2011年起，臺灣八年級學生在「數據與機率」的表現，可說是一路小幅上升到2019年，增加了9分。

相對於2015年的臺灣八年級學生，2019年的臺灣八年級學生在所有四個數學主題上都有更好的成績，特別是在「數量」這個主題上。相對於2011年的臺灣八年級學生，2015年的臺灣八年級學生在「幾何」、「代數」及「數量」的表現上都落後，特別是在前兩項，落後更多。只有在「數據與機率」部分，2015年的臺灣八年級學生表現略高於2011年的臺灣八年級學生。

為何臺灣八年級學生在「數據與機率」部分，在2011年之後沒有隨著其他數學領域呈現先下降後上升的趨勢？在九年一貫的數學課程之下，臺灣學生在九年級之前，數學課程沒有涵蓋「不確定性與機率」的概念（鄭章華，2018）。或許是因為機率此項數學領域沒有納入在八年級或之前的數學課程之中，所以有比較平緩的趨勢表現，未與其他數學領域的趨勢變化一致。整體看來，臺灣學生數學表現U字型止跌回升的反彈力道，主要歸功於在「數量」上的表現升幅遠大於之前的跌幅，以及在「幾何」上有與跌幅相同幅度的回升。在「代數」上，則沒有明顯止跌回升的現象。

三、假設的驗證

根據假設，臺灣學生數學表現的趨勢變化可歸因於學生背景特質的跨年改變。針對臺灣八年級數學平均表現從2011年到2015年的下降趨勢，表3分析性

別、家庭社經背景、移民背景及就讀學校城鄉別的影響。結果發現，這些學生背景與特質的跨年變化並不能解釋臺灣八年級數學表現從2011年到2015年的下降趨勢。¹針對臺灣八年級數學表現從2015年到2019年的上升趨勢，表4的分析結果顯示，學生背景與特質的跨年變化並不能解釋臺灣八年級平均數學表現從2015年到2019年的上升趨勢。

表3

迴歸分析臺灣八年級數學表現從2011年到2015年的下降趨勢（TIMSS 2011、2015）

變數	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5
2015年	-6.20** (1.99)	-7.12*** (1.85)	-6.42*** (1.85)	-8.34*** (1.83)	-8.35*** (1.83)
高社經		60.96*** (2.29)	60.28*** (2.29)	54.26*** (2.28)	54.28*** (2.28)
中社經（對照）					
低社經		-80.39*** (3.20)	-77.83*** (3.20)	-72.10*** (3.23)	-72.09*** (3.23)
移民背景			-25.18*** (3.65)	-23.10*** (3.59)	-23.04*** (3.58)
都會區（對照）					
都會邊緣				-22.51*** (2.41)	-22.49*** (2.41)
中城、大鎮				-24.54*** (2.63)	-24.50*** (2.63)
鄉村、偏鄉				-42.39*** (2.57)	-42.36*** (2.57)
女生					1.61 (1.83)

（續下頁）

¹ 表3模型一的數據呈現，從2011年到2015年的數學成績下降幅度為6.2分，而不是實際上的10分。這是因為表3的迴歸分析將樣本限制在所有控制變項都不是遺漏值，控制變項包括移民背景。若未限制移民背景為非遺漏值，表3模型一的下落的幅度便會回復到10分。

變數	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5
常數	609*** (1.48)	610*** (1.50)	612*** (1.48)	633*** (1.90)	632*** (2.14)
R-Squared	0.0010	0.1388	0.1444	0.1697	0.1698
樣本數	10450	10450	10450	10450	10450

