

ISSN: 2312-5810
DOI: 10.6278/tjme

第 9 卷 第 2 期
二〇二二年十月
VOL. 9 NO. 2
October 2022

臺灣數學教育期刊

Taiwan Journal of Mathematics Education

從 PISA 視角檢視臺灣數學的教與學專刊
Special Issue for Mathematics Education from PISA Perspective



國立臺灣師範大學數學系
Department of Mathematics,
National Taiwan Normal University



台灣數學教育學會
Taiwan Association
for Mathematics Education

發行單位 | 國立臺灣師範大學數學系
台灣數學教育學會

客座主編 | 林素微 國立臺南大學教育學系

編輯委員會

主編	吳昭容	國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系
副主編	楊凱琳	國立臺灣師範大學數學系
	劉柏宏	國立勤益科技大學基礎通識教育中心
編輯委員	李源順	臺北市立大學數學系
(依姓氏筆劃排序)	袁媛	國立臺中教育大學數學教育學系
	許慧玉	國立清華大學數理教育研究所
	陳致澄	國立臺南大學應用數學系
	黃幸美	臺北市立大學學習與媒材設計學系
	楊志堅	國立臺中教育大學教育資訊與測驗統計研究所
	楊德清	國立嘉義大學教育學系數理教育碩士班
	熊同鑫	國立臺東大學幼兒教育學系
	劉曼麗	國立屏東大學科學傳播學系
	劉遠楨	國立臺北教育大學資訊科學系
	謝豐瑞	國立臺灣師範大學數學系
	譚克平	國立臺灣師範大學科學教育研究所
國際編輯委員	余偉忠	澳洲墨爾本大學墨爾本教育研究院
	卓鎮南	新加坡南洋理工大學國立教育學院
	羅珍珍	美國西密西根大學數學系

地址 | 臺北市汀州路四段 88 號國立臺灣師範大學數學系
《臺灣數學教育期刊》

電話 | 886-2-7749-3678

傳真 | 886-2-2933-2342

電子郵件 | TJME.taiwan@gmail.com

網址 | <http://tjme.math.ntnu.edu.tw/contents/contents/contents.asp?id=21>

2021-2022 年編審委員

2021-2022 Editorial Review Board

王美娟 Wang, Mei-Chuan

臺北市立大學數學系
Department of Mathematics,
University of Taipei

王婷瑩 Wang, Ting-Ying

國立臺灣師範大學數學系
Department of Mathematics,
National Taiwan Normal University

余民寧 Yu, Min-Ning

國立政治大學教育學系
Department of Education,
National Chengchi University

吳中勤 Wu, Chung-Chin

國立屏東大學幼兒教育學系
Department of Early Childhood Education,
National Pingtung University

吳明隆 Wu, Ming-Lung

國立高雄師範大學師資培育與就業輔導處
Teacher Education and Careers Service,
National Kaohsiung Normal University

吳昭容 Wu, Chao-Jung

國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系
Department of Educational Psychology and Counseling,
National Taiwan Normal University

吳裕益 Wu, Yu-Yi

國立高雄師範大學特殊教育學系
Department of Special Education,
National Kaohsiung Normal University

吳慧敏 Wu, Huei-Min

佛光大學心理學系
Department of Psychology,
Fo Guang University

李心儀 Lee, Shin-Yi

臺北市立大學教育學系
Department of Education,
University of Taipei

李雪甄 Lee, Hsueh-Chen

文藻外語大學通識教育中心
Center for General Education,
Wenzao Ursuline University

李源順 Lee, Yuan-Shun

臺北市立大學數學系
Department of Mathematics,
University of Taipei

沈明勳 Shen, Ming-Hsun

國立高雄師範大學科學教育暨環境教育研究所
Graduate Institute of Science Education and Environmental
Education, National Kaohsiung Normal University

林勇吉 Lin, Yung-Chi

國立清華大學數理教育研究所
Graduate Institute of Mathematics and Science Education,
National Tsing Hua University

林原宏 Lin, Yuan-Horng

國立臺中教育大學數學教育學系
Department of Mathematics Education,
National Taichung University of Education

林素微 Lin, Su-Wei

國立臺南大學教育學系
Department of Education,
National University of Tainan

涂柏原 Twu, Bor-Yaun

國立臺南大學教育學系
Department of Education,
National University of Tainan

施淑娟 Shih, Shu-Chuan

國立臺中教育大學教育資訊與測驗統計研究所
Graduate Institute of Educational Information and Measurement,
National Taichung University of Education

洪萬生 Horng, Wann-Sheng

國立臺灣師範大學數學系（退休）
Department of Mathematics,
National Taiwan Normal University (Retired)

英家銘 Ying, Jia-Ming

國立清華大學通識教育中心
Center for General Education,
National Tsing Hua University

徐偉民 Hsu, Wei-Min

國立屏東大學教育學系
Department of Education,
National Pingtung University

2021-2022 年編審委員 (續)

2021-2022 Editorial Review Board (Continued)

徐惠莉 Hsu, Hui-Li

中國科技大學通識教育中心
Center for General Education,
China University of Technology

袁媛 Yuan, Yuan

國立臺中教育大學數學教育學系
Department of Mathematics Education,
National Taichung University of Education

張麗芬 Chang, Li-Fen

國立臺南大學幼兒教育學系
Department of Early Childhood Education,
National University of Tainan

梁淑坤 Leung, Su-Kun

國立中山大學教育研究所
Institute of Education,
National Sun Yat-Sen University

郭君逸 Guo, Jun-Yi

國立臺灣師範大學數學系
Department of Mathematics,
National Taiwan Normal University

陳文豪 Chen, Wen-Haw

東海大學應用數學系
Department of Applied Mathematics,
Tunghai University

陳東賢 Chen, Tung-Shyan

國立勤益科技大學通識教育學院
College of General Education,
National Chin-Yi University of Technology

陳建誠 Chen, Jian-Cheng

國立臺北教育大學數學暨資訊教育學系
Department of Mathematics and Information Education,
National Taipei University of Education

陳致澄 Chen, Jhih-Cheng

國立臺南大學應用數學系
Department of Applied Mathematics,
National University of Tainan

陳嘉皇 Chen, Chia-Huang

國立臺中教育大學數學教育學系
Department of Mathematics Education,
National Taichung University of Education

單維彰 Shann, Wei-Chang

國立中央大學數學系
Department of Mathematics,
National Central University

曾建銘 Cheng, Chien-Ming

國家教育研究院測驗及評量研究中心
Research Center for Testing and Assessment,
National Academy for Educational Research

游白達 Yiu, Tzu-Ta

國立臺中教育大學教育學系
Department of Education,
National Taichung University of Education

黃幸美 Huang, Hsin-Mei

臺北市立大學學習與媒材設計學系
Department of Learning and Materials Design,
University of Taipei

楊心怡 Yung, Hsin-I

國立臺北科技大學技術及職業教育研究所
Graduate Institute of Technological & Vocational Education,
National Taipei University of Technology

楊志堅 Yang, Chih-Chien

國立臺中教育大學教育資訊與測驗統計研究所
Graduate Institute of Educational Information and Measurement,
National Taichung University of Education

楊育儀 Yang, Yu-Yi

國立嘉義大學輔導與諮商學系
Department of Counseling,
National Chiayi University

楊晉民 Yang, Jinn-Min

國立臺中教育大學數學教育學系
Department of Mathematics Education,
National Taichung University of Education

楊凱琳 Yang, Kai-Lin

國立臺灣師範大學數學系
Department of Mathematics,
National Taiwan Normal University

楊菁菁 Yang, Ching-Ching

逢甲大學應用數學系
Department of Applied Mathematics,
Feng Chia University

2021-2022 年編審委員 (續)

2021-2022 Editorial Review Board (Continued)

溫福星 Wen, Fur-Hsing

東吳大學國際經營與貿易學系
Department of International Business,
Soochow University

趙子揚 Chao, Tzu-Yang

國立中央大學學習與教學研究所
Graduate Institute of Learning and Instruction,
National Central University

劉柏宏 Liu, Po-Hung

國立勤益科技大學基礎通識教育中心
Fundamental General Education Center,
National Chin-Yi University of Technology

劉曼麗 Liu, Man-Li

國立屏東大學科學傳播學系
Department of Science Communication,
National Pingtung University

蔡良庭 Tsai, Liang-Ting

國立臺灣海洋大學教育研究所
Institute of Education,
National Taiwan Ocean University

蔣佳玲 Chiang, Chia-Ling

國立東華大學教育與潛能開發學系
Department of Education and Human Potentials Development,
National Dong Hwa University

鍾靜 Chung, Jing

國立臺北教育大學數學暨資訊教育學系 (退休)
Department of Mathematics and Information Education,
National Taipei University of Education (Retired)

譚克平 Tam, Hak-Ping

國立臺灣師範大學科學教育研究所 (退休)
Graduate Institute of Science Education,
National Taiwan Normal University (Retired)

蘇意雯 Su, Yi-Wen

臺北市立大學數學系
Department of Mathematics,
University of Taipei

龔心怡 Kung, Hsin-Yi

國立彰化師範大學教育研究所
Graduate Institute of Education,
National Changhua University of Education

主編的話

經濟合作暨發展組織（OECD）推動的 PISA（the Programme for International Student Assessment）以素養為評量發展取向，企圖超越傳統成就測驗對於國家未來人力發展的解釋與預測力。在這樣的取向下，PISA 強調素養是一種語言，精熟者應能游刃有餘地運用說、讀、聽、寫能力來處理學習或者日常事務；數學素養成為現代學校、日常生活、甚至是職場不可忽視的關鍵訴求。隨著 PISA 的規模愈來愈大，各個參與國家在其數學教育上漸漸朝向這個的取向進行改革；臺灣目前正推行十二年國民基本教育，強調核心素養的培育與發展，在這樣的趨勢下，大家對於素養導向的課程與評量設計越來越關心。

因應核心素養這個重要議題，本期以「從 PISA 視角檢視臺灣數學的教與學」為主題，收錄四篇主題論文。其中，李靜儀、林園修與張仁誠所合著的〈國際學生能力評量計畫數學學習成就之系統性文獻分析〉一文，針對 2004 年至 2021 年 9 月之間收錄於 web of science 資料庫的 173 篇論文以文獻計量法的分析模式探討國際學生能力評量計畫數學學習成就的表現情形、研究主題及研究趨勢。結果顯示隨著 PISA 能見度愈來愈高，數學素養相關的研究呈現上升的趨勢，因為有共通性的調查變項，在跨國研究的引用率及國際合作比例都相當高。本文特點在於其運用系統性文獻分析的方式，對於目前所累積的 PISA 數學文獻進行綜整，此種研究方法針對教育領域內的特定主題和研究趨勢可以有更全觀的掌握。

林郁婷與龔心怡的〈以 PISA 2012 探究臺灣學生性情經歷因素對數學焦慮之研究〉一文中，以 Cemen（1987）所提出的數學焦慮反應模式為理論基礎，針對 PISA 2012 臺灣資料中相關的性情經歷因素與數學焦慮之間的關聯進行探討。由於 PISA 2012 是以數學為主軸，這也是臺灣參加 PISA 以來第一次有豐富的數學相關資訊。研究結果顯示性情經歷因素是一個高階的構念，包含了數學自信、數學態度、以及成就歸因三個二階次構念，而數學態度又有五個一階次構念所組成；而性情經歷因素對於數學焦慮具有負向的關聯。本文很重要的分享在於其以理論為本，透過結構方程模式進一步釐清這些變項之間的巢狀結構及其與重要結果變項的可能關聯。

蘇泓誠與陳佳欣的〈不同心態之臺灣學生成就動機與數學素養關聯研究〉一文乃是以 PISA 2018 的臺灣資料，依據問卷中的題目作答將學生分成「成長心態」和「固定心態」兩類學生，進而探討此兩類學生成就動機與數學素養的關聯性，結果發現成長心態的學生在數學素養、競爭態度與精熟任務動機部分皆優於固定心態學生，且對於失敗的恐懼則低於固定心態學生。除了精熟任務動機無法對固

定心態學生的數學素養有正向的預測力之外，競爭態度和失敗恐懼對於兩群學生的數學素養都具有正向預測力。動機因素與數學表現的關聯已經在諸多文獻獲得印證，本文針對智力是否可變的不同心態學生進一步釐清了這個關聯狀態，同時也再度提醒數學教育界應積極關懷學生的學習動機。

吳正新、謝佳叡與黃宇康合作的〈國小六年級生對數學素養導向試題之作答表現探究〉一文中，針對國家教育研究院研發公告的五年級素養題，分別於兩年內的十月間蒐集 15 個和 18 個縣市六年級各 1630 及 1462 名學生參與施測，依據施測結果分析不同題型（選擇 vs 非選擇）、不同情境取材的表現差異，並從不同學習內容中擇取學生表現相對較弱的非選擇問題進行學生的錯誤類型分析，研究結果顯示學生在非選題的表現相對較弱，試題對於學生而言情境相對熟悉則有較佳的表現，最後並對於學生在非選的錯誤類型進行相當深入的探討，可以作為後續數學教學的參考方向。

本期的「書評」則由林素微針對 Stacey 與 Turner 主編的《Assessing Mathematical Literacy: The PISA Experience》一書進行簡介與評論，並進一步討論臺灣數學教育研究取徑的可能方向。該書的作者主要分為兩群：第一群是 PISA 數學評量研發團隊，詳細介紹 PISA 數學素養的定義、國際數學教育趨勢的對應、素養評量設計發展歷程；第二群作者則是來自 14 個國家的代表，這些作者描述了 PISA 對於其國家所造成的衝擊或者國家如何因應 PISA 在考試制度、數學課程或者課室實踐上的相關改革。整體而言，讀者可以從本書的閱讀中對於素養界定、評量設計和國家政策影響有更深入的理解。林素微也從其本身參與臺灣 PISA 執行及相關研究的經驗，針對數學素養構念的再概念化、PISA 試題實作與評量再研發、試題認知成分解構與學生認知診斷、以及善用 PISA 資料庫探討教育議題等向度，提供數學教育研究取徑的一些建議。

在素養導向的訴求下，如何提升學生學習品質一直是數學教育發展的重要目標，數學教育研究和實務社群宜共同省思如何協助學生發展面對未來生活、學習或工作職場上挑戰的能力。因應國情不同，OECD 藉由 PISA 所提出的教育方針也許不是臺灣可以完全依循的教育發展模式，但 PISA 調查涵蓋近 90 個國家或區域的教育訊息，研究社群若能善用這些測量結果所提供的豐富資訊，將其轉化為臺灣數學教育實務、研究及政策制定的參考資源，將能激盪臺灣數學教育研究或實踐的創思，並為數學教育的未來發展奠基，進而提升學生數學學習品質。

「從 PISA 視角檢視臺灣數學的教與學」主編

林素微 謹誌

臺灣數學教育期刊

第 9 卷 第 2 期

2014 年 4 月創刊

2022 年 10 月出刊

目錄

- 國際學生能力評量計畫數學學習成就之系統性文獻分析 1
／李靜儀、林園修、張仁誠
- 以 PISA 2012 探究臺灣學生性情經歷因素對數學焦慮之影響 33
／林郁婷、龔心怡
- 不同心態之臺灣學生成就動機與數學素養關聯研究 63
／蘇泓誠、陳佳欣
- 國小六年級生對數學素養導向試題之作答表現探究 87
／吳正新、謝佳叡、黃宇康
- 書評**
- 「他山之石，可以攻錯」：從 PISA 視角談數學教育研究取徑 113
／林素微

Taiwan Journal of Mathematics Education

Vol. 9 No. 2

First Issue: April 2014

Current Issue: October 2022

CONTENTS

- A Scoping Review of the Program for International Student Assessment on Mathematical Achievement 1
/Ching-Yi Lee, Yuan-Hsiu Lin, Ren-Cheng Zhang
- Using PISA 2012 to Explore the Effects of Dispositional Antecedents on Taiwanese Students' Mathematics Anxiety 33
/Yu-Ting Lin, Hsin-Yi Kung
- Relationship Between Achievement Motivation and Mathematics Literacy of Taiwanese Students with Different Mindsets 63
/Hung-Cheng Su, Chia-Hsin Chen
- An Investigation into the Performances of Sixth Graders in Answering Literacy-oriented Assessments in Mathematics 87
/Jeng-Shin Wu, Chia-Jui Hsieh, Yu-Kang Huang
- Book Review**
- The Research Approaches of Mathematics Education from the Perspective of PISA: A Book Review 113
/Su-Wei Lin

李靜儀、林園修、張仁誠（2022）。
國際學生能力評量計畫數學學習成就之系統性文獻分析。
臺灣數學教育期刊，9（2），1–32。
doi: 10.6278/tjme.202210_9(2).001

國際學生能力評量計畫數學學習成就之系統性文獻分析

李靜儀¹ 林園修² 張仁誠³

¹ 國家教育研究院課程及教學研究中心

² 國立彰化師範大學教育研究所

³ 國立臺灣師範大學科學教育研究所

為了系統性回顧國際學生能力評量計畫數學學習成就的研究成果，本研究以 2004 年至 2021 年 9 月之間，收錄於 Web of Science 資料庫之期刊論文為範圍，共納入 173 篇論文進行分析。研究方法採文獻計量法，透過描述性統計、引用分析、關鍵字集群分析、合作網絡分析等，據以了解國際學生能力評量計畫數學學習成就的表現情形、研究主題分布情形以及研究趨勢。研究發現如下：國際學生能力評量計畫數學學習成就的研究，呈現上升趨勢，近十年複合年增長率為 17.42%，且最常被引用的文章皆為跨國研究；最常被引用的參考文獻多聚焦在方法學、技術報告、後設分析、統計使用手冊；關鍵字的集群可被歸類為驅動主題、潛在主題與專業主題，但是缺乏新興研究主題；以合作網絡分析而言，主要有 4 個集群，分別為美國、澳洲與中國、德國、英國，國際合作比例為 32.95%，可以發現跨國合作的比例相當高。未來可針對相關研究成果進行跨國比較分析、關鍵字集群的相關研究，以提升對 PISA 數學學習表現的影響。

關鍵字：共現分析、系統性文獻分析、國際學生能力評量計畫、數學成就

通訊作者：張仁誠，e-mail：claycltw@hotmail.com

收稿：2022 年 8 月 1 日；

接受刊登：2022 年 10 月 12 日。

Lee, C. Y., Lin, Y. H., & Zhang, R. C. (2022).

