

教育研究集刊
第七十輯第四期 2024年12月 頁43-86

臺灣國中科學學習成就之多層次模式 分析：以TIMSS 2019為例

劉昶讓



摘要

研究目的

本研究透過臺灣參與2019年國際數學與科學教育成就趨勢調查（Trends in International Mathematics and Science Study, TIMSS）資料進行八年級科學學習成就之多層次模式分析，分別從學生層次與學校層次進行檢視，以探討學生層次因素對臺灣國中學生科學學習成就的影響、學校層次因素對臺灣國中學生科學學習成就的影響，以及學校層次與學生層次因素在科學學習成就上之跨層次交互作用。

主要理論或概念架構

考量TIMSS 2019的資料結構具有巢套特性，本研究以生態系統理論為內涵，在學生層次依據文化資本理論與學習動機理論，在學校層次依據學校效能理論及脈絡變項觀念，以多層次模式進行分析，並探究跨層級交互作用情形。

劉昶讓，國立臺北教育大學教育經營與管理學系博士生

電子郵件：pppp68p@gmail.com

投稿日期：2024年07月14日；修改日期：2024年10月08日；採用日期：2024年11月08日

研究設計／方法／對象

本研究使用TIMSS 2019科學測驗成績、學生問卷及學校問卷進行分析。TIMSS 2019採用兩階段隨機抽樣設計，先從全國學校中抽取樣本學校，再從每所抽樣學校內選擇一個或多個完整班級的學生。經抽樣，總計有203所國中、4,915名學生參與施測。本研究納入分析之學校有203所，因部分學校樣本有變項缺失，無法納入檢定，因此，樣本數由原先的4,915名降為4,894名。

研究發現或結論

透過多層次模式分析，本研究得到以下結論：（一）各學校間的差異可解釋學生科學學習成就變異量的15%，顯示學校之間的差異是不可忽視的重要因素；（二）學生的家庭資源愈豐富、愈喜歡科學、科學自信愈高，科學學習成就愈好；（三）學校如果愈重視學業，學生科學學習成就愈好，但學校層次的紀律安全對於科學學習成就沒有明顯預測力；（四）家庭資源的集體脈絡效果正向影響科學學習成就；（五）重視學業正向調節重視科學對科學學習成就的影響，代表在愈重視學業的學校，學生愈重視科學，科學學習成就愈好。學校學習氛圍與學生學習動機之間的交互作用是影響學習成就的關鍵，若二者不協調，將導致學習成效下降。

理論或實務創見／貢獻／建議

本研究有以下四點貢獻：首先，本研究運用TIMSS 2019資料庫進行分析，並採多層次模式進行檢定。綜觀過去臺灣以多層次模式分析TIMSS科學學習成就之研究，僅紀馥安（2012）分析TIMSS 2007資料、王呈隆（2017）以及張芳全（2021）分析TIMSS 2011資料，故本研究可補足現階段研究之不足，作為後續科學學習成就探究的基礎。其次，本研究分成學生層次與學校層次，並將學生層次分為家庭因素與動機因素，學校層次分為組織因素與脈絡因素，以生態系統理論為內涵，多面向地檢視影響科學學習成就之因素。第三，本研究探討影響臺灣國中學生科學學習成就跨層級因素的交互作用，結果發現重視學業正向調節重視科學對科學學習成就的影響。第四，本研究發現，在低重視學業學校，學校文化的負面影響可能削弱學生學習動機，甚至形成一種「反學校文化」，即使學生個人高度重視科學，也可能因為學校文化的負面影響，無法實現他們的學習期望，

進而導致學習成績下降，因此，學校學習氛圍與學生學習動機之間的交互作用是影響學生學習成就的關鍵。

關鍵詞：文化資本、多層次模式、科學學習成就、國際數學與科學教育成就調查趨勢、階層線性模式、學校效能、學習動機

A Multilevel Model Analysis of Science Achievement in Taiwanese Junior High Schools: Evidence From TIMSS 2019

Chang-Jang Liu

Abstract

Purpose

This study employs a multilevel modeling analysis of eighth-grade science achievement using data from Taiwan's participation in the 2019 Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS). The analysis is conducted at both the student and school levels to explore the effects of student-level factors on the science achievement of junior high school students in Taiwan, the effects of school-level factors on student science achievement, and the interaction effects between school-level and student-level factors.

Main Theories or Conceptual Frameworks

Considering the nested structure of TIMSS 2019 data, this study is framed within

Chang-Jang Liu, Ph.D. Student, Department of Educational Management, National Taipei
University of Education

Email: pppp68p@gmail.com

Manuscript received: Jul. 14, 2024; Modified: Oct. 08, 2024; Accepted: Nov. 08, 2024.

ecological systems theory. At the student level, the analysis is based on cultural capital theory and motivation theory, while at the school level, it draws on school effectiveness theory and the concept of contextual variables. A multilevel model is employed to analyze the data and explore cross-level interactions.

Research Design/Methods/Participants

This study employs a secondary data analysis method, using data from 4,915 eighth-grade students across 203 junior high schools in Taiwan who participated in TIMSS 2019.

Research Findings or Conclusions

The multilevel model analysis led to the following conclusions: (1) Differences between schools account for 15% of the variance in students' science achievement, indicating that school-level differences are significant factors that should not be overlooked; (2) Student-level factors: students with more family resources, a stronger interest in science, and higher self-confidence in science tend to achieve better science learning outcomes; (3) School-level factors: schools that place a greater emphasis on academic achievement have students with better science performance, although school-level discipline and safety do not significantly predict science achievement; (4) The collective contextual effect of family resources at the school level has a positive impact on science achievement; (5) Cross-level interaction: academic emphasis positively moderates the effect of students' focus on science achievement, meaning that in schools with a stronger emphasis on academics, students who prioritize science tend to perform better. The interaction between the school learning environment and student motivation is crucial in influencing academic achievement; misalignment of these two elements may result in decline in learning outcomes.

Theoretical or Practical Insights/Contributions/Recommendations

This study offers four significant contributions: (1) This research analyzes data from the TIMSS 2019 database using a multilevel model. Compared to previous studies in Taiwan that employed multilevel analysis on TIMSS data, only Chi Fu-An (2012) analyzed TIMSS 2007, and Wang Cheng-Lung (2017) and Chang Fang-

Chung (2021) examined TIMSS 2011. This study bridges the current research gap and provides a foundation for further exploration of scientific learning achievement; (2) The study is structured into student- and school-level analyses. At the student level, it examines family and motivational factors, while at the school level, it considers organizational and contextual factors. Using ecological systems theory as a framework, the research comprehensively examines the multifaceted factors influencing scientific learning achievement; (3) This study investigates the cross-level interactions affecting the scientific learning achievement of Taiwanese junior high school students. Notably, it identifies that valuing academic performance positively moderates the influence of valuing science on scientific learning achievement; (4) The findings reveal that in schools with low emphasis on academic performance, a negative school culture may weaken students' learning motivation, potentially fostering an "anti-school culture." Even students who highly value science may find their learning aspirations unmet due to the adverse influence of school culture, resulting in decreased academic achievement. Thus, the interplay between school learning climate and student motivation is a critical determinant of learning outcomes.

Keywords: cultural capital, multilevel modeling, science learning achievement, Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS), hierarchical linear modeling, school effectiveness, learning motivation

壹、緒論

一、研究動機

國際數學與科學教育成就趨勢調查（Trends in International Mathematics and Science Study, TIMSS）由國際教育成就評鑑委員會（International Association for Evaluation of Educational, IEA）自1995年起每四年進行一次，蒐集四年級與八年級學生的數學和科學成就資料，其主要目的是監測學生的學習成就，並探討這些成就與家庭背景、學習環境、教師教學等因素之間的關係，從而進行跨國比較分析。自TIMSS 1999起，臺灣已連續參加七次調查（1999、2003、2007、2011、2015、2019、2023），除了TIMSS 2023資料尚未公布外，這幾年的表現，無論在數學或科學成就，臺灣都在所有參與國家中名列前茅，展現優異的成績。

為了探究TIMSS調查資料，臺灣以TIMSS為主題的研究從TIMSS 1999起就持續增加，經「臺灣碩博士論文加值系統」檢視（2024年4月21日），計有185篇學位論文以TIMSS為主題，其中數學113篇、科學57篇、兼論二者的有15篇；經「華藝線上圖書館」檢視（2024年4月21日），以TIMSS為關鍵字的期刊論文有38篇，其中數學22篇、科學8篇、兼論二者的有8篇。既然相關研究如此豐富，為何本研究還要以此主題進行多層次模式分析？有以下四點動機：

（一）影響臺灣學生科學學習成就的因素相當複雜，涵蓋學生、家庭及學校等多重因素，如果僅以單一因素／層次進行分析，將無法深入探究其內涵。

（二）TIMSS採用兩階段隨機抽樣法，先抽取學校，再從學校中抽取班級與學生來進行資料蒐集。由於此資料具有巢套和階層結構，如果使用傳統迴歸方法分析而未考慮階層間的結構關係，可能會導致型I誤差（type I error）過度膨脹，從而增加解釋偏誤的風險（張芳全，2010；溫福星，2006；Raudenbush & Bryk, 2002），而階層線性模式（Hierarchical Linear Modeling, HLM）或稱多層次模式（multilevel modeling）分析，能依據階層特性分別建立不同層次模式，再進一步估算各層次因素效果，適合用於分析影響科學學習成就的多重因素。

（三）根據Bronfenbrenner（1979）的生態系統理論（ecological systems

theory），學生是個有機系統，不僅自身有其內部結構，還與外部環境相互連結，並受跨層次因素的影響。因此，本研究採用多層次模式進行分析，以更精確地掌握學生、家庭及學校等因素對科學學習成就的交互影響。

（四）綜觀過去以TIMSS為主題的研究，TIMSS巢套形式資料雖然適合多層次模式分析，但運用多層次模式分析TIMSS的論文只占其中一小部分，而且以數學為主題的研究居多數（林素微等，2013；洪川富，2008；張芳全，2016；張郁雯，2008；張凌嘉，2021；莊楹蓁，2017；陳依喬，2011），運用多層次模式分析科學學習成就的論文僅紀馥安（2012）分析TIMSS 2007資料，王呈隆（2017）以及張芳全（2021）分析TIMSS 2011資料，TIMSS 2019則未見採取多層次模式分析的論文，因此，本研究採取多層次模式分析TIMSS 2019科學學習成就，檢視影響科學學習成就的學生層次與學校層次因素，可補足現階段研究之不足，作為後續研究持續探究的基礎。

二、研究目的與問題

綜合上述，本研究運用臺灣參與TIMSS 2019資料進行八年級科學學習成就之多層次模式分析，分別從學生層次與學校層次進行檢視，以探討學生層次因素對臺灣國中生科學學習成就的影響、學校層次因素對臺灣國中生科學學習成就的影響，以及學校層次與學生層次因素在科學學習成就上之跨層次交互作用。據此，本研究問題為：

- （一）臺灣國中學生之學生層次因素對科學學習成就的影響為何？
- （二）臺灣國中之學校層次因素對科學學習成就的影響為何？
- （三）臺灣國中學校與學生層次因素和科學學習成就的跨層級交互作用為何？

