科學教育學刊
2024, 第三十二卷第三期, 313-340
DOI:10.6173/CJSE.202409_32(3).0004

Contemporary Journal of Science Education
2024, 32(3), 313-340

從PISA 2022 臺灣資料探究學生數學素養之相關影響因素

蕭佳純*
國立臺南大學　教育學系

摘要

本研究以動機發展的自我系統模式(Self-system Model of Motivational Development, SSMMD)為理論基礎，探究對於數學素養影響因素的模式。探討教室情境中情境脈絡：數學教師的探究論證教學、自我因素：數學自我效能、行動因素：數學投入，及結果因素：數學素養間之關係，並修正模型加入數學焦慮的調節變項。本研究利用PISA 2022臺灣資料的5,857位學生資料作為分析，樣本具有代表性，從這資料來分析影響學生數學素養的因素，有其意義與價值。統計分析方法採用結構方程模式分析，研究發現，第一，教師的探究論證教學對數學素養有負面影響。第二，探究論證教學可以透過數學自我效能的中介對數學投入有間接影響。第三，探究論證教學可以透過數學自我效能，再透過數學投入的中介對數學素養有間接影響。第四，數學焦慮在探究論證教學與數學素養的關係間扮演著負向的調節效果。根據以上分析結果，提出相對應的實務及未來研究建議。本研究的探究論證教學與數學素養符合十二年國民基本教育課程綱要(簡稱108課綱)的教育理念，並且利用大型資料庫來檢證理論模式的關係，所獲得的分析結果將對於臺灣在推動108課綱及數學教育上有豐富的貢獻

關鍵詞：探究論證教學、數學自我效能、數學投入、數學素養、數學焦慮

壹、緒論

現代社會公民需要足夠的數學邏輯思考能力以滿足個人的生活、就業以及充分參與社會的能力。透過數學學習的過程，能瞭解和領會從實際生活建立數學思維，再到解決生活問題的整體歷程，提高處理現實世界中的各種複雜問題的信心和能力。教育部在2013年的「提升國民素養專案計畫報告書」中，定義數學素養是一種個人的數學能力與態度，使其在學習、生活、與職業生涯的情境脈絡中面臨問題時，能辨識問題與數學的關聯，從而根據數學知識、並運用數學技能、可以藉由適當工具與資訊，去描述、模擬、解釋與預測各種現象，發揮數學思維的特長，做出理性反思與判斷，並進而解決問

*通訊作者：蕭佳純，3687108@yahoo.com.tw
投稿：2024/5/30，修訂：2024/9/26，接受：2024/9/26，線上出版：2024/11/29

題(教育部，2013)。在十二年國民基本教育課程綱要(簡稱108課綱)中也提到，數學領域課程須將數學設計是一種語言、一種實用的規律科學、也是一種人文素養出發，並且課程設計要能與這些特質密切搭配，並提供每位學生有感的學習機會，培養學生正確使用工具的素養。也就是說，數學不僅是科學，更是能實用於生活的工具。現今教育不僅是要培養學生擁有數學能力，更要具備數學素養，所以瞭解影響學生數學素養的相關因素相當重要，而本研究重點即為此。

在瞭解當代數學素養重要性後，許多國家皆參與經濟合作發展組織(Organization for Economic Cooperation and Development, OECD)主辦的「國際學生能力評量計畫」(Programme for International Student Assessment, PISA)的調查，透過資料庫的測驗來得知學生整體狀況。並且在瞭解學生數學的整體狀況後，接下來就得進一步尋找問題與思考改善方法。影響數學素養表現因素很多，在OECD出版的相關PISA研究報告中，多以單一因素對數學素養的影響作探討，如社經地位、學生的投入、習慣等與數學素養的關係探討，或是家庭因素、學校因素對數學素養的關係探討等等，少有以綜合性觀點角度切入討論對素養的影響(Organization for Economic Cooperation and Development [OECD], 2014)。另外，在臺灣相關單位的PISA研究報告中，雖是以臺灣學生資料所作的分析，卻也未以綜合性角度來探究影響數學素養的因素。事實上，對於學生數學素養的影響，並非來自單方面，應是同時受到許多因素的作用所導致的結果。相較於PISA的報告書，研究者進一步綜觀國內外研究發現，利用PISA資料庫的研究，以科學、閱讀為主題者數量多於以數學為主題者；而以數學為主題者，若更具焦於數學素養者，則如吳勁甫(2021)、林素微(2019)、張芳全(2021)、魏如慧(2024)及蘇泓誠與陳佳欣(2022)等人的研究，其中除了吳勁甫的研究較為多面向的從跨層次的因素探討對於數學素養的影響之外，其他研究仍多是背景變項、或單一變項如自我效能、成就動機、學習動機等等對於數學素養或是數學能力的影響探究。因此，整體來說，對於PISA中的數學素養相關影響因素來說，仍是較缺乏以一個較有系統的理論基礎做為探究的根基。本研究將以「動機發展的自我系統模式」(Self-system Model of Motivational Development, SSMMD)為理論基礎，探究對於數學素養影響因素的模式。SSMMD是由Skinner等於2008年所提出的，主要是探討教室情境中情境脈絡(個人外在因素)、自我(個人內在因素)、行動及結果四種因素間之關係(Skinner et.al., 2008)。在本研究中，情境的脈絡因素為數學教師的探究論證教學；自我因素為學生的數學自我效能；行動因素為數學投入，而結果因素即為數學素養。

在最新PISA 2022所公布的施測結果中發現，臺灣此次評量數學、閱讀、科學素養排名，均較 2018年進步，數學表現平均547分，排名第3名；閱讀素養平均515分，排名第5名；科學素養平均537分，排名第4名；數學、閱讀與科學的表現均優於OECD平均，為PISA評量數位化(PISA 2015)以來的最佳表現，尤其數學素養表現更是突出。臺灣自2006年開始參與計畫，歷年來臺灣學生數學素養的表現名列前茅，皆為參與計畫國家前五名之優良表現(蘇泓誠、陳佳欣，2022)。目前國內關於數學能力、數學表現的研究多是以研究者自行發展問卷的分析(吳正新等，2022；陳映涵等，2022)，這樣的研究僅是地區性，在樣本的充足性以及推論性會受到限

制。相較於過往學位論文所進行的調查，資料庫的調查大數據能提供研究者更多訊息。所以本研究以PISA 2022的資料作為分析，樣本具有代表性，從這資料來分析影響學生數學素養的因素，有其意義與價值。

108課綱中，再三要求各階段應使用「探究與實作」的方法讓學生主動探索、操作及論證能力、從既有經驗激起學生的好奇心與主動學習的意願。強調學習不宜以學科知識與技能為限，而應關注學習與生活的結合，具有鼓勵跨科整合的傾向。對教師而言，採用探究論證教學正是符合108課綱的要求。但是，數學課在臺灣過往一直被視為升學的主科，在要求標準答案的升學制度下，教師採用探究論證教學是否真能對數學素養產生正向的影響？此乃為本研究的動機一。尤其在PISA 2022的調查期間，正好是108課綱已實施的時候，利用資料庫的大型資料分析，正可以瞭解此一現象的現況。儘管有關教師教學對學生自我效能與學習投入之影響，以及自我效能對學習投入之影響，雖已獲得部分研究的支持(Salanova et al., 2011)，然而，這些分立的理論與實證研究，仍有待更細緻與完整的考驗，方能對影響學生學習投入的歷程有更翔實與精準的掌握。因此本研究將利用SSMMD模式來探究教師採用探究論證教學、與學生的數學自我效能、數學投入及數學素養之間的關聯。由於過去國內尚無實證研究探討學生所知覺到的教師探究論證教學，能否透過數學自我效能，間接地對數學投入產生影響。因此，本研究將探討學生對於學習數學時的自我效能，是否會中介教師探究論證教學與學習投入間的關係，此為本研究的動機二。更進一步延伸探討的是，教師探究論證教學是否能透過數學自我效能、再透過學習投入，然後對數學素養產生間接效果，此為本研究的動機三。因此本研究希望對探究論證教學，及其所涉及的機制與關係，能有更為完整的詮釋與瞭解。

除了以SSMMD理論為基礎之外，過往研究也顯示(林郁婷、龔心怡，2022；陳姿螢，2018)，臺灣學生對於數學缺乏興趣、甚至恐懼的情形也是在世界上名列前茅的。由此可知，臺灣具有數學焦慮的學生並非少數，而數學焦慮是影響數學學習成效的重要因素之一，教師的教學與數學焦慮更是有直接的關聯性，因此研究者希望能藉由PISA 2022調查問卷中分析，學生對於數學教師探究論證教學的知覺與數學素養之關聯中，是否會受到數學焦慮的調節影響，此為本研究的動機四。具體而言，本研究的獨特性是以SSMMD理論為基礎，並利用PISA 2022資料庫做為分析資料，符應12年國教的素養導向與108課綱的探究論證教學，討論教師的探究論證教學與數學素養之間的關係。其次，引用SSMMD理論為基礎，以數學自我效能、數學投入為中介變項，最後，本研究也修正此理論，加入探究論證教學與數學素養之間的直接關係，以及在這直接關係中，是否會受到數學焦慮的調節影響，此為本研究與SSMMD理論不同之處。不過作者想要強調的是，本文並非要藉由研究來論述108課綱實施的成敗，尤其PISA的15歲研究對象中，在2019年開始實施新課綱，至2022年PISA開始施測這三年期間，每位學生接觸新課綱的時間並不一定。有些人可能當時正是國一，直接開始了新的課綱，有些人當時可能是小六或是國二，是逐年開始接觸新課綱。因此PISA的調查結果並無法完全代表課綱實施的成效，所以本研究並不是要討論108課綱實施對於數學素養的影響，而僅是強調這群研究對象，當時所處的教育時代背景。新課綱所強調的素養導向教學，在2022年的PISA施測之後，是否有某些成果的呈現，例如舊課綱

強調的是以知識傳授為主，而新課綱是以素養為主，也就是說除了過往強調的知識學習之外，也必須注重過程當中的態度以及能力的養成，例如跨領域的能力、終身學習的能力等等。當然，新課綱更重視學生的自主學習，學生對課程選擇的自主性，代表到學校上課目的不再只有考高分，如何透過課程的選擇，來探索自己真正的興趣，進一步選擇適合自己的升學管道與學校。再者，探究與實作方法也不全然足以代表數學素養導向教學，事實上，PISA中的探究實作系列題目應該是學生的自我陳述調查，著重在檢視認為教師的教學能否幫助他們連結與數學學習有關的能力，也無法全然代表教師的探究實作教學程度，這部分也將在後續的討論中充分說明。基於上述之研究動機，本研究的研究目的為：

