

學生主動數學學習行為之潛在類別與數學素養關聯-以 PISA 2022 臺灣資料為例

紀志聰* 林素微 **

中文摘要

本研究針對PISA 2022臺灣學生的主動數學學習行為進行潛在類別分析，探討其可能分類，並檢視不同主動數學學習行為類別與性別、數學素養的關聯，以及其對數學素養性別差異可能的調節效果。研究發現，臺灣中學生的主動數學學習行為可分為五種潛在類別，且性別與主動學習行為類別有關，臺灣女學生在「消極且不堅持」、「專注但消極」兩類別的比率顯著較男學生高。「積極且堅持」類別的數學素養最高，「積極但不堅持」、「消極但堅持」最低；臺灣學生在數學素養的性別差異不太明顯，但就主動數學學習行為類別來看，則在「積極但不堅持」女生成績略高於男生，其餘四類別則均呈現男生數學素養高於女生，其中「專注但消極」類別的男生顯著高出36分，其餘各類別男女學生在數學素養的性別差異則未達顯著。基於分析結果，本文提出相關教學及研究建議。

關鍵字：潛在類別分析、主動數學學習行為、數學素養

*國立臺南大學教育學系測驗統計所博士班

**國立臺南大學教育學系教授兼系主任

通訊作者：林素微，email: swlin0214@gm2.nutn.edu.tw

Relationship Between Latent Classes of Proactive Mathematics Learning Behaviors and Literacy: A Case Study of the Programme for International Student Assessment 2022 in Taiwan

Chih-Tsung Chi* Su-Wei Lin**

Abstract

This study conducted a latent class analysis of Taiwanese students' proactive mathematics learning behaviors in the Programme for International Student Assessment 2022 to explore potential classifications and examine the relationships between different categories of proactive mathematics learning behaviors, gender, and mathematics performance and their moderating effects on gender differences in mathematics literacy. The proactive mathematics learning behaviors of Taiwanese middle school students can be divided into five latent categories, with gender influencing these categories. Notably, a large proportion of female students were observed in the "passive and not persistent" and "focused but passive" categories. The "proactive and persistent" category demonstrated the highest levels of mathematics literacy, and the "proactive but not persistent" and "passive but persistent" categories demonstrated the lowest levels. Gender differences in overall mathematics literacy were minimal. Girls scored slightly higher than boys in the "proactive but not persistent" category. Conversely, boys outperformed girls in the other four categories, with boys in the "focused but passive" category scoring 36 points higher. In the remaining categories, boys scored significantly higher than did girls, although the difference was not significant. Overall, this study offers valuable teaching and research suggestions.

Keywords: Latent Class Analysis, Proactive Mathematical Study Behavior, Mathematical Literacy

*Doctoral Program in Measurement and Statistics, Department of Education, National University of Tainan

**Professor and Chairman of the Department of Education, National University of Tainan.
Corresponding Author: Su-Wei Lin, email: swlin0214@gm2.nutn.edu.tw

壹、緒論

本研究旨在探討臺灣15歲中學生主動數學學習行為潛在類別和性別、數學素養的關聯，因此本段針對研究動機和背景，提出研究目的和研究對象。

一、研究動機與背景

數學是一門普遍科學，也被視為科學之母，例如 Ruseffendi (2010) 表示，「數學不僅是數學本身的工具，也是其他科學不可或缺的許多概念，例如化學、物理、生物、工程和藥學」。Sakirudeen 與 Sanni (2017) 也表示「沒有數學，世界就寸步難行。無論是廚師或農民、木匠或機械師、店主或醫生、工程師或科學家、音樂家或魔術師，每個人的日常生活中都需要數學支撐」。這表明數學已經成為我們日常生活的一部分。

作為一門核心學科，數學在學生的學習生涯中扮演著至關重要的角色，尤其是在義務教育階段。數學學習被視為一種複雜的心智活動，需要綜合運用多種認知技能。這一觀點在多個國際評比數據庫中得到了充分體現，例如國際數學與科學教育成就趨勢調查 (Trends in International Mathematics and Science Study, 簡稱TIMSS) 和國際學生能力評量計畫 (Programme for International Student Assessment, 簡稱PISA)。

影響學生數學學習表現的因素涉及很多層面，包括學生的個人特質、家庭背景、學校環境等。在這些因素中，學生層面直接與表現有所關聯，如學習自我效能、學習態度、學習信念、學習策略和學習動機等。多項國內外研究都指出學習動機是影響學生學習表現的一個關鍵因素，其與學生的數學學習行為直接關聯，進而影響學習表現 (張芳全、張秀穗, 2017; Amrai et al., 2011; Çiftçi & Yıldız, 2019)。由於個人特質 (例如學習動機、自我效能等) 與學習表現的關聯已經得到諸多研究的共識，但對於學生的學習行為的相關研究著墨略少，在本研究中，將針對主動數學學習行為 (proactive mathematics study behaviour) 進行探討。

Geertshuis等人 (2014) 將主動學習行為 (proactive learning behaviour) 定義為學生在學習中展現主動性的行為，例如建立人脈、尋求回饋、跟上課業進度、解決問題等，其強調主動學習行為不僅取決於個人特質，環境和情境因素也扮演著重要角色。根據這樣的構念，本研究將主動數學學習行為定義為學生在數學學習過程中表現出的一系列主動的行動和態度，包括學生學習投入的積極性、注意力、情緒反應和意志力；本研究假設，在課室環境中，培養學生的主動學習行為可以顯著影響他們的學習參與和表現。

積極主動的學習行為往往與學習動機密切相關。學習動機是一個複雜的心理社會結構，涉及多個方面，其在提供學習熱情或主動性方面起著重要作用，動機強的學生往往有較大的努力來進行學習活動，這意味著有了良好的學習動力，就會產生良好的學習成果。儘管學習動機在數學學習中扮演著重要角色，但我們仍需認識到，最終影響學習成效的是學生的實際學習行為。Zimmerman與Kitsantas (1997) 指出，即使在相同的學習環境和條件下，不同學生的學習效果也可能存在顯著差異，這提醒我們，在關注學習動機的同時，也要重視學生的具體學習行為和策略。