貳、文獻探討

一、學生層次家庭因素與科學學習成就之研究

(一) 文化資本理論

家庭是孕育與培養學生學習的重要場域，本研究將家庭資源列為學生層次家庭因素，分析家庭資源對科學學習成就的影響。基於家庭資源是文化資本的範圍之一，因此，以文化資本理論作為學理依據。文化資本理論的代表學者Bourdieu強調文化資本對子女學習的重要影響，其所謂文化資本，係指人們對於高社會階層精緻文化的掌握程度，涵蓋物質與非物質層面，其中，物質層面包括藝術品、飲食、服裝或家具所展現的品味，非物質層面則指知識、談吐和儀態舉止等修養（張芳全，2010，頁48）。依據Bourdieu的分析，文化資本可分為三種類型，包括：1. 內化形態資本（embodied capital）是一種家庭內長久以來對文化活動培育後所形成的內在性格趨向；2. 具體實物資本（objectified capital）是家中具體可見的繪畫、書籍等文化產品；3. 制度化資本（institutionalized capital）是一種文憑與學歷證明（鄭文鵬，2014）。Bourdieu的文化資本理論指出，家庭擁有較多的文化資本與學習資源，有助於提升子女的學習表現。換句話說，家庭文化資本和學習資源愈豐富，子女在學習習慣、教育成就和學歷上的表現也愈佳（De Graaf, 1986）。Teachman（1987）認為，父母透過改善家庭的閱讀環境，增加人文與物質資源來支援子女學習，即構成教育或學習資源，這些可透過家中是否設有專門讀書空間、是否具備參考書、字典或百科全書等來評估。研究顯示，父母提供的教育資源愈多，子女的教育成就也愈高。綜上所述，本研究以文化資本理論為內涵，運用TIMSS 2019有關家庭資源問卷，請學生回答以下三個題目：1. 家中有多少圖書、2. 家中學習支持（如網路、房間）、3. 家長教育背景等，探究家庭資源對科學學習成就的影響。

(二) 家庭資源與科學學習成就之研究

家庭資源對學習成就有影響已獲得相關研究的支持。例如，Nolen與Haladyna（1990）的研究顯示，家庭資源和文化資本對提升學生的數學學習成就

具有重要作用，學生所處的環境資源愈豐富，其數學學業成就也愈高。張芳全（2010）以HLM分析TIMSS 2007資料庫發現文化資本為學習成就的重要中介因素。姜繼旺（2024）以TIMSS 2019資料庫中的4,915名學生為樣本分析發現，家庭學習資源對數學學習動機、自我教育期望、數學自信心以及數學學習成就均產生直接影響。

關於家庭資源對科學學習成就的影響，Chiu（2007）分析來自41個國家、107,834名15歲學生的科學測驗和問卷數據，探討家庭經濟和文化因素與學生科學成就的關聯性，研究發現，在控制家庭結構和社經地位後，擁有更多書籍和文化資產的學生在科學學習上表現較好。Notten與Kraaykamp（2009）利用國際學生能力評量計畫（Programme for International Student Assessment, PISA）2006年之數據，分析53個國家15歲學生的家庭媒體資源和科學成就之關聯，研究顯示家庭中的媒體資源對兒童的科學表現有正向意義，特別是家庭閱讀氛圍及電腦的可用性有助於科學表現。陶韻婷（2006）則運用TIMSS 2003數據，分析臺灣國中生的科學成就與學生背景、學校規模及城鄉差異，結果顯示無論城市或鄉村，家中資源與科學成就關聯最為密切。張芳全（2021）以TIMSS 2011數據對臺灣136所國中共4,679名八年級學生進行多層次分析，結果發現無論男女，家庭學習資源、自我教育期望、科學自信心、學習投入及對科學的興趣均與較高的科學成就相關。李沛薇（2023）則利用TIMSS 2019數據，探討臺灣國小四年級學生的自我效能、文化資本與科學學習成就的關係，結果顯示不同文化資本水準的學生在科學學習成就上有顯著差異。綜合上述研究，本研究將家庭資源視為學生層級的家庭因素，並假設家庭資源對科學學習成就具有顯著影響，即家庭資源愈豐富，愈有助於提升科學學習成就，以此作為本研究假設的依據。

二、學生層次動機因素與科學學習成就相關研究

（一）學習動機理論

學習動機是指引起學生學習活動、維持學習活動，並促使該學習活動趨向教師所設定目標的內在心理歷程（張春興，1996，頁296）。心理學上的許多術語與動機一詞概念相似，諸如態度、興趣、自信與價值觀，本研究將學習動機所涵蓋的喜歡科學、科學自信與重視科學列為學生層次動機因素，分析其對科學學習

成就的影響。有關喜歡科學、科學自信與重視科學的意涵，分述如下：

1. 喜歡科學是指學生喜愛科學的程度，根據Ryan與Deci（2000）的自我決定論（self-determination theory），行動者在從事活動之前有選擇的自由，根據自我決定程度歸類為無動機、內在動機與外在動機。其中，內在動機者擁有高度自我決定，能自由選擇所從事的活動，體驗自我決定所帶來的滿足和愉悅。本研究所探討的喜歡科學內含內在動機成分，學生因為喜歡科學，而且在科學學習過程中得到收穫，進而持續學習科學。

2. 科學自信是指學生對於自身所展現科學能力的自信，根據Bandura（1986）的自我效能論（self-efficacy），自我效能是指個人在目標追求的過程中，對目標動機的強弱決定於對自身能力的信念，認為自己能否完成該項任務或目標。因此，學生在學習上對於自我能力的評估非常重要，此與其個人能力密切相關，本研究所探討的科學自信，即聚焦在學生科學學習過程中所表現的自我能力評估。

3. 重視科學是指學生重視科學的程度。根據Eccles等人（1983）的期望價值理論（expectancy-value theory），成就行為的選擇，主要是受到期望、價值兩個變項的影響，也就是說，一個人會選擇某一活動，除了考慮自己的能力外，該活動是否有價值也是選擇原因。本研究所探討的重視科學，即包含科學對自我的價值意涵。

綜上所述，學生學習動機會影響學生的學習動力，倘若學生對學習內容有興趣，展現學習自信，進而重視學習價值，將可能影響學習成就，因此，本研究將動機因素（喜歡科學、科學自信與重視科學）列為學生層次因素，探究其對科學學習成就的影響。

（二）喜歡科學、科學自信、重視科學與科學學習成就

學習動機對學習成就的影響已獲多項研究支持。例如，Lee與Brophy（1996）發現，國小學生在科學學習上若具積極、正向和主動的動機，便更能享受學習過程並主動建構知識。李世鴻（2004）以桃園縣111位九年級學生為研究對象，探討學習動機與學業成就的關聯，發現學習成就受個人和環境因素及其交互作用影響，尤以學習動機最為關鍵，且與學習態度密切相關，對學習成就具有直接影響。Oliver與Simpson（1988）將學生對科學的態度定義為對科學的喜愛程

度。Haladyna與Shaughnessy（1982）則將學習動機視為對科學領域相關人、事、物及議題的興趣與態度。Greene等人（2004）指出，學習態度愈強烈的學生在認知能力上表現愈佳。吳坤璋等人（2005）在高雄地區隨機抽樣45所學校、1,516名學生進行結構方程模式（Structural Equation Modeling, SEM）分析，結果顯示，國小生與國中生的科學學習態度會直接影響其科學學習成就。

學習自信和重視學習價值是促進學習的兩個重要面向，對學習內容愈有信心，愈能重視其價值，從而對學習成就產生正面影響。相關研究顯示，科學自信及對科學的重視程度對科學學習成就具有正向顯著效果。陳政帆（2006）透過分析我國八年級學生在TIMSS 2003中的科學自信與價值觀資料發現，成就較高的學生比成就較低者在科學學習上的信心和價值觀高。鄭士鴻（2005）分析TIMSS 2003資料，發現成就高的學生通常來自藏書較多、具較高教育期望的家庭，並對科學學習展現較高的自信和重視程度。葛湘瑋與何素美（2018）使用新加坡八年級學生的TIMSS 2015資料發現，對科學的信心是高成就學生的主要影響因素。張芳全（2021）根據TIMSS 2011的資料指出，科學自信心愈強的學生，其科學學習成就愈高。王呈隆（2017）亦透過TIMSS 2011資料發現，科學自我概念、科學內在價值與科學實用價值均與科學成績有正向關聯。

綜合上述，學習動機，包括對學習內容的興趣、自信及重視程度，對學習成就有正向影響。因此，學生愈喜歡科學、愈有科學自信並重視科學，就愈能提升其科學學習成就，此為本研究假設的依據。

三、學校層次組織因素與科學學習成就相關研究

（一）學校效能理論

卓越的學校教育一直是教育工作者的核心目標，透過系統性探討學校效能問題，能有效促進教育的卓越與精緻化。Murphy等人（1985）將學校效能研究分成兩大層面，一為技術層面，包括內、外兩大因素：內在因素涉及課程與教學的組織，例如課程緊密性、學習機會和直接教學；外在因素則包括支援課程與教學的明確學術任務、教學領導、經常督視與結構性成員發展。二為環境層面，可分為學術氣氛和社會氣氛，學術氣氛有助於提升教學品質與學生成就，社會氣氛則可間接激發學生學習（引自吳清山，1988，1992）。此外，環境層面還涵蓋學生

參與機會、酬賞與認可、合作性組織、高期望、家庭學校合作、安全和諧的環境及教職員支持等因素。本研究參照上述論述，選取TIMSS 2019校長問卷中的重視學業和紀律安全作為學校層次的組織因素，探討其對學生科學學習成就的影響。其中，重視學業涵蓋技術層面（如明確的學術目標、教學領導）及環境層面（如高期望、家庭學校合作、教職員支持）因素；紀律安全則主要以環境層面中之安全和諧的環境為主要因素。

（二）重視學業、紀律安全與科學學習成就

首先，相關研究證實學校對學業重視程度與學生學習成就之間的關聯。Nolen與Haladyna（1990）發現，環境因素和個人因素會共同影響學生的學習信念，學校愈重視學生的學習表現，學生的學習成就也愈高。Yavuz等人（2017）分析土耳其TIMSS 2007、TIMSS 2011資料，發現在學校層次上，教師對學業成績的重視程度與學生的數學成績具顯著正相關。陳美好（2006）透過TIMSS 2003資料分析臺灣八年級班級的科學平均成績與學習機會的關聯，發現家長愈支持學生成就、愈積極參與學校活動，班級的科學平均成績就愈高，且家長的支持為預測班級科學成績的主要因素。張芳全（2021）則在分析TIMSS 2011資料後指出，規模較大的學校、位於都會區且具學術導向的學校，其男、女學生的科學學習成就相對較高。

紀律安全對學習成就的影響亦獲得相關研究支持。Gresham（2008）運用SEM分析小學生知覺的校園安全感對於學術成就的影響，受試者為美國168所學校三至五年級學生及58所學校六至八年級學生，研究結果發現，各校資料普遍支持學生知覺的校園安全程度為預測學習成就的有力變項。李懿芳等人（2010）利用HLM分析TIMSS 2003資料，針對臺灣四年級149所學校、4,634名學生的調查發現，學生個人及平均感知的校園安全對數學與科學學習成就具有顯著影響，支持校園安全程度對學術表現的影響；然而，校長對校園安全的回應對學習成就的影響未達統計顯著。蔡佳燕（2007）分析TIMSS 2003資料，指出臺灣、香港、日本及新加坡的學生校園安全感對學習成就有影響，且學生感到愈安全，其學習成就愈高。謝琬如（2011）分析TIMSS 2007資料，發現亞洲五國中，校園安全感高度和中度的學生其數學學習成就均高於校園安全感低度的學生。由上述可知，如果學校愈重視學業，也就是學校、教師與家長愈重視學生學習表現，學