一、探究論證教學是否會直接影響數學素養？

二、探究論證教學是否透過數學自我效能的中介，對數學投入產生間接影響？

三、探究論證教學是否透過數學自我效能，再透過數學投入的中介，對數學素養產生間接影響？

四、數學焦慮是否會在探究論證教學與數學素養的關係間扮演著調節效果？

貳、文獻探討與假設推導

以下本研究先回顧相關的研究，提出過去研究發展概況，再據此形成假設並加以驗證之。

一、數學素養的定義與影響因素

數學素養的核心部分是指在面臨真實世界的問題或是挑戰時，用以解決問題的數學思維和行動本質(林素微，2013)。在PISA中，將數學素養定義為：「個體在不同情境脈絡中，形成、應用以及詮釋數學的能力」(OECD, 2014)。重點是，數學素養輔助個體辨識數學在世界中所扮演的角色，並且能做出具建設性、投入性及反思能力公民所需具備的周延有據之判斷和決策(林素微；OECD)。

若將數學素養視為是學習成效的一種，過往解釋學生學習成效的理論相當多，本研究援用SSMMD 理論來做為影響數學素養因素的基礎。SSMMD 理論是由Skinner等(2008)所提出，探討三個影響學業表現的因素：脈絡因素、自我因素以及行動因素。該理論以動機理論為核心，將個人的動機來源分為個人內在回饋及外在回饋，其中個人內在回饋，來源為個人的自我因素；而個人外在的回饋來源為脈絡因素，主要是外在的教室情境，故將脈絡因素定義為教師的探究論證教學(Skinner et al., 2008)。過往利用該理論做為基礎也不少，例如Yang等(2024)的研究是以SSMMD理論建構模型，比較不同教學法下影響學生學習成果自我效能感的因素。結果發現，在一般教學方法下，學生自我效能感並非直接影響學習成果，而是透過中介參與效果間接影響學習成果。然而，在分層教學法中，自我效能除了透過學生參與間接影響學習成果外，也直接顯著影響學習成果。而Shao等(2024)的研究則是應用該模型探究同儕關係、學習動機和學習參與對學業成績的影響。由此可知，如果我們將數學素養也視為是學習成效的一部分，採用SSMMD理論來探究影響數學素養的因素，應該是相當合理的。尤其Keith (2016)更是利用了此理論，運用準實驗法來探究動機、參與度、教師教學等對於數學態度的影響。研究者發現，

PISA資料庫中所調查的題目，也多以脈絡、自我、行動因素等邏輯來設計(Cho, 2020)，因此以SSMMD模型進行檢核應是適切的。此外，研究者在期刊論文當中搜尋發現，過往討論影響數學素養的因素有，閱讀策略使用(林素微，2019)、數學課室教師支持(林素微，2018)及家庭經濟資源與文化資源(楊淑萍、林煥祥，2010)等角度進行探討。最大宗的仍是探究不同性別、不同社經地位與數學素養之關聯，例如張芳全(2021)、黃秀雯與王采薇(2019)、Breda等(2018)及Hascoët等(2021)的研究均是。相當特別的是，蘇泓誠與陳佳欣(2022)以固定心態或成長心態作為重要變項，發現成長心態學生在數學素養、競爭態度與精熟任務動機表現皆優於固定心態學生，而固定心態學生較容易感到失敗恐懼。整體來說，學生的動機、態度、信念及行為都可以被視為是學習表現的重要預測指標，但是相當可惜的是，在眾多研究之中，幾乎都是單一變項或面向的討論，無從全面的角度探討個人內外在層面以及學校層面與數學素養關聯探討。因此本研究以SSMMD理論作為主軸，探討脈絡因素、自我因素、行動因素對結果因素的影響。其中脈絡因素為數學教師的探究論證教學、自我因素為數學自我效能、行動因素為數學投入，而結果因素即為數學素養。由此可知，以SSMMD模型對於數學學習研究之重要性，藉由此模型，將可較有系統地統整PISA中的相關影響因素。

二、探究論證教學與數學素養的關聯

探究論證教學強調以學生學習為中心來設計課程與教學，並且教師要能提供學生自主探索的學習機會，支持學生透過探究的歷程來發展該領域的知識與能力。探究論證課程與教學的好處相當多，例如Beniermann等(2021)就證實，探究過程中，學生能有效運用具證據力的資料進行批判性思考，持續地進行推理，而非僅是知識的積累與堆砌。多項研究(Laudano et al., 2020)也指出探究教學對於學生的批判思考、推理技巧、知識發展、合作思維、學習動機、概念理解、溝通能力以及對學科的態度有不同程度的正面影響。在臺灣，較多數是探討師生關係與學習表現的關聯，例如丁學勤與曾智豐(2013)的研究。國外許多研究更是具體指出師生關係對於學習數學的重要性(Mikk et al., 2016)。相較之下，若是討論教師的教學與數學成效或數學素養的研究就較少，如余民寧與韓珮華(2009)的研究就發現教師的教學方法對學生的數學成就有影響。若進一步聚焦於PISA數學素養的研究時，林素微(2018)的研究也利用PISA 2012的資料驗證，師生關係對於學生的數學素養有正向的影響。在PISA 2022的調查中，除了過往的教師支持之外，相當特別的在這一次，也調查了數學老師的教學內容及方式進行調查。從題目內涵來看，例如「如何使用數學邏輯處理新情境」、「老師問我們有關不同的主題如何連結成一個更大的數學觀念」、「教師展示如何瞭解數的系統是如何組成，如此我們會較容易理解」，雖然在PISA中並未明確說明這是探究論證教學，但是從內涵來看，確實符合讓學生探究問題與情境，自主地設計自己的學習，不但從結果中學習，更能從過程中學習，也符合108課綱所要求的素養導向教學內涵，所以本研究將PISA 2022的題組命名為探究論證教學。過往並無探討教師探究論證教學對於學生數學素養的影響，更是缺乏以PISA為主的資料分析，但是卻有情境式探究論證導向教學對於STEM (Science, Technology, Engineering and Math)素養影響的研究(鄭立婷等，2021)，

也發現對於STEM素養確實有提升的效果。所以，本研究根據過往的研究推論，教師的探究論證教學好處相當多，對於學生的數學表現、數學素養可能可以產生正向影響。據此，本研究發展假設一為：教師的探究論證教學對學生的數學素養有正面影響。

三、數學自我效能的中介效果

自我效能感(self-efficacy)的理論乃架構於社會認知理論(social cognitive theory)，認為個人的自我效能感乃取決於環境的變化、情緒的表徵、及個人的行為(Bandura, 1997)。許多成就動機相關理論，如自我決定論(self-determination theory) (Ryan & Deci, 2020)、情境式期望價值論(situated expectancy-value theory) (Eccles & Wigfield, 2020)、和社會認知論(social cognitive theory) (Schunk & DiBenedetto, 2020)，都已經證實學習自信對成就表現具有正向影響。「學習自信」以自覺能力為主要核心，涵蓋了自我效能和自我概念等意涵(Hooper et al., 2013)。以PISA為例，其數學領域背景問卷變項中的「內在動機」等同為學習興趣，而「數學自我效能」和「數學自我概念」則等同學習自信(Anderman, 2020; Lee & Stankov, 2018)。因此本研究統一以數學自我效能稱之，定義為學生在從事數學任務時，對自己完成任務或活動的主觀能力評估。

自我效能對於學習成效具有正向影響可說已經是定論，早在1980年代，在數學領域，Betz與Hackett (1983)及Lent等(1991)就都發現學生擁有之自我效能感與數學學業成就有顯著關聯性。國內的許瑋芷與陳明溥(2010)研究也獲得這樣的證實。近年的研究更是發現自我效能對於數學素養的正向影響，例如Lee與Stankov (2018)統整Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) 2003、2007和2011，以及PISA 2003和2012的歷屆資料，在65個非認知變項中以自我信念相關的變項，如TIMSS的學習自信、PISA的自我效能和教育期望，最能預測學生的數學成就。黃秀雯與王采薇(2019)蒐集2006 ~ 2015年國內學生參與PISA的表現資料，發現女學生的自我效能、參與相關活動與選修相關系所意願與男學生仍存在顯著差異。張凌嘉(2021)的研究更是同時考量學習興趣和學習自信的發展及其對數學成就成長率的影響。類似的研究結果也都在陳敏瑜與游錦雲(2013)、Arens等(2022)的研究中獲得證實，其中Soland (2019)和Gaspard等(2020)的研究，更是提供了縱貫性證據支持學習興趣和學習自信對數學成就具正向影響。由此可知，自我效能對於數學成就的影響可以說幾乎已成定論，可以不用再多加闡述。在本研究中，研究者想探討的是，自我效能是否能在探究論證教學與學習投入間扮演中介效果的角色。

自我效能感的改變會因個人因素、社會環境和其他相關因素等而產生信念的變化(Bandura, 1997)。學校教育中影響學生數學自我效能感的因素相當多，包含了教學活動的組織與進行、學生的學習態度與動機、成就表現、及教師的教學等(Schunk & Meece, 2006)。雖然教師探究論證教學對自我效能影響的研究在國內並不多，但是卻有國外研究已證實(Eymur, 2018; Paul et al., 2021)。但是若是從教師的自主支持對於學生自我效能的影響來看，已獲得多數國內外研究的證實，如Wang等(2017)、Xi等(2017)及賴英娟與巫博瀚(2018)的研究，都發現學生所知覺到的教師自主支持對自我效能具有正向的預測效果。所以整體來說，教師的教學是會對學生的自

我效能產生影響。而自我效能對學習投入的正向影響也在邱素玲與洪福源(2014)及薛杏秋與巫博瀚(2016)等的研究中獲得證實。

而教師的探究論證教學是否能透過數學自我效能的中介而對數學投入產生間接影響？從過往自我效能的中介影響相關研究來看，也有一些研究證實了自我效能的中介效果，例如李君柔與王美娟(2013)的研究就曾利用TIMSS 2007的資料分析發現，教師的教學效能及所處學校背景會影響學生個人特質，進而影響數學成就。而吳璧如與陳俊瑋(2022)、陳欣與吳欣蓓(2021)及薛奕龍與謝傳崇(2022)的研究也都是將自我效能視為中介變項，由此可見自我效能為中介變項的合理性。當教師施以探究論證教學時，學生需要有相當大的自主性規劃自己的學習計畫，在以學生自己為中心探究歷程中，學生應能充分感受到學習的興趣，自己學會尋找學習資源、透過探究與論證獲得學習的成就感，應該能提高自己的學習自我效能。當學生學習自我效能高時，對於學習是充滿信心的，即使有學習阻礙與挫折，也較能恆毅地克服堅持下去，對於學習投入的程度也會較高。因此，本研究合理推論並發展假設二為：教師探究論證教學可以透過數學自我效能的中介而對數學投入產生間接影響。