中學生的數學學習表現是一個國家的關鍵預測因素 (Friedman, 2006)，特別是在科

學、工程或技術領域 (Roick & Ringeisen, 2018; Tyson & Roksa, 2016)。前述的 TIMSS 和 PISA 等國際評比將各參與國家的數學表現及相關因素進行評估，這些評估結果往往成為各國關注的焦點，也被視為是國家未來競爭力的基礎 (Thomson et al., 2003)。數學學習的內涵隨著時代的變遷不斷的演進和擴充，從 1990 年代強調運用數學知識透過解題歷程解決問題，進一步擴充至一般人生活情境中非例行性問題的覺察、解決與反省；其中，最具代表性之一的當屬經濟合作暨發展組織 (Organisation for Economic Co-operation and Development, 簡稱 OECD) 的 PISA 對於數學素養的定義 (OECD, 2023)。PISA 是當前全球最大的國際評比之一，目前已經超過 90 個國家/經濟體參與，這項針對 15 歲學生每三年一次的全球性評量涵蓋了閱讀、數學及科學三大領域，為我們提供了寶貴的數據，也成為各國教育政策的重要參考依據 (佘曉清、林煥祥, 2017)。在 PISA 2022 中，數學素養為主要測驗科目，此次調查中，除了數學素養的測量外，也涉及了學生個人因素、教學、學習環境等變項的調查 (OECD, 2023)，其中，主動數學學習行為即為其中的一項調查內涵。

在教與學的歷程中，學習的性別差異也一直是教育關注的重要議題。以數學而言，這個學科常常被視為男性表現較佳的學科 (Ernest et al., 2019)，此種刻板現象可能讓女學生以此畫地自限。余民寧等人 (2018) 的研究指出，相對於數理表現的性別差異，數理學習動機等因素的差異更為明顯。Eichmann 等人 (2020) 針對 PISA 2012 的資料指出女學生對複雜問題解決任務的互動和探索較少，此可能導致女學生的表現低於男學生。Leng 等人 (2024) 發現在低風險的國際評比中，男學生在答題中較傾向採取「快速猜測」的行為，而女學生則傾向於更謹慎的作答，所以其作答反應時間較長。換句話說，學習表現性別差異可能是由於性格上的性別差異所造成的，女孩通常表現出更高的責任感 (DeMars et al., 2013; Goldstein et al., 1990; Zhu, 2007)。基於此項考量，本研究亦將性別差異議題納入檢視，首先探討性別與主動數學學習行為類別間是否有所關聯，亦即檢視男女學生在不同的數學學習行為類別是否有比率上的差異；此外，男女學生的數學素養略為不同，本研究將進一步檢視在不同主動數學學習行為類別下，男女生的數學素養差異是否有所不同，亦即，不同主動數學學習行為類別是否對於數學素養性別差異具調節作用。

二、研究目的

本研究假設學生的數學學習行為的主動性和其數學素養有所關聯，透過臺灣 PISA 2022 的資料，來探討學生的數學學習行為與其數學素養之間的關係。在本文中，使用潛在類別分析的方法，從學生的主動數學學習行為出發，試圖找出可能存在的行為類別；接著，探討不同主動數學學習行為類別的學生在數學成就上是否存在顯著的差異以及與性別可能的關聯，並進一步檢視不同主動學習行為類別對於數學素養的性別差異是否產生調節效果。具體研究目的如下：

- (一) 瞭解臺灣學生在主動數學學習行為量表的答題狀態。
- (二) 探討臺灣學生主動數學學習行為的潛在分類類別。
- (三) 檢視不同主動數學學習行為類別學生的數學素養。
- (四) 檢視不同主動數學學習行為類別對於數學素養性別差異的調節作用。
- (五) 探討不同主動數學學習行為類別下男女學生的數學素養差異是否有所不同。

貳、文獻探討

一、主動數學學習行為之意涵

Geertshuis等人（2014）將主動學習行為定義為學生在學習過程中展現主動性的各種行為，包括建立人脈、尋求回饋、跟上課業進度和解決問題等。許多研究指出，個體的主動行為與其成就息息相關，尤其是成人後的職業成就（Cooper-Thomas et al., 2011；Grant & Ashford, 2008）。

在探討學生的數學學習表現時，學生對於數學學習的主動性應是重要的議題。這種主動性通常來自於學生期望能夠完成任務並達成目標的動力，換句話說，主動學習行為的內在驅力和學習動機有很高的關聯，動機可以激發學生的學習興趣，提高學生的學習主動性，從而提高學生的學習表現。

在眾多的學習動機理論中，Deci與Ryan（1985）提出的自我決定論（self-determination theory）是學界相當重視的理論之一，該理論指出個體自我決定程度與其行為和目標設定有關。學習動機是學習過程的起點，它可以影響學生的學習主動性，並幫助學生完成他們學習任務（林烘煜、唐淑華，2008）。

Deci 與Ryan（1985）指出具有學習主動性的學生，他們在學科的認知、行為和情緒方面都會有較佳的狀況，他們在創造性思考和學習能力、對學校的滿意度、出勤狀況和作業表現等都呈現出高度的投入。Lee等人（2010）發現擁有內在動機的新加坡中學生傾向以精熟取向設定學習目標，而外在動機較強的學生則更傾向以表現取向來設定學習目標。

在教育領域中，關於主動行為的研究相對較少。PISA 2022在學生問卷中嘗試將上述的元素來探討學生的主動數學學習行為，透過「我在數學課上積極參與小組討論」、「我努力完成數學作業」、「我會安排時間學習數學課的內容」等問題，以自我報告的方式讓學生針對其在數學中所展現的努力和堅持行為的頻率進行回應（OECD, 2024），本研究將PISA 在此項的調查結果作為出發點，探討學生的主動數學學習行為與數學素養的關聯。

二、主動數學學習行為與數學表現之關聯

在學習的歷程中，學生若能主動參與，不僅對於其學習能力的提升有正向的影響，亦有利於營造良好的課室學習氛圍（Mijatovic & Jednak, 2011）。Schunk（2012）指出，主動學習能促進深層學習，幫助學生更有效地理解數學概念和解決問題；例如，當學生主動參與小組合作時，他們不僅能分享不同的解題策略，還能透過互助學習增強理解。因此，營造鼓勵主動學習的學習環境，可以有效提高學生的數學表現。主動數學學習行為與數學表現之間具有顯著的正向關聯，主動學習行為包括積極參與課堂討論、尋求回饋和自我監控學習進度等，這些行為能增加學生的學習動機及自信心，進而提升其數學表現。

值得注意的是，與其他學科相比，學生往往不願意積極主動的參與數學（Ting et al., 2023），因此，我們需要進一步探討學生的數學學習行為與其數學表現的關聯，以改善其學習行為的主動性，進而提升其數學表現。