生之科學學習成就表現愈好，而學校紀律安全亦對科學學習成就有所影響。這些文獻將作為本研究假設檢定的依據。

四、學校層次脈絡因素與科學學習成就相關研究

雖然研究通常從個體層面分析學生屬性，但學生生活在學校中，作為群體中的個體，群體現象的影響力並不亞於個體特徵，因而乃有將個體屬性聚合成群體現象的分析方式，這在社會科學中稱為聚合變項（aggregated variable），這些變項可視為學校脈絡的一部分，而這種聚合的脈絡經驗、效果稱為脈絡變項（張芳全，2010，頁103）。脈絡變項的分析方式是將低階變數透過組內聚合產生具有相同測量內容的高階變數，例如，學生智商（Intelligence Quotient, IQ）可聚合為班級IQ，此時各班的IQ為個體IQ的平均值，但分析單位卻是在班級層次。由於高階變數的觀察值是低階變數的平均，使得高階變數能為低階分析單位提供背景值或脈絡影響，同時，低階變數也可能影響高階變數，因此，高低階變數的互動與影響關係形成特殊的「脈絡效果」（邱皓政、溫福星，2007）。

有關脈絡變項的相關研究，邱皓政與溫福星（2007）分析來自22所學校、688位中學教師的組織創新氣氛調查資料，並將傳統分析方法（如變異數分析（Analysis of Variance, ANOVA）、多元迴歸分析）與HLM做比較。他們認為，檢驗脈絡效果應該是HLM分析過程中的必要步驟。Harker與Tymms（2004）運用HLM分析紐西蘭學生的學習成就，將階層一設為學生的家庭社會階層，階層二為學生家庭社會階層的平均值（即脈絡變項），分析涵蓋數學、英文和科學的學習成就，研究結果顯示，家庭社會階層對學習成就有正向影響，且階層二的脈絡變項對學習成就的影響大於學生個體層次。Deteemers等人（2009）以40個參與PISA的國家為樣本，區分個體層次（學生平均學習成就）和組織脈絡層次（家長平均社經地位與學生平均回家作業時間），並利用HLM進行分析，研究發現，組織脈絡層次中的平均回家作業時間與學習成就呈顯著正向關聯。張芳全（2010）分析TIMSS 2007資料，指出自我期望和文化資本等總體層次的脈絡變項對學習成就產生正向影響。莊楹蕙（2017）運用TIMSS 2015資料，從多層次觀點分析影響臺灣八年級學生數學學習成就的因素，發現家長教育程度、脈絡變項及教師教學等跨層級因素均有影響，且中介效果明顯；此外，脈絡變項中的學

習動機對數學學習成就有正向影響。林信言（2017）利用促進國際閱讀素養研究（Progress in International Reading Literacy Study, PIRLS）2011的資料，探討臺灣與新加坡四年級學生的閱讀成就影響因素，發現新加坡的總體層次，包括家長教育程度、參與度、閱讀能力和閱讀態度等脈絡變項，對閱讀成就有正向影響。

綜合上述，脈絡變項的檢定應視為HLM程序之一，且可能對學習成就有所影響。因此，本研究將學生層次的家庭資源、喜歡科學、科學自信與重視科學等變項聚合，以團體平均數作為學校層次脈絡因素進行分析，並以此作為本研究假設，檢定其是否對科學學習成就造成影響。

五、跨層級交互作用及其相關研究

本研究除了分作學生層次與學校層次進行探討，更重要的是檢定影響臺灣學生科學學習成就之學生層次與學校層次因素，對科學學習成就影響的跨層級交互作用。主要考量為，同一所學校學生可能具有共同經驗，形成相同的脈絡經驗，這些脈絡經驗或共同經驗表面上是個體所個別具有的特性，但在學校層次中，卻也形成特定的脈絡經驗或構成脈絡情境（張芳全，2010，頁121）。本研究以跨層級因素可能會有交互作用存在，分析影響臺灣國中學生的學校層次與學生層次對科學學習成就跨層級交互作用之情形。

有關跨層級交互作用影響之研究，有多篇以PISA或TIMSS等大型國際資料庫進行的分析。例如，巫博瀚與賴英娟（2011）透過PISA 2006的階層巢套資料，採用多層次模型分析，發現個人層次變項（如性別、自我效能、工作價值及科學素養）與學校層次變項（如學校平均科學素養、平均工作價值及團體效能）能顯著正向解釋學生的正向學習情緒，自我效能的影響則會受到學校平均科學素養與團體效能等脈絡變項的調節。莊淑芬與盧秀琴（2021）利用PISA 2015資料，採多層次線性模式分析學生層級因素（如性別、合作態度、社經地位）與學校層級因素（如校平均社經地位、校平均合作態度、學校城鄉位置）對合作式問題解決（Collaborative Problem Solving, CPS）表現的影響，結果顯示，性別是最重要的預測因素，男生的平均成績顯著低於女生，且學生社經地位和校平均社經地位愈高，CPS表現愈好，而學校城鄉位置對CPS表現無顯著跨層級作用。莊楹蕙（2017）利用TIMSS 2015資料的多層次分析，結果顯示學校風氣對數學學

習成就有調節效果，良好的學校風氣可增強學習動機對學習成就的影響。張芳全（2021）分析TIMSS 2011的臺灣八年級男、女生科學學習成就資料，發現學校所在地、規模與性別對科學學習成就具有調節作用，表示都會區學校的男生科學自信心較高，學習成就更佳；而規模大的學校則有助於女生的科學自信心和學習成就。上述研究分析了跨層級因素對學習成就的影響，並探討其調節作用。因此，本研究將學校層次的組織因素納入考量，以瞭解其對科學學習成就的影響，並檢驗這些因素是否與學生層次的因素之間存在跨層級的交互作用。

參、研究設計與實施

一、研究架構

基於文獻探討擬定研究架構，如圖1所示，將影響臺灣國中生科學學習成就之因素分為學生與學校兩個層次：第一層為學生層次，包含家庭因素：家庭資源，以及動機因素：喜歡科學、科學自信、重視科學，另有科學學習成就；第二層為學校層次，包括組織因素：重視學業與紀律安全，以及脈絡因素：聚合的平均家庭資源、平均喜歡科學、平均科學自信與平均重視科學。學生層次的直線關係反映了投入變項對科學學習成就的預測能力。學校層次的直線則檢驗學校組織因素和脈絡因素對學生科學學習成就的影響。學校層次的組織因素與學生層次因素的交叉線則用於探討這些因素的交互作用對科學學習成就的調節效果。

綜合以上內容，本研究提出以下研究假設：

- H_1 ：學生家庭資源對科學學習成就具正向顯著效果。
- H_2 ：學生喜歡科學對科學學習成就具正向顯著效果。
- H_3 ：學生科學自信對科學學習成就具正向顯著效果。
- H_4 ：學生重視科學對科學學習成就具正向顯著效果。
- H_5 ：學校紀律安全對科學學習成就具正向顯著效果。
- H_6 ：學校重視學業對科學學習成就具正向顯著效果。
- H_7 ：學校平均家庭資源對科學學習成就具正向顯著效果。
- H_8 ：學校平均喜歡科學對科學學習成就具正向顯著效果。

H_9 ：學校平均科學自信對科學學習成就具正向顯著效果。

H_{10} ：學校平均重視科學對科學學習成就具正向顯著效果。

H_{11} ：學校紀律安全與學生家庭資源（而喜歡科學、科學自信、重視科學分別以 H_{12} 、 H_{13} 、 H_{14} 為代表）對科學學習成就有顯著的調節影響。

H_{15} ：學校重視學業與學生家庭資源（而喜歡科學、科學自信、重視科學分別以 H_{16} 、 H_{17} 、 H_{18} 為代表）對科學學習成就有顯著的調節影響。

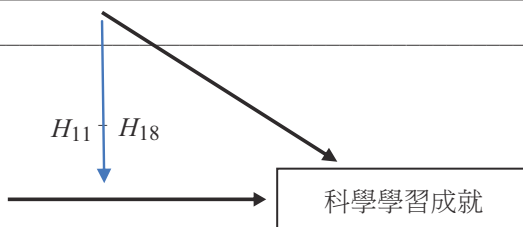
圖1
研究架構

學校層次

1. 組織因素：紀律安全 H_5 、重視學業 H_6
2. 脈絡因素：平均家庭資源 H_7 、平均喜歡科學 H_8 、平均科學自信 H_9 、平均重視科學 H_{10}

學生層次

1. 家庭因素：家庭資源 H_1
2. 動機因素：喜歡科學 H_2
科學自信 H_3
重視科學 H_4



二、變項測量

本研究各變項的測量詳見表1。這些變項在TIMSS都有相對應編碼，詳細資料在TIMSS 2019國際資料庫中可以取得。

三、資料來源

本研究使用次級資料，透過TIMSS 2019科學測驗成績、學生問卷及學校問卷進行分析。學生問卷由參加TIMSS 2019的八年級學生填寫，內容包含有關家庭與學校生活，例如基本背景、家中環境、對科學的感受、學習狀況；學校問卷

表1
各變項的測量

變項	定義及計分
學校層次	
紀律安全	指學校安全學習的程度。校長回答以下問題：（1）遲到；（2）缺席；（3）教室干擾；（4）作弊；（5）不敬的言語；（6）破壞行為；（7）偷竊；（8）學生之間的恐嚇或言語虐待；（9）對其他學生的身體傷害；（10）對教師或員工的威脅或言語虐待；（11）教師或員工之間的身體傷害，選項分為沒問題、輕微問題、中度問題、嚴重問題（Fishbein et al., 2021）。TIMSS 2019將題目運用SEM驗證性模型建立構念效度，其因素負荷量分別為.68、.73、.60、.75、.69、.72、.80、.68、.75、.67與.46，其Cronbach's α 係數為.88（Martin et al., 2020, p. 1137）。量尺分數分為幾乎沒有問題、小問題與中度到重度問題，分數愈高代表學校紀律安全愈高。
重視學業	指學校對學生學習表現的重視程度。校長回答以下問題：（1）教師對學校課程目標的理解；（2）教師在實施學校課程方面的成功程度；（3）教師對學生的期望；（4）教師激發學生的能力；（5）家長參與學校活動；（6）家長承諾確保學生有心準備學習；（7）家長對學生成就的期望；（8）家長對學生成就的支持；（9）學生渴望在學校取得好成績；（10）學生達到學校學業目標的能力；（11）學生對在學業上表現優異的同學的尊重。選項分為非常高、高、中等、低、非常低（Fishbein et al., 2021）。TIMSS 2019將題目運用SEM驗證性模型建立構念效度，其因素負荷量分別為.64、.77、.77、.78、.77、.81、.85、.82、.84、.76與.73，其Cronbach's α 係數為.93（Martin et al., 2020, p. 1144）。量尺分數分為非常高、高與中度，分數越高代表學校愈重視學業。
學生層次	
家庭資源	指學生擁有家庭學習資源的程度。學生回答以下三個題目：（1）家中有多少圖書；（2）家中學習支持（如網路、房間）；（3）家長教育背景（Fishbein et al., 2021）。TIMSS 2019將題目運用SEM驗證性模型建立構念效度，其因素負荷量分別為.81、.43與.80，其Cronbach's α 係數為.48（Martin et al., 2020, p. 1010）。量尺分數分為很多資源、一些資源與很少資源，分數愈高代表家庭資源愈豐富。
喜歡科學	指學生喜歡科學的程度。學生回答以下題目：（1）我喜歡學習科學；（2）我希望不必學習科學；（3）科學很無趣；（4）我在科學中學到許多有趣的事；（5）我喜歡科學；（6）我期待在學校學習科學；（7）科學教導我世界上的事物如何運作；（8）我喜歡進行科學實驗；（9）科學