四、數學投入的中介效果

近20年來，美國定期針對大學生進行學習投入的調查(National Survey of Student Engagement, NSSE)，足見學習投入益發獲得重視，其重要性不言可喻(Ewell & McCormick, 2020)。學習投入的範疇相當大，包含行為上、情緒上、認知上以及主體上等多向度(賴英娟、巫博瀚，2022)，但是在PISA的調查中則多關注於行為投入(behavior engagement)此一層面，因此本研究亦將研究焦點聚焦於個體對於實際參與學習活動的付出行為上。行為投入強調學生在學習過程中包含校內以及課後的行動與參與(Fredricks, 2022)，當學生高度的投入學習活動時，會表現出高度的專注、努力及堅持等行為表徵。

學習投入對於學業成就的影響已有相當多研究的討論(彭耀平等，2018；Dogra & Dutt, 2016)。值得注意的是，有關於學習投入所造成的影響在近年來已獲得相當多研究的重視，然而對於學習投入所扮演的中介影響，尤其是在教師探究論證教學與學生數學素養之間所扮演的中介角色與影響機制，迄今尚無實證研究予以釐清，仍待透過臺灣的大型實證資料深究之。教師的教學或是支持對於學習投入的影響，也在過往的研究中獲得證實，例如黃雅琪與巫博瀚(2016)、林啟超與謝智玲(2018)及Wang等(2017)的結果都顯示，當教師提供較多的自主支持時，學生的學習投入程度也會愈高。但是如同前述，本研究重點為討論數學投入的中介效果，而在假設二中，本研究合理推論，教師探究論證教學可能可以透過數學自我效能的中介而對數學投入產生間接影響，而數學投入對於數學素養的影響也已獲得多數研究的證實。因此，本研究進一步合理推論並發展假設三為：教師探究論證教學可以透過數學自我效能，再透過數學投入的中介而對數學素養產生間接效果。

五、數學焦慮的調節效果

臺灣青少年數理能力的表現向來是在國際水準之上，例如《國際數學與科學教育成就趨勢調查》報告顯示，在參與調查的國家中，臺灣四年級和八年級學生的數學成績排名分別為第4名與第3名；然而學生對學習數

學的興趣、自信與評價卻都低於國際平均。而這樣的現象也出現在PISA 2022的調查中，代表著即使多年過去，臺灣學生對於數學的焦慮似乎並無任何削減。換言之，臺灣的學生相較於國際平均成就表現有著優異的數學成績，但卻沒有相對應的正向學習數學態度。可見，對數學素養而言，數學焦慮應該是一個相當重要的影響因素。

數學焦慮是指學習者對運算數學時所產生的不安情緒反應，且多數的學習者對其它學科並不會如此，唯獨對數學會產生不安與焦慮感(洪秀珍等，2015)。本研究歸納過往學者定義，如洪秀珍等及陳姿螢(2018)，將數學焦慮定義為在運用數學概念、學習數學和解決數學等相關活動時，會產生的焦慮不安等負面之情緒反應，即為數學焦慮。過往有關數學焦慮的影響，多數是討論它對數學成就的負面影響，如陳姿螢的研究成果即是；也有若干研究是討論數學焦慮的中介影響，例如劉玉玲與沈淑芬(2015)的研究就發現，數學自我概念可以數學學習策略與數學學業情緒為中介變項，間接影響數學學業成就，換言之，與學習有關的情緒、策略、投入等等，是相當重要的中介變項。然而，本研究並非是將數學焦慮視為中介變項，而是調節變項。首先，Nizham等(2017)的研究就曾表明，若能降低數學焦慮，可以有效提升數學素養，類似的研究結果也在Hiller等(2022)的研究獲得證實。由此可知，數學焦慮是數學素養重要的影響因素。但是如果將數學焦慮視為調節因素呢？例如Gabriel等(2020)就曾指出，數學焦慮和自我效能感是數學成績的強烈預測因子，而他們的研究是使用2003年和2012年希臘學生的兩個具有全國代表性的樣本來檢驗這種關係。研究結果發現，社會經濟地位是數學素養最強的預測因子，而且數學焦慮與數學自我效能感之間存在強烈的交互作用。除此之外，del Carmen Pérez-Fuentes等(2020)的研究也發現，對數學的焦慮顯著地調節了感知數學能力和數學成績之間的關係。由此可知，將數學焦慮視為調節變項的合理性。因為當教師的探究論證教學程度高時，學生的數學素養可能也會較高，但是若遇到學生本身對數學有高度的焦慮，則可能會降低了數學素養的程度。據此，本研究發展假設四為：數學焦慮可以在探究論證教學與數學素養間扮演著調節效果的角色。

參、研究設計

一、研究架構圖

本研究架構如圖1所示，依據本研究文獻部分的推導，欲檢驗的四個假設如下：

H1：教師探究論證教學對數學素養具有正向的直接影響效果。

H2：教師探究論證教學可透過數學自我效能對數學投入產生間接影響。

H3：教師探究論證教學可透過數學自我效能，再透過數學投入而對數學素養產生間接影響。

H4：數學焦慮可以在教師探究論證教學與數學素養的關係間具有調節效果。

二、資料來源與研究對象

PISA 2022施測對象是以年齡界定，為15歲(2006年出生)的在校學生。臺灣的正式施測時間為2022年4月11日至5月27日。但這次施測因為疫情影響，抽樣的216所學校中僅施測188所，其中有6所學校的學生出席率未達33%，予以排除。所以最終臺灣的施測學校一共182所，有5,857位學生，其中男生3,005人，女生2,852人。本研究將針對這些學生進

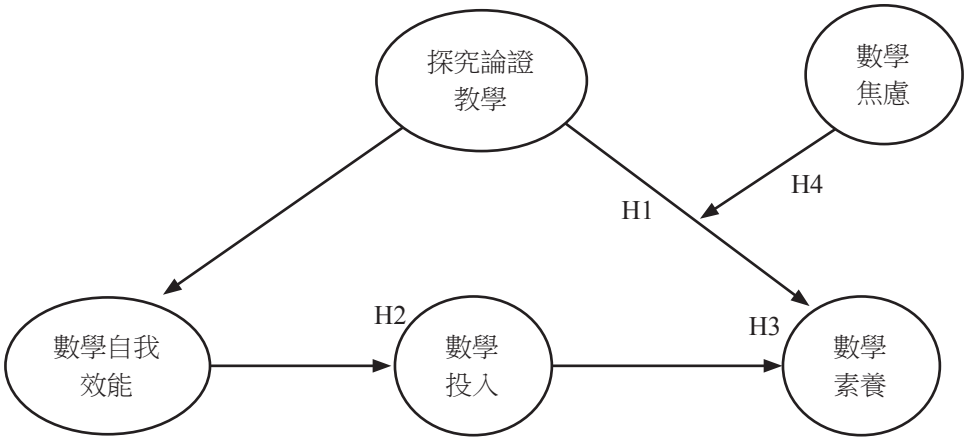

圖1：研究架構圖

行結構方程模式的分析，並逐一驗證所提出的四項假設。

三、研究工具

本研究工具一共包含數學教師探究論證教學、數學自我效能、數學投入、數學焦慮以及數學素養，使用的為PISA 2022的調查，針對變項的調查內涵說明如下。

(一)教師探究論證教學的調查

教師探究論證教學使用ST283題組，填答對象是學生，而且是詢問學生關於數學教師教學的感知。一共有8題，包含「老師展示給我們看數學在日常生活中有什麼用處」、「老師教我們如何使用數學邏輯處理新情境」、「老師問我們有關不同的主題如何連結成一個更大的數學觀念」等，採五點量表。經本研究5,857位學生的驗證性因素分析結果顯示，RMSEA值為.03，SRMR為.03，CFI為.92，IFI為.93，大於.90的標準；PNFI、PGFI分別為.81與.68，大於.5的標準。再者，潛在變項的組成信度為.87，達.6以上標準。最後，平均抽取變異為.78，符合.5以上標準。以上結果顯示本量表的信效度良好。

(二)數學自我效能的調查

數學自我效能部分使用ST291題組，一共有9題，題幹是詢問學生，對於以下的數學學習活動或作業，有多大的信心？其中第1題因為因素負荷量太低予以刪除，其餘9題包含「辨識現實世界問題中的數學面向」、「確定數學模型背後的限制與假設」、「使用電腦數學軟體」等，採四點量表。經本研究5,857位學生的驗證性因素分析結果顯示，RMSEA值為.04，SRMR為.03，CFI為.91，IFI為.92，大於.9的標準；PNFI、PGFI分別為.78與.69，大於.5的標準。再者，潛在變項的組成信度為.82，達.6以上標準。最後，平均抽取變異為.81，符合.5以上標準。以上結果顯示本量表的信效度良好。

(三)數學投入的調查

數學投入部分使用ST293題組，一共有9題，其中第4題「當我不理解正在教授的數學內容時，我會放棄」以及第7題「我對數學課失去興趣」為反向題，先予以反向計分。其餘7題包含「我在數學課上積極參與小組討論」、「我會安排時間學習數學課的內容」等，採五點量表。經本研究5,857位學生的驗

證性因素分析結果顯示，RMSEA值為.03，SRMR為.04，CFI為.94，IFI為.94，大於.9的標準；PNFI、PGFI分別為.77與.71，大於.5的標準。再者，潛在變項的組成信度為.81，達.6以上標準。最後，平均抽取變異為.83，符合.5以上標準。以上結果顯示本量表的信效度良好。

(四)數學焦慮的調查

數學焦慮部分使用ST292題組，一共有6題，題目包含「數學課對我來說很困難，我很擔心」、「做數學題時，我會非常緊張」、「我擔心數學成績不好」等，非常不同意為4分，表示分數越高者，數學越不焦慮，採四點量表。經本研究5,857位學生的驗證性因素分析結果顯示，RMSEA值為.03，SRMR為.03，CFI為.92，IFI為.93，大於.9的標準；PNFI、PGFI分別為.70與.72，大於.5的標準。再者，潛在變項的組成信度為.83，達.6以上標準。最後，平均抽取變異為.79，符合.5以上標準。以上結果顯示本量表的信效度良好。

(五)數學素養的調查

數學素養係指個體在不同情境中，形成、應用及解釋數學的能力，其中包含數學推理及使用數學概念、程序、事實及工具來描述、解釋及預測現象，此定義從PISA 2012沿用至今。本研究的數學素養，以PISA 2022資料庫調查結果為依據，其觀察指標為數學素養近似分數(Plausible Value in Mathematic 1 ~ 10，簡稱PV1-10)。數學素養近似分數的計分方式，主要是將所有OECD國家整體數學量尺的平均數設為500，標準差為100；PV值包含一組隨機抽取自後驗分配的能力值，而非某個特定的能力值，且數學素養的整體分數與分測驗之間的相關高達.9以上。