學生的學習行為是影響他們學習成就的一個重要因素，Freeman 等人（2014）指出主動學習者會透過課堂上的活動與對話參與學習過程，而被動學習者則只聽老師講課卻不參與其他任何學習。數學教師通常採用以講解的方式進行授課，由於教師主要擔心花費太多時間讓學生進行討論或獨立探究時，將導致教學進度無法如期完成，因此學生在課堂上普遍表現出較低的主動數學學習行為（Xie et al., 2020；Yu et al., 2022）。換句話說，被動學習者就像是靜態的空杯子，等待教學來將其空間進行填充，而主動學習者會尋找資訊並與之互動，他們具有學習的意圖，並積極參與學習過程來獲取新資訊。為培育學生有主動積極的數學學習行為，數學教師的教學必須有所調整，美國數學學會（Mathematical Association of America）（2018）建議教師應著重「主動學習」的教學實踐，專注於學生積極參與學習過程（例如，討論和小組工作），而不是純粹的講授。許多教師和教育學者嘗試尋求新的有效的教學方法來強化這一過程（e.g., Koyuncu et al., 2023）。

此外，學生對學習行為與他們的數學成績密切相關，儘管主動學習的總體影響可能是正向的，但對不同學生群體的影響可能不同，例如：性別差異。Bando等人（2019）指出在探究及問題本位的主動學習環境中，男學生往往比女學生受益更多，而Reinholz等人（2022）的研究指出，女學生在課堂上的參與度與其數學表現有關；但男學生的參與率與其數學表現無關。

綜合上述，本研究使用PISA2022學生問卷中主動數學學習行為量表（proactive mathematics study behaviour）來探討學生的數學學習行為樣態，進而探討不同主動數學學習行為潛在類別與數學素養、性別之間的關聯性，期待透過本研究的探討，得以提供臺灣數學教師對於學生學習行為與學習成效之間關聯的理解，進而提升學生的學習表現。

參、研究方法

本研究以學生在主動數學學習行為之答題組型表現做為本研究資料的分析基礎，接續探討學生主動數學學習行為進行潛在類別分類，以及不同的主動數學學習行為類別和性別、數學素養之間的關聯性。在分析中，自變項為主動數學學習行為，學生的數學素養則是結果變項，後續將性別作為背景變項，進一步探討主動數學學習行為對數學素養性別差異的可能調節狀態。

一、研究對象

PISA 2022中，臺灣共有5857名學生參與，本研究針對數學學習行為共九小題答題情形，另取學生ID變數、性別變數、全體分數加權、10個數學學習分數（plausible value, 簡稱PV），刪除各變項的遺漏值和九題均未答題者之後，樣本人數為5748人。加權回母體後人數為187661人。

二、研究變項

（一）主動數學學習行為

PISA 2022 學生問卷中，主動數學學習行為量表共包含九題，為李克特五點量

表 (Likert scale)，分別為「幾乎沒有」、「小於一半時間」、「剛好一半時間」、「超過一半時間」、「幾乎全部時間」。根據臺灣學生在主動數學學習行為量表作答狀況，此量表的信度為0.77 (OECD, 2024)。由於本研究在於探討臺灣學生的不同主動數學學習行為類型與數學表現之間的關聯，故不採用OECD所提供的估計分數，而是將其作答予以分類，請參見下方的分析方法。本量表共有九題，分別如下：

1. 我在數學課上積極參與小組討論。
2. 我很專心聽數學老師講話。
3. 我努力完成數學作業。
4. 當我不理解正在教授的數學內容時，我會放棄。
5. 我會安排時間學習數學課的內容。
6. 當我不明白正在教授的數學內容時，我會發問。
7. 我對數學課失去興趣。
8. 我嘗試將新內容與之前在數學課上學到的內容聯繫起來。
9. 我立刻開始進行數學作業。

(二) 數學素養

本研究的數學素養指的是 PISA 2022 所測量得到的數學素養分數。在 PISA 2022 的定義中，數學素養是指個人在各種生活情境中，能夠推理數學、制定數學模型、應用數學知識並解釋數學結果來解決問題的能力，其涵蓋四個認知過程：推理、制定、應用和解釋/評估，這些過程幫助個人理解數學在日常生活中的作用，並能進行建設性思考和行動，提供 21 世紀公民所需的明智判斷和決策 (OECD, 2023)。PISA 2022 的數學素養評量使用單參數的試題反應理論模式進行量尺化，為每個學生提供 10 個可能值 (PV 值)，本研究依照 OECD (2024) 技術報告的建議，分別以這 10 個 PV 值為依變項進行分析，最後再以 10 次結果的平均值呈現。根據臺灣的數據，數學素養的信度為 0.93 (OECD, 2024)。

(三) 性別

本研究加入性別作為探討主動數學學習行為和數學素養之間關聯的背景變項。在性別變項中，女生設定為“0”，男生設定為“1”。

三、分析方法

本研究在研究目的一，使用SPSS進行分析，主要針對學生對於其研讀數學時各項主動學習行為的頻率進行次數分配統計分析，以了解臺灣學生主動數學學習行為的概況。在研究目的二使用 Mplus 軟體進行潛在類別分析，以獲得臺灣學生主動數學學習行為潛在類別，本研究將李克特五點量表選項中的「幾乎沒有」、「小於一半時間」重新編碼為“0”，表示學生該行為產生的頻率較低，「剛好一半時間」、「超過一半時間」、「幾乎全部時間」重新編碼為“1”，表示有較高的頻率。因PISA 2022的設計為區塊式設計，學生僅填答10題中的5題，因此，就全量表來看，會有較多的遺漏值，為保留較多的資訊量，將未作答的題目與題目的系統遺漏值設定編碼“9”代替。本研究取得最佳的模式組型評估之後，遵循Asparouhov與 Muthén (2021) 所建議的BCH三步驟校正

法控制分類誤差，使用Mplus 軟體針對研究目的三至五進行檢視不同的數學學習行為類別與性別、數學表現的關聯，以及不同學習行為類別對於數學表現性別差異的調節作用探討。

肆、研究結果與討論

本研究主要以主動數學學習行為類別與數學素養關聯之探討。依據研究目的與研究問題，分別使用SPSS進行描述統計，並用Mplus統計分析軟體進行潛在類別分析，並探討不同的潛在類別與性別及數學素養之間的關聯性。