A Scoping Review of the Program for International Student Assessment on Mathematical Achievement.

Taiwan Journal of Mathematics Education, 9(2), 1–32.

doi: 10.6278/tjme.202210_9(2).001

A Scoping Review of the Program for International Student Assessment on Mathematical Achievement

Ching-Yi Lee¹ Yuan-Hsiu Lin² Ren-Cheng Zhang³

¹ Research Center for Curriculum and Instruction, National Academy for Educational Research

² Graduate Institute of Education, National Changhua University of Education

³ Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University

This study systematically reviews research on the Program for International Student Assessment (PISA) on mathematical achievement in the global context. We conducted a bibliometric review analyzing 173 journal papers in the Web of Science database between January 2004 and September 2021. We applied descriptive statistics, citation analysis, co-citation analysis, and co-occurrence analysis to understand the current research environment, topics, and trends relating to mathematical achievement and PISA. We present five key findings. (1) There are a growing number of research topics, compound annual growth rate was 17.42% for the last 10 years, and the most frequently cited articles are cross-country studies. (2) The most frequently cited references focus on methodology, technical reports, meta-analysis, and statistical manuals. (4) Keyword clusters can be categorized as motor themes, basic themes, and niche themes; however, there is a lack of emerging or declining themes. (5) Cooperation network analysis indicates that there are four main clusters, namely the United States, Australia and China, Germany, and the United Kingdom. The percentage of international cooperation is 32.95%, which showed a high percentage.

Keyword: co-citation analysis, scoping review, Program for International Student Assessment, mathematical achievement

Corresponding author : Ren-Cheng Zhang , e-mail : clayclctw@hotmail.com

Received : 1 August 2022;

Accepted : 12 October 2022.

壹、緒論

國際學生能力評量計畫（Program for International Student Assessment，簡稱 PISA）定期評估世界各地不同教育體系的數學學習表現，也可視為對數學學習表現進行有力的國際比較，藉由分析結果，每個國家都可以了解自己國家的教育系統相對於國際水準的表現，進而思考自己國家的數學教育問題，以提供決策者、研究人員、教育工作者、校長和教師在進行教育決策時有所依據。再者，PISA 的結果也可視為國家教育品質的象徵，其重要性不言可喻。

自 2003 年開始，至今 PISA 已針對數學進行 2 次調查，對於 PISA 在數學學習成就上的相關研究有許多不同的研究方向，本文將利用國際學生能力評量計畫資料庫，針對數學學習成就的實證研究，進行現況的說明，同時，瞭解這些實證研究發表於哪些期刊，有哪些文章是最多人引用，此外，在這些實證研究中，近年來針對數學學習成就的核心關鍵議題為何、作者之間的合作關係為何。因此，本研究以文獻計量學為方法，利用 Aria 與 Cuccurullo（2017）所共同開發之文獻計量學 R 語言套件 Bibliometrix 為工具，針對 PISA 數學學習成就進行分析，以供提供其他研究者對 PISA 數學學習成就的內涵和歷史發展路徑，有更整體的視角。

一、國際學生能力評量計畫的背景

國際學生能力評量計畫自 2000 年起，每三年一次，由經濟合作暨發展組織（Organisation for Economic Co-operation and Development，簡稱 OECD）主辦的全球性學生評量，評量領域分為閱讀、數學、科學。每三年辦理一次側重於一個領域的學科領域，2000 年的測驗內容以閱讀為主；2003 年以數學為主；2006 年以科學為主，依此順序為每次 PISA 的主要學科評量領域。蔣德仁（2013）及 OECD（2018）提到 PISA 主要評量的內涵為重要知識、能力的應用，以及面對實際、多元情況下的分析、推理、計畫與解決，此亦為素養的概念。根據台灣 PISA 國家研究中心指出為配合時代的演進，因此 PISA 於 2012 年開始在每次測驗中增加了一項不同領域的測驗，例如 2012 年增加解決問題能力的領域測驗、2015 年增加合作解決問題能力的領域測驗、2018 年增加全球素養的領域測驗，而原本於 2021 年舉辦但因新冠肺炎疫情延期一年的 PISA 2021，也將創意思考領域列入將要舉辦 PISA 2022 之中。

在 OECD（2019）的報告書提出三項主要評量學科領域的評量重點分別如下所述，閱讀領域的評量要求學生從與課堂以外的情境相關文本中尋找、選擇、解釋、整合和評估訊息；數學領域的評量包括數學素養、基本計算能力、邏輯思考等，主要以真實情境，進行數學的推理、邏輯的發想，並運用數學概念、工具，詮釋解決問題的能力；科學領域的評量主要為科學的概念和理論，且學生還需瞭解與科學探究相關的共同程式和實踐，以及這些程式和實踐如何使科學進步，並以證據佐證其知識內涵，其中的科學概念多與學生生活有關，包括健康、環境和科技等各方面的應用與議題。而臺灣 PISA 國家研究中心（2022）

提到接下來 PISA 2022 側重的學科領域為數學領域，其中測驗分為三大面向，分別為數學推理與解決問題、數學內容、以及真實生活情境中的挑戰。第一個面向，數學推理與解決問題不僅側重於利用數學進行問題的解決，而是強調問題解決形成、應用、詮釋問題的推理觀念。第二個面向，數學內容是針對數量、不確定性與資料、變化與關係、空間與形狀四個類別進行評量，也納入新興經濟領域所需的數學類型等四個主題。亦即數量強調電腦模擬（包括收入、退休年齡、支出、收益、股票市值等）；不確定性與資料強調有條件的決策；變化與關係強調增長現象/指數增長（例如流感疫情、細菌感染、氣候變遷的威脅）；空間與形狀強調幾何逼近。第三個面向，真實生活情境中的挑戰則是在不同情境脈絡之下，針對個人、職業、社會、科學，利用數學來解決生活情境中的問題。

除了評量之外，PISA 問卷也蒐集了關於學生、教師、學校等的資訊，以提供學生在各學習環境中的資訊。同時也可以經由 PISA 的評量與問卷結果，以比較不同國家間學生的學習表現與學習環境，並且從中了解各國學生領域素養的趨勢。其評量是具有前瞻性的，但評量的目的並非替各國進行各領域的排名，而是瞭解 15 歲學生面對未來的準備情形，在同一時間提供縱向（規律三年一次）與橫向（國際）的比較，其研究的結果可以幫助各國了解國內教育體系、學校管理與教師教學可以改善的方向，以及可以學習其他國家的教育政策、制度等，並在教育上提出需留意的相關議題，以作為後續改善的指南。

二、PISA 在數學學習成就上的相關研究

對於不同國家而言，PISA 在數學學習成就有很大的重要性。Prenzel、Blum 與 Klieme（2015）的研究中提到 PISA 的表現對於德國的教育有強大的影響力，從 2000 年以來從培養專業人才教師、實施教育標準、提供研究專案經驗證據都有所改變，且數學教學品質的反思與數學教學、學習方面的研究，亦有所增長；Gjicali 與 Lipnevich（2021）的研究中探討美國學生的信念與態度對數學成績的影響，提到感知控制和自我效能信念對於預測數學參與行為，例如完成作業、準備考試等，以及預測數學成績的重要性，而其中的成績就以 PISA 施測成績作為評定依據；Arzarello、Garuti 與 Ricci（2015）的研究中則提到義大利由 PISA 測驗中得到的結果進而針對國內數學教育的相似和相異進行評析，並且改善學生之學習與教師之教學計畫；Yang 與 Lin（2015）的研究則說明了台灣在 PISA 數學測驗中的傑出表現，因此越來越受到重視，同時也被用來思考未來學校教學及評量的方向。

Teng（2020）用中國上海 2012 年 PISA 的資料，探討了學校氛圍對學生數學學習成就的差異，學校氛圍的三個向度（師生關係、紀律氛圍和學生行為）可以解釋家庭背景對學生數學成績的影響，師生關係和教師士氣可以分別調節家庭背景對成績不佳學生和成績不佳學校的數學成績的影響。這表明學校氛圍在家庭背景和學生數學成績之間的關係中具有保護作用。與高績效學校和優秀學生相比，學校氛圍在低績效學校和平均績效學校以及中等水準的學生和成績不佳的學生中具有更顯著的影響，這顯示學校氛圍能縮小學校和學生之間的成績差距。此外，消極的紀律氛圍是解釋低績效學校和成績不佳學生表現不佳的關鍵因素。

Demir (2018) 利用 2012 年 PISA 的資料，探討數學教學資格和教學活動對土耳其八年級學生的數學學習成就的關係。研究結果表示，不同學校之間在數學素養方面存在著明顯的差異。這也表示，雖然在課堂活動中，以學生為中心的教學降低了學生的數學素養分數，但教師啟動認知過程的頻率和良好的紀律環境提高了學生的數學素養技能。

由上述研究可知，對於 PISA 在數學學習表現上的相關研究有許多不同面向的研究方向，由上述可發現大多研究皆將 PISA 的測驗成績作為一項重要的指標，用以評析國家本身的教育方式以及理念是否符合時代的潮流，並透過每三年的 PISA 測驗一步一步地去改善自身國內的教育體制，為學生帶來更好的學習環境。

三、文獻計量分析在教育領域的應用

文獻計量分析的應用非常廣泛，Scopus 資料庫、Web of Science (WoS) 資料庫、PubMed 資料庫等資料庫的建置，以及 R 語言、CiteSpace、Vosviewer、CitNetExplorer、Gephi、Pajek 等軟體的開發 (Bankar & Lihitkar, 2019)，使文獻計量分析的研究方法亦被用於各種領域之中。而之於教育領域的應用，近年來也逐步增加，這些分析除了針對教育領域內的特定主題進行分析，也有對於教育期刊的分析，並同時在分析後呈現具體視覺圖像和目前研究趨勢，以及未來研究的方向等等。文獻計量分析被應用於測量和分析特定領域內發表文獻中的某些指標，並在大型資料庫的基礎上產生知識地圖 (Hung, 2012; Zeng & Chini, 2017)。它允許研究人員綜整相關論文出版資訊，包括年份、作者、機構、期刊類型和學科分佈、作者和機構間的合作 (Culnan & Swanson, 1986; White & McCain, 1998)、共同作者 (Eaton, Ward, Kumar, & Reingen, 1999)。

Hernández-Torrano 與 Courtney (2021) 研究旨在採用文獻計量方法描述該領域的發展軌跡，來描繪大規模評量研究領域 (包括 PISA、TIMSS、PIRLS、ICCS 和 ICILS) 最新的發展和結構情況。根據上述五個主要主題有關的出版品和引用資料、該領域的核心期刊和最有影響力的出版品、領先的學者和國家以及他們之間的合作關係、作為大規模評量研究基礎和歷史發展路徑，以及文獻中涉及的主要研究議題。

Zohar 與 Barzilai (2013) 透過 ERIC 作為資料庫進行文獻計量分析，從 2000 年到 2012 年間對於後設認知共 178 項研究進行分析，研究發現在科學教育中後設認知領域處於增長和擴張的狀態，並且後設認知越來越多整合並解決科學教育的核心問題，同時從中也發現雖然後設認知的知識發展比後設認知的技能發展受到更高度的重視，但較缺乏控制研究的設計，對研究對象而言，針對學齡前與小學生的研究是相對不足的，後設認知與教師知識和專業發展的研究也相對較少。

Kosmützky 與 Krücken (2014) 透過 VOSviewer 進行文獻計量分析，將國際期刊中國際比較高等教育相關研究的出版品進行分析，共分析 4095 篇，研究發現在該領域過去 20 年，在不同國家、地區皆有著相對的穩定性，但在一些國家卻存在著這領域的盲點，像是蘇聯部分地區、撒哈拉以南非洲，同時也發現近年來會將更多國家進行比較，且又以美國與歐洲有較高度的比較。

Steinhardt、Schneijderberg、Götze、Baumann 與 Krücken (2017) 亦透過 VOSviewer 進行文獻計量分析將 Scopus 中 1996 年到 2013 年的 399 個不同期刊共 1610 篇關於教學與學習品質的文獻進行分析，可以看出該主題文獻數量有持續增長的趨勢，同時可以劃定出了一組核心的期刊。

除了上述研究者是針對某一個教育議題來進行分析，亦有其他研究者利用文獻計量的分析方式，分析某些期刊的研究趨勢。例如許健將(2019)以 *Asia Pacific Journal of Education*、*Asia Pacific Educational Review* 和 *Asia-Pacific Educational Researcher* 這三本收錄於社會科學引文索引資料庫的教育期刊為研究對象，提供國內相關教育研究學者在進行文獻分析時的參考。Ivanović 與 Ho (2019) 針對社會科學引文索引中，「教育和教育研究」類別發表的高被引文章進行了文獻計量分析。研究發現在該類別中被引用超過 100 次的期刊文章，共有 2091 篇被檢索為高被引文章。研究者針對這些文章分析每個出版年份、期刊、機構和國家的高被引文章的分佈情況，以及高被引文章的引用週期。根據分析結果，美國所屬機構的研究者是這個類別中的絕對領導者。

Wang、Zhu、Song 與 Hou (2018) 透過 VOSviewer 進行文獻計量分析將 *EJMSTE* (*Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*) 中的書目進行回顧分析，從中發現最多產的作者、機構、國家來自土耳其和台灣，並且以科學教育、教師教育、數學教育等為這本期刊主要研究主題，這有助於研究者可能更加了解該刊物的研究領域方向及未來研究議題。

由上述相關研究可知，文獻計量分析的應用範圍非常廣泛，但針對國際學生能力評量計畫的相關研究仍存有不足的地方，就研究者所蒐集到的文獻，同時結合 PISA 與數學主題的文獻計量分析付之闕如，例如雖然有其他研究曾經針對國際學生能力評量計畫資料庫進行分析，但仍同時分析其他大型資料庫 (Hernández-Torrano & Courtney, 2021)，以致於無法看出該資料庫的研究全貌，或是沒有聚焦在某一學科領域 (Hopfenbeck et al., 2018)。為了全面了解 PISA 數學學習成就的研究趨勢，可以從系統性的文獻計量觀點，來評估研究之間所構成的圖像，一窺全面性的研究脈絡。本研究透過文獻計量分析，以 WoS 作為資料庫為主，瞭解國際學生能力評量計畫的數學學習成就研究趨勢和整體研究概況。同時從中找出 PISA 數學學習成就研究高引用率文章、關鍵詞的集群分析、作者之間的合作網絡，以提供其他研究者對 PISA 數學學習成就的內涵和歷史發展路徑，有更整體的視角。

綜上所述，本研究的研究問題如下：

- (一) 利用 PISA 資料進行數學學習成就之實證研究現況為何？
- (二) PISA 數學學習成就研究有哪些高引用率文章？
- (三) PISA 數學學習成就研究大多引用哪些參考文獻？
- (四) PISA 數學學習成就研究的關鍵詞集群為何？
- (五) PISA 數學學習成就研究之作者與國家合作關係為何？

貳、研究設計

本研究中以文獻計量學為方法，以 R 語言套件 Bibliometrix 為工具，針對 PISA 數學學習成就進行分析，以下則針對本研究之資料庫選擇、資料搜尋與篩選的程序加以說明。

一、資料庫選擇

本研究利用 WoS 資料庫提取社會科學引文索引 (Social Science Citation Index, SSCI) 的原始資料，採用文獻計量方法建立出版物語料庫。使用 WoS 資料庫是因為它是最廣泛使用的資料庫，並且被認為具有大多數學科的性質與標準 (Ivanović & Ho, 2019; Zancanaro, Todesco, & Ramos, 2015)。另外，WoS 是多學科的，因此可以對多個學科出現的 PISA 研究出版物進行整理與分析 (McVeigh, 2015)。此外，與 Scopus 和 Google Scholar 等其他多學科資料庫相比，WoS 提供的引文資訊覆蓋面更廣 (Li, Burnham, Lemley, & Britton, 2010)。

二、資料搜尋與篩選的程序

為能有效涵蓋欲分析的文獻，本研究在第一階段先進行篩選，在資料庫中以摘要有“The Program for International Student Assessment”和”math”作為關鍵字，為提升文獻分析的嚴謹度，以文章完整性為考量，因此將文章類型為”Article”、”Review Article”、”Early access”，語言為”English”設定為檢索條件進行文獻檢索。檢索期間於 2004 年至 2021 年 9 月之間。初步得到 304 篇相關研究文獻。但由於文獻數量多且層次不一，本研究之兩位研究者進行第二階段的文獻篩選。檢視符合以下條件之文章：(1) 排除不相關的研究；(2) 挑選以數學學習成就為主體的研究；(3) 使用 PISA 資料的實徵研究。經檢視兩位研究者皆認為符合條件之文獻有 168 篇，不符合上述條件的有 131 篇，爭議的 12 篇，經討論後再納入 5 篇，最終獲取文獻共 173 篇 (168 篇+5 篇)。兩位研究者的評分者信度為 $\kappa = 0.92$ ，有一致性，並且達顯著 (Approx 近似 $t = 15.80, p < .05$)，如表 1 所示。接著進入第三階段，以 Bibliometrix 為分析工具。最後進入第四階段，將分析結果進行詮釋，其資料搜尋與篩選的程序如圖 1 所示。