四、資料分析方法

本研究經由前述文獻與各項工具的信效度檢驗後，發展出以SSMMD理論為基礎的數學素養結構方程模式，其中脈絡變項為數學教師的探究論證教學，自我因素為學生的數學自我效能，行動因素為數學投入，結果因素為數學素養，此外，修正並補充該理論的是本研究加入了調節變項為學生的數學焦慮，以及加上了脈絡因素與結果因素間的直接效果。接著再進一步利用AMOS統計軟體驗證本研究模式的有效性、評鑑研究模式的整體適配度，並檢證本研究所提出的假設。而中介效果的檢驗方式，則是採用AMOS中的Bootstrapping法，該方法利用抽出放回的方式計算出間接效果的標準誤，及非對稱分布的percentile及bias-corrected 信賴區間，若該信賴區間未包含0，則宣稱中介效果存在。調節效果部分，在AMOS中若調節變項為類別變項時，可以多群組分析進行調節效果的檢驗。而本研究的數學焦慮為連續變項，因此將數學焦慮的總分乘上探究論證教學的分數相乘機，作為調節變項的潛在構面，若對應的徑路係數達顯著，則調節效果存在。

肆、研究分析與結果討論

本研究經由前述文獻發展出學生數學素養的模式架構，進一步利用結構方程模式的方法來驗證理論模型。因本研究模型的潛在變項有5個，而觀察變項有46個之多，若列出相關係數矩陣將過於龐大，因此以文字敘述。各觀察變數間相關係數值介於.68 ~ .88，並未有偏高的傾向，且由共線性分析得知，VIF皆介於1.79 ~ 6.36之間，未大於10，也未違反共線性考驗，符合基本適配指標的理想標準。以下本研究依據余民寧(2006)、邱皓政

(2003)、吳明隆(2023)與陳正昌等(2009)之建議，進行基本適配度、整體模式適配度以及內在結構適配度的分析。

一、模式適配度評鑑

(一)基本適配度考驗

研究分析結果發現，各變項的測量誤差，以及潛在依變項的殘差標準化參數估計值介於.004 ~ .075之間，符合「不能有負的誤差變異」，而誤差變異的*t*值介於8.07 ~ 53.41之間，符合「誤差變異必須達到顯著水準」的適配標準。潛在變項與觀察變項之間因素負荷量介於.46 ~ .97，標準建議是需符合無低於.5或高於.9的情形(陳正昌等，2009)，而本研究的因素負荷量有若干指標較低於.5，且數學素養的指標也較高於.95。估計參數標準誤介於.005 ~ .145無過大標準誤。上述結果顯示本研究所提出模式大致上符合基本適配標準，可進一步檢驗整體模式適配度及內在結構適配度。

(二)整體模式適配度考驗

整體模式適配度方面，本研究參考陳正昌等(2009)建議，將整體模式適配度區分為絕對適配指標(absolute fit indices)、相對適配指標(relative fit indices)以及精簡適配指標(parsimonious fit indices)等三方面。整體模式適配度考驗顯示本研究的$\chi^2_{(973)}$ = 4,100.282，$p < .05$，但因χ^2值在樣本數大時，相當容易被拒絕。所以本研究參酌其他的適配指標來評鑑模式與觀察資料的適配程度。需先補充說明的是，本理論模式在第一次的分析結果並未達到良好適配指標，因此研究者按照修正指標建議，將探究論證教學與調節變項(數學焦慮)所有觀察變項的殘差兩兩拉出相關後，才符合適配指標的標準。

首先，在絕對適配度考驗指標方面，RMSEA = .02、SRMR = .04，且GFI = .97、AGFI = .96，均大於.90的標準(吳明隆，2023；陳正昌等，2009)，因此，本研究模式與所蒐集到的樣本資料間適配程度是可接受的。增值適配考驗指標方面，NFI = .99、CFI = .99、IFI = .99、RFI = .99，此四個指標皆大於.90的標準。而在精簡適配考驗指標方面，PNFI = .93、PGFI = .87，此兩項指標皆大於.50的標準，且AIC = 4,316.28，雖然大於飽和模式之2,162.00，但卻比獨立模式AIC的值326,072.20要小很多，符合理論模式的AIC必須小於獨立模式的AIC之標準。如上述顯示本研究模式與觀察資料的整體模式適配達理想標準，且為一精簡模式。

(三)內在結構適配度考驗

本研究依據陳正昌等(2009)、余民寧(2006)及邱皓政(2003)觀點，從潛在變項的組合信度、個別項目信度、潛在變項的平均變異抽取及估計參數的顯著性考驗等方面來進行模式的內在品質評估。由基本適配指標分析可知全部的參數皆達顯著水準，且從表1可知個別項目信度介於.40到.94之間，有4個觀察指標未達到符合.5以上的標準。接著，潛在變項的組合信度介於.91與.99之間，皆高於.6的標準；潛在變項之平均抽取變異量介於.54到.94之間，皆符合大於.5的標準。整體而言，本研究之數學素養結構模式具有良好的內在品質。

二、模式各潛在變項間效果

圖2為模式中各變項間的直接效果，即模式中所估計的參數，而各項效果值則整理於表2。

由圖2及表2可知，在直接效果的部分，探究論證教學對數學自我效能(效果值為.294)、數學自我效能對數學投入(效果值為.649)、數學投入對數學素養(效果值

表1：模式參數估計考驗與內在品質考驗

潛在變項	標準化參數估計值	個別項目信度	潛在變項之組合信度	平均抽取變異量
探究論證教學			0.94	0.65
ST28301	.77	.60		
ST28302	.76	.58		
ST28303	.80	.64		
ST28304	.83	.69		
ST28305	.83	.69		
ST28306	.82	.67		
ST28307	.82	.67		
ST28308	.80	.64		
ST28309	.83	.69		
數學自我效能			0.92	0.57
ST29102	.78	.61		
ST29103	.78	.61		
ST29104	.79	.62		
ST29105	.80	.64		
ST29106	.77	.60		
ST29107	.78	.61		
ST29108	.63	.40		
ST29109	.69	.48		
ST29110	.73	.53		
數學投入			0.91	0.54
ST29301	.72	.52		
ST29302	.67	.45		
ST29303	.77	.60		
ST29304	.71	.50		
ST29305	.76	.58		
ST29306	.70	.49		
ST29307	.74	.55		
ST29308	.76	.58		
ST29309	.74	.55		
數學焦慮交互作用			0.93	0.60
教學1 × 情緒	.75	.56		
教學2 × 情緒	.73	.54		
教學3 × 情緒	.77	.59		
教學4 × 情緒	.79	.63		
教學5 × 情緒	.80	.63		
教學6 × 情緒	.78	.61		
教學7 × 情緒	.79	.63		

表1：模式參數估計考驗與內在品質考驗(續)

潛在變項	標準化參數估計值	個別項目信度	潛在變項之組合信度	平均抽取變異量
教學8 × 情緒	.77	.59		
教學9 × 情緒	.79	.63		
數學素養			0.99	0.94
PV1	.97	.94		
PV2	.97	.94		
PV3	.97	.94		
PV4	.97	.94		
PV5	.97	.94		
PV6	.97	.94		
PV7	.97	.94		
PV8	.97	.94		
PV9	.97	.94		
PV10	.97	.94		

表2：模式效果整理

潛在變項 → 潛在變項	直接效果	間接效果	全體效果
探究論證教學 → 數學投入	–	.191*	.191
探究論證教學 → 數學素養	-.227*	.079*	-.148
自我效能 → 數學素養	–	.267*	.267
探究論證教學 → 數學自我效能	.294*	–	.294
數學自我效能 → 數學投入	.649*	–	.649
數學投入 → 數學素養	.412*	–	.412
數學焦慮調節效果(數學焦慮 × 探究論證教學)	.129*	–	.129

*$p < .05$。

為.412)，都是具有顯著的直接影響，且都是正向的影響。較令人意外的是，探究論證教學對數學素養的直接影響也是達顯著水準(效果值為 -.227)，卻是負向的影響，表示數學教師的教學越採用探究的方式，要求學生論證的程度越高，則學生的數學素養反而越低落。有關於這意外的研究發現，將在後續討論時一併深入探究。至於間接效果的部分，數學自我效能可透過數學投入對數學素養產生間接效果(效果值為.267)，且經Bootstrap分析中的BC方法發現，95%信賴區間為(.238, .295)，區間未包含0，表示達到顯著，中介效果成立。探究論證教學也會透過數學自我效能對數學投入產生間接效果(效果值為.191)，且經Bootstrap分析中的BC方法發現，95%信賴區間為(.163, .218)，區間未包含0，表示達到顯著，中介效果成立。最後，探究論證教學同時也會透過數學自我效能，再透過數學投入對數學素養產生間接效果(效果值為.079)，且經Bootstrap分析中的BC方法發現，95%信賴區間為(.066, .092)，區間未包含0，表示達到顯著，中介效果成立。