一、臺灣學生在主動數學學習行為表現概況

由表1呈現出臺灣15歲學生對主動數學學習行為題目的各頻率選項作答百分比。從表中可知針對數學課時積極參與小組討論，有58.1%的學生選擇「幾乎沒有」或「小於一半時間」；針對專心聽數學老師講話，則有78.8%的學生選擇「一半時間」、「超過一半時間」或「幾乎全部時間」；有70.7%的學生選擇「一半時間」、「超過一半時間」或「幾乎全部時間」會努力完成數學作業；35.6%的學生指出他們若在不理解正在教導的數學內容時有一半以上的時間會採取放棄；有52.5 %的學生選擇花一半時間以上的頻率來安排時間學習數學課的內容；有42.3%的學生不明白教授的數學內容時會發問，但也有57.7%的學生指出「幾乎沒有」或「小於一半時間」；有62.7%的學生選擇「幾乎沒有」或「小於一半時間」對數學課失去興趣；有57.2%的學生選擇「一半時間」、「超過一半時間」或「幾乎全部時間」嘗試將新內容和之前數學課上學到的內容聯繫起來；有49.8%的學生選擇「一半時間」、「超過一半時間」或「幾乎全部時間」會立刻開始進行數學作業。由各題的逐項反應來看，臺灣學生的數學學習行為尚稱積極努力，半數以上的學生指出會花一半時間以上專心聽講、努力完成作業，也不太會放棄數學學習。

表1

臺灣15歲學生在主動數學學習行為量表題目各頻率選項作答百分比

題目 \ 頻率選項	幾乎沒有	小於一半時間	剛好一半時間	超過一半時間	幾乎全部時間	合計
我在數學課上積極參與小組討論	30.50	27.80	21.80	10.40	9.60	100
我很專心聽數學老師講話	5.90	15.30	29.60	28.00	21.20	100
我努力完成數學作業	10.60	18.80	28.90	21.10	20.70	100
*當我不理解正在教授的數學內容時，我會放棄	30.70	33.70	19.10	8.10	8.40	100
我會安排時間學習數學課的內容	21.30	26.20	26.50	14.30	11.70	100
當我不明白正在教授的數學內容時，我會發問	28.30	29.50	19.40	11.80	10.90	100
*我對數學課失去興趣	32.30	30.40	16.70	9.10	11.60	100
我嘗試將新內容與之前在數學課上學到的內容聯繫起來	18.80	23.90	29.60	16.60	11.10	100
我立刻開始進行數學作業	20.30	29.90	26.80	12.80	10.20	100

*為反向題

二、臺灣學生主動數學學習行為潛在類別分析結果

由於主動數學學習行為量表包含了9道試題深入探討學生學習行為是否具有積極、高頻的發生，本研究希望能針對這9道試題的量化指標外的可能質性樣態進行探討，因此，本研究採用潛在類別分析方式進行探究。表2呈現的是臺灣學生主動數學學習行為潛在類別分析之適配指標摘要表，潛在類別適配指標分別有AIC（Akaike information criterion）、BIC（Bayesian information criterion）、aBIC（adjusted Bayesian information criterion）、LMR（Lo-Mendell-Rubin Adjusted LRT Test）、Entropy等。Schwarz（1978）提出大樣本時以BIC指標作為標準，BIC數值越低則較佳，而當數值相近的情況下，則擇取較精簡的模型。此外，Petras 和 Masyn（2010）建議使用「肘部標準（elbow criterion）」來確定使用IC指數（即AIC、BIC、aBIC）時的最佳類別數，亦即透過將IC值圖示後（如圖1），使用「肘部」或「曲線的拐點」作為截止點。綜合前述適配指標，本研究以五類模式的結果最佳。此外，本研究使用的資料存在遺漏值，而Mplus具有處理缺失值的能力，能保留數據最多的資訊。

表2

學生對主動數學學習行為潛在類別分析模型適配度指標摘要表

MODEL	AIC	BIC	aBIC	LMR
分 2 類	32422.03	32548.51	32488.13	4919.77***
分 3 類	32001.37	32194.41	32102.25	435.64***
分 4 類	31705.91	31965.52	31841.59	311.85***
分 5 類	31500.04	31826.21	31670.51	223.29***
分 6 類	31459.88	31852.62	31665.13	59.47

*** $p < .001$

圖1

不同主動數學學習行為類別分析模型之適配度指標

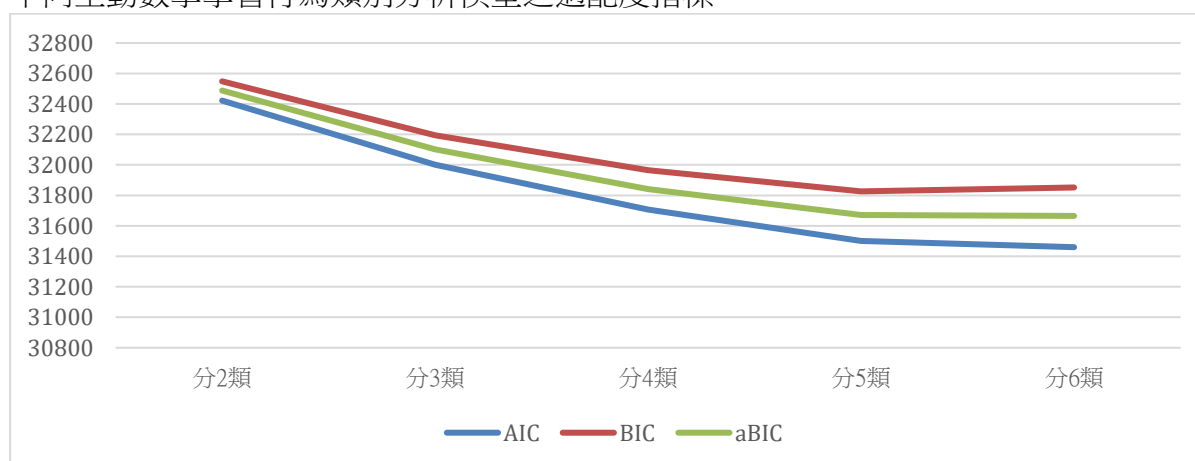


表3呈現的是五類別模式下，研究樣本在各類別的人數比率及五種型態學生在試題的作答選擇高頻的反應機率，這五種型態的類別比率分別為0.33、0.13、0.15、0.11、0.28，換句話說，也就是有33%的學生被分到類別一，13%的學生被分到類別二，15%的學生被分到類別三，11%的學生被分到類別四，28%的學