表 1
研究者一致性檢定分析表

		A 研究者		
		符合	不符合	合計
B 研究者	符合	168	3	171
	不符合	9	124	133
	合計	177	127	304

$\kappa = 0.92$, Approx 近似 $t = 15.80, p < .05$

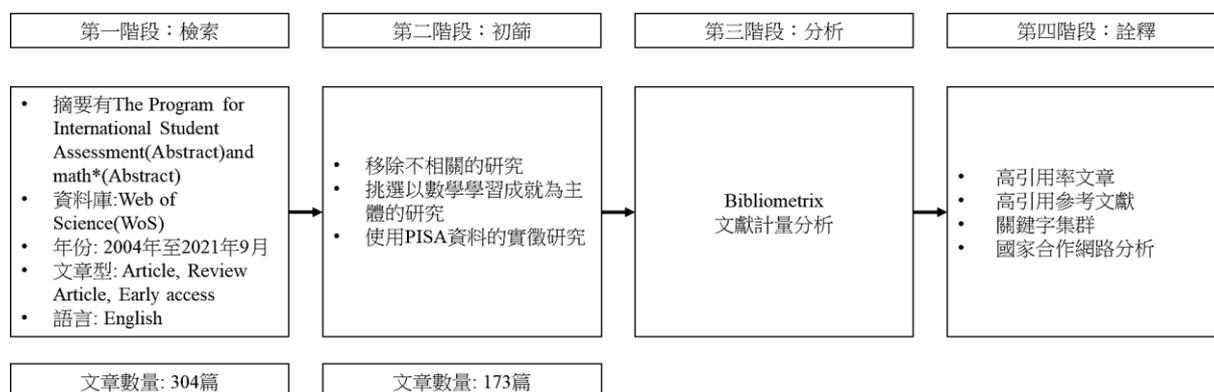


圖 1 資料搜尋與篩選的程序

三、文獻資料分析

表 2 顯示了從 WoS 資料庫中提取的 2004 年到 2021 年 9 月之間發表的 173 篇論文的細節。這些文章已發表在 94 個期刊，平均作品年份為 5.08 年。這些文章平均引用了 21.23 篇，平均被引用量 2.429 次。關鍵字數量為 485 個，平均每篇文章使用 2.73 個關鍵字。每篇文章平均有 2.48 位作者，單一作者文章為 31 篇，作者合作指數 (Collaboration Index, CI) 為多位作者文章的總作者數/多位作者文章總數可以做為只用多作者文章及計算的每篇文章的合作作者指數 (Elango & Rajendran, 2012)，PISA 數學研究中 CI 值為 2.18。

表 2
文獻基本資訊一覽

描述	結果
時間跨度	2004:2021-9
期刊來源	94
研究量	173
平均作品年份	6.01
平均參考文獻引用量	21.23
每篇文獻平均被引用量	2.429
參考文獻數	7695
關鍵字數量	485
單一作者文章數	31
平均作者數	2.37
作者合作指標	2.18

本研究進一步運用 173 篇文獻利用 Bibliometrix 作為分析工具，Bibliometrix 是用 R 語言所撰寫的程式，用於文獻計量學的研究。藉由這個程式，分別對引用分析、關鍵字集群分析、合作網絡分析進行更進一步分析。

參、國際學生能力評量計畫數學學習成就的研究結果

一、國際學生能力評量計畫數學學習成就的研究現況，呈現上升趨勢

圖 2 顯示了 2004 年至 2021 年 9 月間使用 PISA 資料庫在數學學習表現出版物的增長情況。在整個教育領域，關注數學學習成就上的的文章在 2004 年至 2021 整體呈現持續上升趨勢，雖 2021 年數量較低，應為本研究採樣時間範圍所致，近十年複合年增長率¹（Compound Annual Growth Rate）為 17.42%。每年發表量中可以發現 PISA 在數學學習表現的研究有一定週期性，此現象或許和資料釋出（data release）的時間點有關，由於 2009、2012、2015 與 2018 年皆是 PISA 數學科施測時間，於隔年公開資料結果，研究者便開始著手進行研究資料分析，導致資料公開後一年間有發表結果驟增的現象，而在下一波資料發表前研究者對於 PISA 資料的關注下降，發表量則減少。

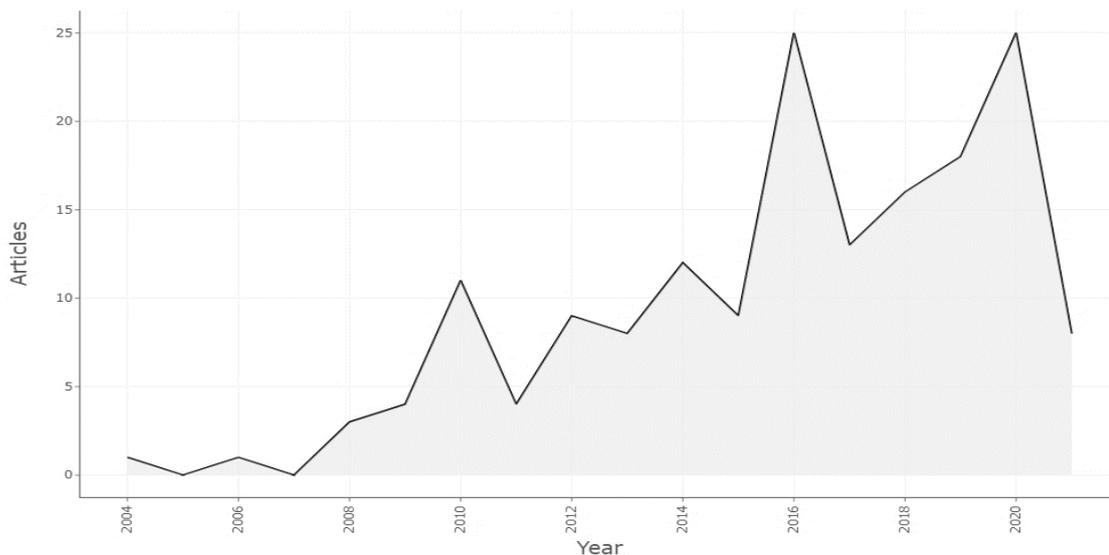


圖 2 每年度發表量

如圖 3 所示，其平均被引用度來說，也呈現每年逐步上升的趨勢。藍色區段顯示該年出版物對該領域的影響力。下方斜線表示引用度上升的趨勢。其中在 2004 與 2010 年的引用特別明顯，主要是這兩個年度各出現一篇高引用的文章。

¹ 計算公式採用 Elango (2019) 之公式 $\left(\frac{\text{最終篇數}}{\text{起始篇數}}\right)^{\frac{1}{n-1}} - 1$ 計算。

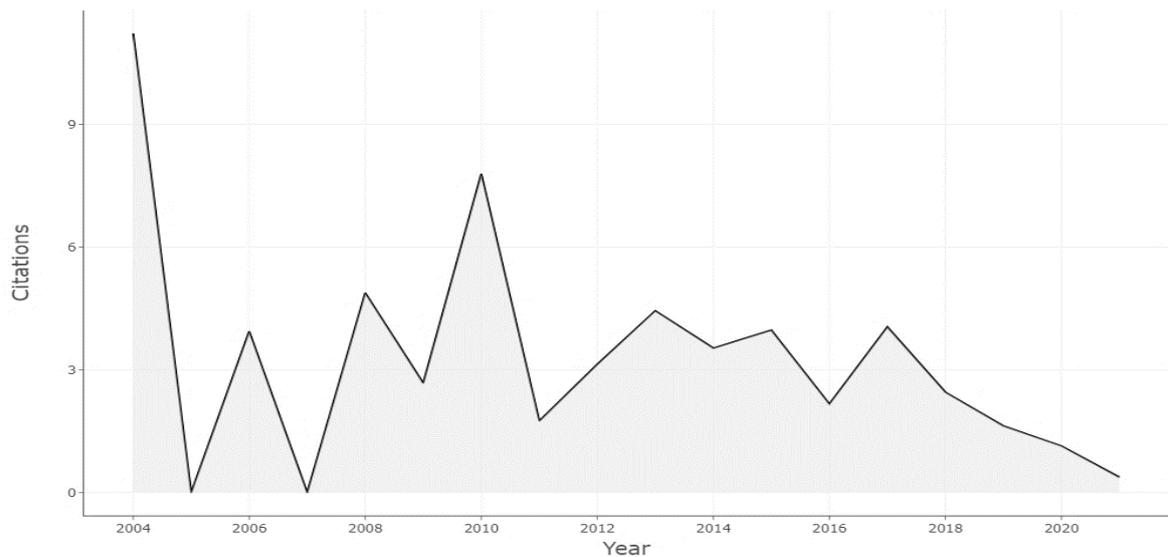


圖 3 每年度引用量

二、國際學生能力評量計畫數學學習成就中，最常被引用的文章皆為跨國研究、其次為性別議題之研究，接著為教育機會平等議題

由圖 4 可以知道在 WoS 資料庫當中，被引用率最高的 20 篇 PISA 數學學習成就研究中發現引用率最高的文章有 14 篇為跨國研究。其中引用度最高的文章為 Else-Quest、Hyde 與 Linn(2010)針對 493,495 名 14-16 歲學生的 2003 年國際數學與科學研究趨勢(TIMSS)和國際學生評量計畫(PISA)2 個主要國際數據集進行的後設分析，主要在比較跨國之間的數學學習成就在性別之間的差異，共被引用了 641 次。引用度第二的研究為 Marsh 與 Hau(2004)針對 PISA 當中來自 26 個不同國家 55,577 個 15 歲具有代表性樣本解釋學術自我概念與成就之間的關係，共被引用了 202 次，該研究平均每年被引用 11.22 次。引用度第三的研究為 Stoet 與 Geary(2013)其分析了四次 PISA 十年(2000 年、2003 年、2006 年、2009 年)來收集的數據，包括 75 個國家近 150 萬 15 歲兒童的數學和閱讀表現，該研究共被引用了 162 次，平均每年被引用 18 次。引用度第五為 Schmidt、Burroughs、Zoido 與 Houang(2015)運用 2012 年 PISA 資料探索學生學習機會指標和社會經濟地位與學生數學素養的關係，涵蓋了包括 33 個 OECD 國家和 29 個非 OECD 國家的學生。引用度第六篇 Marks(2008)檢查了 32 個國家的 6000 所學校的 172,000 多名 15 歲學生在閱讀、數學和科學方面的學生成績及性別差異。引用度第七篇 Chmielewski、Dumont 與 Trautwein(2013)分析了 2003 年 PISA 中 20 個國家約 3,400 所學校的約 99,000 名學生的國際數學課程跟踪數據。引用度第八篇 Foley 等人(2017)分析 PISA 2012 年全球 64 個教育系統中 15 歲兒童的學業成績，其數據顯示，數學焦慮與國家內部和國家之間的數學成績呈負相關。引用度第九篇 Stoet 與 Geary(2015)使用了 PISA 2000 年、2003 年、2006 年和 2009-2010 年期間收集的 74 個國家 15 歲學生在閱讀、數學和科學閱讀、數學和科學的學習成就。引用度

第十篇 Sikora 與 Pokropek (2012) 使用 PISA 2006 調查中 50 個國家的 15 歲兒童調查對於職業的偏好。引用度第十二篇 Chiu 與 Klassen (2010) 使用了來自 34 個國家的 88,590 名 15 歲兒童數學自我概念及其校準與數學成績之間的關係。引用度第十三篇 Marks (2006) 則使用了 PISA 2000 年的數據中的 32 個國家/地區的 6000 多所學校約 172,000 名 15 歲學生在閱讀、數學和科學方面的成就與社會經濟背景和他們的家庭資源之間的關係。引用度第十四篇 Stoet、Bailey、Moore 與 Geary (2016) 分析了 PISA 2003 年和 2012 年的 68 個國家中 761,655 名 15 歲學生的數據分析它們關注數學學習成就、態度和情感的性別差異。引用度第十五篇 Martins 與 Veiga (2010) 評估了 15 個歐盟國家 (EU-15) 學生數學成績中與社會經濟之間的相關性，調查了其主要原因並分析了各國之間的差異。引用度第十九篇則僅比較 PISA 2009 年資料中的意大利和西班牙中的移民和本土學生的教育成就差距。可以發現在 PISA 數學學習成就研究中，引用最多的皆來自於跨國研究。

再從前二十篇研究中可以發現，引用率最高的文章中有 6 篇為性別議題的相關研究。其中引用度最高的 Else-Quest 等人 (2010)、引用度第三的 Stoet 與 Geary (2013) 研究、引用度第六篇 Marks (2008) 的研究、引用度第九篇 Stoet 與 Geary (2015) 的研究、引用度第十篇 Sikora 與 Pokropek (2012) 的研究與引用度第十四篇 Stoet 等人 (2016) 皆為探究性別差異的跨國比較議題。

接著為 4 篇與教育機會平等的相關研究。例如引用度第五的 Schmidt 等人 (2015) 研究就探究學生學習機會指標和社會經濟地位與學生數學素養的關係。引用度第九篇 Stoet 與 Geary (2015) 的研究則分析學業成績的性別差異與政治、經濟或社會平等的關係。引用度第十三篇 Marks (2006) 則分析了閱讀、數學和科學方面的成就與社會經濟背景和他們的家庭資源之間的關係。引用度第十五篇 Martins 與 Veiga (2010) 評估了 15 歐盟國家學生數學成績中與社會經濟之間的相關性，調查了其主要原因並分析了各國之間的差異。在引用度較高的教育機會平等議題上也多為跨國比較研究。

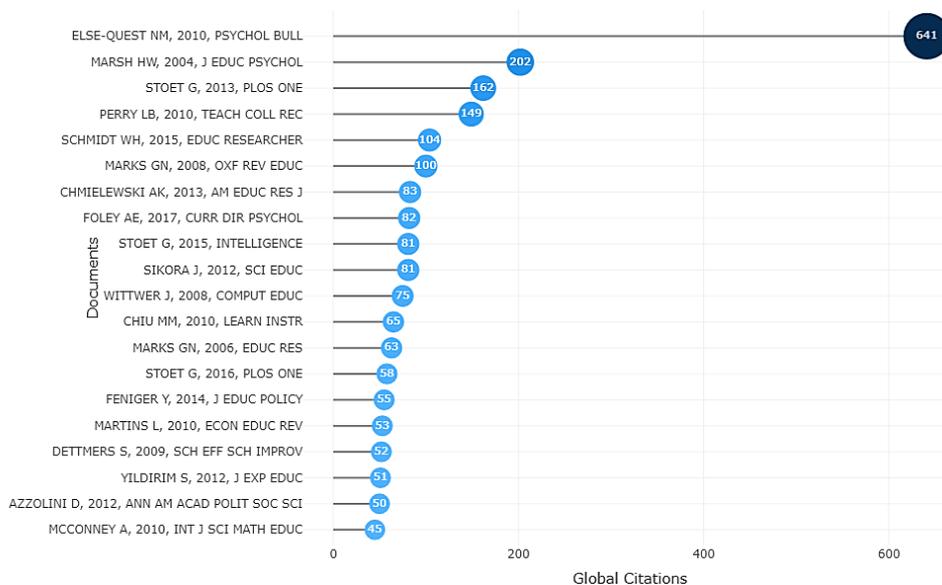


圖 4 前二十最高被引用文章

三、文章引用的參考文獻多聚焦在技術報告、統計方法、後設分析與相關議題

在 PISA 數學學習成就研究前二十篇所引用的參考文獻，可以由這些文章當中了解 PISA 數學學習成就相關研究中文章的一些趨勢。前二十篇引用參考文獻如圖 5 所示，被引用最多的文章第二類為技術報告共有 5 篇。其中 OECD (2014) PISA 2012 的技術報告，被引用了 22 次。這些 PISA 的技術報告主要用在 PISA 料庫中的各種資料說明，例如背景資料介紹 (Schmidt, Guo, & Houang, 2021; Wu, Wu, Chang, Kong, & Zhang, 2020)，說明抽樣的方式 (Ning, 2020; Teng, 2020; Wu, Carstensen, & Lee, 2020)，或是解釋資料庫當中各變項的概念 (Kang & Cogan, 2022)，分數的計算方式 (Chen & Lin, 2020; Ehmke, van den Ham, Sälzer, Heine, & Prenzel, 2020; Fung, Tan, & Chen, 2018)。

其次最多的是統計方法類型的文章，共有 4 篇。從中可以看出部分 PISA 數學學習成就所使用的統計方法趨勢大多為階層線性模式、結構方程模式以及部份新興統計方法。其中引用最多的文章是 Raudenbush 與 Bryk (2002) 的階層線性模式，被引用了 28 次。大型資料庫常常會遇到巢套資料的問題，導致許多傳統統計方法會違反資料獨立性的假設，因而許多相關研究會採取階層線性模式適用來處理相關或集群資料。在 PISA 數學學習的研究當中，Teng (2020) 的研究運用 HLM 整合了學校氛圍、師生關係等學校層次的變項，探討學校層次如何影響學生數學學習就之間的關係。除了學校與學生層次之外，跨國比較也可以運用 HLM 進行分析，例如 Han, Borgonovi, & Guerriero (2018) 就使用三級分層廣義線性模型 (HGLM)，其中學生 (層 1) 嵌套在學校 (層 2) 和國家 (層 3) 內，以調查學生教學職業期望的跨國差異以及兩者之間的關聯，並將 PISA 數學學習成就作為其中一個預測變項。

統計方法類型的文章也包含一些新興統計議題，其中被引用的參考文獻第五名為 Muthñn 與 Muthñn (2012) 的 Mplus 的使用手冊。在 PISA 數學學習成就上主要用在 HLM 的分析 (He, Chung, & van de Vijver, 2020; Liu, Hau, & Zheng, 2020) 或是多層次的信效度分析，例如，Brow (2019) 使用 Mplus 進行了在學生和學校層面加權的兩級驗證性因素分析 (CFA) 模型；多元迴歸分析 (Huang, 2022) 或是新興統計方式，如潛在類別分析 (Latent class analysis, LCA)，例如 Wu、Carstensen 等人 (2020) 就運用 MPLUS 進行東亞學生的學習策略的潛在類別分析，發現學生們有不同學習策略使用特徵。相似研究還有 Chen 與 Lin (2020) 則利用 PISA 2012 年的資料，運用潛在類別分析，針對臺灣和美國學生，來分析學習動機 (包含內在和外在動機) 和問題解決風格 (趨近－迴避) 中可能潛在類型。

統計方法類型的文章第三篇為 Hu 與 Bentler (1999) 關於結構方程模式指標探討的文章，大多被引用來說明在結構方程模式當中使用的適配指標標準，如 Jeffries, Curtis, & Conner (2020) 和 Kang 與 Cogan (2022) 等使用結構方程模式分析的文章。然後是 Cohen (1992) 關於統計檢定力的文章，文章將其引用作為效果量大小的比較標準，如 Else-Quest 等人 (2010) 的文章就用 Cohen's d 進行計算了 11 項數學學習成就指標和 7 項數學態度和情感指標中的性別差異效應量。