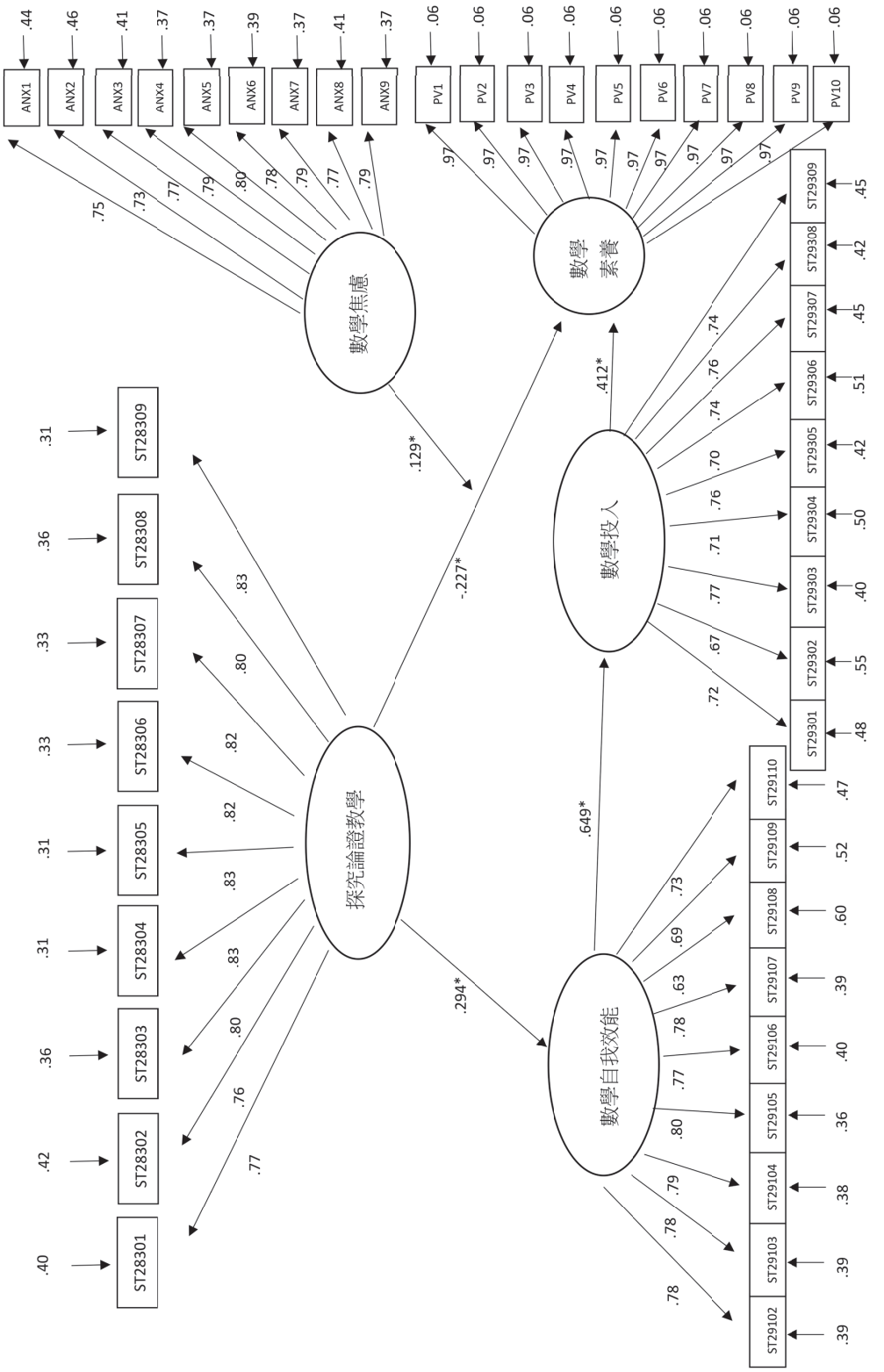
探究論證教學
數學焦慮
數學自我效能
數學投入
數學素養
ST28301
ST28302
ST28303
ST28304
ST28305
ST28306
ST28307
ST28308
ST28309
ST29102
ST29103
ST29104
ST29105
ST29106
ST29107
ST29108
ST29109
ST29110
ST29301
ST29302
ST29303
ST29304
ST29305
ST29306
ST29307
ST29308
ST29309
ANX1
ANX2
ANX3
ANX4
ANX5
ANX6
ANX7
ANX8
ANX9
PV1
PV2
PV3
PV4
PV5
PV6
PV7
PV8
PV9
PV10
.294*
.649*
-.227*
.129*
.412*

圖2：研究結果圖

整體效果的分析顯示，本研究的直接效果皆存在，探究論證教學對數學自我效能、數學自我效能對數學投入、數學投入對數學素養，都是具有顯著的直接影響，且都是正向的影響，表示若教師的教學越採用探究論證的方式，則學生的數學自我效能會越好；學生的數學自我效能越好，則對於數學任務、作業會越投入，數學越投入，則數學素養就會越好。這兩兩變項的分析結果，與前述的研究如鄭立婷等(2021)、陳敏瑜與游錦雲(2013)、彭耀平等(2018)、Arens等(2022)以及Dogra與Dutt (2016)相符。但是相當令人意外的是，教師的探究論證教學對數學素養的直接影響效果卻是負向的，表示若教師的教學愈採用探究論證方式，則學生的數學素養卻是會愈差。這樣的研究結果或許意外，但是從資料庫的題目內涵來看，似乎也能對這樣的情形有所解釋。因為在PISA 2002的調查，數學教師的教學多是聚焦在邏輯方面的問題導向教學、探究教學法，例如「老師鼓勵我們多以數學的方式思考」、「老師問我們有關不同的主題如何連結成一個更大的數學觀念」。如此的探究導向、讓學生自主，以及問題解決、融入實務生活程度高的教學取向，反而可能讓學生怯步。因為對臺灣的中學生而言，數學仍是升學中重要的學科，在強調標準答案的升學導向中，放手讓學生自主規劃數學的學習可能反而造成學生的恐慌，降低了他們的數學素養。再者，這些影響除了可透過直接效果之外，對本研究而言，最重要的是希望能藉由SSMMD理論模式來瞭解教師的探究論證教學是否能透過數學自我效能、再透過數學投入而對數學素養產生間接影響？本研究結果也證實了這些中介效果的存在，這也是本研究與過去研究極大不同之處。

若再進一步將本研究結果與國外PISA的研究進行比較，並且聚焦於使用PISA 2022及討論數學素養或數學成就上時，可以發現目前研究並不多，探究的變項與本研究差異不大，獲得的結果也相當類似，例如Ortega-Rodríguez (2024)使用了28,792位的西班牙學生，使用階層線性模式進行三個層次的分析，第一層次包括性別、社經背景、家庭文化程度、數學焦慮、自我效能感；第二個層面是學校的社經背景；第三個層次是人均GDP。結果表明，女孩比男孩在數學方面經歷更多的焦慮和更少的自我效能感。學生的社經背景、家庭文化程度、數學焦慮和數學自我效能感是數學能力的重要預測因子。在學校層面，社經背景對成績有影響。除此之外，Wijaya等(2024)的研究是探討和瞭解印尼數學教師對導致PISA 2022數學成績較低的因素的看法。這項研究採用質性方法，隨機選擇參與者，並訪談了印尼36名數學教師。根據老師們的說法，2022年PISA數學成績相對於2018年和2015年的下降主要有六大因素：疫情相關問題、課程、個人因素、資源限制、學生因素、和家長的參與。而Choi (2024)的文章則是探討PISA中評估數學素養的框架如何隨著時間的推移而演變。而且透過PISA 2000至PISA 2022的PISA結果報告，他也探討了PISA評估中數學素養定義和框架的變化對韓國數學教育的影響。由國外今年的研究可知(因為PISA 2022於2023年底才釋出資料)，目前利用PISA 2022的資料相關研究並還不多，但已經引起相當多的關注，本研究的進行可謂相當前期。

最後，本研究同時討論了重要的中介變項影響，並具體支持了數學自我效能以及數學投入的中介效果。此研究結果試圖從一個整體的觀點，來檢驗各變項對於數學素養的影響，換句話說，要讓學生的數學素養程度高，首先教師可以根據自己的經驗與專業背

景，對數學教學相關內涵持有相當程度的理解，同時因為本研究發現，過於探究、邏輯推理的數學教學法，會對於學生的數學素養有負面影響，所以本研究建議數學老師應該以支持性教學為主。再來則是學生的數學自我效能相當重要，尤其教師的教學可以透過學生的數學自我效能而對數學投入產生間接影響，可見數學自我效能是一個重要的中介變項，這也與過去的研究如吳璧如與陳俊瑋(2022)、李君柔與王美娟(2013)、陳欣與吳欣蓓(2021)及薛奕龍與謝傳崇(2022)的研究結果雷同，在他們的研究中，自我效能都是重要的中介變項。由此可知，自我效能的中介效應相當重要。最後，教師的探究論證教學可以透過學生的數學自我效能，再透過數學投入，而對數學素養產生間接影響，可見數學投入也是一個重要的中介變項。但是過去的研究相當缺乏將數學投入視為中介變項的討論，本研究的發現正好可以彌補此一研究缺口。整體來說，本研究證實了數學自我效能與數學投入皆為重要的中介變項。

而在潛在變項殘差的部分，數學自我效能的殘差變異量為0.714，亦即表示數學自我效能可被探究論證教學解釋的總變異量為28.6%；數學投入的殘差變異量為0.519，表示數學投入可以被數學自我效能解釋的總變異量為42.1%；數學素養的殘差變異量為.699，表示數學素養可以被數學投入、數學自我效能、探究論證教學解釋的總變異量30.1%，整體來說，解釋變異量並不算高。但是本研究仍舊相當具有價值，因為本研究修正補充SSMMD模式，加入情緒因素的數學焦慮作為調節變項，而且從係數可知，此為負向調節，若原先教師探究論證教學的程度高，則學生的數學素養程度反而會低下，但是若學生對於數學焦慮的程度較低(分數高)，反而可以降低這樣的低落情形，也就是說，數學素養反而不會那麼低，換言之，學生的數學焦慮是一個重要調節因素。在SSMMD模式中，脈絡因素必須透過數學自我效能對數學投入產生間接影響，然後再對數學素養產生間接影響，在原先的SSMMD模式中，脈絡因素並未對結果因素有直接的影響效果。然而本研究延伸此模式，加上了脈絡因素對結果因素的直接影響，除此之外，更在這直接影響的關係中，再加上了學習情緒方面的調節變項，稱之為數學焦慮。也就是說，本研究模式與SSMMD理論有兩處不同，第一是加上了探究論證教學對數學素養的直接影響，第二則是在這樣的直接影響脈絡中，再加上了調節變項的影響。由此更可凸顯本研究的價值性與貢獻。

伍、結論與建議

本研究以SSMMD為理論基礎，著重脈絡因素、自我因素、中介因素以及結果因素的探討，並且修改該理論，補充脈絡因素與結果因素之間的直接相關，並加上情緒因素的調節效果。本研究利用PISA 2022大型資料庫的資料分析，透過結構方程模式的分析，實際檢證得到的重要結論包含了探究論證教學對數學素養具有負面影響，所以H1算是不成立；探究論證教學可以透過數學自我效能的中介對數學投入產生間接影響，H2成立；探究論證教學可以透過數學自我效能，再透過數學投入的中介對數學素養產生間接影響，表示本研究的H3成立；數學焦慮在探究論證教學與數學素養的關係間具有負向的調節效果，所以本研究的H4獲得成立。本研究依據以上結論，提出具體建議如下。

一、提升學生的數學自我效能

本研究發現，數學自我效能是一個重要的中介變項，教師的探究論證教學可以透過

數學自我效能的中介而對數學投入產生間接效果，因此本研究建議提高學生的自我效能是相當重要的。尤其本研究的數學自我效能是專注於信心層面的討論，所以提高學生對於數學的信心是必要的。每個人在求學階段有關於數學的學習經驗應該都可以體認到，若學校或教師在學生學習數學時，未能給予學生完成任務的樂趣，或者是建立學生對於數學的成就感，都可能影響學生的自我效能學習興趣。所以建議教師於課堂中多製造學生成功的學習經驗，建立學生的學習信心，先讓學生從比較簡單、生活化的數學開始，建立自信心與成就感之後，才可能會對數學產生興趣、不排斥，甚至有更多的投入。同時對家長來說，若發現學生在數學學習上遭遇挫折，也可進一步對學生進行心理建設，強化其數學學習的動機與信心。