生被分到類別五。

表3

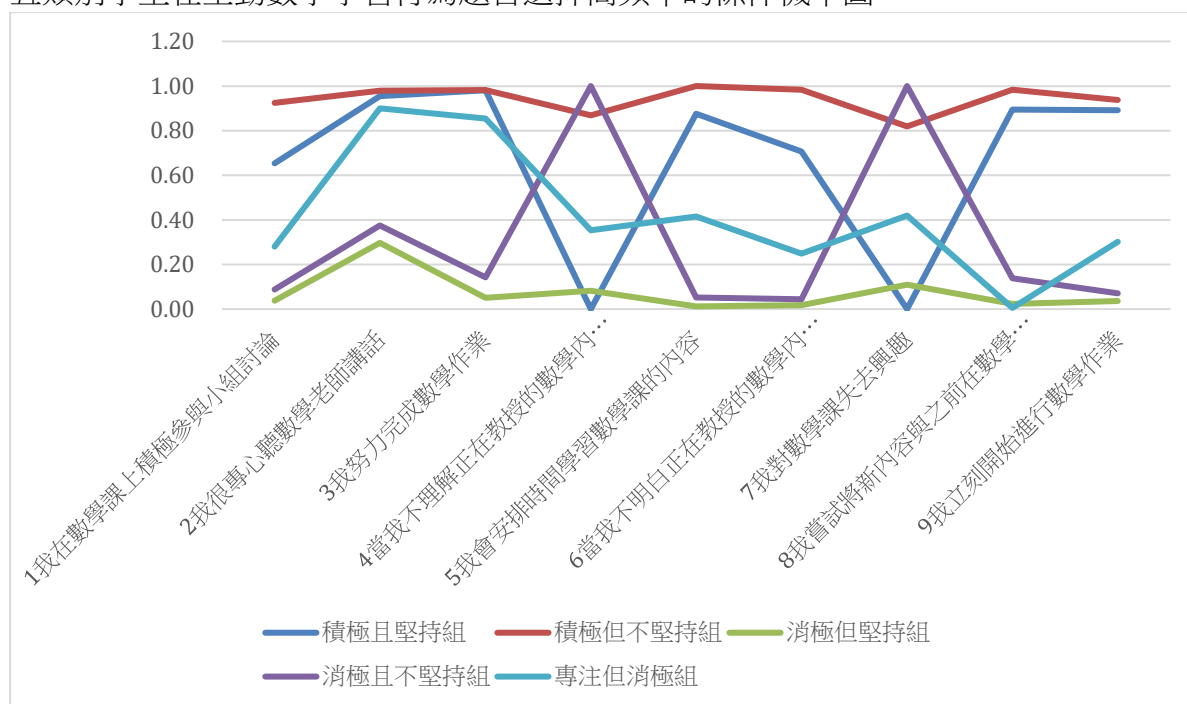
五類別模式在主動數學學習行為題目的條件機率與類別比率摘要表

題目 \ 類別	積極且堅持組	積極但不堅持組	消極但堅持組	消極且不堅持組	專注但消極組
我在數學課上積極參與小組討論	0.65	0.93	0.04	0.09	0.28
我很專心聽數學老師講話	0.96	0.98	0.30	0.38	0.90
我努力完成數學作業	0.98	0.98	0.05	0.14	0.85
*當我不理解正在教授的數學內容時，我會放棄	0.00	0.87	0.08	1.00	0.35
我會安排時間學習數學課的內容	0.88	1.00	0.01	0.05	0.42
當我不明白正在教授的數學內容時，我會發問	0.71	0.98	0.02	0.04	0.25
*我對數學課失去興趣	0.00	0.82	0.11	1.00	0.42
我嘗試將新內容與之前在數學課上學到的內容聯繫起來	0.90	0.98	0.02	0.14	0.01
我立刻開始進行數學作業	0.89	0.94	0.04	0.07	0.30
分組人數	1884	721	874	644	1625
類別比率	33%	13%	15%	11%	28%

*為反向題

圖2

五類別學生在主動數學學習行為題目選擇高頻率的條件機率圖



由圖2及表3可以發現，類別一的學生在作答時，傾向於選擇高頻率，例如：這些學生有65.3%機率的指出他們有一半時間以上在「上課時會積極參與小組討論」，95.5%的機率花一半以上的時間「專心聽講」；98.10%花一半以上的時間「努力完成數學作業」；87.60%指出「會安排時間學習數學課的內容」；有70.60%指出「當我不明白正在教授的數學內容時，我會發問」；89.5%的機率指出「我嘗試將新內容與之前在數學課上學到的內容聯繫起來」；也有89.10%指出「我立刻開始進行數學作業」；而在反向題中，類別一學生指出「當我不理解正在教授的數學內容時，我會放棄」、「我對數學課失去興趣」的機率是0，因此，本研究類別一的學生命名為「積極且堅持組」。相對地，類別四的學生的狀態恰好與類別一學生的反應呈現對比的情形，在各正項情境高頻率發生的條件機率均低，而在反向情境的問題4和問題7的高頻率條件機率為100%，故本研究將類別四的學生命名為「消極且不堅持組」。

而類別二的學生，各正向情境的條件機率均高達八成以上，甚至連反向題的問題4和問題7也是八成以上，因此，本研究此類別命名為「積極但不堅持組」。而類別三的學生和類別二的學生選擇高頻的條件機率恰好相反，各問題情境的條件機均低落，故將此類別之學生命名為「消極但堅持組」。

針對類別五的學生，一半時間以上「很專心聽數學老師講話」的機率為90%，有95.40%的機率會花一半以上的時間會努力完成數學作業，但在其他問題條件機率大約在四成以下，在反向題中，類別五學生指出「當我不理解正在教授的數學內容時，我會放棄」的機率為35.30%，指出對數學課失去興趣的機率有42%，故本研究將類別五命名為「專注但消極組」。

加權回臺灣15歲學生的母群之後，「積極且堅持組」的人數比率分別為34.39%、「積極但不堅持組」有11.85%、「消極但堅持組」14.00%、「消極且不堅持組」11.41%和「專注但消極組」28.34%。