註：括弧內的數字為標準誤。

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

表4

迴歸分析臺灣八年級數學表現從2015年到2019年的上升趨勢（TIMSS 2015、2019）

變數	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5
2015年	-13.33*** (1.96)	-13.14*** (1.83)	-13.36*** (1.83)	-12.74*** (1.80)	-12.73*** (1.80)
高社經		56.86*** (2.17)	56.48*** (2.17)	50.84*** (2.17)	50.83*** (2.17)
中社經（對照）					
低社經		-69.79*** (3.10)	-68.71*** (3.15)	-62.76*** (3.17)	-62.76*** (3.17)
移民背景			-7.68** (2.89)	-4.91 (2.89)	-4.91 (2.89)
都會區（對照）					
都會邊緣				-23.40*** (2.26)	-23.40*** (2.26)
中城、大鎮				-29.08*** (2.66)	-29.09*** (2.66)
鄉村、偏鄉				-44.18*** (2.64)	-44.20*** (2.64)
女生					0.72 (1.80)
常數	616*** (1.44)	615*** (1.49)	616*** (1.53)	636*** (1.98)	636*** (2.18)
R-Squared	0.0051	0.1335	0.1342	0.1620	0.1620
樣本數	10067	10067	10067	10067	10067

註：括弧內的數字為標準誤。

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

臺灣15歲學生在PISA的數學表現上，從2012年到2018年，顯著下滑。因此，也可以分析性別、家庭社經背景、公私立學校、移民背景及學校所在城鄉別等變項的跨年改變對PISA數學表現下滑的影響。結果發現，如表5所示，這些並不能解釋臺灣PISA數學表現從2012年到2018年的下滑趨勢。另外，臺灣15歲學生在PISA的數學表現上，從2018年到2022年有大幅度的上升。表6的迴歸分析結果顯示，約有三分之一的上升幅度可歸因於學生家庭社經地位的提高。也就是說，相較於2018年，2022年的臺灣15歲學生在數學表現上大幅提升，這有一部分（占三分之一）是歸因於他們有較好的家庭社經背景。

表5

迴歸分析臺灣15歲學生數學表現從2012年到2018年的下滑趨勢（PISA 2012、2018）

變數	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5	模型6
2018年	-29.14*** (1.92)	-32.98*** (1.75)	-34.00*** (1.77)	-33.87*** (1.76)	-35.40*** (1.72)	-35.45*** (1.72)
社經背景		48.55*** (1.05)	49.15*** (1.08)	45.93*** (1.08)	43.37*** (1.07)	43.38*** (1.07)
移民背景			10.42*** (3.14)	10.48*** (3.14)	10.04** (3.07)	10.09*** (3.07)
都會（對照）						
中城市				-15.84*** (2.32)	-15.24*** (2.22)	-15.45*** (2.22)
城鎮				-36.02*** (2.32)	-42.44*** (2.25)	-42.51*** (2.25)
鄉村				-32.22*** (4.04)	-40.18*** (4.10)	-40.51*** (4.10)
公立學校					52.04*** (1.83)	51.83*** (1.83)
女生						-4.05* (1.75)
常數	562*** (1.52)	581*** (1.42)	580*** (1.42)	597*** (1.98)	565*** (2.15)	567*** (2.41)
R-Squared	0.0190	0.1811	0.1818	0.2011	0.2547	0.2551
樣本數	12863	12863	12863	12863	12863	12863

註：括弧內的數字為標準誤。

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

表6

迴歸分析臺灣15歲學生數學表現從2018年到2022年的上升趨勢（PISA 2018、2022）

變數	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5	模型6
2022年	15.33*** (2.00)	9.68*** (1.83)	9.58*** (1.83)	9.61*** (1.81)	9.06*** (1.76)	9.02*** (1.76)
社經背景		43.92*** (1.00)	44.87*** (1.05)	41.76*** (1.05)	39.68*** (1.04)	39.68*** (1.04)
移民背景			9.42*** (2.78)	9.40*** (2.77)	9.47*** (2.68)	9.43*** (2.67)
都會（對照）						
中城市				-14.27*** (2.33)	-15.51*** (2.24)	-15.41*** (2.24)
城鎮				-33.47*** (2.33)	-41.23*** (2.27)	-41.10*** (2.27)
鄉村				-38.49*** (3.43)	-46.89*** (3.39)	-46.91*** (3.38)
公立學校					48.76*** (1.89)	48.64*** (1.89)
女生						-3.39* (1.71)
常數	533*** (1.17)	547*** (1.13)	546*** (1.16)	562*** (1.78)	532*** (2.00)	533*** (2.22)
R-Squared	0.0058	0.1614	0.1623	0.1818	0.2308	0.2311
樣本數	12677	12677	12677	12677	12677	12677