被引用第三多的文章為後設分析，共有兩篇，如被引用的參考文獻第三名為 Hattie(2009) 的書籍《看得見的學習：對 800 多項關於學業成就的後設分析的綜合報告》，被引用了 16 次。主要是探討什麼因素對學習產生影響(Huang, Tang, He, & Li, 2019; Tan & Hew, 2019)，共歸納為六個因素，分別是學生、家庭、學校、教師、課程和教學策略，並在可見的教和可見的學的理念基礎上，建立一個教和學的新模式。同時也有多篇文章引用該書效果量的標準(King, Cai, & Du, 2021; Xie & Ma, 2019)。以及被引用的參考文獻第四名為 Sirin(2005) 針對社經地位和學術成就的後設分析，也是被引用了 16 次。主要用在說明社會經濟等背景變量對學習成就的影響(Ding & Homer, 2020; King et al., 2021; Xie & Ma, 2019)。

再來是使用大型資料庫的相關報告與注意事項，Rutkowski, Gonzalez, Joncas, & von Davier(2010) 國際大規模評估數據：二次分析和報告中的問題。該篇文章提出了許多使用大型資料庫的相關報告與注意事項。最後，其他各議題的核心文章，包含教育機會平等(Chiu & Khoo, 2005; Coleman, 1966)；文化、性別和數學議題(Guiso, Monte, Sapienza, & Zingales, 2008)；數學自我概念、數學自我效能和數學焦慮(Lee, 2009)；跨國差異的比較(Fuchs & Wößmann, 2008)；社經地位、學校品質與國家經濟問題(Baker, Goesling, & LeTendre, 2002)；動機信念，價值觀和目標(Wigfield, Battle, Keller, & Eccles, 2002)。

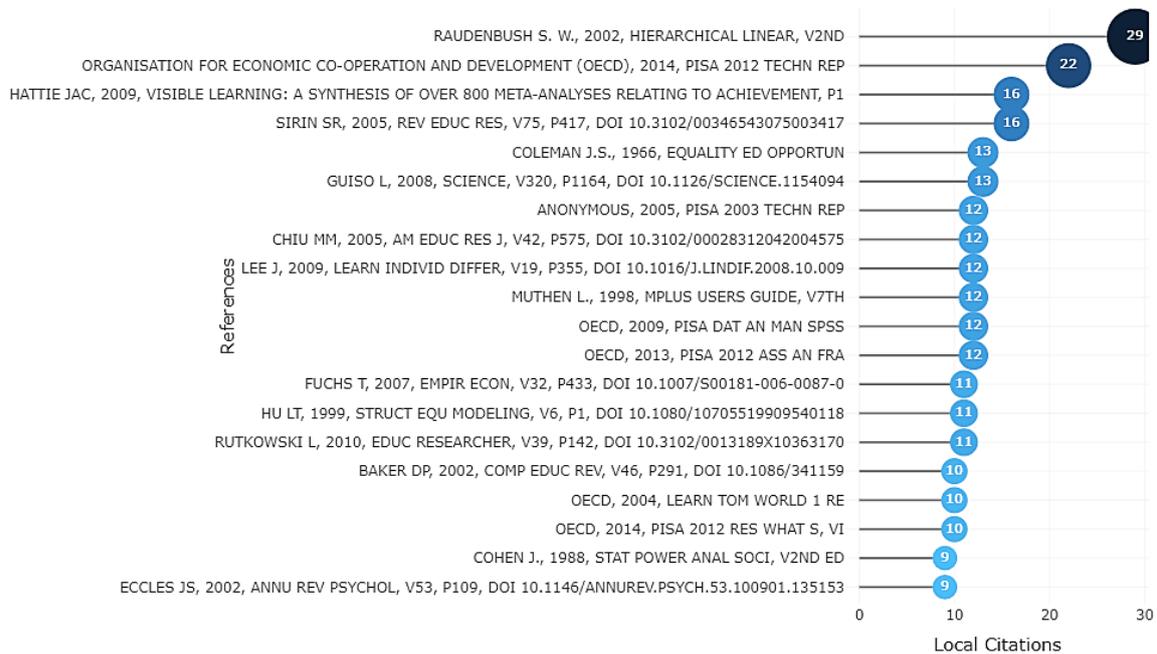


圖 5 引用最多的參考文獻

四、PISA 數學學習成就研究關鍵詞趨勢

本研究透過文章關鍵詞的集群分析評估研究趨勢，用以找出主題中的可能缺口，並作為研究領域重要的研究字詞分析。圖 6 呈現了前 23 名使用關鍵字數量，其中可以發現近年最常使用的核心關鍵字為基礎的關鍵字“學習成就”，其所使用字詞有成就"achievement"、

表現"performance"、學業成就"academic-achievement"、成果"outcomes"、素養"attainment"以及成效"efficacy"。在這些學習成就相關關鍵字中，"achievement"在 2015 到 2019 共出現 42 次，出現最多的年度為 2016 年；"performance"在 2016 到 2020 共出現 30 次，出現最多的年度為 2018 年；"academic-achievement"在 2016 到 2019 共出現 19 次，出現最多的年度為 2017 年；"outcomes"在 2016 到 2020 共出現 11 次，出現最多的年度為 2018 年；"attainment"在 2012 到 2015 共出現 10 次，出現最多的年度為 2012 年；"efficacy"在 2016 到 2019 共出現 6 次，出現最多的年度為 2017 年。主要的探討議題關鍵字為性別"gender"、動機"motivation"、信念"beliefs"、資源"resources"、國家"countries"、不平等"inequality"、政策"policy"與追蹤"tracking"。在這些研究主題關鍵字中"gender"在 2013 到 2018 共出現 19 次，出現最多的年度為 2018 年；"motivation"在 2016 到 2019 共出現 19 次，出現最多的年度為 2016 年；"beliefs"在 2014 到 2019 共出現 10 次，出現最多的年度為 2017 年；"resources"在 2012 到 2017 共出現 10 次，出現最多的年度為 2015 年；"countries"在 2012 到 2018 共出現 8 次，出現最多的年度為 2014 年；"inequality"在 2012 到 2017 共出現 8 次，出現最多的年度為 2014 年；"policy"在 2014 到 2018 共出現 7 次，出現最多的年度為 2015 年；"tracking"在 2010 到 2016 共出現 5 次，出現最多的年度為 2015 年。其中新興關鍵字"growth"在 2016 到 2020 共出現 6 次，"multilevel"在 2018 到 2020 共出現 5 次，因此，可以發現最近這幾年研究的趨勢，較為聚焦在成長模式的分析與多層次模式的分析。

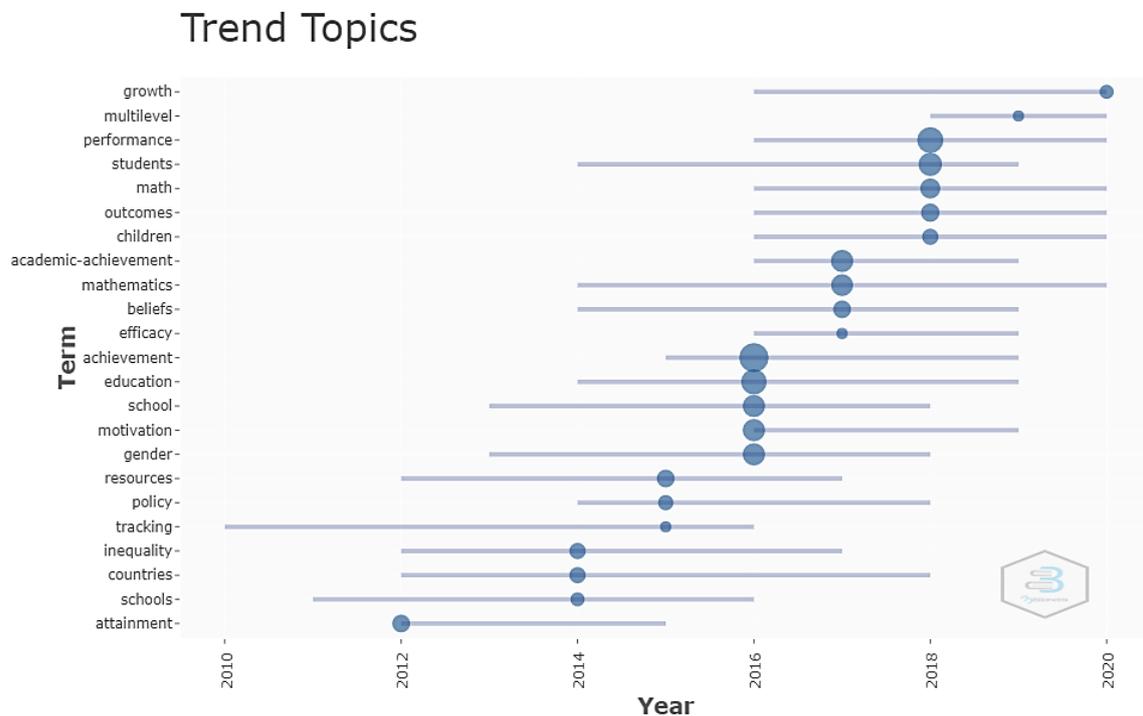


圖 6 關鍵詞趨勢

本研究更進一步透過主題分析，運用關鍵詞及其相互連結的集群來獲得研究主題。這種類型的分析有助於理解研究範圍涵蓋的主題，並確定哪些是最重要的和發展性最好的。基本是將在研究範圍中一起出現的術語——例如關鍵字、從標題或摘要中提取的術語以建構出術語文件矩陣，進而計算出文件與文件之間的相似度矩陣——可以稱之為共現網絡（Aria, Misuraca, & Spano, 2020）。此分析再透過集群分析技術，查找強關聯術語的集群，其中每個集群對應於一個研究主題。就可以將結果繪製成所謂的主題地圖。這些主題的特點是透過兩個軸向屬性（中心性和密度）區分為四個象限。橫軸表示中心性，縱軸表示密度。中心性是不同主題之間的相關程度，以及在整個文章集合之間的重要性；密度衡量節點之間的凝聚力或是發展的可能（Aria et al., 2020）。這兩個屬性衡量研究領域當中主題是否發展良好、重要與否。一個節點在主題網絡中與其他節點的關係數量越高，中心性和重要性就越高，並且處於網絡中的核心位置。同樣，一個節點之間的凝聚力代表一個研究領域的密度，它描繪了它發展和維持該主題的能力。在圖 7 中，本研究提供了 PISA 數學學習成就領域的主題地圖，可分為四個象限（Q1 到 Q4）。右上象限（Q1）代表驅動主題，高中心性顯示節點之間具有重要性且與整個 PISA 數學學習成就的其他文章相關性高，同時具有高密度表示主題節點之間的文章具有高度凝聚力發展良好，表示該主題是對研究領域是重要且又有良好發展研究的主題，右下象限（Q4）是潛在主題，具有高中心性表示與整合文章重要性與相關性高，但具有低密度表示主題節點之間的文章發展力不足，具有重要性且與整個 PISA 數學學習成就的研究相關性高，但是缺乏發展，表示此區塊主題有重要性但發展不足，有潛在發展空間，一般是指研究領域的基礎概念或是橫向概念，左上象限（Q2）是專業的主題或是和孤立的主題，低中心性表示與整體文章之間的重要性與相關性低，但是具有高密度表示主題節點之間的文章具有高度凝聚力目前主題有良好發展，低度的重要性與相關性表示對於當前領域不是主要的核心，這意味著它們對該領域的重要性有限，但具有高度的凝聚力表示有部分文章專門研究該節點主題，一般是較為專業的主題或是孤立的主題。左下象限（Q3）是新興或正要消失的主題，表示在 PISA 數學學習成就領域當中這類的主題節點具有低中心性表示與整體文章之間的重要性與相關性低，而且具有低密度表示主題節點之間的文章發展力不足，顯示這類文章可能尚未開始發展或是已經是邊緣化的主題（Aria et al., 2020）。

本研究在集群地圖中共找出了十個集群，分別在右上象限（Q1）驅動主題有三個集群，分別為數學學習表現與社經地位主題、學習成就與探討信念與自我效能主題以及家庭、政策與多層次分析主題。在右下象限（Q4）潛在主題有四個集群，分別為三個集群，分別為教育資源主題、數學學習成就後設分析主題以及動機、性別、成就與參與主題。在左上象限（Q2）專業主題有四個集群，分別為教育程度主題、自我概念主題、教師主題以及態度主題。左下象限（Q3）新興或正要消失的主題則恰好無集群產生。以下就針對 Q1 驅動主題、Q4 潛在主題與 Q2 專業主題逐象限進行說明。

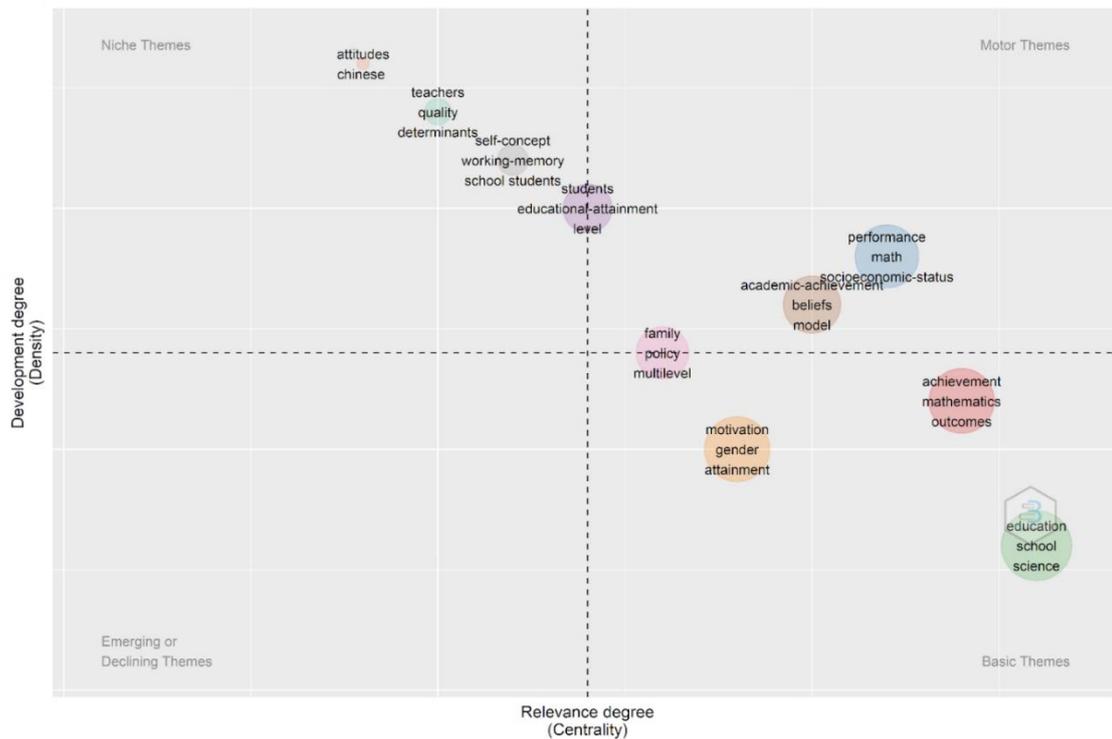


圖 7 關鍵詞共現集群分析

(一) 驅動主題

從圖中可以看出，在 Q1 的核心主題之間，主要目前的研究是，數學學習表現與社經地位的主題，該主題集群的關鍵字有"performance"、"math"、"socioeconomic-status"、"sex-differences"、"culture"，中心度為 36.308，密度為 376.375。在這類的研究當中很多都指出社經地位對於數學學習成就的影響，而且會有文化與性別上的影響，例如 Rowley, Silveira, Dufur, & Jarvis (2019) 的研究中就發現所有國家都呈現出最富有和最貧窮學生之間，有明顯的成就差距，這表明貧富學生在獲得教育機會方面普遍存在不平等，但是在不同國家呈現的差距與狀態並不同。Zhu, Kaiser, & Cai (2018) 研究確定了學校的社會經濟地位與性別的高度相關性，因為在最高經濟、社會和文化地位 (economic, social, and cultural status, ESCS) 組中女生的表現優於男孩，但在低 ESCS 組中則不然，ESCS 與女生的數學成績的相關性比男生的 ESCS 更強。在控制了學生的 ESCS 水平後，男生和女生的數學成績差異縮小了。這證實了社會經濟地位對數學學習中的性別差異的影響超出了對所有學生的一般影響。

其次為學習成就與探討信念與自我效能的主題，該主題集群的關鍵字有"academic-achievement"、"beliefs"、"model"、"self-efficacy"、"validity"，中心度為 35.216，密度為 363.055。其中自我效能在 PISA 中被當作信念中的一個維度，而且對學習成就有明顯的影響。例如，Zhu 與 Meyer (2022) 的研究，就根據 PISA 2012，將數學自我信念分為三個維度：數學自我效能、數學自我概念和數學焦慮。Pitsia, Biggart, & Karakolidis (2017) 的研究提到，學

生的自我信念與成就具有強烈的相關，進而影響學生未來在勞動力市場的潛力，以及影響整個國家的繁榮。

比較值得一提的是，家庭、政策與多層次分析的主題，該主題橫貫在 Q1 與 Q4 之間，顯示該主題對數學教育領域逐漸轉變為基本且必要的，或是相對來說發展性逐漸提高，該主題集群的關鍵字有"family"、"policy"、"multilevel"、"systems"、"tracking"，中心度為 29.589，密度為 353.930。這個主題在討論對學生學習成就而言，家庭或是學校政策的影響。Perera 與 Asadullah (2019) 就提到早期認為，在發展中國家，學校的政策比家庭投入的變化更重要，但是近年來在 TIMSS 和 PISA 等國際評估中，發現家庭背景對學生成績的敏感性越來越高，而在國家層面，公共支出和教育成果之間呈現出來的結論與傳統觀點並不一致。Ferraro 與 Pöder (2018) 使用 2012 年義大利的 PISA 資料，進行學生的家庭背景、數學成績和學校政策之間的多層次分析，研究結果發現有學校政策會同時強化家庭背景效應（教育公平）並影響學生成果（教育效率）。