三、主動數學學習行為各潛在類別學生的數學素養分析結果

在決定臺灣學生的主動數學學習行為分為五類後，本研究以BCH三步驟法校正的方式控制分類誤差，進一步探討不同主動數學學習行為類別的學生的數學素養表現概況，在PISA 2022數學素養的PV值共有10個，本研究分別以這10個PV值為依變項進行各潛在類別學生的數學素養分析，再將10個分析結果進計算其平均。根據表4可以發現整體臺灣學生的數學素養平均數為548.42，而在五個不同主動數學學習行為類別中，「積極且堅持組」的數學素養為610.44；「專注但消極組」平均數學素養為570.06，「消極且不堅持組」為497.82，「積極但不堅持組」則為474.35，而「消極但堅持組」為471.00，也就是說在五個不同主動數學學習行為類別中，以「積極且堅持組」的學生表現最好，符合預期；其次為「專注但消極組」，而以「消極但堅持組」的學生表現最差。本研究以Wald檢定進行各組差異化檢定後，僅「積極但不堅持組」和「消極但堅持組」未達顯著差異。根據學生在主動數學學習行為量表的反應來看，「積極但不堅持組」和「消極但堅持組」兩組學生的答題樣態均屬矛盾狀態，推論此兩群學生在答題的狀態可能是定向式的反應，例如「積極但不堅持組」學生在回應量表的全部問題均以高頻率的方式回應，而「消極但堅持組」則傾向於以低頻率的方式回應，這兩組學生在本量表的作答可能未認真理解問題就直接定向式的作答，此種作答態度可能也反映在數學素養試題的回答，因而數學素養相對較低，真實狀態有待後續研究探討並釐清。

表4

不同主動數學學習行為類別學生的數學素養描述統計摘要表

	積極且堅持組	積極但不堅持組	消極但堅持組	消極且不堅持組	專注但消極組	全體
平均數	610.44	474.35	471.00	497.82	570.06	548.42
標準差	92.84	102.27	112.29	92.96	87.44	111.11

四、性別與主動數學學習行為潛在類別的關聯

本研究進一步檢視學生性別與主動數學學習行為類別之間的關聯。表5呈現的是男、女學生在不同主動數學學習行為類別的人數分配比率摘要表，圖3呈現的則是不同性別學生男、女學生在各類別的比率分配。從表5及圖3中可以知道，「積極且堅持組」的男女生比率相當，30.31%的女生和32.21%的男生屬於此類別。本研究以「積極且堅持組」為參照組，和這個組別相較之下計算其勝算比，如果男生比率相對於女生比率的比值在該組的勝算比高於1，即表示該組傾向有明顯較高比率的男學生，反之亦然。從表5可知，「積極但不堅持組」及「消極但堅持組」的勝算比顯著大於1，其中「積極但不堅持組」的勝算比為1.45，「消極但堅持組」的勝算比為1.72，顯示男學生相對比女學生在此兩類別的比率較高。而在「消極且不堅持組」及「專注但消極組」的勝算比顯著低於1，顯示女學生相對於男學生有較高比率會是「消極且不堅持組」、「專注但消極組」，換句話說，在比較消極的兩組中，女學生的比率相對於男學生的比率來的高。亦即，性別和不同主動數學學習行為類別有關。

表5

男、女學生在不同主動數學學習行為類別的人數分配比率摘要表

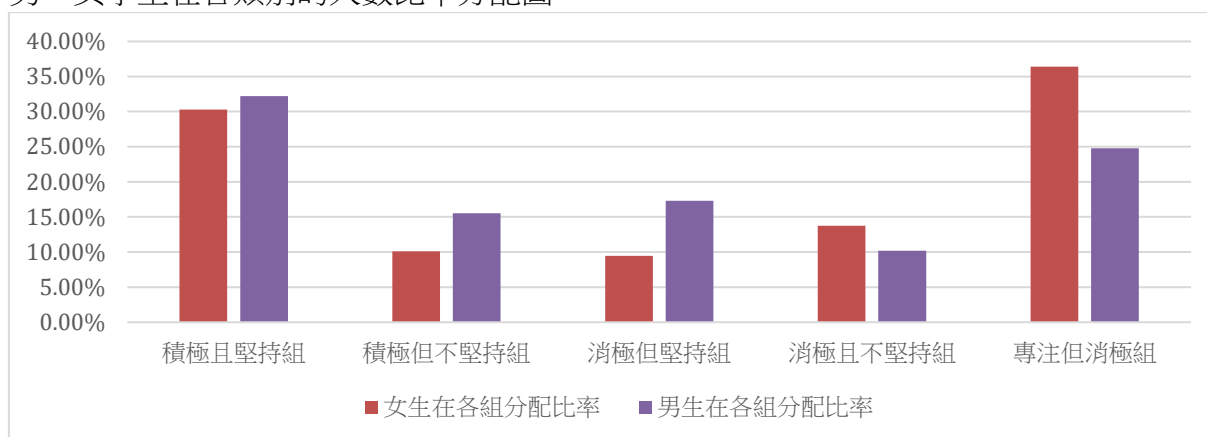
	積極且堅持組	積極但不堅持組	消極但堅持組	消極且不堅持組	專注但消極組
人數比率	34.39%	11.85%	14.00%	11.41%	28.34%
女生在各組分配比率	30.31%	10.08%	9.45%	13.74%	36.42%
男生在各組分配比率	32.21%	15.54%	17.30%	10.19%	24.76%
勝算比 ^註		1.45**	1.72***	0.70**	0.64***

** $p < .01$ ，*** $p < .001$

註：以「積極且堅持」組為參照基準，各組男生比率/女生比率相對於參照基準下的勝算比

圖3

男、女學生在各類別的人數比率分配圖



五、不同主動數學學習行為潛在類別下，數學素養之性別差異的探討

研究目的五在於探討不同性別學生的數學素養差異是否會因不同主動數學學習行為表現類別而有所差別，換句話說，主動數學學習行為類別對於數學素養的性別差異是否具有調節效果。表6呈現的是不同主動數學學習行為類別之男女學生數學素養平均數及差異摘要表。由表可知，僅有「專注但消極組」呈現男學生明顯高於女學生36分，此顯示性別差異的確會因為主動數學學習行為不同潛在類別而有差異，換句話說，主動數學學習行為類別對於數學素養的性別差異具有調節效果。除了「積極但不堅持組」呈現出女學生的分數比男學生高17分左右，其他組均呈現男學生的成績高於女學生，但多數組別這些性別差異並未達顯著水準，後續可以探討數學素養性別差異可能影響因素。

表 6

不同主動數學學習行為類別之男女學生數學素養平均數及差異摘要表

	積極且 堅持組	積極但 不堅持組	消極但 堅持組	消極且 不堅持組	專注但 消極組
女學生	602.97	485.12	459.05	493.35	555.08
男學生	617.12	467.7	477.24	503.56	591.08
性別差異 (男-女)	14.15	-17.42	18.19	10.21	36.00***