二、對學生數學投入的建議

本研究發現，數學投入也是一個重要的中介變項，探究論證式教學可以透過數學自我效能，再透過數學投入而對數學素養產生間接影響。而如何讓學生可以願意提高對於數學的投入？或許協助學生提高學科學習的任務價值是一個可行的策略。學生的任務價值對其學習投入有重要的關聯，因為如果學生覺得數學重要，有用，甚至於是有趣的，則可能促使學生於學習歷程中能有更多的努力、專注及堅持等行為投入，例如可以專心聽數學老師講話、安排時間學習數學的內容、甚至會嘗試將新的內容與數學課上學到的內容連繫起來。因此教師除了應給予學生正向的自主支持外，同時亦宜強調數學的重要性、效用性及興趣，進而促使學生願意投入更多的學習。尤其，數學應該生活化，讓學生瞭解到數學應該是用來解決日常生活的實務問題，而不是計算標準答案的學科，營造學生應用數學的樂趣與挑戰，才能讓學生願意多加投入。

三、對於教師探究論證教學的建議

本研究發現教師的探究論證教學對數學素養是負向完全相符。在數學探究教學中，學生將擁有主動「思考」、「論證」、「推理」、「挑戰」與「解釋」等能力，主動參與知識的建構過程，成為獨立的學習者。也就是說，在教育改革的過程中，尤其目前108課綱，強調探究論證教學以及素養導向教學的情形下，對於過往的考試科目例如數學這種，原本挑戰就會更大，也需要更多的轉換及調適期。此外，本研究根據研究結果發現以下現象。第一，由於PISA 2022是經由學生知覺所認知的教師教學策略的使用，所以有可能是教師有採用這樣的策略，但是學生並未感知到。第二，也是較為嚴重的情形是，在108課綱開始推動後，教師對探究的認識不足，甚至有教師表示這可能會使他們對這樣教學題材感到不適，並在教授的過程中遇到困難。換言之，教師是否真能確實執行探究論證教學也是一種重要的議題。因此針對教師的探究論證教學，本研究建議主管機關、各級學校、甚至是師資培育機構，應該努力提供第一線教師學習如何探究教學的研習、課程，甚至讓教師有實作、交流的機會。更是可以組成種子教師輔導團，讓更多不易到場研習的教師們，可以有輔導團到該校傳授經驗與交流。

四、對於學生數學焦慮的建議

數學焦慮是一個重要的調節變項，當學生對數學感到焦慮時，面對數學作業、數學任務會感到緊繃、擔心、無助，甚至擔心數學成績不好。在國中的發展階段，形成數學

焦慮的原因是來自於多元環境的交互作用，無論是學校、家長，甚至是孩子自己的人格特質都可能造成數學焦慮。因此本研究建議學校教師及家長可多關心學生的心理狀態，避免學生因一時的挫折而影響其自我的肯定與信心，產生焦慮。教師在數學教學上，需要常常關懷學生，不要心急，按部就班的慢慢進行。首先可以先找出學生的興趣所在，那怕是很簡單的小問題，也要先讓他們體會到成功的愉快，才會有後續繼續學習的動機，才不會一而再，再而三地從學習中逃走。當然在學生有問題時，教師需要收起自己的情緒，多些耐心的教到學生懂，也不要感到不耐煩，使學生可以接近教師時可以不用這麼的害怕。當學生不再恐懼數學老師，對於數學的焦慮一定也可以降低的。

五、未來研究建議

PISA歷年來的調查都是屬於橫斷性的研究，對於若干議題的深入探究仍是需要縱貫性的調查才可有較為明確的論述。例如本研究的理論模式，若能有縱貫性的資料，將可以知道數學焦慮的調節效果是否會隨著年級增長而有所變化，甚至更能知道教師的探究論證教學對於數學素養成長速率的影響。再者，PISA 2022中有許多背景資料的調查，建議未來研究者可以依據本研究的理論架構，針對不同的群組，例如性別、城鄉類型、甚至是學校是否有提供數學補教教學等，進行多群組分析以驗證本研究模型在不同群組的差異情形。另外，本研究發現若干的觀察變項的指標信度未達到.5的標準，建議後續PISA在進行下一次的調查時，可以再次修正題目內涵。最後，學生對於教師的探究論證教學是由學生所填答，也代表是學生所感知到的，可能很大程度上反映了其對教師的感受，而不純然是教師本身的因素。因此建議後續PISA資料庫調查時，可以直接詢問教師針對教學的各變項，或許能更貼切教師實際的教學實踐情形。

參考文獻

丁學勤、曾智豐(2013)。影響國中階段貧窮學生學業表現之因素探析——以臺灣兒童暨家庭扶助基金會扶助對象為例。**臺灣教育社會學研究**，**13**(1)，1-42。https://doi.org/10.3966/168020042013061301001

[Ting, S.-C., & Tseng, C.-F. (2013). Factors affecting the academic achievement of financially disadvantaged junior high school students: A case study of beneficiaries of the Taiwan fund for children and families. *Taiwan Journal of Sociology of Education*, *13*(1), 1-42. https://doi.org/10.3966/168020042013061301001]

吳正新、謝佳叡、黃宇康(2022)。國小六年級生對數學素養導向試題之作答表現探究。**臺灣數學教育期刊**，**9**(2)，87-111。https://doi.org/10.6278/tjme.202210_9(2).004

[Wu, J.-S., Hsieh, C.-J., & Huang, Y.-K. (2022). An investigation into the performances of sixth graders in answering literacy-oriented assessments in mathematics. *Taiwan Journal of Mathematics Education*, *9*(2), 87-111. https://doi.org/10.6278/tjme.202210_9(2).004]

吳明隆(2023)。**結構方程模式——AMOS的操作與應用**(第二版)。五南。

[Wu, M.-L. (2023). *Structural equation modeling–Amos operation and application* (2nd ed.). Wu-Nan.]

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之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)，33-72。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), 33-72. https://doi.org/10.3966/156082982021052402002]

吳璧如、陳俊瑋(2022)。國小教師工作壓力與工作滿意度之關係研究：教師自我效能感的中介效果。**教育研究與發展期刊**，**18**(2)，51-92。https://doi.org/10.6925/SCJ.202206_18(2).0002

[Wu, P.-J., & Chen, C.-W. (2022). Relationships between job stress and job satisfaction among elementary school teachers: The mediating role of teacher self-efficacy. *Journal of Educational Research and Development*, *18*(2), 51-92. https://doi.org/10.6925/SCJ.202206_18(2).0002]

余民寧(2006)。**潛在變項模式：SIMPLIS的應用**。高等教育。

[Yu, M.-N. (2006). *Latent variable models: The application of SIMPLIS*. Higher Education.]

余民寧、韓珮華(2009)。教學方式對數學學習興趣與數學成就之影響：以TIMSS 2003台灣資料為例。**測驗學刊**，**56**(1)，19-48。https://doi.org/10.7108/PT.200903.0019

[Yu, M.-N., Han, P.-H. (2009). The influence of teaching methods on the mathematics learning interests and achievement: The case of TIMSS 2003 Taiwan data. *Psychological Testing*, *56*(1), 19-48. https://doi.org/10.7108/PT.200903.0019]

李君柔、王美娟(2013)。個人特質、家庭環境、教師教學與學校背景對八年級學生數學成就之影響。**臺北市立教育大學學報・教育類**，**44**(1)，51-83。https://doi.org/10.6336/JUTe/2013.44(1)3

[Lee, C.-R., &Wang, M.-C. (2013). Influential factors on mathematics achievement of Taiwanese 8th graders. *Journal of University of Taipei • Education*, *44*(1), 51-83. https://doi.org/10.6336/JUTe/2013.44(1)3]

林郁婷、龔心怡(2022)。以PISA 2012探究臺灣學生性情經歷因素對數學焦慮之影響。**臺灣數學教育期刊**，**9**(2)，33-62。https://doi.org/10.6278/tjme.202210_9(2).002

[Lin, Y.-T., & Kung, H.-Y. (2022). Using PISA 2012 to explore the effects of dispositional antecedents on Taiwanese students' mathematics anxiety. *Taiwan Journal of Mathematics Education*, *9*(2), 33-62. https://doi.org/10.6278/tjme.202210_9(2).002]

林素微(2013)。PISA 2012數學素養評量架構與意涵。**新北市教育**，**6**，49-53。

[Lin, S.-W. (2013). PISA 2012 shuxue suyang pingliang jiagou yu yihan. *New Taipei City Education*, *6*, 49-53.]

林素微(2018)。數學課室教師支持與學生數學素養關聯探討：以PISA 2012 臺灣資料為例。**臺灣數學教師**，**39**(1)，1-17。https://doi.org/10.6610/TJMT.201804_39(1).0001

[Lin, S.-W. (2018). Shuxue keshi jiaoshi zhichi yu xuesheng shuxue suyang guanlian tantao: Yi PISA 2020 Taiwan ziliao weili. *Taiwan Journal of Mathematics Teachers*, *39*(1), 1-17. https://doi.org/10.6610/TJMT.201804_39(1).0001]

林素微(2019)。中學生閱讀策略使用與數學素養的關聯及其意涵。**測驗學刊**，**66**(3)，213-248。

[Lin, S.-W. (2019). Relationship between reading strategies and mathematical literacy. *Psychological Testing*, *66*(3), 213-248.]

林啟超、謝智玲(2018)。高職學生知覺教師心理支持、情境興趣、個人興趣與課業投入間關係之研究。**師資培育與教師專業發展期刊**，**11**(1)，123-153。https://doi.org/10.3966/207136492018041101005

[Lin, C.-C., & Hsieh, C.-L. (2018). The relationships among teacher psychological support, situational interest, individual interest, and the academic engagement of vocational high school students. *Journal of Teacher Education and Professional Development*, *11*(1), 123-153. https://doi.org/10.3966/207136492018041101005]

邱素玲、洪福源(2014)。大學生班級情緒氣氛、學習自我效能、學習倦怠與學習投入關係研究。**彰化師大教育學報**，**25**，85-112。

[Chiu, S.-L., & Hong, F.-Y. (2014). Correlations among classroom emotional climate, learning self efficacy, learning burnout and learning involvement of university students. *Journal of Education National Changhua University of Education*, *25*, 85-112.]