（續下頁）

變項	定義及計分
	學生層次
	<p>是我最喜歡的科目之一。選項為非常同意、有點同意、不太同意及非常不同意 (Fishbein et al., 2021)。TIMSS 2019將題目運用SEM驗證性模型建立構念效度，其因素負荷量分別為.87、.63、.66、.82、.90、.86、.74、.69與.87，其Cronbach's α係數為.92 (Martin et al., 2020, p. 1102)。量尺分數分為非常喜歡、一些喜歡與不喜歡，分數愈高代表愈喜歡科學。</p>
科學自信	<p>指學生在科學學習自信程度。學生回答以下題目：(1)我通常在科學方面表現很好；(2)科學對我來說比對同學來說更難；(3)科學不是我擅長的科目之一；(4)我在科學方面學得很快；(5)我很會解決科學難題；(6)我的老師告訴我我很擅長科學；(7)科學對我來說比任何其他科目都要困難；(8)科學讓我困惑不解。選項為非常同意、有點同意、不太同意及非常不同意 (Fishbein et al., 2021)。TIMSS 2019將題目運用SEM驗證性模型建立構念效度，其因素負荷量分別為.82、.78、.82、.83、.80、.78、.77與.75，其Cronbach's α係數為.92 (Martin et al., 2020, p. 1072)。量尺分數分為非常自信、一點自信與沒自信，分數愈高代表科學自信愈高。</p>
重視科學	<p>指學生重視科學的程度。學生回答以下題目：(1)我認為學習科學將有助於我的日常生活；(2)我需要科學來學習其他學校科目；(3)我需要在科學方面表現出色以進入我選擇的大學；(4)我需要在科學方面表現出色，才能獲得我想要的工作；(5)我想找一份涉及科學的工作；(6)學習科學對於在世界上取得領先地位非常重要；(7)學習科學將在我成年後為我帶來更多就業機會；(8)我父母認為在科學方面表現出色很重要；(9)在科學方面做得好是很重要的。選項為非常同意、有點同意、不太同意及非常不同意 (Fishbein et al., 2021)。TIMSS 2019將題目運用SEM驗證性模型建立構念效度，其因素負荷量分別為.72、.76、.85、.87、.81、.83、.87、.72與.81，其Cronbach's α係數為.93 (Martin et al., 2020, p. 1116)。量尺分數分為非常重視、一些重視與不重視，分數愈高代表愈重視科學。</p>
	依變項
科學學習成就	<p>臺灣八年級學生參加TIMSS 2019科學測驗，TIMSS的八年級科學有不同領域，包含生物、化學、物理與地球科學，每個領域認知層次分為認識、應用與推理 (蕭儒棠, 2022a)。TIMSS 2019科學成績估計方式是，每位學生都有五個可能值 (Plausible Values, PV)，分數愈高代表科學學習成就愈好。本研究先個別估算以五個PV值為依變項的五次結果，再將五次分析結果加以整合，並以統整後的結果進行分析。</p>

由參與TIMSS的學校校長填寫，包含學校概況、學校紀律和安全、學校對學業的想法等資料（Mullis & Martin, 2017, pp. 65-68）。

TIMSS 2019採用兩階段隨機抽樣設計。首先，從全國的學校中抽取樣本學校，接著在每所抽樣學校內選擇一個或多個完整班級的學生（蕭儒棠，2022b）。抽樣時，排除規模極小學校，或年級結構、課程不同於主流教育系統的學校；校內部分排除了某些身心障礙學生和無法理解測試語言的學生（Martin et al., 2020, p. 292）。TIMSS 2019經抽樣總計203所學校、4,915名學生參與施測（Martin et al., 2020, p. 208）。本研究納入分析學校有203所，因部分學校樣本有變項缺失，無法納入檢定，因此，樣本數由原先的4,915名降為4,894名。各變項的描述性統計詳見表2。

表2
學生層次與學校層次各變項的描述統計摘要

變項	人數	平均數	標準差	最小值	最大值
學生層次					
科學學習成就（PV1）	4,894	573.49	83.26	247.22	804.26
科學學習成就（PV2）	4,894	572.55	82.14	161.20	759.22
科學學習成就（PV3）	4,894	573.50	81.88	182.26	813.45
科學學習成就（PV4）	4,894	573.31	82.89	230.40	826.99
科學學習成就（PV5）	4,894	573.08	83.33	204.30	806.37
家庭資源	4,894	10.35	1.60	4.55	13.52
喜歡科學	4,894	9.28	1.81	3.85	13.52
科學自信	4,894	8.87	2.10	3.25	14.84
重視科學	4,894	8.83	1.74	4.28	12.94
學校層次					
紀律安全	203	11.72	1.67	8.41	14.03
重視學業	203	10.26	2.09	4.88	16.36
平均家庭資源	203	10.26	0.78	8.43	12.44
平均喜歡科學	203	9.27	0.59	7.02	10.91
平均科學自信	203	8.85	0.57	7.23	10.45
平均重視科學	203	8.81	0.50	7.22	10.35

四、資料處理

本研究使用資料自TIMSS官網 (<https://timss2019.org/international-database/>) 下載，並參考Mullis等人 (2020) 彙編的TIMSS 2019測驗成果。TIMSS資料屬於巢狀結構，學生 (第一階層) 巢套於學校 (第二階層)，適合多層次模式分析。本研究使用HLM 8.2版本軟體，採用最大概似估計法 (maximum likelihood method) 進行疊代 (iteration) 估計，所得到的估計係數基於強韌標準誤 (with robust standard errors) 作為研究結果的依據。在分析資料之前，本研究先刪除了資料有缺失的學校。為了降低可能出現的多元共線性問題，並增強截距的解釋性，本研究採用總平減 (grand centered) 方法進行分析 (邱皓政、溫福星，2009，2012)。

特別要說明的是，TIMSS 2019科學學習成就估計方式是，每位學生都有五個可能值：PV1、PV2、PV3、PV4、PV5。本研究所採取的統計軟體HLM 8.2具有PV整合之功能，可先個別估算以五個PV值為依變項的五次結果，再將五次分析之結果加以整合，得到統整後之結果。解釋上，以統整後之結果為主 (吳勁甫，2015；張毓仁等，2011)。另外，大型教育資料庫進行分析時，需考量權重問題。依據TIMSS 2019使用者指南 (Fishbein et al., 2021) 及技術報告之說明 (Martin et al., 2020)，使用TIMSS資料進行統計分析時，必須將樣本權重納入，才能計算適切的抽樣誤差，對於母群進行有效的估計及推論。因此，本研究參考相關文獻之建議 (吳勁甫，2015，2021；張毓仁等，2011；Rutkowski & Zhou, 2013)，將學生層次之權重 (total student weight：TOTWGT) 及學校層次之權重 (total school weight：SCHWGT) 納入分析。而此亦可由HLM 8.2內設權重分析之功能加以處理。

本研究採用的多層次分析模式說明如下：

(一) 隨機效果單因子變異數分析模型 (One-Way ANOVA with Random Effects，又稱零模型)：旨在探討不同學校間的科學學習成就是否存在差異，並估計影響2019年臺灣國中生科學學習成就的總變異量中，有多少是由學校之間的差異所引起。

(二) 隨機係數迴歸模型 (random-coefficients regression model)：用於分析學生層次變項是否能解釋各校學生科學學習成就的差異，並探討學生層次變項

在各校之間對學習成就的影響程度。

(三) 以平均數為結果的迴歸模型 (means-as-outcomes regression) : 用來分析學校層次的組織因素對學生科學學習成就的影響。

(四) 脈絡模型 (contextual model) : 將第一層解釋變項的平均值作為第二層的脈絡變項, 探討學校層次的脈絡因素對學生科學學習成就的影響。

(五) 完整模型 (full model) : 分析跨層級解釋變項之間的交互作用, 探討影響學生科學學習成就的多層次因素。

肆、研究結果與討論

一、零模型檢定

(一) 各校科學學習成就平均表現

為瞭解參與TIMSS 2019學校學生科學學習成就差異, 將各校學生平均科學學習成就以圖形呈現 (以PV1為例), 如圖2所示。圖中顯示各學校的平均科學學習成就在高低起伏的線條中有明顯差異, 代表學校之間的成就水準不一, 最佳與最差學校的平均科學學習成就相差202.37分 (最低分為475.02分, 最高分為677.39分)。

此外, 本研究也將203所學校的截距項繪製如圖3所示 (以PV1為例)。由圖可看出, 各校科學學習成就平均值不一樣。圖中展示了根據第二層模式迴歸係數, 透過實證貝氏方法所估計出的係數及其95%的信賴區間。各校的結果按學校編號排序, 可清楚觀察到截距項在不同學校之間的波動, 顯示203所學校的平均科學學習成就存在差異。

(二) 零模型檢定結果

檢定結果如表3, 由表可看出, 203所學校學生科學學習成就平均數 (r_{00}) 為560.80, 標準誤為3.49 ($p < .001$)。在階層二隨機效果的 χ^2 為1135.21, $df = 202$ ($p < .001$), 拒絕 τ_{00} 為0的虛無假設, 說明各校學生科學學習成就之間具明顯差異。

圖2

TIMSS 2019學校學生平均科學學習成就分布（以PV1為例）

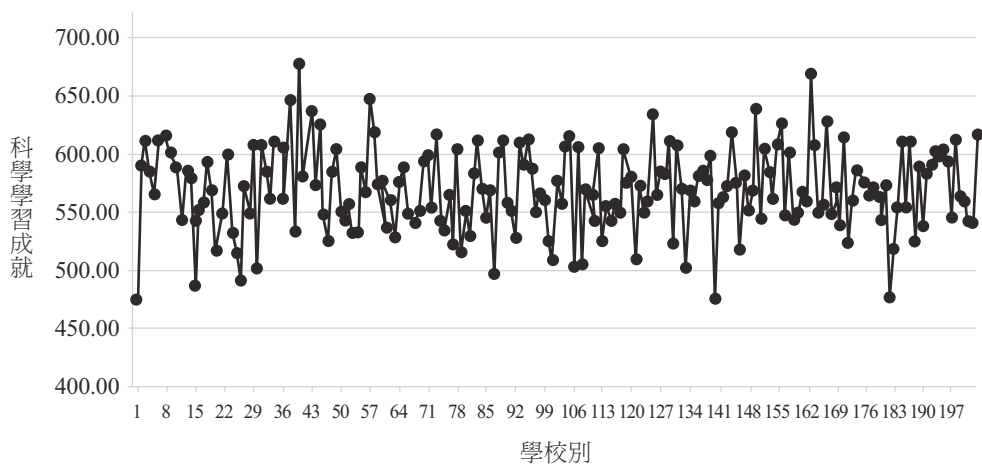


圖3

以第二層模式迴歸係數的實證貝式之科學學習成就截距項分布（以PV1為例）

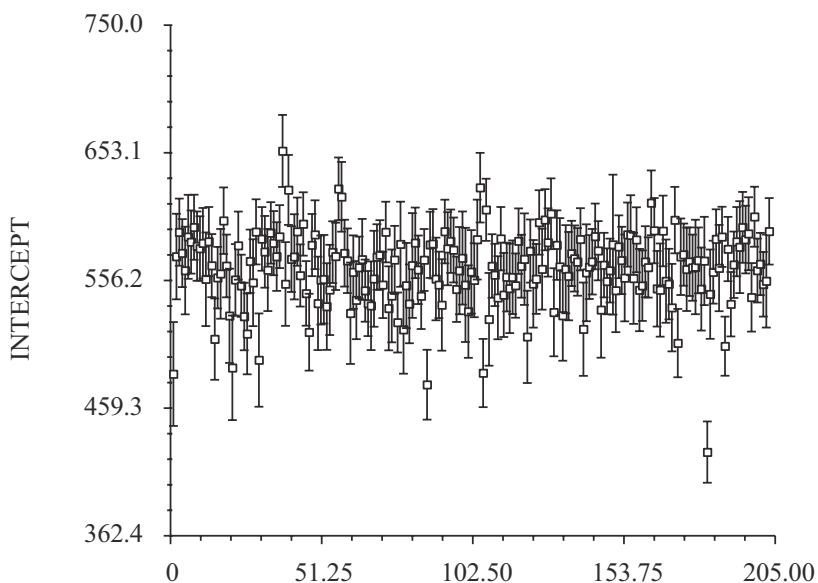


表3

科學學習成就在隨機效果的單因子變異數分析

固定效果		係數	估計標準誤	t值
科學學習成就				
階層二	學校的科學學習成就之平均數 r_{00}	560.80	3.49	160.82***
隨機效果		變異數	df	χ^2
階層二	校間的科學學習成就 u_{0j} (τ_{00})	1040.55	202	1135.21***
階層一	校內的科學學習成就 ε_{ij} (σ^2)	5886.90		