***p<.001

伍、結論與建議

本研究主要以PISA 2022臺灣學生的主動數學學習行為與數學表現關聯進行探討。依據研究目的與研究問題進行相關研究結果與討論後，找出各潛在類型分組、性別與數學學習關聯、主動數學學習行為類別和數學學習之關聯，並依此結論提出相關建議。

一、結論

（一）逾半數的臺灣 15 歲學生具有主動數學學習行為

從臺灣學生在主動數學學習行為量表答題之次數分配，可發現有58.1%的學生在上數學課時不太和人討論；有78.8%的學生較專心聽數學老師講話；有70.7%的學生會努力完成數學作業；64.4%的學生在不理解正在教授的數學內容時不太會放棄；52.5%的學生會安排時間學習數學課的內容；42.2%的學生不明白教授的數學內容時，會發問；有62.7%的學生不太會對數學課失去興趣；有57.2%的學生會嘗試將新內容和之前數學課上學到的內容聯繫起來；有49.8%的學生比較會立刻開始進行數學作業。由此可發現，整體來說臺灣15歲學生對主動數學學習行為略高，超過半數之學生都還算積極努力。

（二）臺灣學生的主動數學學習行為可分為五種潛在類別，且積極型學生佔比最高

本研究利用潛在類別分析，針對學生在主動數學學習行為量表中的分析，結果顯示以五類別模式最佳，加權回母體後，「積極且堅持組」的學生約有34%、「積極但不堅持組」的學生約有12%、有14%的學生屬於「消極但堅持組」、約11%的學生屬於「消極且不堅持組」、而「專注但消極組」的學生則約有28%，根據結果可發現，以「積極且堅持組」的人數最多，而以「專注但消極組」的人數次之，而「消極且不堅持組」的學生人數最少，換句話說，超過三成的臺灣學生具有正向積極數學學習行為，但仍有一成左右的學生的主動數學學習行為較為負向消極。

（三）不同主動數學學習行為類別學生的數學素養有所差異，以「積極且堅持組」表現最佳

檢視臺灣學生不同的主動數學學習行為類別的數學素養，結果發現以「積極且堅持組」的學生表現最好，「專注但消極組」次之，而「積極但不堅持組」與「消極但堅持組」之表現最差。Schunk（2012）指出，主動學習可以促進更深層的學習，本研究亦顯示學生若能同時保持積極和堅持的學習行為，將有良好的數學素養。

（四）性別與不同主動數學學習行為類別有所關聯

本研究檢視學生性別與不同的主動數學學習行為類別之關聯性，同樣以BCH三步驟法校正的方式控制分類誤差後檢視性別在不同學習行為類別的比率，其中男、女學生分別有32.21%、30.31%屬於「積極且堅持組」，本研究以「積極且堅持組」做為參照組，結果顯示男生相對於女生出現在「積極但不堅持組」及「消極但堅持組」的勝算比顯著較高，而在「消極且不堅持組」及「專注但消極組」的勝算比顯著較低。換言之，女生在消極的傾向比男生高，此和Eichmann等人（2020）的研究結果相似，他們亦指出女學生較少針對複雜問題解決任務進行互動和探索。整體而言，性別與主動數學學習行為有關，余民寧等人（2018）指出學習動機等因素的性別差異是相當值得重視的議題，其差距可能大於數學表現的性別差異。

（五）不同主動數學學習行為類別下，數學素養性別差異有所不同

前面文獻提到，數學往往被視為男性表現較佳的學科（Ernest et al., 2019），此種刻板現象可能讓女學生以此畫地自限，且在主動學習環境中，男學生往往比女學生受益更多（Bando et al., 2019）。本研究發現在五個不同主動數學學習行為潛在類別中，男、女學生的數學素養表現差異並不一致；其中「積極但不堅持組」呈現出女學

生的分數比男學生高17分左右，其他四組則呈現男學生數學素養高於女學生，但這些性別差異多數未達顯著水準，僅「專注但消極組」有出現顯著性別差異，男生平均分數比女生高36分。此顯示數學表現的性別差異的確會因為不同主動數學學習行為類別而有不同。余民寧等人（2018）指出數理學習動機等因素的性別差異大於數理表現的性別差異，而Reinholz等人（2022）的研究指出，女學生在課堂上的參與度與其數學表現有關，後續若要提升女學生的數學表現，主動學習行為的養成應是重要項目之一。

二、建議

（一）教學實務建議

本研究針對主動數學學習行為與數學素養的關聯探討顯示，學生若能保持正向積極且願意堅持的學習行為，則會有良好的數學表現，但臺灣僅有三成左右的學生具有這樣的主動學習行為。Geertshuis等人（2014）強調，主動學習行為的發展與環境和情境有關，因此，僅強調主動學習的優越性是不夠的，需要考慮教學設計、師生互動、以及學習資源和需求的平衡等因素，因此建議教師可以積極營造支持性和激勵性的學習環境，同時納入性別的議題考量，鼓勵學生在學習過程中努力展現主動性。

（二）未來研究建議

本研究屬於橫斷性調查研究，後續可以考量針對學生的主動數學學習行為進行縱貫性研究，將可釐清主動數學學習行為對於其後續數學的發展性影響。此外，本研究僅以主動數學學習行為、性別、數學素養等變項進行探討，未來可進一步納入其他相關變項，例如學校、城鄉或者社經地位等背景變項，或者數學教師的教學實踐等議題進行更細緻的釐清，讓關心此議題者對於學生的主動數學學習行為和數學素養或者表現有更深刻的瞭解。

參考文獻

一、中文部分

- 余曉清、林煥祥（2017）。PISA2015臺灣學生的表現。心理。
- 余民寧、翁雅芸、張靜軒（2018）。數理科學的學習動機有性別差異嗎？一個來自後設分析的證據。當代教育研究季刊，26（1），45-75。
https://doi.org/10.6151/CERQ.201803_26（1）.0002
- 林烘煜、唐淑華（2008）。讀書治療在大學通識課程上的應用—自我決定理論觀點。國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系教育心理學報，39（3），377—394。
- 張芳全、張秀穗（2017）。國中生英語學習成就因素之研究。臺中教育大學學報：教育類，31（2），1-31

二、西文部分

- Amrai, K., Motlagh, S. E., Zalani, H. A., & Parhon. H. (2011). The relationship between academic motivation and academic achievement students. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 15,399-402. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.03.111>
- Asparouhov, T. & Muthén, B. (2021). Expanding the Bayesian structural equation, multilevel and mixture models to Logit, negative-binomial and nominal variables. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 28(4), 622-637.