（二）潛在主題

在 Q4 比較成熟與基礎的領域當中，教育資源的主題，是所有主題當中重要性最高的，該主題集群的關鍵字有"education"、"school"、"resources"、"computer use"、"inequality"，中心度為 46.388，密度為 270.050。這些研究提到了家庭或學校資源對於教育機會不平等的影響。例如，Martins 與 Veiga (2010) 以 2003 年的資料，分析 15 個歐盟成員國與社會經濟相關因素的數學成績不平等現象，研究發現數學學習成就存在著與社會經濟相關不平等的關係，各國之間存在著顯著的差異，學校的組成對學生數學學習成就成績的影響是不平等現象的主要驅動力。Chiu (2015) 提到家庭和學校的不平等可能會透過國家和學校層面，降低學生的學業成績。在家庭收入嚴重不平等的國家，享有特權的父母通常在家裡擁有比其他人更多的教育資源，且會將他們的孩子送到私立學校。

數學學習成就的後設分析也是一個重要研究主題，該主題集群的關鍵字有"achievement"、"mathematics"、"outcomes"、"impact"、"meta-analysis"，是所有主題當中重要性次高的，中心度為 29.589，密度為 353.930。其中就包含引用度最高的 Else-Quest 等人 (2010) 的研究，該研究運用 TIMSS 與 PISA 2003 的資料進行全球 69 個國家，性別差異在數學學習成就、態度和情意方面的後設分析，研究結果更進一步指出，在某些領域，仍存在性別差距。

第三個主題是動機、性別、成就與參與主題，該主題集群的關鍵字有"motivation"、"gender"、"attainment"、"engagement"、"children"，中心度為 32.735，密度為 328.865。大部分的研究會將性別做為變項，例如，Pitsia 等人 (2017) 發現希臘教育系統中存在嚴重的性別不平等，因為女孩有較低的自我效能感、自我概念和動機以及較高的數學焦慮。Gabriel, Buckley, & Barthakur (2020) 調查參與自我調節學習的動機、情緒和認知因素及其在數學學習中的影響，研究提到數學焦慮是數學學習的障礙，被認為會阻礙學生的參與和他們的表現。

(三) 專業主題

在左上象限 (Q2) 是專業主題的部分，第一個主題是教育程度主題，該主題集群的關鍵字有 "students"、"educational-attainment"、"level"、"matter"、"psychology"，中心度為 17.856，密度為 376.562。主要是探討不同層級變項對於學生的影響，例如，家庭層級，就有 Tan (2017) 的研究，其研究主要探討文化變項對學生學習成就的影響，文化變項包括許多家庭層級的變項，如：家庭教育資源；父母的教育程度和職業狀況；父母對子女教育程度、未來數學和學校職業的期望；父母對數學的評價等。另外，也有探討國家層級的研究，像是 Lynn 與 Mikk (2009) 的研究探討國家層級的教育程度與智商，與學生學習成就之間的關係，56 個國家的智商與科學、數學和閱讀理解方面的教育程度之間的相關性為 0.935，國家智商可解釋 87.4% 的個體教育程度差異。

第二個主題是自我概念主題，該主題集群的關鍵字有 "self-concept"、"school students"、"goodness-of-fit"、"mathematics anxiety"，中心度為 8.963，密度為 478.571。主要是探討自我概念或是數學焦慮對於數學學習成就的影響。例如，You, Kim, Lim, & Dang (2021) 結果表明，數學興趣、工具動機、數學自我效能感、數學焦慮、數學自我概念和校外學習時間等學生特徵，預測了 39.9% 的數學學習成就的變異。Gabriel 等人 (2020) 使用結構方程模式，發現工具動機和自我概念會影響數學焦慮，進而影響毅力和自我效能對數學素養產生負面影響。

第三個主題是與教師主題，該主題集群的關鍵字有 "teachers"、"quality"、"determinants"、"high-school"，中心度為 5.638，密度為 546.078。主要是說明教師在數學學習的重要性，因為教師的品質對於學習績效有一定的影響。Perera 與 Asadullah (2019) 的研究就提到，新加坡與馬來西亞學習績效差距的因素，包括新加坡有高品質的師資培訓機構和師資團隊，以及無論學生的社會經濟背景如何，都能平等地獲得合格的教師。Hew 與 Tan (2016) 的研究就提到學校資訊科技資源的可用性，以及數學教師的教學理念和實踐是數學課程中資訊科技整合的最關鍵因素。

第四個主題是態度的相關主題，該主題集群的關鍵字有 "attitudes"、"chinese"，中心度為 1.521，密度為 604.167。Tan (2017) 探討父母的態度對中國學生學習成就的影響。Areepattamannil 等人 (2015) 研究了青少年對其父母對數學態度的看法與他們之間的關係，父母的正面態度可以正面影響學生的數學學習表現，但是也會提高數學焦慮。

五、合作網絡分析

共同作者網絡如圖 8 所示，設定表示兩個或多個作者在出版物上的聯合作品。2004–2021 年，合作發表論文作者有 41 位。在圖 8 中，每個頂點（節點）代表作者，邊（線）代表由這些連接的作者撰寫的協作出版物，線條粗細表示合作次數的多寡。其中有國際合著作者的數量，占整體作者的比例可以做為國際合作比例來探究目前領域的合作程度。可以

發現每個研究作者之間大多為各自獨立的小群體，最多五人合作，比較缺乏大規模的合作群體。但是在合著文章仍具有一定的比例，透過國際合作比例（International co-authorships % = 32.95%）可以發現跨國合作的比比例相當高，相比過往高等教育研究在 2018 年的高等教育研究成果和國際研究合作的指數約占 18%（Fu, Marques, Tseng, Powell, & Baker, 2022）。

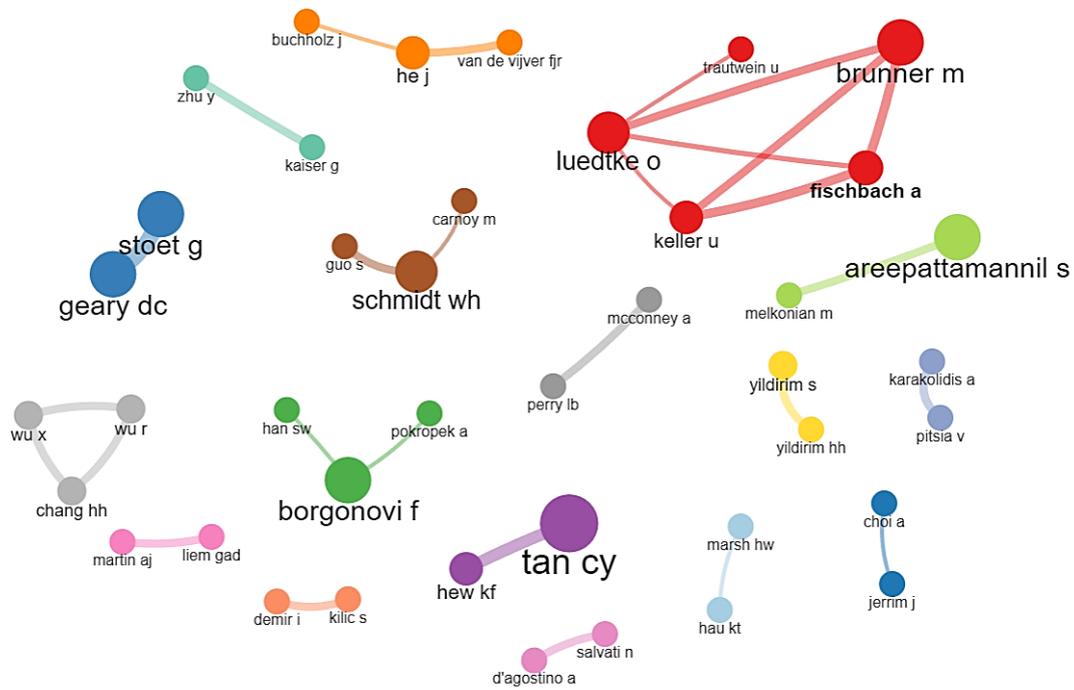


圖 8 作者合作網路分析

本研究觀察在不同領域和研究該主題的研究人員之間的合作網絡。圖 9 顯示每個國家發表 PISA 數學學習成就的文章篇數與合作或獨立研究的比例。在圖 9 中，每個柱狀體代表每一個國家，MCP 代表跨國合作出版物，SCP 表示單獨國家研究。單以發表篇數來說，最多研究篇數者為美國 31 篇，其中獨立研究 22 篇，跨國合作研究 9 篇，MCP_Ratio 合作指數為 0.29。發表數量第二多的國家為中國 21 篇，其中獨立研究 17 篇，跨國合作研究 4 篇，MCP_Ratio 合作指數為 0.16。發表數量同為第二多研究的國家為澳洲 21 篇，其中獨立研究 11 篇，跨國合作研究 10 篇，MCP_Ratio 合作指數為 0.44。發表數量第四多的國家為德國 10 篇，其中獨立研究 3 篇，跨國合作研究 7 篇，MCP_Ratio 合作指數為 0.69。發表數量第五多的為土耳其 12 篇，其中獨立研究 11 篇，跨國合作研究 1 篇，MCP_Ratio 合作指數為 0.08。發表數量第 6 多的國家為英國 9 篇，其中獨立研究 2 篇，跨國合作研究 6 篇，MCP_Ratio 合作指數為 0.75。

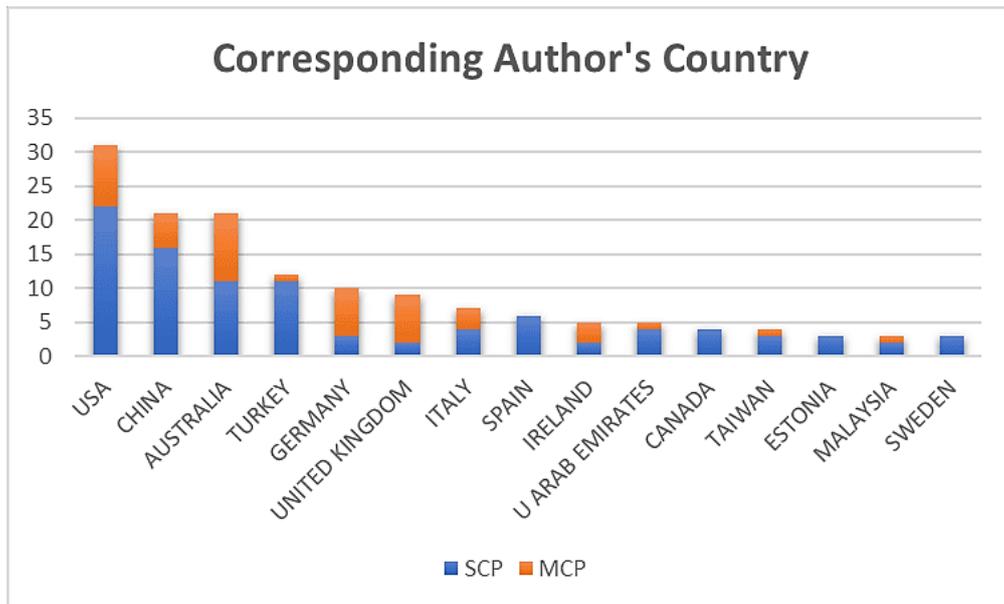


圖 9 不同國家在 PISA 數學學習成就的發表篇數

本研究進一步，探究全球有哪些國家較為關注國際學生能力評量計畫數學學習成就的。圖 10 中列出曾合作的相關國家節點，並透過國家之間的合作關係給予集群。在集群中四個比較明顯的群體，第一群是以「美國」為核心的合作研究群體，第二群是以「澳洲與中國」為核心的合作研究群體，第三群是以「德國」為核心的合作研究群體，第四群是以「英國」為核心的合作研究群體。透過集群可以發現大部分的國家，主要考量地域關係或是國家間的外交關係進行合作。

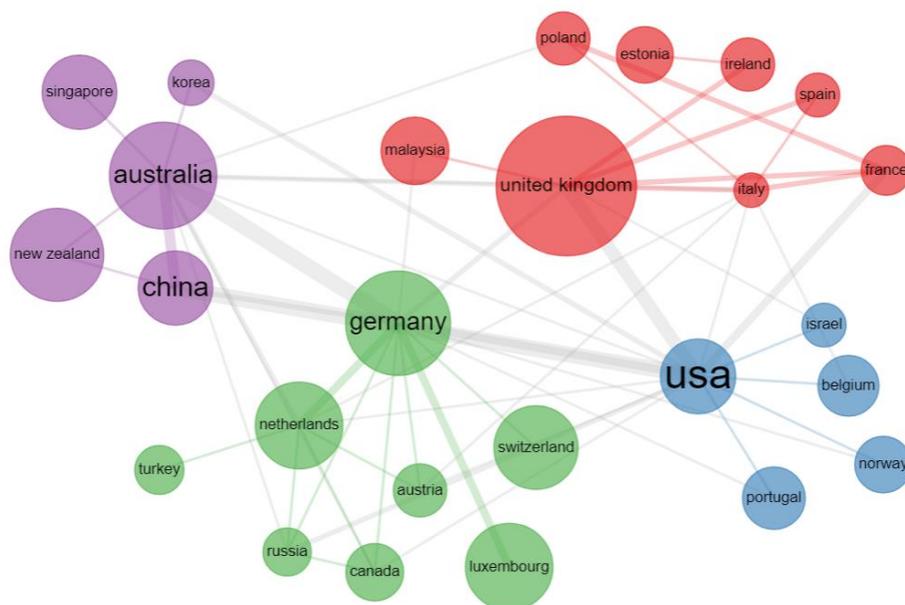


圖 10 國家合作網路

肆、研究結論

本研究試圖使用文獻計量分析對 PISA 數學學習成就的研究進行廣泛的回顧，針對 Web of Science 資料庫的 173 篇文章進行分析。主要目的是確定 PISA 研究在期刊、引文、主題與國際合作方面的趨勢。本研究分析各期刊中關於 PISA 數學學習成就的主題；核心的文獻；關鍵詞的集群分析；合作網絡，對 PISA 數學學習成就領域進行了主題分析，並探討跨國家的合作網絡關係。

一、文章數、作者數和引用率逐年成長

本研究主要在探討 PISA 數學學習成就研究文獻中提取的文獻計量資料的圖像。首先，研究表明，PISA 數學學習成就研究的上無論是每年發表的數量與引用率上都呈現逐年提升的趨勢。尤其是在 2009 年之後，對 PISA 數學學習成就的研究興趣逐漸提高，並且對應文章、作者和文件的引用率也逐年提升。就相同研究已指出，目前大型國際評量的相關研究正呈現指數式的飛漲（Hernández-Torrano & Courtney, 2021）。本研究也顯示 PISA 數學學習成就研究是目前正在成長中的領域。隨著教育全球化的演進，PISA 的研究發展可以使研究者將最新成果應用於更進一步的議題。

二、高被引文章中，跨國比較的文章被引用率較高，且其他議題高引用率文章皆搭配跨國比較

這樣的研究結果顯示，跨國比較的文章，受到比較多研究者的關注，但是對應合作網絡分析的結果來說，大部分的文章都還是只關注小區域的相關研究，缺乏實際上真正大範圍的跨國比較研究。跨國研究是重要的，很多對於數學學習成就的影響可能來自於某些概念的文化差異，或每個國家的某些關鍵背景和結構特徵（例如，教育系統）（Lee & Stankov, 2013）。

高引用參考文獻當中主要為技術報告、統計方法類的文章與後設分析的系統性文獻回顧文章，除技術報告外，最多參考文獻為統計方法類的文章，大多數 PISA 和 TIMSS 數據都是定量的，因此應用適當的統計技術對於回答提出的研究問題至關重要（Liou & Hung, 2015）。另外，後設分析與系統性文獻回顧文章促使其他研究者對 PISA 數學學習成就的研究，並整體性的描述了相關的成果。對研究人員來說，以系統化的文獻分析來綜合了解先前的研究，以解決教育中的關鍵問題，是非常好的時機。這樣的研究方式可以幫助其他人更了解當前領域的知識和內容，更容易地比較和結合各個研究的結果，並引導相關研究的產生（Hattie, Rogers, & Swaminathan, 2014）。

三、PISA 數學學習成就研究中，關鍵字的集群可被歸類為驅動主題、潛在主題與專業主題，但是缺乏新興研究主題

PISA 數學學習成就研究的趨勢，總結關鍵字分析和主題趨勢分析以了解 PISA 數學學習成就研究採用領域主題的演變，分析結果揭示了 PISA 數學學習成就在三個主題象限中的十個核心的研究領域，其一為驅動主題，包含了數學學習表現與社經地位的主題、學習成就與探討信念與自我效能的主題以及家庭、政策與多層次分析的主題，這些研究相對 PISA 數學學習成就研究中屬於較為核心的研究領域。

其二為潛在主題是以教育資源、系統性文獻回顧與動機、性別、成就與參與主題等相關研究為主。且相對於 PISA 數學學習成就主要的潛在領域來說，潛在主題的重要性高但是相對的研究密集度低。PISA 能力衡量的不僅僅是智力，還發現動機在預測標準化考試成績具有重要的影響力 (Kriegbaum, Jansen, & Spinath, 2015)。在大多數國家的資料中，可以了解國家的經濟資源、家庭特徵和學生動機與學生成績相關 (Chiu & Xihua, 2008)。這些主題可能在未來可以思考該部分研究的發展趨勢，若是研究數量提升，也有發展成核心研究的可能。

其三為專業主題，包含了學生教育程度、自我概念、教師品質、態度等主題，Lee 與 Stankov (2013) 的研究也有提到包含其他變項可能會影響高階結構的性質或高階結構與數學學習成就關係的方向性。考慮涉及到較為專業的主題和領域，這些主題彼此的相關性很高，但是對於整體 PISA 數學學習成就研究的重要性卻是略低的。另外，須特別注意的是，PISA 數學學習成就研究缺少新興或正要消失的主題，這反映一個現象，亦即目前在 PISA 數學學習成就研究中，還沒有新的研究趨勢產生。

四、PISA 的研究具有一定程度跨國合作研究關係

由合作網絡的研究結果可以發現，PISA 數學學習成就具有一定程度跨國合作研究關係。在國際合作學者數的比例佔了接近三分之一。部分國家在合作的數量和頻率方面都很頻繁，其中美國在文章產量與合作研究方面排名皆為第一。這跟過往研究有相似之處，國際科學網絡傾向於特徵是與地理上鄰近的國家和地區屬於同一全球區域的作者或具有共同文化和語言聯繫的作者的合著出版物 (Hernández-Torrano & Courtney, 2021)。事實上，美國、中國和澳洲引領了 PISA 數學學習成就研究，顯見這些國家在 PISA 數學學習成就研究的影響力，從而引領了 PISA 數學學習成就國際合作研究的產生。同時考慮國家和地域之間的關係，可以發現，在 PISA 數學學習成就研究中亞太地區國家佔有較高的比重，而歐洲國家則次之。這些合作之間有蠻明顯的地域合作關係。但是考量 PISA 是一個橫跨地域的研究資料，必須在學者和教育機構之間展開更大規模的研究合作，進而對 PISA 在數學學習成就研究的潛力產生更大的全球影響力，以提高 PISA 的研究結果應用。