註：括弧內的數字為標準誤。

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

至於國小、國中及高中的課綱改革與數學表現趨勢變化是否有關，表7呈現TIMSS與PISA評量時臺灣學生在國小、國中及高中所使用的數學課綱。從表7可以發現，臺灣數學表現相對較差的年度／年級，包括TIMSS 2015年的八年級、PISA 2015年的九／十年級，以及PISA 2018年的九／十年級學生，在使用課綱的經驗上雷同。這些學生在國小階段皆使用92課綱，國中階段則是使用97課綱。未有「國小使用92課綱、國中使用97課綱」經驗的其他屆學生，數學表現較好。國小、國中階段使用同一課綱有助於學習的連貫性，理應對學生的數學表現有幫

助。TIMSS 2019年的八年級學生與PISA 2022年的十年級學生，在國小、國中階段皆一致使用97課綱，確實有較好的數學表現。這樣的研究結果符合過去文獻的發現（Schmidt & Houang, 2012），強調課程內容的連貫性與聚焦性是影響學生數學表現的關鍵因素。另外，PISA 2022年的臺灣九年級學生在國中階段使用課程內容具連貫性的108課綱，也有比較好的數學表現。

表7

TIMSS與PISA評量時臺灣學生在國小、國中及高中所使用的數學課綱

調查資料年度	年級	國小課綱	國中課綱	高中課綱
TIMSS 2011	八年級	90暫綱	92課綱	
TIMSS 2015	八年級	92課綱	97課綱	
TIMSS 2019	八年級	97課綱	97課綱	
PISA 2012	九／十年級	90暫綱	92課綱	99課綱
PISA 2015	九／十年級	92課綱	97課綱	103課綱
PISA 2018	九／十年級	92課綱	97課綱	103課綱
PISA 2022	九／十年級	97課綱	108/97課綱	108課綱

如表7所示，在小學階段使用90暫綱的學生，國、高中數學表現優於在小學時使用92課綱的學生。根據曾志華（2018）的分析，90暫綱與92課綱的設計理念不同。90暫綱較重視概念的理解，強調要讓80%的學生都能學會，「把每一位學生都帶上來」，在教學內容上朝向簡化與淺化的設計。92課綱則比較強調計算能力的培養，不再強調80%的學生都能學會，課程內容也較難。

2014年升高中考試的改革，從每一科目總分80分變成為七個標示的區分，可能使學生將心力投入在比較容易晉級的非數學科目上，造成學生的數學表現下降。表1的分析呼應這樣的解釋。但這樣的說法可以解釋臺灣八年級學生數學表現從2011年到2015年的下降趨勢，卻無法解釋數學表現從2015年到2019年的上揚。不過，數學表現從2015年到2019年的上揚，主要的推力是來自於「數量」這個領域的表現提升。然而，數量這個數學領域是屬於比較基礎的。或許2019年的八年級學生在策略上不至於選擇放棄數學，而是盡力掌握住比較基礎的數量領域，不要在比較容易得分的數學領域中失分。另一方面，2019年的八年級學生

比2015年的八年級學生有更長的時間去熟悉、應對2014年所啟動的升高中考試改革，可以減少重大政策改變所帶來的負面衝擊。

臺灣學生數學表現下滑的趨勢並不是導因於學生背景特質的跨年改變，而數學表現止跌回升的趨勢，就PISA所呈現的回升而言，僅有一部分可歸因於學生家庭社經條件的提升。再透過TIMSS的資料分析可以得知，不同主題的數學表現並不是都一致呈現先下跌再回升的趨勢，即便有，上升與下跌的幅度也不盡相同。本研究提出幾項說法嘗試解釋此U字型的趨勢變化，但尚不足以建立明確的因果關係。事實上，建立因果關係去解釋學科表現的上升或下降趨勢，是一項十分困難的工作。學生數學表現的趨勢變化可能有多重因素同時發生影響，或不同因素在不同時間點介入而產生影響，甚至可能有正負影響、彼此抵銷，很難抽絲剝繭，個別加以釐清。