邱皓政(2003)。**結構方程模式：LISREL的理論、技術與應用**。雙葉書廊。

[Chiou, H.-J. (2003). *Structural equation modeling*. Yeh Yeh Book Gallery.]

洪秀珍、謝臥龍、駱慧文(2015)。科技大學女學生「數學領域認同」、「數學性別刻板」、「性別角色刻板」、「情境訊息」與「數學焦慮」之研究。**科學與人文研究**，**3**(3)，30-54。https://doi.org/10.6535/JSH2015123302

[Hung, H.-C., Shieh, V., & Lo, A. H.-W. (2015). The study of mathematics identity, gender stereotype of mathematics, gender role stereotype, situation awareness and math anxiety on the female students of technology university. *Journal of Sciences and Humanities*, *3*(3), 30-54. https://doi.org/10.6535/JSH2015123302]

陳正昌、程炳林、陳新豐、劉子鍵(2009)。**多變量分析方法：統計軟體應用**(第五版)。五南。

[Chen, J.-C., Cherng, B.-L, Chen, S.-F., & Liu, T.-J. (2009). *Multivariate analysis* (5th ed.). Wu-Nan.]

陳欣、吳欣蓓(2021)。競爭性、文化智商與出國工作意圖之關聯——自我效能的中介作用。

商管科技季刊，**22**(3)，299-324。

[Chen, H., & Wu, H.-P. (2021). The relations among competition, cultural intelligence, and overseas work intention—The mediating effect of self-efficacy. *Commerce & Management Quarterly*, *22*(3), 299-324.]

陳映涵、吳昭容、張凌嘉(2022)。小學中、高年級學生一般詞彙知識與數學詞彙知識的預測：數學成就的學習路徑。**科學教育學刊**，**30**(2)，101-120。https://doi.org/10.6173/CJSE.202206_30(2).0001

[Chen, Y.-H., Wu, C.-J., & Chang, L.-C. (2022). Longitudinal prediction of general vocabulary and mathematics vocabulary among fourth and sixth graders: Pathways to mathematics achievement. *Chinese Journal of Science Education*, *30*(2), 101-120. https://doi.org/10.6173/CJSE.202206_30(2).0001]

陳姿螢(2018)。學生對於數學教師教學看法與數學焦慮之關聯性——以PISA 2012 臺灣學生為例。**教育學誌**，**39**，55-85。

[Chen, T.-Y. (2018). The relationship between students' viewpoints of math teachers and math anxiety—Take PISA 2012 Taiwanese students as an example. *Journal of Education*, *39*, 55-85.]

陳敏瑜、游錦雲(2013)。以TIMSS資料檢視能力信念與任務價值對臺灣八年級學生數學成就之影響。**教育科學研究期刊**，**58**(3)，153-186。https://doi.org/10.6209/JORIES.2013.58(3).06

[Chen, M.-Y., & Yu, C.-Y. (2013). Using trends in mathematics and science study to investigate the effects of ability beliefs and task values on eighth-grader mathematics achievements in Taiwan. *Journal of Research in Education Sciences*, *58*(3), 153-186. https://doi.org/10.6209/JORIES.2013.58(3).06]

教育部(2013)。**教育部提升國民素養專案計畫報告書**。https://bit.ly/3COJ4Zh

[Ministry of Education. (2013). *Report on the Ministry of Education's project to enhance national literacy*. https://bit.ly/3COJ4Zh]

張芳全(2021)。高中生數學素養表現因素之分析：以自我教育期望與數學學習動機為中介變項。**學校行政**，**134**，23-58。https://doi.org/10.6423/HHHC.202107_(134).0002

[Chang, F.-C. (2021). The factors of high school students' performance in mathematics literacy: Self-education expectations and mathematics learning motivation as mediators. *School Administrators*, *134*, 23-58. https://doi.org/10.6423/HHHC.202107_(134).0002]

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]

許瑋芷、陳明溥(2010)。數學表徵及數學自我效能對國小學生樣式推理學習成效之影響。**數位學習科技期刊**，**2**(3)，42-60。

[Hsu, W.-C., & Chen, M.-P. (2010). The effects of type of mathematical representation and mathematics self-efficacy on fifth-graders' pattern reasoning. *International Journal on Digital Learning Technology*, *2*(3), 42-60.]

彭耀平、陳榮政、何希慧(2018)。大學生學習模式與學習成效間關聯之研究：深度取向學習投入為中介變項。**課程與教學**，**21**(1)，133-157。https://doi.org/10.6384/CIQ.201801_21(1).0006

[Peng, M. Y.-P., Chen, R. J.-C., & Ho, S. S.-H. (2018). A study of the relationships between college student learning modes and learning outcomes: Using the deep approach to learning as a mediator. *Curriculum & Instruction Quarterly*, *21*(1), 133-157. https://doi.org/10.6384/CIQ.201801_21(1).0006]

黃雅琪、巫博瀚(2016，10月)。**自我效能、內在動機、控制信念及教師自主支持對臺灣國中生學習投入之影響：多層次分析的應用**。2016臺灣心理學年會暨學術研討會，臺南市，臺灣。

[Huang, Y.-C., & Wu, P.-H. (2016, October). *The impact of self-efficacy, intrinsic motivation, locus of control, and teacher's autonomy support on student engagement of junior high school students: The application of multilevel analysis*. 2016 Annual Meeting of the Taiwan Psychological Association and Academic Conference, Tainan, Taiwan]

楊淑萍、林煥祥(2010)。由家庭經濟資源及文化資源探討我國學生在PISA科學、數學素養的表現。**科學教育學刊**，**18**(6)，547-562。https://doi.org/10.6173/CJSE.2010.1806.03

[Yang, S.-P., & Lin, H.-S. (2010). Analyses of science and mathematics literacy of students with different economic assets and cultural assets. *Contemporary Journal of Science Education*, *18*(6), 547-562. https://doi.org/10.6173/CJSE.2010.1806.03]

黃秀雯、王采薇(2019)。男女有別，學習表現也有別？國際素養評量結果再思性別刻板印象威脅。**學校行政**，**122**，154-170。https://doi.org/10.6423/HHHC.201907_(122).0009

[Huang, H.-W, & Wang, T.-W. (2019). Are there gender differences in academic performance?-Rethinking gender stereotype threats of PISA results in Taiwan. *School Administrators*, *122*, 154-170. https://doi.org/10.6423/HHHC.201907_(122).0009]

劉玉玲、沈淑芬(2015)。數學自我概念、數學學習策略、數學學業情緒與數學學業成就之研究　自我提升模式觀點。**教育心理學報**，**46**(4)，491-516。https://doi.org/10.6251/BEP.20140716

[Liu, Y.-L., & Shen, S.-F. (2015). Relations among mathematics self-concept, mathematics learning strategy, mathematics emotion, and mathematics academic achievement: The self-enhancement model. *Bulletin of Educational Psychology*, *46*(4), 491-516. https://doi.org/10.6251/BEP.20140716]

鄭立婷、魯盈讌、洪瑞兒、許文怡(2021)。情境式探究論證導向教學提升國中生STEM素養之成效。**科學教育學刊**，**29**(4)，299-323。https://doi.org/10.6173/CJSE.202112_29(4).0001

[Cheng, L.-T., Lu, Y.-Y., Hung, Z.-R., & Hsu, W.-Y. (2021). Promoting student STEM literacy through contextual-based inquiry-driven argumentation STEM teaching. *Chinese Journal of Science Education*, *29*(4), 299-323. https://doi.org/10.6173/CJSE.202112_29(4).0001]

賴英娟、巫博瀚(2018)。國中生所知覺到的教師自主支持、自我效能及自主動機對學業情緒之影響。**課程與教學**，**21**(2)，85-110。https://doi.org/10.6384/CIQ.201804_21(2).0004

[Lai, Y.-C., & Wu, P.-H. (2018). The effects of perceived teachers' autonomy support, self-efficacy, and autonomous motivation on academic emotions of junior high school students. *Curriculum & Instruction Quarterly*, *21*(2), 85-110. https://doi.org/10.6384/CIQ.201804_21(2).0004]

薛杏秋、巫博瀚(2016，10月)。**教師自主支持對國中生自我效能、學習情緒及學習投入之影響**。2016臺灣心理學年會暨學術研討會，臺南市，臺灣。

[Hsueh, H.-C., & Wu, P.-H. (2016, October). *A study on the effect of teachers' autonomy support on self-efficacy, academic emotion and student engagement of junior high school students*. 2016 Annual Meeting of the Taiwan Psychological Association and Academic Conference, Tainan, Taiwan.]

薛奕龍、謝傳崇(2022)。教師自我效能感在學校分布式領導與教師創新的中介作用有效嗎？TALIS 2018 臺灣國中教師的調查分析。**教育政策論壇**，**25**(2)，109-142。https://doi.org/10.53106/156082982022052502004

[Hsueh, Y.-L., & Hsieh, C.-C. (2022). Is teacher self-efficacy effective in the mediating role of school distribution leadership and teaching innovation? Analysis of primary and secondary school teachers in Taiwan based on TALIS 2018. *Educational Policy Forum*, *25*(2), 109-142. https://doi.org/10.53106/156082982022052502004]

魏如慧(2024)。數學自我效能與數學能力之性別差異：PISA 2022資料分析。**學校行政**，**151**，118-130。https://doi.org/10.6423/HHHC.202405_(151).0006

[Wei, J.-H. (2024). Gender disparities in mathematics self-efficacy and proficiency: Insights from PISA 2022 data analysis. *School Administrators*, *151*, 118-130. https://doi.org/10.6423/HHHC.202405_(151).0006]

蘇泓誠、陳佳欣(2022)。不同心態之臺灣學生成就動機與數學素養關聯研究。**臺灣數學教育期刊**，**9**(2)，63-86。https://doi.org/10.6278/tjme.202210_9(2).003

[Su, H.-C., & Chen, C.-H. (2022). Relationship between achievement motivation and mathematics literacy of Taiwanese students with different mindsets. *Taiwan Journal of Mathematics Education*, *9*(2), 63-86. https://doi.org/10.6278/tjme.202210_9(2).003]

Anderman, E. M. (2020). Achievement motivation theory: Balancing precision and utility. *Contemporary Educational Psychology*, *61*, Article 101864. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101864

Arens, A. K., Frenzel, A. C., & Goetz, T. (2022). Self-concept and self-efficacy in math: Longitudinal interrelations and reciprocal linkages with achievement. *The Journal of Experimental Education*, *90*(3), 615-633. https://doi.org/10.1080/00220973.2020.1786347

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. Freeman.