伍、研究限制與建議

本研究僅使用 Web of Science 資料庫，選取收錄於社會科學引文索引的原始資料，資料庫所收錄的期刊數量會隨時增加或減少，該主題的文獻計量分析在幾年內可能會發生變化，針對相同的研究主題，可能導致研究結果不一的情況，此為研究限制之一。其次，由於不同資料庫所收錄的文章各有不同，不恰當的文獻搜索方法，是系統性文獻回顧中會面臨的主要問題，因為這可能會導致較不準確的估計效果。若完全依靠某一個資料庫，可能只能檢索到少部分的文獻，因而造成最大化選擇偏差 (Zhao, 2014)。且本研究以 R 語言撰寫之 Bibliometrix 來作為分析工具，若使用其他資料庫或分析軟體進行相同主題的研究，研究結果也有可能產生若干差異，此為研究限制之二。針對上述研究結果與限制，本研究提出以下研究建議，以供未來研究者進行更進一步的研究，說明如下：

一、針對 PISA 數學學業成就議題，組成跨國研究團隊

透過高被引文章可以發現，大多數 PISA 數學學習成就研究的高被引文章皆為跨國比較的文章。共同作者網絡的研究結果可以發現，大部分的學者沒有大規模的合作關係，但研究也指出，跨國研究比較受重視。因此，為提升國際合作及研究能量，可以建立跨國合作平台，匯聚國際菁英，針對 PISA 數學學習成就的前瞻議題，進行跨國合作研究。人們普遍認為研究合作，尤其是國際合作，對研究人員和相關組織都有好處，並提高了研究品質，進而更有大量的學術產出和更高的引用率 (Khor & Yu, 2016)。同時，跨國合作活動可以解決跨國或全球問題，並提高價值且為關注的關鍵問題提供見解 (Khor & Yu, 2016)。

二、針對 PISA 數學學業成就議題，考量文化背景與政策，進行跨國比較

雖然與其他研究相比，PISA 跨國比較方法提供了許多獨特的優勢，但是這些優勢的代價是對國家的觀察有限度的、而且成就數據的橫斷面特徵以及來自難以觀察到的國家因素（如文化）的可能偏見的擔憂 (Hanushek & Woessmann, 2017)。每個國家的教育系統運作機制皆不同，許多國家藉著了解學生的學習情況來進行評估。鄭永福、許瑛珺與李哲迪 (2018) 提到數學素養教育效率的跨國差異比較，可對各國學生數學素養之養成教育提供另一個面向的觀察。透過比較各國國際評量結果可以提供一個更完整的背景脈絡來解釋國家的表現，以延伸和豐富國家的圖像。同時在教育成果的品質和學習機會的公平性方面，也可以呈現教育的可能性。此外，也可以幫助各國找出其相對優勢和劣勢，並了解教育改革的過程。很可惜的是，PISA 的衡量標準沒有考量各國文化背景與政策，因此，若能深入針對不同文化背景脈絡的國家進行國家政策的國際比較研究，則會豐富 PISA 數學學業成就相關研究的廣度與深度。

三、未來可針對關鍵字的集群，對 PISA 數學學習成就的影響，進行更進一步的文獻計量分析

本研究總結關鍵字分析和主題趨勢分析以了解 PISA 數學學習成就主題的演變，在三個主題象限中，總結出數個研究領域。包括社經地位、信念、自我效能、動機、國家經濟資源、家庭特徵、學生教育程度、自我概念、教師品質、態度等面向。建議未來的研究者，可針對上述主題，對 PISA 數學學習成就的影響，進行個別的文獻計量分析，以獲得更具體的研究趨勢，瞭解該主題的研究者合作網絡。透過 PISA 數學學習成就主題趨勢分析來反思目前教育重要議題，例如，教育資源是國外研究重視的一個領域，楊淑萍與林煥祥(2010)的相關研究也發現不管擁有完整經濟資源的學生，其科學、數學素養皆顯著優於其他同儕。這些後續延伸的議題也必須更加在教育現場受到重視，教育資源不均或學習機會不平等，皆會造成弱勢家庭及偏遠地區學生素養之落後。

四、未來可結合不同資料庫、採用不同分析軟體、整理不同類型出版物，進行相同主題的回顧性研究，以充實研究內容

本研究主要的文獻資料來自於收錄 SCI/SSCI 索引的 WoS 資料庫，雖然該資料庫為目前主要使用的核心資料庫之一，但無法完整涵蓋目前所有的相關研究，亦可能會導致遺漏其他研究。因此，本研究建議未來研究者，可以結合 Scopus 或 Google Scholar 等其他資料庫，採用不同分析軟體例如 Vosviewer 或 CiteSpace，如此一來便能對於關鍵字、主題分析與相關研究者、國際合作網路的分析會更為完整，同時也能幫助其他研究者，更精確的選擇期刊來進行發表。另外，本研究以期刊論文為主要的分析來源，未來研究亦可考慮增加其他類型的出版物，如會議論文、書評等。另外，將 PISA 數據與其他 OECD 研究(如 TALIS、PIAAC 和 EOnline)或與其他國際研究(如 TIMMS、PIRLS、ePIRLS 和 ICILS)進行交叉引用分析的方法非常有限(Cordeiro & Teodoro, 2022)。因此，未來可結合 PISA 和 TIMSS 國際學生成就評比的研究結果，進行相同主題的回顧性研究，瞭解研究趨勢，也可提供政府和學校在調整教育政策上的參考。

誌謝

感謝《臺灣數學教育期刊》主編與相關人員及匿名審查委員，對本文所提供之寶貴意見。

參考文獻

- 許健將 (2019)。文獻計量學在教育研究上之應用。《教育科學期刊》，18(1)，51–69。【Sheu, Jen-Jang (2019). The application of bibliometrics in educational research. *The Journal of Educational Science*, 18(1), 51–69. (in Chinese)】
- 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。doi: 10.6173/CJSE.2010.1806.03【Yang, Su-Ping, & Lin, Huann-Shyang (2010). Analyses of science and mathematics literacy of students with different economic assets and cultural assets. *Chinese Journal of Science Education*, 18(6), 547–562. doi: 10.6173/CJSE.2010.1806.03 (in Chinese)】
- 臺灣 PISA 國家研究中心 (2022)。PISA 2022 數學評量架構。取自 <https://pisa.irels.ntnu.edu.tw/files/PISA2022%E6%95%B8%E5%AD%B8%E8%A9%95%E9%87%8F%E6%9E%B6%E6%A7%8B.pdf>【National PISA Research Center of Taiwan. (2022). *Mathematical competency framework*. Retrieved from <https://pisa.irels.ntnu.edu.tw/files/PISA2022%E6%95%B8%E5%AD%B8%E8%A9%95%E9%87%8F%E6%9E%B6%E6%A7%8B.pdf> (in Chinese)】
- 蔣德仁 (2013)。PISA 國際學生能力評量計畫概論 (初版)。臺北市：五南。【Jiang, De-Ren (2013). *Introduction to the PISA international student proficiency assessment program* (first edition). Taipei: Wu-Nan. (in Chinese)】
- 鄭永福、許瑛珧、李哲迪 (2018)。華人地區數學素養教育效率比較。《教育科學研究期刊》，63(4)，1–28。doi: 10.6209/JORIES.201812_63(4).0001【Cheng, Yung-Fu, Hsu, Ying-Shao, & Lee, Che-Di. (2018). Educational efficiency of mathematical literacy: A comparison of four ethnically Chinese regions. *Journal of Research in Education Sciences*, 63(4), 1–28. doi: 10.6209/JORIES.201812_63(4).0001】
- Areepattamannil, S., Khine, M. S., Melkonian, M., Welch, A. G., Al Nuaimi, S. A., & Rashad, F. F. (2015). International note: Are Emirati parents' attitudes toward mathematics linked to their adolescent children's attitudes toward mathematics and mathematics achievement?. *Journal of Adolescence*, 44, 17–20. doi: 10.1016/j.adolescence.2015.07.002
- Aria, M. & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. doi: 10.1016/j.joi.2017.08.007
- Aria, M., Misuraca, M., & Spano, M. (2020). Mapping the evolution of social research and data science on 30 years of Social Indicators Research. *Social Indicators Research*, 149(3), 803–831. doi: 10.1007/s11205-020-02281-3
- Arzarello, F., Garuti, R., & Ricci, R. (2015). The impact of PISA studies on the Italian national assessment system. In K. Stacey & R. Turner (Eds.), *Assessing Mathematical Literacy* (pp. 249–260). Cham, Switzerland: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-10121-7_13
- Baker, D. P., Goesling, B., & LeTendre, G. K. (2002). Socioeconomic status, school quality, and national economic development: A cross-national analysis of the “Heyneman-Loxley effect” on mathematics and science achievement. *Comparative Education Review*, 46(3), 291–312. doi: 10.1086/341159
- Bankar, R. S., & Lihitkar, S. R. (2019). Science mapping and visualization tools used for bibliometric and scientometric studies: A comparative study. *Journal of Advancements in Library Sciences*, 6(1), 382–394.

- Brow, M. V. (2019). Significant predictors of mathematical literacy for top-tiered countries/economies, Canada, and the United States on PISA 2012: Case for the sparse regression model. *British Journal of Educational Psychology*, 89(4), 726–749. doi: 10.1111/bjep.12254
- Chen, S. Y., & Lin, S. W. (2020). A cross-cultural study of mathematical achievement: From the perspectives of one's motivation and problem-solving style. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(6), 1149–1167. doi: 10.1007/s10763-019-10011-6
- Chiu, M. M. (2015). Family inequality, school inequalities, and mathematics achievement in 65 countries: Microeconomic mechanisms of rent seeking and diminishing marginal returns. *Teachers College Record*, 117(1), 1–32. doi: 10.1177/016146811511700105
- Chiu, M. M., & Khoo, L. (2005). Effects of resources, inequality, and privilege bias on achievement: Country, school, and student level analyses. *American Educational Research Journal*, 42(4), 575–603. doi: 10.3102/00028312042004575
- Chiu, M. M., & Klassen, R. M. (2010). Relations of mathematics self-concept and its calibration with mathematics achievement: Cultural differences among fifteen-year-olds in 34 countries. *Learning and Instruction*, 20(1), 2–17. doi: 10.1016/j.learninstruc.2008.11.002
- Chiu, M. M., & Xihua, Z. (2008). Family and motivation effects on mathematics achievement: Analyses of students in 41 countries. *Learning and Instruction*, 18(4), 321–336. doi: 10.1016/j.learninstruc.2007.06.003
- Chmielewski, A. K., Dumont, H., & Trautwein, U. (2013). Tracking effects depend on tracking type: An international comparison of students' mathematics self-concept. *American Educational Research Journal*, 50(5), 925–957. doi: 10.3102/0002831213489843
- Cohen, J. (1992). Statistical power analysis. *Current directions in psychological science*, 1(3), 98–101.
- Coleman, J. S. (Ed.). (1966). *Equality of Educational Opportunity*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Cordeiro, C. D., & Teodoro, V. D. (2022). How PISA is present in the scientific production: A bibliometric review. In A. Teodoro (Ed.), *Critical perspectives on PISA as a means of global governance* (pp. 25–47). New York, NY: Routledge.
- Culnan, M. J., & Swanson, E. B. (1986). Research in management information systems, 1980-1984: Points of work and reference. *Mis Quarterly*, 10(3), 289–302. doi: 10.2307/249263
- Demir, S. B. (2018). The effect of teaching quality and teaching practices on PISA 2012 mathematics achievement of Turkish students. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 5(4), 645–658. doi: 10.21449/ijate.463409
- Ding, H., & Homer, M. (2020). Interpreting mathematics performance in PISA: Taking account of reading performance. *International Journal of Educational Research*, 102, 101566. doi: 10.1016/j.ijer.2020.101566
- Eaton, J. P., Ward, J. C., Kumar, A., & Reingen, P. H. (1999). Structural analysis of co-author relationships and author productivity in selected outlets for consumer behavior research. *Journal of Consumer Psychology*, 8(1), 39–59. doi: 10.1207/s15327663jcp0801_02

- Ehmke, T., van den Ham, A. K., Sälzer, C., Heine, J., & Prenzel, M. (2020). Measuring mathematics competence in international and national large scale assessments: Linking PISA and the national educational panel study in Germany. *Studies in Educational Evaluation, 65*, 100847. doi: 10.1016/j.stueduc.2020.100847
- Elango, B. (2019). Calculation errors in bibliometrics: The case of CAGR. *COLLNET Journal of Scientometrics and Information Management, 13*(2), 331–337. doi: 10.1080/09737766.2019.1694397
- Elango, B., & Rajendran, P. (2012). Authorship trends and collaboration pattern in the marine sciences literature: A scientometric study. *International Journal of Information Dissemination and Technology, 2*(3), 166–169.
- Else-Quest, N. M., Hyde, J. S., & Linn, M. C. (2010). Cross-national patterns of gender differences in mathematics: A meta-analysis. *Psychological Bulletin, 136*(1), 103–127. doi: 10.1037/a0018053
- Ferraro, S., & Pöder, K. (2018). School-level policies and the efficiency and equity trade-off in education. *Journal of Policy Modeling, 40*(5), 1022–1037. doi: 10.1016/j.jpolmod.2017.11.001
- Foley, A. E., Herts, J. B., Borgonovi, F., Guerriero, S., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2017). The math anxiety-performance link: A global phenomenon. *Current Directions in Psychological Science, 26*(1), 52–58. doi: 10.1177/0963721416672463
- Fu, Y. C., Marques, M., Tseng, Y. H., Powell, J. J. W., & Baker, D. P. (2022). An evolving international research collaboration network: Spatial and thematic developments in co-authored higher education research, 1998–2018. *Scientometrics, 127*(3), 1403–1429. doi: 10.1007/s11192-021-04200-w
- Fuchs, T., & Wößmann, L. (2008). What accounts for international differences in student performance? A re-examination using PISA data. In C. Dustmann, B. Fitzenberger, & S. Machin (Eds.), *The economics of education and training* (pp. 209–240). Heidelberg, Germany: Physica-Verlag HD. doi: 10.1007/978-3-7908-2022-5_10
- Fung, F., Tan, C. Y., & Chen, G. (2018). Student engagement and mathematics achievement: Unraveling main and interactive effects. *Psychology in the Schools, 55*(7), 815–831. doi: 10.1002/pits.22139
- 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. doi: 10.1177/0004944120947881
- Gjicali, K., & Lipnevich, A. A. (2021). Got math attitude? (In)direct effects of student mathematics attitudes on intentions, behavioral engagement, and mathematics performance in the U.S. PISA. *Contemporary Educational Psychology, 67*, 102019. doi: 10.1016/j.cedpsych.2021.102019
- Guiso, L., Monte, F., Sapienza, P., & Zingales, L. (2008). Culture, gender, and math. *Science, 320*(5880), 1164–1165. doi: 10.1126/science.1154094
- Han, S. W., Borgonovi, F., & Guerriero, S. (2018). What motivates high school students to want to be teachers? The role of salary, working conditions, and societal evaluations about occupations in a comparative perspective. *American Educational Research Journal, 55*(1), 3–39. doi: 10.3102/0002831217729875
- Hanushek, E. A., Woessmann, L. (2017). School resources and student achievement: A review of cross-country economic research. In M. Rosén, K. Y. Hansen, & U. Wolff (Eds.), *Cognitive Abilities and Educational Outcomes* (pp. 149–171). Cham, Switzerland: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-43473-5_8

- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London, UK: Routledge.
- Hattie, J., Rogers, H. J., & Swaminathan, H. (2014). The role of meta-analysis in educational research. In A. Reid, E. Hart, M. Peters (Eds.), *A companion to research in education* (pp. 197–207). Dordrecht, Netherlands: Springer. doi: 10.1007/978-94-007-6809-3_26
- He, J., Chung, J. M., & van de Vijver, F. J. R. (2020). An examination of different scale usage correction procedures to enhance cross-cultural data comparability. *Journal of Cross-cultural Psychology, 51*(10), 794–813. doi: 10.1177/0022022120960815
- Hernández-Torrano, D., & Courtney, M. G. R. (2021). Modern international large-scale assessment in education: An integrative review and mapping of the literature. *Large-scale Assessments in Education, 9*, 17. doi: 10.1186/s40536-021-00109-1
- Hew, K. F., & Tan, C. Y. (2016). Predictors of information technology integration in secondary schools: Evidence from a large scale study of more than 30,000 students. *PLoS ONE, 11*(12), e0168547. doi: 10.1371/journal.pone.0168547
- Hopfenbeck, T. N., Lenkeit, J., El Masri, Y., Cantrell, K., Ryan, J., & Baird, J.-A. (2018). Lessons learned from PISA: A systematic review of peer-reviewed articles on the programme for international student assessment. *Scandinavian Journal of Educational Research, 62*(3), 333–353. doi: 10.1080/00313831.2016.1258726
- Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal, 6*(1), 1–55. doi: 10.1080/10705519909540118
- Huang, J., Tang, Y., He, W., & Li, Q. (2019). Singapore's school excellence model and student learning: Evidence from PISA 2012 and TALIS 2013. *Asia Pacific Journal of Education, 39*(1), 96–112. doi: 10.1080/02188791.2019.1575185
- Huang, L. (2022). Exploring the relationship between school bullying and academic performance: The mediating role of students' sense of belonging at school. *Educational Studies, 48*(2), 216–232. doi: 10.1080/03055698.2020.1749032
- Hung, J. L. (2012). Trends of e-learning research from 2000 to 2008: Use of text mining and bibliometrics. *British journal of Educational Technology, 43*(1), 5–16. doi: 10.1111/j.1467-8535.2010.01144.x
- Ivanović, L., & Ho, Y. S. (2019). Highly cited articles in the education and educational research category in the social science citation Index: A bibliometric analysis. *Educational Review, 71*(3), 277–286. doi: 10.1080/00131911.2017.1415297
- Jeffries, D., Curtis, D. D., & Conner, L. N. (2020). Student factors influencing STEM subject choice in year 12: A structural equation model using PISA/LSAY data. *International Journal of Science and Mathematics Education, 18*(3), 441–461. doi: 10.1007/s10763-019-09972-5
- Kang, H., & Cogan, L. (2022). The differential role of socioeconomic status in the relationship between curriculum-based mathematics and mathematics literacy: The link between TIMSS and PISA. *International Journal of Science and Mathematics Education, 20*(1), 133–148. doi: 10.1007/s10763-020-10133-2
- Khor, K. A., & Yu, L.-G. (2016). Influence of international co-authorship on the research citation impact of young universities. *Scientometrics, 107*(3), 1095–1110. doi: 10.1007/s11192-016-1905-6
- King, R. B., Cai, Y., & Du, H. (2021). Societal-level utility value strengthens the relationship between student-level utility value and achievement: A person-culture fit perspective. *British Journal of Educational Psychology, 91*(1), 328–346. doi: 10.1111/bjep.12354