*** $p < .001$.

階層二在科學學習成就上，各校間科學學習成就變異數 $\tau_{00} = 1040.55$ ，各校內科學學習成就變異數 $\sigma^2 = 5886.90$ ，組內相關係數 $\rho = 1040.55 / (1040.55 + 5886.90) = .15$ ，其模式的 $\rho > .138$ 代表具有高度相關程度。此外，組內相關係數可作為組間變異數與總變異數（組間變異數加組內變異數）的相對程度或解釋力（ R^2 ）。以臺灣參與TIMSS 2019來說，因參與施測學校之間的學習成就差異大，僅用具隨機效果的變異數分析來比較各校之間學習成就差異，就能夠解釋15%（各校之間的差異占總變異數的15%），它也說明有85%是校內差異所造成，可見臺灣參與TIMSS 2019的學習成就差異除了是由各校間之差異所造成的之外，還有其他變項可以解釋。

二、隨機係數迴歸模型檢定

如表4所示，在固定效果中，除了重視科學外，學生的家庭資源、喜歡科學與科學自信都達到統計顯著水準（ $p < .001$ ），可見學生的家庭資源愈豐富、愈喜歡科學與科學自信愈高，科學學習成就愈好。從這些變項來看，家庭資源對科學學習成就的影響力最高、科學自信的影響力第二，喜歡科學的影響力則較低。

階層二的隨機效果中， $\tau_{00} = 643.72$ ， $df = 202$ ， $\chi^2 = 759.00$ （ $p < .001$ ），代表納入學生層級四個變項對科學學習成就的預測，各校科學學習成就的平均值仍有明顯不同。

表4
科學學習成就在隨機係數迴歸模型分析

固定效果	係數	估計標準誤	t值
β_0			
階層二 學校的科學學習成就之平均數 r_{00}	564.81	3.21	175.90***
β_1			
家庭資源對科學學習成就之影響 r_{10}	13.90	1.15	12.08***
喜歡科學對科學學習成就之影響 r_{20}	5.87	1.39	4.22***
科學自信對科學學習成就之影響 r_{30}	7.18	1.02	7.03***
重視科學對科學學習成就之影響 r_{40}	2.10	1.67	1.25
隨機效果	變異數	df	χ^2
階層二 校間的平均科學學習成就 u_{0j} (τ_{00})	643.72	202	759.00***
各校間家庭資源 u_{1j}	28.24	202	315.97***
各校間喜歡科學 u_{2j}	48.18	202	287.58***
各校間科學自信 u_{3j}	24.63	202	299.67***
各校間重視科學 u_{4j}	82.48	202	379.56***
階層一 校內的平均科學學習成就 ϵ_{ij} (σ^2)	4469.97		

*** $p < .001$.

三、以平均數為結果的迴歸模型檢定

學校層次組織因素對學生科學學習成就的影響在估計之後，如表5所示，重視學業對科學學習成就有正向顯著影響 ($p < .001$)，代表學校愈重視學業，該校學生科學學習成就愈高。紀律安全則無顯著影響。

階層二的隨機效果中， $\tau_{00} = 638.43$ ， $df = 200$ ， $\chi^2 = 775.38$ ($p < .001$)，代表除了這兩個變項之外，各校平均科學學習成就的差異，還有其他變項可以解釋。

表5

科學學習成就在以平均數為結果的迴歸模型分析

固定效果	係數	估計標準誤	t值
β_0			
階層二 學校的科學學習成就之平均數 r_{00}	565.60	2.75	205.61***
紀律安全對各校平均科學學習成就影響 r_{01}	2.39	1.62	1.48
重視學業對各校平均科學學習成就影響 r_{02}	9.82	1.41	6.97***
隨機效果	變異數	df	χ^2
階層二 校間的平均科學學習成就 $u_{0j} (\tau_{00})$	638.43	200	775.38***
階層一 校內的平均科學學習成就 $\varepsilon_{ij} (\sigma^2)$	5882.40		

*** $p < .001$.

四、脈絡模型檢定

分析如表6，在固定效果中，脈絡變項達到顯著水準的部分只有家庭資源，亦即，在各校都有一樣的學習成就之下，家庭資源愈多，學習成就愈好。在隨機係數迴歸模型中，家庭資源、喜歡科學與科學自信都達到統計顯著水準，但喜歡科學與科學自信在此模型中卻沒有達到顯著水準，可能是因為學生家庭資源在學校中具有共同經驗或相近特性，形成脈絡效果。這是分析影響臺灣國中學生科學學習成就因素，從脈絡變項找到影響的變項，值得未來研究重視與作為輔導學生學習的參考。

在階層二的隨機效果中， $\tau_{00} = 381.253$ ， $df = 198$ ， $\chi^2 = 552.816$ ($p < .001$)，代表納入變項對科學學習成就的預測，臺灣國中各校科學學習成就的平均值明顯不同，這與上述隨機係數迴歸模型的結果一致。

五、完整模式——跨層次變項的交互作用檢定

為檢驗影響臺灣國中八年級學生科學學習成就的跨層次解釋變項之間的交互作用，本研究採用完整模式進行分析。交互作用的確定需要兩個變項的交互作用係數達到統計顯著水準，同時，其對應的投入變項也必須顯示統計顯著性。經過分析紀律安全和重視學業對學生科學學習成就的交互作用後，結果顯示紀律安全未同時滿足這兩個條件，因此不具備交互作用效果。如表7所示。

表6
科學學習成就之脈絡模型分析

固定效果	係數	估計標準誤	t值
β_0			
階層二 學校的科學學習成就之平均數 r_{00}	568.722	2.243	253.537***
各校平均家庭資源對科學學習成就影響 r_{01}	19.560	3.790	5.161***
各校平均喜歡科學對科學學習成就影響 r_{02}	-4.901	5.835	-0.840
各校平均科學自信對科學學習成就影響 r_{03}	-0.014	6.043	-0.002
各校平均重視科學對科學學習成就影響 r_{04}	-4.872	5.817	-0.838
β_1			
家庭資源對科學學習成就之影響 r_{10}	12.529	1.233	10.159***
喜歡科學對科學學習成就之影響 r_{20}	5.886	1.414	4.163***
科學自信對科學學習成就之影響 r_{30}	7.195	1.048	6.867***
重視科學對科學學習成就之影響 r_{40}	2.490	1.635	1.523
隨機效果	變異數	df	χ^2
階層二 校間的平均科學學習成就 u_{0j} (τ_{00})	381.253	198	552.816***
各校間家庭資源 u_{1j}	23.754	202	307.990***
各校間喜歡科學 u_{2j}	47.045	202	287.331***
各校間科學自信 u_{3j}	23.760	202	299.338***
各校間重視科學 u_{4j}	81.333	202	379.670***
階層一 校內的平均科學學習成就 ε_{ij} (σ^2)	4474.757		

*** $p < .001$.

表7
影響科學學習成就之完整模型分析（加入紀律安全）

固定效果	係數	估計標準誤	t值
β_0			
階層二 學校的科學學習成就之平均數 r_{00}	568.44	2.18	261.07***
紀律安全對科學學習成就影響 r_{01}	4.04	1.31	3.07**
各校平均家庭資源對科學學習成就影響 r_{02}	19.26	3.67	5.25***

(續下頁)

固定效果	係數	估計標準誤	t值
各校平均喜歡科學對科學學習成就影響 r_{03}	-5.94	5.92	-1.00
各校平均科學自信對科學學習成就影響 r_{04}	0.71	5.70	0.12
各校平均重視科學對科學學習成就影響 r_{05}	-3.44	5.53	-0.62
β_1			
家庭資源對科學學習成就之影響 r_{10}	12.50	1.25	9.98***
紀律安全之於家庭資源對科學學習成就之影響 r_{11}	-1.00	0.67	-1.49
喜歡科學對科學學習成就之影響 r_{20}	5.98	1.37	4.37***
紀律安全之於喜歡科學對科學學習成就之影響 r_{21}	-1.48	0.79	-1.87
科學自信對科學學習成就之影響 r_{30}	7.19	1.07	6.73***
紀律安全之於科學自信對科學學習成就之影響 r_{31}	0.15	0.60	0.26
重視科學對科學學習成就之影響 r_{40}	2.40	1.58	1.52
紀律安全之於重視科學對科學學習成就之影響 r_{41}	1.71	0.92	1.87
隨機效果	變異數	df	χ^2
階層二 校間的平均科學學習成就 u_{0j} (τ_{00})	334.15	197	524.87***
各校間家庭資源 u_{1j}	24.09	201	304.70***
各校間喜歡科學 u_{2j}	41.28	201	283.47***
各校間科學自信 u_{3j}	23.69	201	298.55***
各校間重視科學 u_{4j}	70.88	201	365.83***
階層一 校內的平均科學學習成就 ε_{ij} (σ^2)	4466.84		

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

檢視重視學業，則有變項達到上述條件，如表8所示。在固定效果中，因重視科學對科學學習成就之影響 (r_{40}) 迴歸係數為3.12， t 值為2.21，達到 $p < .05$ ；同時在學校層次解釋變項重視學業之於重視科學對科學學習成就之影響 (r_{41})，其迴歸係數為2.15， t 值為2.60，達到 $p < .05$ ，二者都達到顯著水準，因此可確定重視學業具有調節重視科學對科學學習成就影響之作用，且因其係數為2.15，其值為正，為正向調節，代表重視學業每增加1分，重視科學對科學學習成就之影響就會增加2.15分，表示愈重視學業的學校，重視科學對科學學習成就影響愈大。重視學業、重視科學與科學學習成就交互作用如圖4所示，實線為高重視學業學校，實線呈45度右上延伸，為正向調節，在高重視學業學校，學生愈重視科