- <https://doi.org/10.1080/10705511.2021.1878896>
- Bando, R., Näslund-Hadley, E., & Gertler, P. (2019). *Effect of inquiry and problem based pedagogy on learning: Evidence from 10 field experiments in four countries* (Working Paper No. 26280). National Bureau of Economic Research.
<https://doi.org/10.3386/w26280>
- Çiftçi, K., & Yıldız, P. (2019). The Effect of Self-Confidence on Mathematics Achievement: The Meta-Analysis of Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS). *International Journal of Instruction*, 12(2), 683-694.
- Cooper-Thomas, H., Anderson, N., & Cash, M. (2011). Investigating organizational socialization: A fresh look at newcomer adjustment strategies. *Personnel Review*, 41(1), 41-55. <https://doi.org/10.1108/00483481211189938>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. Plenum Press.
- DeMars, C. E., Bashkov, B. M., & Socha, A. B. (2013). The role of gender in test-taking motivation under low-stakes conditions. *Research & Practice in Assessment*, 8, 69-82.
- Eichmann, B., Goldhammer, F., Greiff, S., Brandhuber, L., & Naumann, J. (2020). Using process data to explain group differences in complex problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 112(8), 1546-1562. <https://doi.org/10.1037/edu0000446>
- Ernest, J. B., Reinholz, D. L., & Shah, N. (2019). Hidden competence: Women's mathematical participation in public and private classroom spaces. *Educational Studies in Mathematics*, 102(2), 153-172. <https://doi.org/10.1007/s10649-019-09910-w>
- Friedman, T. L. (2006). *The World Is Flat: A Brief History of the twenty-First Century*. Farrar, Straus and Giroux.
- Goldstein, D., Haldane, D., & Mitchell, C. (1990). Sex differences in visual-spatial ability: The role of performance factors. *Memory & Cognition*, 18(5), 546-550.
<https://doi.org/10.3758/BF03198487>
- Grant, A. M., & Ashford, S. J. (2008). The dynamics of proactivity at work. *Research in Organizational Behavior*, 28, 3-34. <https://doi.org/10.1016/j.riob.2008.04.002>
- Koyuncu, S., Kumpulainen, K., & Kuusisto, A. (2023). Scaffolding children's participation during teacher-child interaction in second language classrooms. *Scandinavian Journal of Educational Research* 68(4), 750-764. <https://doi.org/10.1080/00313831.2023.2183430>
- Lee, J. Q., McInerney, D. M., Liem, G. A. D., & Ortiga, Y. P. (2010). The relationship between future goals and achievement goal orientations: An intrinsic-extrinsic motivation perspective. *Contemporary Educational Psychology*, 35, 264-279.
<https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2010.04.004>
- Leng, D., Bezirhan, U., Khorramdel, L., Fishbein, B., & Davier, M. V. (2024). Examining Gender Differences in TIMSS 2019 Using a Multiple-Group Hierarchical Speed-Accuracy-Revisits Model. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 43(2), 1-12.
<https://doi.org/10.1111/emip.12606>
- Mathematical Association of America. (2018). *Instructional practices guide*. Mathematical Association of America.
https://maa.org/wpcontent/uploads/2024/06/InstructPracGuide_web.pdf
- Mijatovic, I., & Jednak, S. (2011). Attitudes toward active participation as predictors of student achievement - exploratory research from Serbia. *New Educational Review*, 24 (2), 258-270. <https://doi.org/10.15804/tner.11.24.2.20>
- Organisation for Economic Co-operation and Development.. (2023). *PISA 2022 Assessment and Analytical Framework*, PISA, OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/dfe0bf9c-en>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2024). *PISA 2022 technical report*, OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/01820d6d-en>

- Reinholz, D., Johnson, E., Andrews-Larson, C., Stone-Johnstone, A., Smith, J. L., Mullins, S. B., Fortune, N., Keene, K. A., & Shah, N. (2022). When Active Learning Is Inequitable: Women's Participation Predicts Gender Inequities in Mathematical Performance. *Journal for Research in Mathematics Education*, 53, 204-226.
<https://doi.org/10.5951/jresmetheduc-2020-0143>
- Roick, J., & Ringeisen, T. (2018). Students' math performance in higher education: Examining the role of self-regulated learning and self-efficacy. *Learning and Individual Differences*, 65, 148-158. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2018.05.018>
- Sakirudeen, A. O., & Sanni, K. B. (2017). Study habits and academic performance of secondary school students in mathematic A case study of selected secondary schools in uyo local education council. *Research in Pedagogy*, 7(2), 283-297.
<https://doi.org/10.17810/2015.65>
- Schunk, D. H. (2012). *Learning Theories: An Educational Perspective* (8th ed.), Pearson.
- Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *Annals of Statistics*, 6, 461-464.
- Thomson, S., Cresswell, J., & Bertoli, L. D. (2003). *Facing the future: A focus on mathematical literacy among Australian 15-year-old students in PISA 2003*. Australian Council for Educational Research. Camberwell.
- Ting, G. L. C., Eng, T. H., Li, L. S., & Idris, H. B. M. (2023). A comparison study between active and passive students in intensive mathematics I course. *Open Journal of Social Sciences*, 11(5), 105-117. <https://doi.org/10.4236/jss.2023.115009>
- Tyson, W., & Roksa, J. (2016). How schools structure opportunity: The role of curriculum and placement in math attainment. *Research in Social Stratification and Mobility*, 44, 124-135. <https://doi.org/10.1016/j.rssm.2016.04.003>
- Xie, C., Cheung, A. C. K., Lau, W. W. F., & Slavin, R. E. (2020). The effects of computer-assisted instruction on mathematics achievement in mainland China: A Meta- analysis. *International Journal of Educational Research*, 102, Article 101565.
<https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101565>
- Yu, H., Shi, G., Li, J., & Yang, J. (2022). Analyzing the differences of interaction and engagement in a Smart classroom and a traditional classroom. *Sustainability*, 14, Article 8184. <https://doi.org/10.3390/su14138184>
- Zhu, Z. (2007). Gender differences in mathematical problem solving patterns: A review of literature. *International Education Journal*, 8(2), 187-203.
- Zimmerman, B. J., & Kitsantas, A. (1997). Developmental phases in self-regulation: Shifting from process to outcome goals. *Journal of Educational Psychology*, 89 (1), 29-36.
<https://doi.org/10.1037/0022-0663.89.1.29>

投稿日期：2024 年 10 月 03 日

修正日期：2025 年 01 月 18 日

接受日期：2025 年 03 月 17 日