- Kosmützky, A., & Krücken, G. (2014). Growth or steady state? A bibliometric focus on international comparative higher education research. *Higher Education*, 67(4), 457–472. doi: 10.1007/s10734-013-9694-9
- Kriegbaum, K., Jansen, M., & Spinath, B. (2015). Motivation: A predictor of PISA's mathematical competence beyond intelligence and prior test achievement. *Learning and Individual Differences*, 43, 140–148. doi: 10.1016/j.lindif.2015.08.026
- Lee, J. (2009). Universals and specifics of math self-concept, math self-efficacy, and math anxiety across 41 PISA 2003 participating countries. *Learning and Individual Differences*, 19(3), 355–365. doi: 10.1016/j.lindif.2008.10.009
- Lee, J., & Stankov, L. (2013). Higher-order structure of noncognitive constructs and prediction of PISA 2003 mathematics achievement. *Learning and Individual Differences*, 26, 119–130. doi: 10.1016/j.lindif.2013.05.004
- Li, J., Burnham, J. F., Lemley, T., & Britton, R. M. (2010). Citation Analysis: Comparison of Web of Science®, Scopus™, SciFinder®, and Google Scholar. *Journal of Electronic Resources in Medical Libraries*, 7(3), 196–217. doi: 10.1080/15424065.2010.505518
- Liou, P.-Y., & Hung, Y.-C. (2015). Statistical techniques utilized in analyzing PISA and TIMSS data in science education from 1996 to 2013: A methodological review. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(6), 1449–1468. doi: 10.1007/s10763-014-9558-5
- Liu, Y., Hau, K. T., & Zheng, X. (2020). Does instrumental motivation help students with low intrinsic motivation? Comparison between Western and Confucian students. *International Journal of Psychology*, 55(2), 182–191. doi: 10.1002/ijop.12563
- Lynn, R., & Mikk, J. (2009). National IQs predict educational attainment in math, reading and science across 56 nations. *Intelligence*, 37(3), 305–310. doi: 10.1016/j.intell.2009.01.002
- Marks, G. N. (2006). Are between- and within-school differences in student performance largely due to socio-economic background? Evidence from 30 countries. *Educational Research*, 48(1), 21–40. doi: 10.1080/00131880500498396
- Marks, G. N. (2008). Accounting for the gender gaps in student performance in reading and mathematics: Evidence from 31 countries. *Oxford Review of Education*, 34(1), 89–109. doi: 10.1080/03054980701565279
- Marsh, H. W., & Hau, K.-T. (2004). Explaining paradoxical relations between academic self-concepts and achievements: Cross-cultural generalizability of the internal/external frame of reference predictions across 26 countries. *Journal of Educational Psychology*, 96(1), 56–67. doi: 10.1037/0022-0663.96.1.56
- Martins, L., & Veiga, P. (2010). Do inequalities in parents' education play an important role in PISA students' mathematics achievement test score disparities? *Economics of Education Review*, 29(6), 1016–1033. doi: 10.1016/j.econedurev.2010.05.001
- McVeigh, M. E. (2015). Citation indexes and the web of science. In M. J. Bates, & M. N. Maack (Eds.), *Encyclopedia of library and information sciences* (3rd ed., pp. 1027–1037). Boca Raton, FL: CRC Press. doi: 10.1081/E-ELIS3-120044569
- Muthñn, L. K., & Muthñn, B. O. (2012). *Mplus user's guide: Statistical analysis with latent variables* (7th ed.). Los Angeles, CA: Muthñn & Muthñn. Retrieved from https://www.statmodel.com/download/usersguide/Mplus%20user%20guide%20Ver_7_r6_w eb.pdf
- Ning, B. (2020). Discipline, motivation, and achievement in mathematics learning: An exploration in Shanghai. *School Psychology International*, 41(6), 595–611. doi: 10.1177/0143034320961465

- OECD (2014). *PISA 2012 results in focus: What 15-year-olds know and what they can do with what they know*. Paris, France: OECD publishing.
- OECD (2018). *PISA 2021 mathematics framework* (draft). Paris, France: OECD publishing. Retrieved from <https://www.oecd.org/pisa/sitedocument/PISA-2021-mathematics-framework.pdf>
- OECD (2019). *PISA 2018 assessment and analytical framework*. Paris, France: OECD publishing. doi: 10.1787/b25efab8-en
- Perera, L. D. H., & Asadullah, M. N. (2019). Mind the gap: What explains Malaysia's underperformance in Pisa? *International Journal of Educational Development*, 65, 254–263. doi: 10.1016/j.ijedudev.2018.08.010
- Pitsia, V., Biggart, A., & Karakolidis, A. (2017). The role of students' self-beliefs, motivation and attitudes in predicting mathematics achievement: A multilevel analysis of the Programme for International Student Assessment data. *Learning and Individual Differences*, 55, 163–173. doi: 10.1016/j.lindif.2017.03.014
- Prenzel, M., Blum, W., & Klieme, E. (2015). The impact of PISA on mathematics teaching and learning in Germany. In K. Stacey, & R. Turner (Eds.), *Assessing mathematical literacy* (pp. 239–248). Cham, Switzerland: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-10121-7_12
- Raudenbush, S. W., & Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Rowley, K. J., Silveira, F., Dufur, M., & Jarvis, J. A. (2019). U.S. underperformance in an international context. *Teachers College Record*, 121(10), 1–46. doi: 10.1177/016146811912101004
- Rutkowski, L., Gonzalez, E., Joncas, M., & von Davier, M. (2010). International large-scale assessment data: Issues in secondary analysis and reporting. *Educational researcher*, 39(2), 142–151. doi: 10.3102/0013189X10363170
- Schmidt, W. H., Burroughs, N. A., Zoido, P., & Houang, R. T. (2015). The role of schooling in perpetuating educational inequality: An international perspective. *Educational researcher*, 44(7), 371–386. doi: 10.3102/0013189X15603982
- Schmidt, W. H., Guo, S., & Houang, R. T. (2021). The role of opportunity to learn in ethnic inequality in mathematics. *Journal of Curriculum Studies*, 53(5), 579–600. doi: 10.1080/00220272.2020.1863475
- Sikora, J., & Pokropek, A. (2012). Gender segregation of adolescent science career plans in 50 countries. *Science education*, 96(2), 234–264. doi: 10.1002/sce.20479
- Sirin, S. R. (2005). Socioeconomic status and academic achievement: A meta-analytic review of research. *Review of Educational Research*, 75(3), 417–453. doi: 10.3102/00346543075003417
- Steinhardt, I., Schneijderberg, C., Götze, N., Baumann, J., & Krücken, G. (2017). Mapping the quality assurance of teaching and learning in higher education: The emergence of a specialty? *Higher Education*, 74(2), 221–237. doi: 10.1007/s10734-016-0045-5
- Stoet, G., & Geary, D. C. (2013). Sex Differences in mathematics and reading achievement are inversely related: Within- and across-nation assessment of 10 years of PISA data. *PLoS ONE*, 8(3), e57988. doi: 10.1371/journal.pone.0057988
- Stoet, G., & Geary, D. C. (2015). Sex differences in academic achievement are not related to political, economic, or social equality. *Intelligence*, 48, 137–151. doi: 10.1016/j.intell.2014.11.006

- Stoet, G., Bailey, D. H., Moore, A. M., & Geary, D. C. (2016). Countries with higher levels of gender equality show larger national sex differences in mathematics anxiety and relatively lower parental mathematics valuation for girls. *PLoS ONE*, *11*(4), e0153857. doi: 10.1371/journal.pone.0153857
- Tan, C. Y. (2017). Do parental attitudes toward and expectations for their children's education and future jobs matter for their children's school achievement? *British Educational Research Journal*, *43*(6), 1111–1130. doi: 10.1002/berj.3303
- Tan, C. Y., & Hew, K. F. (2019). The impact of digital divides on student mathematics achievement in Confucian heritage cultures: A critical examination using PISA 2012 data. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *17*(6), 1213–1232. doi: 10.1007/s10763-018-9917-8
- Teng, Y. (2020). The relationship between school climate and students' mathematics achievement gaps in Shanghai China: Evidence from PISA 2012. *Asia Pacific Journal of Education*, *40*(3), 356–372. doi: 10.1080/02188791.2019.1682516
- Wang, P., Zhu, F., Song, H., & Hou, J. (2018). A bibliometric retrospective of the Journal Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education between 2012 and 2017. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *14*(3), 765–775. doi: 10.12973/ejmste/80911
- White, H. D., & McCain, K. W. (1998). Visualizing a discipline: An author co-citation analysis of information science, 1972–1995. *Journal of the American Society for Information Science*, *49*(4), 327–355. doi: 10.1002/(SICI)1097-4571(19980401)49:4<327::AID-ASI4>3.0.CO;2-4
- Wigfield, A., Battle, A., Keller, L. B., & Eccles, J. S. (2002). Sex differences in motivation, self-concept, career aspiration, and career choice: Implications for cognitive development. In A. McGillicuddy-De Lisi & R. De Lisi (Eds.), *Biology, society, and behavior: The development of sex differences in cognition* (pp. 93–124). Westport, CT: Ablex Publishing.
- Wu, X., Wu, R., Chang, H.-H., Kong, Q., & Zhang, Y. (2020). International Comparative Study on PISA Mathematics Achievement Test Based on Cognitive Diagnostic Models. *Frontiers in Psychology*, *11*, 2230. doi: 10.3389/fpsyg.2020.02230
- Wu, Y. J., Carstensen, C. H., & Lee, J. (2020). A new perspective on memorization practices among East Asian students based on PISA 2012. *Educational Psychology*, *40*(5), 643–662. doi: 10.1080/01443410.2019.1648766
- Xie, C., & Ma, Y. (2019). The mediating role of cultural capital in the relationship between socioeconomic status and student achievement in 14 economies. *British Educational Research Journal*, *45*(4), 838–855. doi: 10.1002/berj.3528
- Yang, K. L., & Lin, F. L. (2015). The effects of PISA in Taiwan: Contemporary assessment reform. In K. Stacey, & R. Turner (Eds.), *Assessing mathematical literacy* (pp. 261–273). Cham, Switzerland: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-10121-7_14
- You, S., Kim, E. K., Lim, S. A., & Dang, M. (2021). Student and teacher characteristics on student math achievement. *Journal of Pacific Rim Psychology*, *15*. doi: 10.1177/1834490921991428
- Zancanaro, A., Todesco, J. L., & Ramos, F. (2015). A bibliometric mapping of open educational resources. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, *16*(1), 1–23. doi: 10.19173/irrodl.v16i1.1960
- Zeng, R., & Chini, A. (2017). A review of research on embodied energy of buildings using bibliometric analysis. *Energy and Buildings*, *155*, 172–184. doi: 10.1016/j.enbuild.2017.09.025

- Zhao, J.-G. (2014). Combination of multiple databases is necessary for a valid systematic review. *International Orthopaedics*, 38(12), 2639–2639. doi: 10.1007/s00264-014-2556-y
- Zhu, S., & Meyer, P. (2022). A comparative study of mathematics self-beliefs between students in Shanghai-China and the USA. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 31(1), 81–91. doi: 10.1007/s40299-020-00540-y
- Zhu, Y., Kaiser, G., & Cai, J. (2018). Gender equity in mathematical achievement: The case of China. *Educational Studies in Mathematics*, 99(3), 245–260. doi: 10.1007/s10649-018-9846-z
- Zohar, A., & Barzilai, S. (2013). A review of research on metacognition in science education: Current and future directions. *Studies in Science Education*, 49(2), 121–169. doi: 10.1080/03057267.2013.847261

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。
doi: 10.6278/tjme.202210_9(2).002

以 PISA 2012 探究臺灣學生性情經歷因素對數學焦慮之 影響

林郁婷¹ 龔心怡²

¹ 國家教育研究院課程及教學研究中心

² 國立彰化師範大學教育研究所

本研究以 Cemen（1987）所提出的數學焦慮反應模式為理論基礎，探討臺灣學生的性情經歷因素對數學焦慮之預測，以 PISA 2012 填答 B 式問卷之 2,011 位臺灣學生為研究樣本，依據相關理論及文獻建構性情經歷因素之高階模式，及性情經歷因素對數學焦慮的結構模式。藉由結構方程模式分析後，整體模式所獲得的適配度指標顯示模式可被接受，獲致的結果如下，第一，性情經歷因素之高階因素成立，可由「數學自信」、「數學態度」、「成就歸因」三個二階分構念代表，其中「數學態度」又由五個一階次構念所組成；第二，臺灣學生性情經歷因素與數學焦慮之結構模式成立，學生的性情經歷因素對數學焦慮具有顯著且負向的直接預測。本研究最後根據研究結果提出建議，供教師與學生及後續研究之參考。

關鍵字：性情經歷因素、國際學生能力評量計畫 2012、數學焦慮

通訊作者：龔心怡，e-mail：hykung@cc.ncue.edu.tw

收稿：2022 年 8 月 1 日；

接受刊登：2022 年 10 月 17 日。

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.

doi: 10.6278/tjme.202210_9(2).002

Using PISA 2012 to Explore the Effects of Dispositional Antecedents on Taiwanese Students' Mathematics Anxiety

Yu-Ting Lin¹ Hsin-Yi Kung²

¹ Research Center for Curriculum and Instruction, National Academy for Educational Research

² Graduate Institute of Education, National Changhua University of Education

Based on the mathematical anxiety response model proposed by Cemen (1987), this study explored the effects of dispositional antecedents on Taiwanese students' mathematics anxiety. The study participants were 2,011 Taiwanese students who completed the student questionnaire form B in the Program for International Student Assessment (PISA) 2012 dataset. A higher-order model of the dispositional antecedents and a structural model of the dispositional antecedents on students' mathematics anxiety were constructed. Utilizing the structural equation modeling, the results indicated as follows. First, the higher-order model of dispositional antecedents can be represented by the three second-order sub-factors of "mathematical confidence," "mathematical attitude," and "achievement attribution," with "mathematical attitude" composed of five first-order sub-factors. Second, the structural model of Taiwanese students' dispositional antecedents and mathematical anxiety had a reasonable fit. Students' dispositional antecedents had significant and negative direct effects on mathematical anxiety. Further, the implications of these findings were discussed and recommendations were made for teachers, students, and future researchers.

Keyword: dispositional antecedents, PISA 2012, mathematics anxiety

Corresponding author : Hsin-Yi Kung , e-mail : hykung@cc.ncue.edu.tw

Received : 1 August 2022;

Accepted : 17 October 2022.