Beniermann, A., Mecklenburg, L., & Upmeier zu Belzen, A. (2021). Reasoning on controversial science issues in science education and science communication. *Education Sciences*, *11*(9), Article 522. https://doi.org/10.3390/educsci11090522

Betz, N. E., & Hackett, G. (1983). The relationship of mathematics self-efficacy expectations to the selection of science-based college majors. *Journal of Vocational Behavior*, *23*(3), 329-345. https://doi.org/10.1016/0001-8791(83)90046-5

Breda, T., Jouini, E., & Napp, C. (2018). Societal inequalities amplify gender gaps in math. *Science*, *359*(6381), 1219-1220. https://doi.org/10.1126/science.aar2307

Cho, S. (2020). Investigation of PISA 2022 mathematics framework and illustrative examples. *Journal of the Korean School Mathematics*, *23*(3), 299-321. https://doi.org/10.30807/ksms.2020.23.3.004

Choi, I. (2024). Exploring the direction of mathematics education in Korea based on the changes of definitions of mathematical literacy and frameworks in PISA. *Journal of the Korean School Mathematics*, *27*(1), 91-105. https://doi.org/10.30807/ksms.2024.27.1.005

del Carmen Pérez-Fuentes, M., Núñez, A., del Mar Molero, M., Gázquez, J. J., Rosário, P., & Núñez, J. C. (2020). The role of anxiety in the relationship between self-efficacy and math achievement. *Psicología Educativa*, *26*(2), 137-143. https://doi.org/10.5093/psed2020a7

Dogra, A., & Dutt, S. (2016). The association between students' learning engagement and their achievement in psychology. *International Journal of Multidisciplinary Education and Research*, *1*(7), 33-35.

Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2020). From expectancy-value theory to situated expectancy-value theory: A developmental, social cognitive, and sociocultural perspective on motivation. *Contemporary Educational Psychology*, *61*, Article 101859. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101859

Ewell, P. T., & McCormick, A. C. (2020). The National Survey of Student Engagement (NSSE) at twenty. *Assessment Update*, *32*(2), 1-16. https://doi.org/10.1002/au.30204

Eymur, G. (2018). Developing high school students' self-efficacy and perceptions about inquiry and laboratory skills through argument-driven inquiry. *Journal of Chemical Education*, *95*(5), 709-715. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00934

Fredricks, J. A. (2022). The measurement of student engagement: Methodological advances and comparison of new self-report instruments. In A. L. Reschly & S. L. Christenson (Eds.), *Handbook of research on student engagement* (pp. 597-616). Springer. https://doi.

org/10.1007/978-3-031-07853-8_29

Gabriel, F., Buckley, S., & Barthakur, A. (2020). The impact of mathematics anxiety on self-regulated learning and mathematical literacy. *Australian Journal of Education*, *64*(3), 227-242. https://doi.org/10.1177/0004944120947881

Gaspard, H., Lauermann, F., Rose, N., Wigfield, A., & Eccles, J. S. (2020). Cross-domain trajectories of students' ability self-concepts and intrinsic values in math and language arts. *Child Development*, *91*(5), 1800-1818. https://doi.org/10.1111/cdev.13343

Hascoët, M., Giaconi, V., & Jamain, L. (2021). Family socioeconomic status and parental expectations affect mathematics achievement in a national sample of Chilean students. *International Journal of Behavioral Development*, *45*(2), 122-132. https://doi.org/10.1177/0165025420965731

Hiller, S. E., Kitsantas, A., Cheema, J. E., & Poulou, M. (2022). Mathematics anxiety and self-efficacy as predictors of mathematics literacy. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *53*(8), 2133-2151. https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1868589

Hooper, M., Mullis, I. V. S., & Martin, M. O. (2013). TIMSS 2015 context questionnaire framework. In I. V. S. Mullis & M. O. Martin (Eds.), *TIMSS 2015 assessment frameworks* (pp. 61-82). TIMSS & PIRLS International Study Center.

Keith, H. (2016). *The Effects of Community-Building on Achievement, Motivation, and Engagement in Undergraduate Mathematics*. https://bit.ly/3OLmpzU

Laudano, F., Tortoriello, F. S., & Vincenzi, G. (2020). An experience of teaching algorithms using inquiry-based learning. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *51*(3), 344-353. https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1565453

Lee, J., & Stankov, L. (2018). Non-cognitive predictors of academic achievement: Evidence from TIMSS and PISA. *Learning and Individual Differences*, *65*, 50-64. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2018.05.009

Lent, R. W., Lopez, F. G., & Bieschke, K. J. (1991). Mathematics self-efficacy: Sources and relation to science-based career choice. *Journal of Educational Psychology*, *38*(4), 424-430. https://doi.org/10.1037/0022-0167.38.4.424

Mikk, J., Krips, H., Säälik, Ü., & Kalk, K. (2016). Relationships between student perception of teacher-student relations and PISA results in mathematics and science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *14*(8), 1437-1454. https://doi.org/10.1007/s10763-015-9669-7

Nizham, H., Suhendra, S., & Bambang Avip P. (2017). Improving ability mathematic literacy, self-efficacy and reducing mathematical anxiety with learning Treffinger model at senior high school students. *International Journal of Science and Applied Science: Conference Series*,

2(1), 130-138. https://doi.org/10.20961/ijsascs.v2i1.16696

Organization for Economic Cooperation and Development. (2014). *PISA 2012 results: What students know and can do— Student performance in mathematics, reading and science* (Volume I, Revised ed.). OECD Publishing.

Ortega-Rodríguez, P. J. (2024). PISA 2022. Predictors of the mathematics achievement of Spanish students in Secondary Education. *Revista de Psicodidáctica (English ed.)*, Article 500152.

Paul, N., Lin, T.-J., Ha, S. Y., Chen, J., & Newell, G. E. (2021). The role of achievement goal orientations in the relationships between high school students' anxiety, self-efficacy, and perceived use of revision strategies in argumentative writing. *Journal of Writing Research*, *12*(3), 657-684. https://doi.org/10.17239/jowr-2021.12.03.05

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2020). Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions. *Contemporary Educational Psychology*, *61*, Article 101860. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101860

Salanova, M., Llorens, S., & Schaufeli, W. B. (2011). "Yes, I can, I feel good, and I just do it!" On gain cycles and spirals of efficacy beliefs, affect, and engagement. *Applied Psychology*, *60*(2), 255-285. https://doi.org/10.1111/j.1464-0597.2010.00435.x

Schunk, D. H., & DiBenedetto, M. K. (2020). Motivation and social cognitive theory. *Contemporary Educational Psychology*, *60*, Article 101832. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.101832

Schunk, D. H., & Meece, J. L. (2006). Self-efficacy development in adolescence. In F. Pajares & T. Urdan (Eds.), *Self-efficacy beliefs of adolescents* (pp. 71-96). Information Age.

Shao, Y., Kang, S., Lu, Q., Zhang, C., & Li, R. (2024). How peer relationships affect academic achievement among junior high school students: The chain mediating roles of learning motivation and learning engagement. *BMC Psychology*, *12*, Article 278. https://doi.org/10.1186/s40359-024-01780-z

Skinner, E., Furrer, C., Marchand, G., & Kindermann, T. (2008). Engagement and disaffection in the classroom: Part of a larger motivational dynamic? *Journal of Educational Psychology*, *100*(4), 765-781. https://doi.org/10.1037/a0012840

Soland, J. (2019). Modeling academic achievement and self-efficacy as joint developmental processes: Evidence for education, counseling, and policy. *Journal of Applied Developmental Psychology*, *65*, Article 101076. https://doi.org/10.1016/j.appdev.2019.101076

Wang, J., Liu, R.-D., Ding, Y., Xu, L., Liu, Y., & Zhen, R. (2017). Teacher's autonomy support and engagement in math: Multiple mediating roles of self-efficacy, intrinsic value, and boredom. *Frontiers in Psychology*, *8*, Article 1006. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01006

Wijaya, T. T., Hidayat, W., Hermita, N., Alim, J. A., & Talib, C. A. (2024). Exploring contributing

factors to PISA 2022 mathematics achievement: Insights from Indonesian teachers. *Infinity Journal*, *13*(1), 139-156. https://doi.org/10.22460/infinity.v13i1.p139-156

Xi, X., Wang, Y., & Jia, B. (2017). The effect of social support on subjective well-being: Mediator roles of self-esteem and self-efficacy. *Proceedings of the 2017 3rd International Conference on Humanities and Social Science Research (ICHSSR 2017)* (pp. 493-505). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/ichssr-17.2017.101

Yang, Q., Chen, Q., Wang, J., & Ou, R. (2024). The effect of student self-efficacy on learning outcomes in a business simulation mobile game: A quasi-experimental study. *Library Hi Tech*, *42*(2), 547-563. https://doi.org/10.1108/LHT-02-2022-0114

科學教育學刊
2024, 第三十二卷第三期, 313-340
DOI:10.6173/CJSE.202409_32(3).0004

Contemporary Journal of Science Education
2024, 32(3), 313-340

Exploring Factors in Mathematical Literacy of Students From PISA 2022 Taiwan Data

Chia-Chun Hsiao*
Department of Education, National University of Tainan

Abstract

Based on the theory of the Self-System Model of Motivational Development (SSMMD), factors in mathematical literacy were explored in this study. The relations among context in classroom situation of math teachers' inquiry-driven argumentation teaching, ego factor of math self-efficacy, action factor of engagement in math, and result factor of mathematical literacy were discussed, and mathematical anxiety was added in the correction model as the moderator. 5,857 students in PISA 2022 Taiwan data were used for the analyses. Such samples showed the representativeness that using such data to analyzed factors in students' mathematical literacy reveals the meaning and value. Structural equation modeling was applied to the statistical analyses. The research findings showed that 1.teachers' inquiry-driven argumentation teaching presented negative effects on mathematical literacy, 2.inquiry-driven argumentation teaching could indirectly affected engagement in math through the mediation of math self-efficacy, 3.inquiry-driven argumentation teaching could indirectly affected mathematical literacy through math self-efficacy and the mediation of engagement in math, and 4.mathematical anxiety played negative moderating effected on the relations between inquiry-driven argumentation teaching and mathematical literacy. According to above analyses, corresponding practice and suggestions for future studies were proposed. Inquiry-driven argumentation teaching and mathematical literacy in this study match the educational philosophy of 108 curriculum guidelines, and big database was utilized for testing the theoretical model that the analysis resulted reveal rich contributions to the promotion of 108 curriculum guidelines and math education in Taiwan.

Key words: Inquiry-driven Argumentation Teaching, Math Self-efficacy, Engagement in Math, Mathematical Literacy, Mathematical Anxiety

* Corresponding author: Chia-Chun Hsiao, 3687108@yahoo.com.tw
Received: 2024/5/30, Revised: 2024/9/26, Accepted: 2024/9/26, Available Online: 2024/11/29