如果可以有每一屆學生在某一年級的學習表現並容許做跨年比較，將有助於更精確呈現學生學習表現的趨勢變化。臺灣的國中準畢業生每年都參加全國性的國中教育會考，若能加以設計，容許會考學科表現的跨年比較，並蒐集在研究分析上所需要的重要背景資料，匿名確保隱私，且每年隨機抽取部分樣本作為分析之用，將有助於分析教育政策與學生學習表現的關係。事實上，能夠年年呈現學生學習表現的趨勢變化，本身就是重要的工作與貢獻。

致謝：本文承蒙國科會計畫（110-2410-H-001-062-MY2）的補助，特此致謝。本文初稿發表於2022台灣社會學會年會。感謝評論人葉高華教授在年會中所提供的深入評論，也感謝《教育研究集刊》編輯委員會委員及兩位匿名審查人的細心閱讀，及提出很有助益的審查意見。最後，感謝邱劭晴研究助理在文獻蒐集與文字編修上所提供的協助。文中若有疏漏，由作者負責。

DOI: 10.53106/102887082023126904004

參考文獻

國家教育研究院（2018）。數學領域課程手冊。<https://www.naer.edu.tw/upload/1/16/doc/2021/%E6%95%B8%E5%AD%B8%E9%A0%98%E5%9F%9F%E8%AA%B2%E7%A8%8B%E>

6%89%8B%E5%86%8A(%E5%AE%9A%E7%A8%BF%E7%89%88).pdf

[National Academy for Educational Research. (2018). *Mathematics domain curriculum handbook*. [https://www.naer.edu.tw/upload/1/16/doc/2021/%E6%95%B8%E5%AD%B8%E9%A0%98%E5%9F%9F%E8%AA%B2%E7%A8%8B%E6%89%8B%E5%86%8A\(%E5%AE%9A%E7%A8%BF%E7%89%88\).pdf](https://www.naer.edu.tw/upload/1/16/doc/2021/%E6%95%B8%E5%AD%B8%E9%A0%98%E5%9F%9F%E8%AA%B2%E7%A8%8B%E6%89%8B%E5%86%8A(%E5%AE%9A%E7%A8%BF%E7%89%88).pdf)]

教育部（2017，10月12日）。十二年國民基本教育實施計畫（核定本）。<https://ws.moe.edu.tw/Download.ashx?u=C099358C81D4876C725695F2070B467E436AA799542CD43DD77DA1FDC37EDDFE48CC650384AE6EB6BFC85D6C12328CA0195288BCFE92EDCF8C4A9B291054F60DF969AEE499E1A7E155163F6986309498&n=4B4C369F9FBFA8E2012BCE2930FB7DC51729A6E37B3998B8DB8D1E349868AAAF1E06B0927DBF0EC02BEC432D845850B63E205D861B51B7A1B095A796628FEA58ACFB1FB426D809484&icon=.pdf>

[Ministry of Education. (2017, October 12). *The 12-year basic education implementation plan (Approved Version)*. <https://ws.moe.edu.tw/Download.ashx?u=C099358C81D4876C725695F2070B467E436AA799542CD43DD77DA1FDC37EDDFE48CC650384AE6EB6BFC85D6C12328CA0195288BCFE92EDCF8C4A9B291054F60DF969AEE499E1A7E155163F6986309498&n=4B4C369F9FBFA8E2012BCE2930FB7DC51729A6E37B3998B8DB8D1E349868AAAF1E06B0927DBF0EC02BEC432D845850B63E205D861B51B7A1B095A796628FEA58ACFB1FB426D809484&icon=.pdf>]

曾志華（2018）。國民小學數學課程綱要時期的發展。載於鄭章華（主編），*數往知來 歷歷可述——中小學數學課程發展史*（下冊，頁260-310）。國家教育研究院。

[Tseng, C.-H. (2018). Development of mathematics curriculum guidelines for elementary schools. In C.-H. Chen (Ed.), *History of mathematics curriculum development in elementary and secondary schools* (Vol. 2, pp. 260-310). National Academy for Educational Research.]