學，科學學習成就愈好；虛線為低重視學業學校，虛線右下傾斜，為負向調節，在低重視學業學校，學生愈重視科學，科學學習成就反而下降。為何有此現象？有待進一步討論。

表8

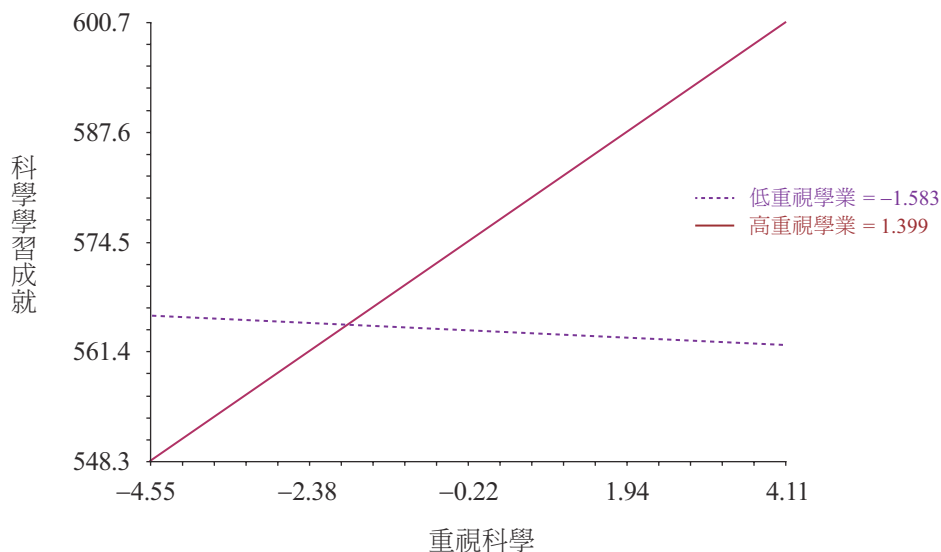
影響科學學習成就之完整模型分析（加入重視學業）

固定效果	係數	估計標準誤	t值
β_0			
階層二 學校的科學學習成就之平均數 r_{00}	569.99	2.22	256.76***
重視學業對科學學習成就影響 r_{01}	3.80	1.27	3.00**
各校平均家庭資源對科學學習成就影響 r_{02}	15.29	3.93	3.89***
各校平均喜歡科學對科學學習成就影響 r_{03}	-5.63	5.79	-0.97
各校平均科學自信對科學學習成就影響 r_{04}	1.00	5.85	0.17
各校平均重視科學對科學學習成就影響 r_{05}	-4.02	5.74	-0.70
β_1			
家庭資源對科學學習成就之影響 r_{10}	12.46	1.18	10.60***
重視學業之於家庭資源對科學學習成就之影響 r_{11}	-0.18	0.56	-0.316
喜歡科學對科學學習成就之影響 r_{20}	5.46	1.32	4.14***
重視學業之於喜歡科學對科學學習成就之影響 r_{21}	-1.27	0.67	-1.90
科學自信對科學學習成就之影響 r_{30}	7.13	1.03	6.91***
重視學業之於科學自信對科學學習成就之影響 r_{31}	-0.35	0.59	-0.59
重視科學對科學學習成就之影響 r_{40}	3.12	1.41	2.21*
重視學業之於重視科學對科學學習成就之影響 r_{41}	2.15	0.83	2.60*
隨機效果	變異數	df	χ^2
階層二 校間的平均科學學習成就 u_{0j} (τ_{00})	351.37	197	536.80***
各校間家庭資源 u_{1j}	25.42	201	307.68***
各校間喜歡科學 u_{2j}	42.35	201	284.49***
各校間科學自信 u_{3j}	23.19	201	299.37***
各校間重視科學 u_{4j}	66.04	201	254.35***
階層一 校內的平均科學學習成就 ε_{ij} (σ^2)	4468.52		

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

圖4

重視學業在重視科學與科學學習成就之間的交互作用



六、綜合討論

本研究以臺灣參加TIMSS 2019資料對影響國中學生科學學習成就之相關因素進行分析，針對研究結果，綜合討論如下：

（一）學校之間的差異在解釋科學學習成就變異量時不可忽略

從零模型來看，臺灣國中的203所學校，各學校之間的差異可以解釋學生科學學習成就的變異量有15%，代表分析臺灣國中科學學習成就，各校之間的差異是不可忽略的因素。在解釋學生科學學習成就時，應瞭解各校之間差異，不能僅從學生因素與學校環境或相關的背景來解釋。

（二）學生層次的家庭資源、喜歡科學與科學自信對學生科學學習成就有正向顯著影響，重視科學則否

本研究結果發現，家庭資源、喜歡科學與科學自信對學生科學學習成就有正向顯著影響。家庭資源對科學學習成就的影響，與Chiu（2007）、Notten與Kraaykamp（2009）、陶韻婷（2006）、張芳全（2021）及李沛薇（2023）的

研究結果一致，接受 H_1 。研究結果也支持Bourdieu的文化資本理論及Teachman（1987）的論點，表示擁有較多家庭文化資本能提供學生更多的學習資源，可提高他們的科學學習成就。喜歡科學對科學學習成就的影響，和Lee與Brophy（1996）及Greene等人（2004）、李世鴻（2004）、吳坤璋等人（2005）的研究一致，接受 H_2 ；科學自信對學生科學學習成就的影響，和鄭士鴻（2005）、陳政帆（2006）、葛湘璋與何素美（2018）及張芳全（2021）一致，接受 H_3 。因此，學生的學習動機，包含對學習內容的興趣、展現學習的自信，確實會影響學習成就，也就是當學生愈喜歡科學、科學自信愈高，科學學習成就愈好。重視科學對科學學習成就的影響未達顯著水準，與相關研究不一致，拒絕 H_4 ，推測重視科學偏向學生價值信念，和學生學習能力與學習內容無直接關係，因此，對科學學習成就無直接影響。

（三）學校層次重視學業對科學學習成就具顯著效果，紀律安全則否

本研究結果發現，重視學業對科學學習成就具顯著效果，和Nolen與Haladyna（1990）、Yavuz等人（2017）、陳美好（2006）及張芳全（2021）的研究一致，接受 H_6 ，代表當學校愈重視學業，校長、教師、家長與學生對科學學習具有高度期望，學校、家庭間的合作與支持強化於此之間的共識，共同營造積極向上的科學學習氛圍，進而便可促進學生科學學習成就的成長。本研究在紀律安全對科學學習成就未達顯著效果，與李懿芳等人（2010）關於校長回應校園安全感對學習成就的解釋力未達顯著一致，但與李懿芳等人對於學生個人及平均知覺的校園安全觀感對數學及科學學習成就的解釋力達統計顯著水準，以及與Gresham（2008）、蔡佳燕（2007）及謝琬如（2011）的發現不同，拒絕 H_5 ，推論紀律安全雖然營造學生校園安全感，但對科學學習的概念與操作沒有直接相關，因此無法適切地展現在科學學習上，所以對科學學習成就沒有顯著影響。

（四）學校層次的平均家庭資源脈絡變項，對科學學習成就有正向顯著影響

本研究結果發現，學校層次的平均家庭資源脈絡變項對科學學習成就有正向顯著影響。平均家庭資源對科學學習成就有正向顯著影響，和Harker與Tymms（2004）認為平均學生家庭社會階層正向影響學習成就，以及張芳全（2010）所

提文化資本的集體脈絡效果正向影響學習成果的結論類似，接受 H_7 。平均喜歡科學、平均科學自信與平均重視科學等脈絡變項未達顯著效果，拒絕 H_8 、 H_9 與 H_{10} 。在隨機係數迴歸模型中，以上四個脈絡變項都達到顯著水準，但在脈絡模型卻只有平均家庭資源達到統計顯著水準，代表學生家庭資源在學校中有共同經驗或相近特性，資料結構具有巢套性，是影響科學學習成就的重要因素。

（五）完整模型加入重視學業在重視科學上具跨層級交互作用存在

本研究透過完整模型進行分析，分別以紀律安全與重視學業對學生科學學習成就進行跨層級交互作用檢定，因紀律安全沒有同時滿足兩個變項交互作用係數達到統計顯著水準，以及與其所對應的自變項也達統計顯著水準之條件，代表紀律安全與學生家庭資源、喜歡科學、科學自信及重視科學對科學學習成就皆未有顯著調節效果，因此拒絕 H_{11} 、 H_{12} 、 H_{13} 、 H_{14} ，表示紀律安全沒有跨層級的交互作用存在。在重視學業部分，因重視學業與家庭資源、喜歡科學及科學自信對科學學習成就皆未有顯著調節效果，拒絕 H_{15} 、 H_{16} 、 H_{17} 。但重視學業與重視科學具有滿足兩個變項交互作用係數達到統計顯著水準，以及與其所對應的自變項也達統計顯著水準之條件，代表重視學業具有調節重視科學對科學學習成就之作用，表示重視學業與重視科學具有跨層級交互作用存在，且因估計值為正向，代表為正向調節效果：在愈重視學業的學校，重視科學對科學學習成就的影響愈大，此與莊楹熾（2017）所提學校風氣具有正向調節學習動機對數學學習成就的結論類似，接受 H_{18} 。本研究發現，重視科學對學習成就無顯著影響，但在重視學業的學校，學生愈重視科學，成就愈高。科學通常需要較多的實驗和觀察，對學生的準確性和邏輯思維要求也較高，如果學校重視學業，有可能提供更好的教學資源並透過多元活動激發學生學習興趣，因此，當學生重視科學且在重視學業的學校接受科學教育時，他們有可能受益於更好的教學資源和學習氛圍，因此，提高學習成就。本研究亦發現，在低重視學業的學校，學生愈重視科學，成就反而下降。根據期望價值理論（Eccles et al., 1983），學校重視學業會影響學生對成功的期望，重視學業的環境能提升學生學習動力，但在低重視學業的學校中，學習氛圍可能較為鬆散，教師和同儕支持較少，這會削弱學生學習動機，甚至形成一種「反學校文化」（吳瓊洳，1999），即使學生個人高度重視科學，也可能因為

學校文化的負面影響，無法實現他們的學習期望，進而導致學習成績下降。

伍、結論與建議

一、結論

(一) 各學校之間的差異在解釋學生科學學習成就時是不可忽視的

本研究結果顯示，臺灣國中各校之間的差異解釋了學生科學學習成就變異的15%，這代表學校間的差異是一個不可忽視的因素，因此，未來對科學學習成就的研究應特別關注此點。

(二) 學生層次：家庭資源、喜歡科學與科學自信為影響科學學習成就重要因素

本研究結果發現，學生家庭資源愈豐富、愈喜歡科學、科學自信愈高，科學學習成就愈好，本研究支持文化資本理論、自我決定論與自我效能論等學習動機理論。此外，家庭資源影響科學學習成就最高，其次是科學自信，最後為喜歡科學。

(三) 學校層次：學校愈重視學業，科學學習成就愈好

本研究結果顯示，學校愈重視學業，學生的科學學習成就也愈佳；學校層次的紀律安全對科學學習成就則未顯示出明顯的預測能力。這代表科學學習成就與學校的學習風氣密切相關，因此，學校應重視建立良好的學習氛圍。雖然紀律安全與科學學習成就之間沒有直接關係，但提供一個安全穩定的學習環境同樣不可忽視。

(四) 學校層次：家庭資源集體脈絡效果正向影響科學學習成就

本研究發現，各校學生平均家庭資源對科學學習成就有顯著影響，而平均喜歡科學、平均科學自信與平均重視科學等脈絡變項則不顯著，這表示學生平均家庭資源是影響科學學習成就的重要因素，當學校和家庭資源相互協調並共同發揮作用時，可以產生脈絡效果：這種效果包括學生在學校環境中發揮家庭資源的優勢，以及學校藉由提供良好的學習資源和環境來增強學生的家庭資源，這種協同

作用可以提高學生的學習動機、學業成績和整體發展。

（五）跨層級交互作用：重視學業調節重視科學對科學學習成就影響

本研究發現，臺灣國中學生的科學學習成就受到跨層級變項的影響，學校對學業重視正向調節學生對科學的重視與科學學習成就。這意味著在重視學業的學校，學生對科學的重視有助於提升科學學習成就。相反地，在低重視學業學校，學校文化的負面影響可能削弱學生學習動機，影響學習效果。因此，學校學習氛圍與學生學習動機之間的交互作用是影響學習成就的關鍵，若二者不協調，將導致學習成效下降。

二、建議

（一）對國中科學學習成就的掌握，應當關注學校之間的差異

在對科學學習成就的理論與實務進行理解時，不能僅以單一層面因素分析；相對地，若要瞭解各校科學學習成就，除了進行學生、家庭、學校等因素分析，更應有跨校差異的觀念，尤其臺灣國中分布各縣市，人口差異大，如果沒有考量地區發展及學校差異，可能無法掌握全貌。

（二）家庭及學校應發展學生科學學習興趣、建立科學自信

本研究在學生層次發現學生學習動機（喜歡科學與科學自信）是影響科學學習成就的重要因素，建議家庭及學校教師平時能鼓勵學生投入科學學習，運用獎勵或鼓勵同儕之間相互激勵方式提高學習投入，透過探究式教學或實驗性操作等方式發展學生科學學習興趣，並藉由學生交流互動累積科學自信的共同經驗，帶動正向學習氛圍，如此將有助整體科學學習成就的提升。