黃敏雄（2021）。學生認知能力、非認知能力及家庭社經背景的跨校分布：跨國、跨時期比較國中階段與高中階段的差別。*歐美研究*，51（2），357-427。[https://doi.org/10.7015/JEAS.202106_51\(2\).0005](https://doi.org/10.7015/JEAS.202106_51(2).0005)

[Huang, M.-H. (2021). Distribution of student cognitive and non-cognitive abilities and family socioeconomic status across schools: Differences between junior and senior high schools over time and across countries. *EurAmerica*, 51(2), 357-427. [https://doi.org/10.7015/JEAS.202106_51\(2\).0005](https://doi.org/10.7015/JEAS.202106_51(2).0005)]

鄭章華（2018）。今日的課綱 明日的課史：十二年國教數學領綱之發展。載於鄭章華（主編），*數往知來 歷歷可述——中小學數學課程發展史*（下冊，頁521-564）。國家教育研究院。

[Chen, C.-H. (2018). Today's curriculum, tomorrow's curriculum history: The development of the twelve-year basic education mathematics curriculum guidelines. In C.-H. Chen (Ed.), *History of mathematics curriculum development in elementary and secondary schools* (Vol. 2, pp. 521-564). National Academy for Educational Research.]

Avvisati, F., Echazarra, A., Givord, P., & Schwabe, M. (2019). *Chinese Taipei — Country note — PISA 2018 results*. https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_TAP.pdf

Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., & Hooper, M. (2016). *TIMSS 2015 international results in mathematics*. TIMSS & PIRLS International Study Center. <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/>

Mullis, I. V. S., Martin, M. O., & Loveless, T. (2016). *20 Years of TIMSS international trends in mathematics and science achievement, curriculum, and instruction*. TIMSS & PIRLS International Study Center. <http://timss2015.org/timss2015/wp-content/uploads/2016/T15-20-years-of-TIMSS.pdf>

Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., Kelly, D. L., & Fishbein, B. (2020). *TIMSS 2019 international results in mathematics and science*. TIMSS & PIRLS International Study Center. <https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/international-results/>

Organization for Economic Cooperation and Development. (2016). *PISA 2015 results (Volume I): Excellence and equity in education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264266490-en>

Organization for Economic Cooperation and Development. (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What students know and can do*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>

Organization for Economic Cooperation and Development. (2023a). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>

Organization for Economic Cooperation and Development. (2023b). *PISA 2022 results: Factsheets— Chinese Taipei*. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/publication/pisa-2022-results/webbooks/dynamic/pisa-country-notes/ebda1f30/pdf/chinese-taipei.pdf>

Schmidt, W. H., McKnight, C. C., Valverde, G. A., Houang, R. T., & Wiley, D. E. (1997). *Many visions, many aims: A cross-national investigation of curricular intentions in school*

mathematics (Vol. 1). Kluwer Academic.

Schmidt, W. H., McKnight, C. C., & Raizen, S. (1997). *A splintered vision: An investigation of US science and mathematics education*. Kluwer Academic.

Schmidt, W. H., & Houang, R. T. (2007). Lack of focus in the mathematics curriculum: Symptom or cause? In T. Loveless (Ed.), *Lessons learned: What international assessments tell us about math achievement* (pp. 65-84). Brookings Press.

Schmidt, W. H., & Houang, R. T. (2012). Curricular coherence and the common core state standards for mathematics. *Educational Researcher*, 41(8), 294-308. <https://doi.org/10.3102/0013189X1246451>