（三）學校、教師及家長應重視學生家庭資源及其脈絡效果對科學學習成就的影響

本研究發現家庭資源是影響科學學習成就的重要因素，家長應重視文化資本與學習資源對學生學習的重要性，學校及教師亦應關心學生家庭狀況，透過補救教學、差異化教學等方式提供適當協助，彌補弱勢學生家庭資源之不足。本研究在學校層次脈絡變項上亦發現學生平均家庭資源對科學學習成就之正向顯著影響，表示學生平均家庭資源的共同經驗對科學學習成就是重要因素，學校與學生

家庭資源的脈絡效果是一種相互作用的結果，建議學校與家庭雙方積極合作，共同營造良好的學習環境與支持系統，提供學生更好的學習條件與發展機會。

（四）學校應重視學業，並建立學生科學學習正向價值觀念

本研究發現學校愈重視學業，學生科學學習成就愈好，學校應重視親師生的合作與協作，共同營造積極向上的學習氛圍。本研究亦發現個體信念與集體環境之相互影響能正向帶動科學學習成就的提升，建議學校提供良好學習環境、減少干擾並提供必要學習資源；規劃多樣科學課程，培養學生多元興趣；提供個別化輔導，協助解決學習困難，並鼓勵學生自主學習；透過各種科學競賽、專題研究等科學活動，培養科學學習興趣和動力。透過學習活動的整體規劃，幫助學生建立科學學習正向價值觀念，使他們在學業上獲得成就並發展自己的未來。

（五）未來研究建議

本研究受到資料庫限制，在科學學習成就上主要從文化資本、學習動機與學校效能方面進行探究，由於影響科學學習成就的因素相當多元，例如城鄉差距、學校規模、教學資源等，未來研究若有上述資料，亦可納入分析。此外，臺灣已有多次參加TIMSS施測經驗，若能針對不同年代科學學習成就進行分析，將可更瞭解臺灣學生科學學習成就不同年代的發展情形。

DOI: 10.6910/BER.202412_70(4).0002

參考文獻

- 王呈隆（2017）。*The importance of context for adolescents' motivational beliefs in science learning and their relationships with science achievement: Results from Taiwanese TIMSS data*（系統編號：105NCU05464007）[碩士論文，國立中央大學]。臺灣博碩士論文知識加值系統。
- [Wang, C.-L. (2017). *The importance of context for adolescents' motivational beliefs in science learning and their relationships with science achievement: Results from Taiwanese TIMSS data* (Order No. 105NCU05464007) [Master's thesis, National Central University]. National Digital Library of Theses and Dissertations in Taiwan.]
- 吳坤璋、黃台珠、吳裕益（2005）。影響中小學學生科學學習成就的因素之比較研究。

教育心理學報，37（2），147-171。https://doi.org/10.6251/bep.20051115

[Wu, K.-Z., Huang, T.-Z., & Wu, Y.-Y. (2005). A comparative study of factors affecting science learning achievement of students in different grade levels. *Bulletin of Educational Psychology*, 37(2), 147-171. https://doi.org/10.6251/bep.20051115]

吳勁甫（2015）。校長領導、學校氣氛對學生閱讀素養影響之多層次分析：以PISA 2009台灣之資料為例。教育政策論壇，18（2），89-123。https://doi.org/10.3966/156082982015051802004

[Wu, J.-F. (2015). The effects of principal's leadership and school climate on student's reading literacy: A multilevel analysis of Taiwan's data from PISA 2009. *Educational Policy Forum*, 18(2), 89-123. https://doi.org/10.3966/156082982015051802004]

吳勁甫（2021）。從PISA 2012臺灣資料探究校長領導、學校氣氛對學生數學素養直接和間接影響作用：多層次結構方程模式之分析。教育政策論壇，24（2），33-73。https://doi.org/10.3966/156082982021052402002

[Wu, J.-F. (2021). Exploring the direct and indirect effects of principal's leadership and school climate on student's mathematical literacy from PISA 2012 Taiwan data: An analysis of multilevel structural equation modeling. *Educational Policy Forum*, 24(2), 33-73. https://doi.org/10.3966/156082982021052402002]

吳清山（1988）。追求卓越的教育——學校效能模式初探。師友月刊，255，24-25。https://doi.org/10.6437/em.198809.0024

[Wu, Q.-S. (1988). Striving for excellence in education: A preliminary exploration of the school effectiveness model. *The Educator Bimonthly*, 255, 24-25. https://doi.org/10.6437/em.198809.0024]

吳清山（1992）。學校效能研究。五南。

[Wu, Q.-S. (1992). *School effectiveness research*. Wu-Nan Book.]

吳瓊洳（1999）。學生反學校文化（Counter-School Cultures）之研究。教育資料與研究，30，48-55。

[Wu, C.-J. (1999). A study on student counter-school cultures. *Educational Resources and Research*, 30, 48-55.]

巫博瀚、賴英娟（2011）。性別、自我效能、工作價值、科學素養及學校層次因素對臺灣青少年學習情緒之影響：個人與情境交互作用之多層次分析。教育科學研究期刊，56（3），119-149。

[Wu, P.-H., & Lai, Y.-C. (2011). The impact of gender, self-efficacy, task value, scientific

literacy, and school-level factors on Taiwanese teenagers' academic emotions: A multilevel analysis of person-context interactions. *Journal of Research in Education Sciences*, 56(3), 119-149.]

李世鴻（2004）。學習動機對學習成就之影響——國中學生學習理化科之狀況分析[未出版之碩士論文]。國立臺灣師範大學。

[Li, S.-H. (2004). *A study of the influence with achievement of learning motivation— The state analysis of the junior-high school student's studies of physics and chemistry subject* [Unpublished master's thesis]. National Taiwan Normal University.]

李沛薇（2023）。國小四年級學生自我效能、文化資本與科學學習成就關係之研究——以TIMSS 2019調查分析（系統編號：111CYCU0331021）[碩士論文，中原大學]。臺灣博碩士論文知識加值系統。

[Lee, P.-W. (2023). *A study on the influence of self-efficacy and cultural capital on science learning achievement of fourth-grade elementary school students: Taking TIMSS 2019 as an Example* (Order No. 111CYCU0331021) [Master's thesis, Chung Yuan University]. National Digital Library of Theses and Dissertations in Taiwan.]

李懿芳、江芳盛、蔡佳燕（2010）。校園安全觀感與國小學生數學及科學學業成就之相關研究。*教育學刊*，35，9-128。https://doi.org/10.6450/er.201012.0099

[Li, Y.-F., Jiang, F.-H., & Cai, J.-Y. (2010). A study of the correlation between perceptions of school safety and elementary students' mathematics and science performance. *Educational Review*, 35, 9-128. https://doi.org/10.6450/er.201012.0099]

林信言（2017）。國小學生閱讀成就影響因素之多層次模型分析——以臺灣與新加坡PIRLS 2011為例（系統編號：105NTPT0576021）[博士論文，國立臺北教育大學]。臺灣博碩士論文知識加值系統。

[Lin, H.-Y. (2017). *An analysis of multi-level model of influencing factors on reading achievements of elementary school students: Evidence from Taiwan and Singapore PIRLS 2011* (Order No. 105NTPT0576021) [Doctoral thesis, National Taipei University of Education]. National Digital Library of Theses and Dissertations in Taiwan.]

林素微、吳正新、洪碧霞（2013）。課室教學活動對數學學習成就解釋力之探討：以TIMSS 2007臺灣資料為例。*測驗統計年刊*，21，41-59。

[Lin, S.-W., Wu, J.-S., & Hung, P.-H. (2013). Relationships between instructional factors and mathematics achievement of students in Taiwan: An analysis of TIMSS 2007. *Journal of Research on Measurement and Statistics*, 21, 41-59.]

邱皓政、溫福星（2007）。脈絡效果的階層線性模型分析：以學校組織創新氣氛與教師創意表現為例。*教育與心理研究*，**30**（1），1-35。

[Chiou, H.-J., & Wen, F.-H. (2007). Hierarchical linear modeling of contextual effects: An example of organizational climate of creativity at schools and teacher's creative performance. *Journal of Education & Psychology*, *30*(1), 1-35.]

邱皓政、溫福星（2009）。多層次模型方法論：階層線性模式的關鍵議題與試解。*臺大管理論叢*，**19**（2），263-294。https://doi.org/10.6226/NTURM2009.19.2.263

[Chiou, H.-J., & Wen, F.-H. (2009). Methodology of multilevel modeling: The key issues and their solutions of hierarchical linear modeling. *NTU Management Review*, *19*(2), 263-294. https://doi.org/10.6226/NTURM2009.19.2.263]

邱皓政、溫福星（2012）。多層次模型方法論：階層線性模式的關鍵問題與試解。前程文化。

[Chiou, H.-J., & Wen, F.-H. (2012). *Methodology of multilevel modeling: The key issues and solutions of hierarchical linear modeling*. Vital Wellspring.]

姜繼旺（2024）。臺灣八年級生家庭學習資源、學習動機、自我教育期望與學習自信對數學學習成就影響之研究——以TIMSS2019為例。*學校行政*，**150**，114-136。https://doi.org/10.6423/hhhc.202403_(150).0005

[Jiang, J.-W. (2024). The influence of family learning resources, learning motivation, self-education expectations and self-confidence on Taiwanese 8th graders' mathematics learning achievement: Basis TIMSS 2019. *School Administration*, *150*, 114-136. https://doi.org/10.6423/hhhc.202403_(150).0005]

洪川富（2008）。家庭作業完成時間與頻率對學習成就的影響之研究——TIMSS 2003臺灣數學科資料的階層線性模式分析[未出版之碩士論文]。國立政治大學。

[Hung, C.-F. (2008). *The effects of homework time and homework frequency on academic achievement: A hierarchical linear modeling analysis using the TIMSS 2003 mathematics data of Taiwan* [Unpublished master's thesis]. National Chengchi University.]

紀馥安（2012）。影響四年級學生科學成績之因素探討：以台灣、香港、新加坡參與TIMSS 2007數據為証（系統編號：100NCHU5212008）[碩士論文，國立中興大學]。臺灣博碩士論文知識加值系統。

[Chi, F.-A. (2012). *Factors affect on the fourth grade students' science achievements: Evidence from TIMSS 2007 data among Taiwan, Hong Kong and Singapore* (Order No. 100NCHU5212008) [Master's thesis, National Chung Hsing University]. National Digital

Library of Theses and Dissertations in Taiwan.]

張芳全（2010）。多層次模型在學習成就之研究。心理。

[Chang, F.-C. (2010). *Research on multilevel models in learning achievement*. 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**，59-85。

[Chang, F.-C. (2016). A multi-level study on school effectiveness in Taiwanese junior schools: Evidence from TIMSS 2011. *Journal of Education National Changhua University of Education*, 30, 59-85.]

張芳全（2021）。臺灣八年級男女學生科學成就因素之研究——多層次模式分析。學校行政，**136**，1-34。https://doi.org/10.6423/hhhc.202111_(136).0001

[Chang, F.-C. (2021). The factors of scientific achievement of male and female students in grade 8 in Taiwan: A multi-level model analysis. *School Administrators*, 136, 1-34. https://doi.org/10.6423/hhhc.202111_(136).0001]

張春興（1996）。教育心理學：三化取向的理論與實踐。東華。

[Chang, C.-X. (1996). *Educational psychology: Theory and practice of the three-approach orientation*. Donghua.]

張郁雯（2008）。對比效應對學業自我概念之影響——發展的觀點。教育心理學報，**40**（1），23-37。https://doi.org/10.6251/bep.20071206

[Chang, Y.-W. (2008). Big-fish-little-pond effect on academic self-concept: A developmental perspective. *Journal of Educational Psychology*, 40(1), 23-37. https://doi.org/10.6251/bep.20071206]

張凌嘉（2021）。學習興趣和自信對中年級學生數學成就成長率的影響。臺灣數學教育期刊，**8**（2），77-106。https://doi.org/10.6278/tjme.202110_8(2).003

[Chang, L.-C. (2021). Learning interests and confidence on mathematics achievement growth in intermediate grades. *Taiwan Journal of Mathematics Education*, 8(2), 77-106. https://doi.org/10.6278/tjme.202110_8(2).003]

張毓仁、柯華葳、邱皓政、歐宗霖、溫福星（2011）。教師閱讀教學行為與學生閱讀態度和閱讀能力自我評價對於閱讀成就之跨層次影響：以PIRLS 2006為例。教育科學研究期刊，**56**（2），69-105。https://doi.org/10.3966/2073753X2011065602003

[Chang, Y.-J., Ko, H.-W., Chiou, H.-J., Ou, T.-L., & Wen, F.-H. (2011). The cross-level effects of teachers' reading instruction, students' reading attitude, and self-assessment in reading proficiency on students' reading achievement: A multilevel study of PIRLS

2006. *Journal of Research in Education Sciences*, 56(2), 69-105. <https://doi.org/10.3966/2073753X2011065602003>

莊淑芬、盧秀琴（2021）。學生及學校因素對合作式問題解決表現之多層級分析。測驗學刊，68（3），175-207。

[Chuang, S.-F., & Lu, C.-C. (2021). Multilevel analysis of student and school factors on CPS performance in Taiwan. *Psychological Testing*, 68(3), 175-207.]

莊楹菱（2017）。影響臺灣八年級學生數學學習成就因素之多層次模型分析[未出版之博士論文]。國立臺北教育大學。

[Chuang, Y.-H. (2017). *The multilevel model analysis of factors that impact the mathematics learning achievement of Taiwan's eighth graders* [Unpublished doctoral dissertation]. National Taipei University of Education.]

陳依喬（2011）。臺灣八年級學生數學成就之多層次模型——以TIMSS 2007為例[未出版之碩士論文]。國立臺北教育大學。

[Chen, Y.-C. (2011). *The multilevel modeling of mathematics achievement of Taiwan eighth graders: Evidence from TIMSS 2007* [Unpublished master's thesis]. National Taipei University of Education.]

陳政帆（2006）。我國八年級學生在TIMSS2003中之科學自信心、價值觀分析。科學教育月刊，291，2-10。 [https://doi.org/10.6216/sem.200608_\(291\).0001](https://doi.org/10.6216/sem.200608_(291).0001)

[Chen, C.-F. (2006). To analyze the self-confidence in learning science and the valuing science of the eighth-grade students of Taiwan in TIMSS 2003. *Science Education Monthly*, 291, 2-10. [https://doi.org/10.6216/sem.200608_\(291\).0001](https://doi.org/10.6216/sem.200608_(291).0001)]

陳美好（2006）。從TIMSS 2003探討學習機會與學生科學學習成就之關聯[未出版之碩士論文]。國立臺灣師範大學。

[Chen, M.-Y. (2006). *The relationship between opportunity to learn and students' science achievement in TIMSS 2003* [Unpublished master's thesis]. National Taiwan Normal University.]

陶韻婷（2006）。國中生科學成就與學生背景、學校規模及城鄉之關聯性探討——以TIMSS 2003為例[未出版之碩士論文]。國立臺灣師範大學。

[Tao, Y.-T. (2006). *A study of correlation between junior students science achievements and students backgrounds, school scales and school location: Based on TIMSS 2003* [Unpublished master's thesis]. National Taiwan Normal University.]

溫福星（2006）。階層線性模式：原理、方法與應用。雙葉書廊。

- [Wen, F.-H. (2006). *Hierarchical linear modeling: Theory, method and application*. Yeh Yeh Book Gallery.]
- 葛湘璋、何素美（2018）。學生層次因素對不同科學成就學生的影響：以TIMSS 2015新加坡八年級生科學資料為實證研究。《致理學報》，38，205-238。
- [Ker, H.-K., & Ho, S.-M. (2018). The differential effects of student-level factors on the science achievement: A study of using TIMSS 2015 Singapore eighth-graders science data. *Journal of Chihlee University of Technology*, 38, 205-238.]
- 蔡佳燕（2007）。校園安全觀感對學生學習成就之影響：以TIMSS2003資料庫為例（系統編號：096NCNU0578003）[碩士論文，國立暨南國際大學]。臺灣博碩士論文知識加值系統。
- [Tsai, C.-Y. (2007). *Eighth grade students' perception on school safety and their educational achievement: A comparative study using TIMSS 2003 data* (Order No. 096NCNU0578003) [Master's thesis, National Jinan International University]. National Digital Library of Theses and Dissertations in Taiwan.]
- 鄭士鴻（2005）。由TIMSS2003的結果分析各國八年級學生科學學習成就與影響因素以及探討我國不同特質的班級理化課課堂活動[未出版之碩士論文]。國立臺灣師範大學。
- [Cheng, S.-H. (2005). *Cross-national analysis of 8-grade students' achievement and background variables in science, and investigate the differences in science lessons activities of different characteristic classes in Taiwan: Finding from TIMSS 2003* [Unpublished master's thesis]. National Taiwan Normal University.]
- 鄭文鵬（2014）。文化資本影響學業成就之研究：以臺灣地區為例（系統編號：102NTNU5332008）[博士論文，國立臺灣師範大學]。臺灣博碩士論文知識加值系統。
- [Cheng, W.-P. (2014). *A study on the effect of cultural capital on student academic achievement: The case of Taiwan* (Order No. 102NTNU5332008) [Doctoral dissertation, National Taiwan Normal University]. National Digital Library of Theses and Dissertations in Taiwan.]
- 謝琬如（2011）。亞洲五國（地區）國中生偏差行為與校園安全觀感對數學學習成就的影響——以TIMSS 2007資料庫為例（系統編號：099NCNU0578006）[碩士論文，國立暨南國際大學]。臺灣博碩士論文知識加值系統。
- [Hsieh, W.-R. (2011). *Eighth grade students' deviate behaviors, perception on school safety and their achievement in mathematics: A comparative study of five asian countries/area*

- using TIMSS 2007 data. (Order No. 099NCNU0578006) [Master's thesis, National Jinan International University]. National Digital Library of Theses and Dissertations in Taiwan.] 蕭儒棠 (2022a)。TIMSS 2019評量架構。科學教育月刊, 450, 2-15。https://doi.org/10.6216/SEM.202207_(450).0001
- [Hsiao, J.-T. (2022a). Assessment framework of TIMSS 2019. *Science Education Monthly*, 450, 2-15. https://doi.org/10.6216/SEM.202207_(450).0001]
- 蕭儒棠 (2022b)。TIMSS 2019研究設計與資料分析 (1)。科學教育月刊, 453, 2-9。https://doi.org/10.6216/SEM.202210_(453).0001
- [Hsiao, J.-T. (2022b). Research design and data analysis of TIMSS 2019 (I). *Science Education Monthly*, 453, 2-9. https://doi.org/10.6216/SEM.202210_(453).0001]
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Prentice-Hall.
- Bronfenbrenner, U. (1979). *The ecology of human development: Experiments by nature and design*. Harvard University Press.
- 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. https://doi.org/10.1037/0893-3200.21.3.510
- De Graaf, P. M. (1986). The impact of financial and cultural resources on educational attainment in the Netherlands. *Sociology of Education*, 59, 237-246. https://doi.org/10.2307/2112350
- Deteemers, P., Trautwein, U., & Ludtke, O. (2009). The relationship between homework time and achievement is not universal: Evidence from multilevel analyses in 40 countries. *School Effectiveness and School Improvement*, 20(4), 375-405. https://doi.org/10.1080/09243450902904601
- Eccles, J. S., Adler, T., Futterman, R., Goff, S., Kaczala, C., Meece, J., & Midgley, C. (1983). Expectancies, values, and academic behaviors. In J. Spence (Ed.), *Achievement and achievement motives* (pp. 75-146). Freeman.
- Fishbein, B., Foy, P., & Yin, L. (2021). *TIMSS 2019 user guide for the international database* (2nd ed.). International Association for the Evaluation of Educational Achievement.
- Greene, B. A., Miller, R. B., Crowson, H. M., Duke, B. L., & Akey, K. L. (2004). Predicting high school students' cognitive engagement and achievement: Contributions of classroom perceptions and motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 29(4), 462-482. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2004.01.006

- Gresham, J. G. (2008). *Determining the correlation between students perceived level of safety and achievement* [Unpublished doctoral dissertation]. Morgan State University.
- Haladyna, T., & Shaughnessy, J. (1982). Attitudes toward science: A quantitative synthesis. *Science Education*, 66(4), 547-563. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sce.3730660406>
- Harker, R., & Tymms, P. (2004). The effects of student composition on school outcome. *School Effectiveness and School Improvement*, 15(2), 177-199. <https://doi.org/10.1076/sesi.15.2.177.30432>
- Lee, O., & Brophy, J. (1996). Motivational patterns observed in sixth-grade science classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(3), 303-318. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199603\)33:3<303::AID-TEA4>3.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199603)33:3<303::AID-TEA4>3.0.CO;2-X)
- Martin, M. O., von Davier, M., & Mullis, I. V. S. (Eds.). (2020). *Methods and procedures: TIMSS 2019 technical report*. Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center. <https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/methods>
- Mullis, I. V. S., & Martin, M. O. (Eds.). (2017). *TIMSS 2019 assessment frameworks*. Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center. <http://timssandpirls.bc.edu/timss2019/frameworks/>
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., Kelly, D. L., & Fishbein, B. (2020). *TIMSS 2019 international results in mathematics and science*. Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center. <https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/international-results/>
- Nolen, S., & Haladyna, T. (1990). Personal and environmental influences on students' beliefs about effective study strategies. *Contemporary Educational Psychology*, 15, 116-130. [https://doi.org/10.1016/0361-476X\(90\)90011-O](https://doi.org/10.1016/0361-476X(90)90011-O)
- Notten, N., & Kraaykamp, G. (2009). Home media and science performance: A cross-national study. *Educational Research and Evaluation*, 15(4), 367-384. <https://doi.org/10.1080/13803610903087045>
- Oliver, J. S., & Simpson, R. D. (1988). Influences of attitude toward science, achievement motivation, and science self concept on achievement in science: A longitudinal study. *Science Education*, 72(2), 143-155. <https://doi.org/10.1002/sce.3730720204>
- Raudenbush, S. W., & Bryk, A. S. (2002). A hierarchical model for studying school eddects. *Sociology of Education*, 59(1), 1-17. <https://doi.org/10.2307/2112482>
- Rutkowski, L., & Zhou, Y. (2013). Using structural equation models to analyze ILSA data. In L. Rutkowski, M. V. Davier, & D. Rutkowski (Eds.), *Handbook of international large-scale*

assessment: Background, technical issues, and methods of data analysis (pp. 425-449).
CRC Press. <http://doi.org/10.1201/b16061>

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68-78. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68>

Teachman, D. J. (1987). Family background, education resources, and educational attainment. *American Sociological Review*, 52(4), 548-557. <https://doi.org/10.2307/2095300>

Yavuz, H. Ç., Demirtasli, R. N., Yalçın, S., & Dibek, M. (2017). The effects of student and teacher level variables on TIMSS 2007 and 2011 mathematics achievement of turkish students. *Egitim Ve Bilim*, 42(189), 21-47. <https://doi.org/10.15390/EB.2017.6885>