壹、緒論

一、研究動機

隨著現代化的腳步持續前進，當一個國家的科學與科技對人民日常生活有所影響時，數學教育對整個教育的重要性也與日俱增，由於數學是科學發展的基礎，往往在許多科學或工程上的問題，需要仰賴於數學的推理邏輯來解決，世界各國政府也漸漸地更加注重中小學數學教育的紮根工作，如何提升中小學學生數學推理及數學解題的能力，是各國目前數學教育的重要目標（周玉秀，2006；Rech, Hartzell, & Stephens, 1993）。就臺灣而言，教育部（2018）在十二年國民基本教育數學領域課程綱要的基本理念中指出，數學是一種語言、一種善於處理規律的科學，也是一種人文素養，為落實十二年國民基本教育課程的理念，以「核心素養」做為課程發展之主軸，強調學習不宜以學科知識及技能為限，而應關注學習與生活的結合，透過實踐力行而彰顯學習者的全人發展，因此數學學科不應只著重於知識層面，而應落實於日常生活中，此種素養導向也是數學教育所應強調的方向。近年來備受重視，且影響著世界各國教育走向的成就測驗為國際學生能力評量計畫（Programme for International Student Assessment, PISA），是由經濟合作暨發展組織每三年舉辦一次的全球性學生評量，對象為 15 歲的學生，以閱讀、數學和科學三個主要學科進行跨國研究，PISA 旨在了解學生面對變動快速之社會的能力，即所謂真實生活的素養（real-life literacy），具體內涵即閱讀素養、數學素養和科學素養（臺灣 PISA 國家教育研究中心，2015）；顯見 PISA 所關注的面向與臺灣目前十二年國教課程綱要之理念不謀而合。

在最近一期的 PISA 2018 調查研究中顯示參與國家整體女生的害怕失敗指數平均值為 0.19、男生為 0.21，而臺灣女生害怕失敗指數高達 0.80，男生高達 0.54，相較之下，可以看出臺灣此項指數高於整體平均值甚多；報告也顯示學生認為害怕失敗可歸咎於個人特質上，像是認為自己不夠聰明、欠缺自信等原因所導致，久而久之就會容易感到畏懼失敗，進而感到擔心、害怕或懷疑（Organisation for Economic Cooperation and Development [OECD], 2019）。此種畏懼、擔心、害怕、緊張等心理與生理的反應，就是一種焦慮反應，由於 PISA 每一次的評量都會著重在其中一個領域，而以 PISA 測量的三個評量內容來看，學生面臨作業、難題或學業成績所反映的焦慮，以數學科最受到關注（D'Agostino, Schirripa Spagnolo, & Salvati, 2022; Rada & Lucietto, 2022; Yuan, Tan, & Ye, 2022），上述文獻皆以 PISA 資料庫探究學生的數學焦慮（mathematics anxiety）及各國數學教育問題，數學焦慮與數學成就間之關係，及影響數學焦慮之可能因素，因此本研究將聚焦於數學領域，且以最近一次測量數學評量內容的 PISA 2012 資料庫來探究數學焦慮的相關因素。

回顧過去的研究，發現對大部分的學生來說，數學是一門令他們感到挫敗的科目，甚至常常在學習數學時，感受到困惑、無助、緊張、坐立不安等數學焦慮反應的情緒。一項由 Namkung、Peng 與 Lin（2019）以多國多地區所進行的後設分析指出，學習數學中的情感因素與數學表現不佳具有顯著相關，亦即學習情緒在個體學習數學的過程中佔有相當重要的地位，故探究引發個體負向學習情緒的因素被視為重要課題。在這些負向情緒中，焦慮是一種在學習時所展現的

最典型情緒，Zan、Brown、Evans 與 Hannula (2006) 指出對數學情意變項的關注最早可追溯至 1960 與 1970 年代，當時數學教育關注的情意變項就是聚焦在數學焦慮。所謂的數學焦慮，就是個體在數學學習時為了解決數學問題，所存在的一種緊張與焦慮情緒，其對個體學習數學的意願程度有很重大的影響 (Ahmed, Minnaert, Kuyper, & Van der Werf, 2012; Dowker, Sarkar, & Looi, 2016; Hembree, 1990; McLeod, 1992)。McLeod (1992) 曾經以個人的情感經歷來探討數學焦慮，提出數學焦慮很難由旁觀者觀察得知，可視為個人的主觀感受，是一種個人對數學產生抗拒，只要一接觸數學此學科就會產生恐懼、無助、混亂或緊張不安等現象，總是認為怎麼學都學不好的感覺，這可能比起其他任何領域中的任何情感受到更多研究者的關注。Zan 等人與 McLeod 對數學焦慮的界定是從心理層次的角度來論述，另有一些研究則加入生理反應的觀點來界定數學焦慮，例如：Fennema 與 Sherman (1976) 將數學焦慮定義為在完成數學任務時對身體徵狀的感受；涂金堂 (1995) 也指出數學焦慮是指個人在學習或接觸數學時，所引起關於身體生理與心理兩方面，緊張、憂慮的一種情緒狀態。可見數學焦慮不但屬於個人心理情緒困擾的一種，針對學生在解決數學問題時所引發的生理反應也值得關注。

而哪些成因可能造成個體產生數學焦慮？PISA 報告指出學生之所以會感到擔心、害怕或焦慮，可能導因於個人特質，諸如自己缺乏自信、態度消極等 (OECD, 2019)。過去不乏許多探究個人因素與數學焦慮的關係之研究，Hembree (1990) 進行了一個包含 151 個與數學焦慮研究有關的後設分析，獲致頗為一致性的結論：數學的負向態度與數學焦慮有極大的關連，研究發現高數學焦慮的人也具有消極的數學態度，並對他們的數學能力持有負向的自我認知，數學焦慮與數學動機、自信心等變數之間為負向相關，相關係數介於 -0.47 和 -0.82 之間。Dowker 等人 (2016) 也分析過去 60 年對數學焦慮的研究，研究發現態度與數學焦慮有負向的相關性，其中態度包括了對數學的自信、喜好度、自我概念、自我效能、解題經驗、對數學的歸因等。較為可惜的是這些研究大多只從較為個別的因素來探討學生的數學焦慮，例如僅探究自信與數學焦慮之相關，或僅探究自我效能與數學焦慮之相關；然而，若單獨以任一因素來探討其對學生數學焦慮之預測力，一方面針對個人特質的概念不盡完整，也無法得知哪些因素較為重要；另一方面這些因素除了可能有個別的效果之外，之間或許還有層次性的關係也不可忽略。

有鑑於此，以一個較為完整的理論基礎來探討影響數學焦慮的因素就有其必要性，不但能充分考量不同變項對數學焦慮之影響，也能進一步探究變項之間的層次關係，而 Cemen (1987) 所提出的數學焦慮反應模式正符合這樣的理論依據，原因敘明如下。首先，Cemen 的模式包含多個因素，除了能探究情境經歷因素、環境經歷因素、性情經歷因素、數學焦慮及應付策略間之關係，亦可以序列出符合理論的多個不同結構模式，在模式的建構上有其彈性；以本研究而言，乃是聚焦在 PISA 資料庫中最受到關注的個人內在因素，例如：自信、態度等因素，亦即本研究所指稱的「性情經歷因素 (dispositional antecedents)」對數學焦慮之影響。第二，該模式提到能以個體的性情經歷因素來預測數學焦慮，所謂的性情經歷因素就是廣泛地將與個人相關的因素帶入所處的處境或經歷中，屬於內部因素；也類似於 Pekrun (2000) 提出的「控制—價值理論」之概念，由於控制和價值評估會影響個體的學習情緒，更進一步而言，控制評估包含個體對所學學科信心的評估、成就歸因、信念與態度等，此種觀點也與 Cemen 模式相呼應。第三，

儘管 Cemen 的數學焦慮反應模式距今已有一段時間，但先後被國內外不同研究者廣泛應用在不同對象與場域之數學焦慮的探討，例如：Rothenberg 與 Harrington II (1994) 及涂金堂 (1995) 之研究，前者應用該模式來探討成人學習者的數學焦慮與成就之關係，後者聚焦在國小學生後設認知、數學焦慮與數學解題表現之關係，顯見其理論之應用性高。基此，顯見以 Cemen 之理論來探討數學焦慮之議題有其價值性，故本研究擬運用 Cemen 所提出的數學焦慮反應模式，並參酌涂金堂 (1995) 針對該模式各個變項之中文譯名，探究個體的性情經歷因素與數學焦慮之關係。檢視過去探討對數學焦慮成因的相關研究，利用這樣的路徑設計之研究可說是付之闕如，因此以數學焦慮反應模式與控制價值理論之觀點來檢驗數學焦慮及其成因，應是值得研究的方向，也較能全面地一窺影響數學焦慮因素之全貌。

綜合上述，透過 PISA 的大型資料庫之資料來進行相關議題研究，不但對國內的教育問題可以更深入探究，還有詳細的針對學生學習情意等多元變項的調查，能藉此對學生學習狀況有更完整的掌握。PISA 2012 成就測驗以數學為主測，根據研究報告書中指出臺灣學生在數學領域上個別差異很大，不論數學成績好壞，多數學生都對數學學科感到焦慮，也就是說低成就學生和高成就學生都會感受到焦慮的情緒 (OECD, 2014)，因此引發本研究欲探究為什麼學生在學習過程中普遍感到焦慮的狀況，而又能從哪些因素去預測數學焦慮。由於國內以全國為對象樣本之大型資料庫研究實不多見，因此若能以 PISA 此種大型資料庫再次探討個體的性情經歷因素對數學焦慮的預測力，應具有其研究之價值，也與本研究之目的不謀而合。基此，本研究擬運用 PISA 2012 資料庫深入了解學生情意等變項對數學焦慮之探討，期望藉由本研究之發現，能擴充數學教育議題的新視野，提供作為數學教育發展之參考。

二、研究目的

本研究旨在以 PISA 2012 資料庫探討臺灣學生性情經歷因素之高階模式建構，及性情經歷因素對學生數學焦慮之預測力，期望藉此研究結果提出具體建議，作為數學教育之參考。本研究之研究目的如下：

- (一) 驗證臺灣學生性情經歷因素之高階模式。
- (二) 建構臺灣學生性情經歷因素與數學焦慮反應之模式，亦即檢驗性情經歷因素對數學焦慮之預測效果。

貳、文獻探討與假設推導

一、數學焦慮之定義與數學焦慮反應模式

(一) 數學焦慮之定義

焦慮常被使用來描述一個不愉快的情緒狀態，使個體主觀的形成緊張、擔心、憂慮、焦急不安、恐懼和害怕等心理狀態，此種焦慮若被激發，可能會造成個體經驗上感受到由外界帶來的威脅和壓力，甚至對個體的學習產生不利的影響 (Reyes, 1984)。而數學焦慮最早的實證研究係 Dreger 與 Aiken (1957) 所提出的「數字焦慮」(number anxiety) 概念，他們認為數字焦慮是個體運算算術與數學時產生的一種情緒反應的症狀，包括：不安症狀，如思維混亂、緊張等，不同於一般的焦慮，數字與個人智商無關，但與數學學業呈負相關。Richardson 與 Suinn (1972) 延續 Dreger 與 Aiken 的觀點，提出「數學焦慮」的概念，將數學焦慮界定為日常生活或學習情境中，運用數字處理與數學概念有關的數學問題時所產生的焦慮與緊張狀態，進而影響學習數學的意願。Fennema 和 Sherman (1976) 也認為數學焦慮是指在運算數學時，所產生焦慮、害怕及緊張等身體症狀的情緒反應，因而阻礙個體學習數學。因此在數學焦慮的情況下，數學壓力源會使自主神經系統被激發，並且經常伴隨著逃避完成數學任務 (MacLeod & Mathews, 2012)。

綜合上述，本研究定義數學焦慮為一種不愉快的情緒狀態，指個體在學習或接觸數學時，很自然所引起身心方面產生緊張或害怕不安的感覺，在數學焦慮的情況下經常伴隨著逃避完成數學任務，且這些對數學消極的認知偏見，會使個體在學習數學上難以專注，而表現出緊張、茫然困惑或坐立不安的生理反應。

(二) 數學焦慮反應模式

Spielberger (1972) 將焦慮的性質分成「情境性焦慮」(state anxiety, A-state) 和「特質性焦慮」(trait anxiety, A-trait) 兩種類型。情境性焦慮是指個體在特定的時間和情境中，感到具有潛在的危害或威脅時，會喚醒令人不愉快的情緒且產生焦慮狀態，為一種暫時性的焦慮；但特質性焦慮是指焦慮為個體本身的人格特質之一，不會因時間和情境的改變而產生焦慮，是一種相對穩定的人格特質，為個體評估情境下焦慮反應的傾向。Cemen (1987) 根據 Spielberger (1972) 的焦慮理論提出一套數學焦慮反應模式，模式主要分為五大部分：情境經歷因素、環境經歷因素、性情經歷因素、數學焦慮及應付策略。情境經歷因素係指圍繞在數學焦慮周遭且最直接的預測因素，意即學生在數學學科的課堂學習環境，主要來自於教師的教學策略及班級經營等因素；環境經歷因素係指影響個體的先備觀念、態度和經驗，係指學生於日常生活中，其學習焦慮受家庭父母親價值觀與教育成就期望之影響；性情經歷因素定義為個體將個人相關因素帶入處境或經歷中之內部因素，係指個體在數學學習環境下，或數學領域的學習過程對於自己看法、感受及自我能力的判斷。由於本研究主要聚焦在個體的性情經歷因素對數學焦慮之影響，故以下聚焦於性情經歷因素之論述。

二、數學焦慮反應模式之性情經歷因素

Cemen (1987) 在其數學焦慮反應模式中，定義性情經歷因素為個體在某特定環境或領域下學習的過程中，對於自己看法、感受及自我能力的判斷，或具有多少信心可以解決問題，因而提出缺乏自信(lack of confidence)、對數學學習的態度(attitude)、先前逃避經驗(prior avoidance)、自我懷疑(self-doubt)等內涵。此外，Reyes (1984) 於數學領域研究中也曾經提及探究個體對數學的情感因素(affective variables)，亦即類似於 Cemen 的性情經歷因素，主要是以學習數學的信心程度、數學成就歸因及數學使用性的認知為主。換言之，若個體具有正向的性情經歷因素，就是對數學學習較有信心，對數學學習的看法較為正向，對數學學習愈積極、有興趣，認為數學表現可以藉由自己控制與努力來達成，因此不太會擔心數學拿不到好成績、遇到困難的數學問題不會感到無助等，這些正向的性情經歷因素都能有效降低數學焦慮；相對地，當個體對於學習數學具有負向的性情經歷因素，會對數學學習缺乏自信、有負向態度、沒有興趣、逃避學習、歸因於自己數學能力不足、屬於不可控的原因等，隨之焦慮狀態就會因此產生。

本研究以 PISA 2012 資料庫為變項來源，考量資料庫所提供的變項，對照資料庫變項與 Cemen 理論模式所提出之內涵，首先將性情經歷因素聚焦在 PISA 資料庫與數學自信相關的變項，該變項對應到 Cemen 模式的缺乏自信，但本研究以資料庫中正向表述的「數學自信」為主。其次，聚焦於 PISA 資料庫有關數學態度的意義及性質之變項，該變項對應到 Cemen 模式對數學學習的態度，本研究以資料庫中廣泛對數學的態度為主，包括：「對數學的看法」、「學習數學課程經驗」、「數學學習練習經驗」、「數學解題經驗」等。最後，聚焦在 PISA 資料庫有關對數學學習成功或失敗的知覺和歸因過程，該變項對應到 Cemen 模式的先前逃避經驗與自我懷疑之集合，由於 Weiner (1974) 的歸因理論提出歸因來源主要包括內在與外在，故與個人過去的數學學習歸因經驗有關，可能會因為先前不愉快的學習導致逃避或自我懷疑，故本研究以資料庫中與「成就歸因」相關的變項為主。由於上述 Cemen 理論模式與 PISA 資料庫題項之對照為本研究根據相關文獻探討而得，故先將「數學自信」、「數學態度」、「成就歸因」內涵之評析於文獻探討中呈現，進一步說明如下；而對 Cemen 理論模式與 PISA 資料庫選取題項之信效度分析則於研究工具與結果中呈現，以驗證由文獻推導出之此三個構念之構念效度。

(一) 與數學自信相關的個人因素

Cemen (1987) 在性情經歷因素中提出的一個內涵即為缺乏自信，相對來說，就是個人對於數學的自信程度。這個概念也與 Pekrun (2000) 提出的「控制—價值理論」指出控制和價值評估能預測個人的情緒，其控制評估的項目可能包含自我信念、自我價值與自我概念等因素類似，針對這些自信相關因素，廣泛地可以歸納為個人是依據這些自信相關因素，進而評估個人在某特定領域可以解決挑戰的信心程度，亦屬於自我控制評估的一環。而 Feltz (1988) 提出的自信，定義為個體執行任務的信念是來自特殊情境或環境因素中，輔以 Pekrun (2006) 研究指出「行動—控制預期」，個體對於特定任務可以被執行或完成的期望會對學習情緒產生影響。綜合上述

的論點，本研究認為個體在執行數學相關任務時，會因為個人的信念想追求較好的數學表現，從自信相關的因素影響學習情緒的產生，這些學習情緒可能包含自豪、喜悅或喜歡等正向的情緒，也可能是焦慮、厭煩或討厭等負向的情緒。

承上，若欲探究數學的學習情緒，有必要去探究個人對學習數學的信心或數學自我概念、自我效能等，與個人如何去判定自我學習數學的能力，或如何在數學上表現良好以及在數學考試中表現出色的信心有關；其中自信是最重要預測情緒變項的因素之一，有自信的學生比缺乏自信的學生傾向於學習更多，對於追求數學知識感到興趣，相對於缺乏自信的學生，可能就更頻繁地選擇逃避有關數學的任務 (Reyes, 1984)。綜上所述，本研究提出與數學自信相關的因素為性情經歷因素的分構面之一，對照 PISA 資料庫中的題項，選取以學習數學的信心程度「數學自信」為其分構面題項，有待進一步探討是否能以自我對數學學習的信心為性情經歷因素的低階因子，並能預測數學焦慮。

(二) 數學態度的意義及性質

Cemen (1987) 在性情經歷因素中提出的另一個內涵即為數學態度。所謂的態度係指個人對於某一特定人、事或物的看法，可能是經由學習或模仿他人的行為表現而改變自我認知的一種內在狀態，是經由認知、情感及行為三部分所構成 (Branscombe & Baron, 2017)；因此數學態度可說是個人對數學所保持的一種看法，並表現在學習的行為上 (Dowker et al., 2016; Reyes, 1984)。Dew 與 Galassi (1983) 提出數學焦慮的產生與個人的認知與看法有著密切的關係，個人若對數學有較正向的看法和較佳的自我認知，其數學焦慮就較低，反之則數學焦慮就較高。基於上述態度的三部分之觀點視之：認知部分指的是個人基於本身的知識和觀念，對於學習數學持有的信念；情感部分指的是個人對所接觸學習數學，產生一種愛恨好惡的主觀感覺；行為部分指的是個人根據本身的信念或感覺而產生採取的行為，例如逃避數學課堂參與或完成作業。

許多研究都指出數學態度與數學焦慮呈負相關 (Bursal & Paznokas, 2006; Gresham, 2004; Hembree, 1990; Pekrun, 2000, 2006)，換言之，這些個人態度的改變因素可能與認知、情感、行為層面的學習介入有著密切的關係，例如：以認知層面而言包括對數學的看法、對學習數學課程的經驗；以情意層面而言包括對數學學習的感受；以行為層面而言包括過去數學學習練習經驗與數學解題經驗等，因此在許多研究中都支持數學焦慮是個人在學習數學中因外在因素所遇到的負面情緒，使個體自身感知到威脅，導致個人對學習數學形成消極的態度。綜上所論，本研究認為在個人學習過程中的數學態度，對於學習數學的課程或內容，逐漸形成自我對數學的看法、喜歡或厭惡的程度，會進而表現在學習數學上或解題歷程上的焦慮情緒。故本研究提出數學態度因素為性情經歷因素的分構面之一，對照 PISA 資料庫中的題項，選取「對數學的看法」、「學習數學課程」、「學校數學練習」、「數學解題經驗 I」、「數學解題經驗 II」為其分構面題項，進一步探討是否能將數學態度視為性情經歷因素的低階因子，並能預測數學焦慮。

(三) 成就歸因之因素

Cemen (1987) 在性情經歷因素中提出的其他內涵包括先前逃避經驗與自我懷疑；本研究同時輔以 Pekrun (2000)「控制—價值理論」觀點，將重點放在探討數學焦慮與數學成就歸因之關係，綜合而言，就是個人基於過去學習經驗用來解釋學習數學成功或失敗的內外成就歸因之因素。在數學教育與歸因有關的研究中，大多使用 Weiner (1974) 所提出自我歸因理論 (Attribution Theory) 解釋個體自身在學習數學的立場上成功和失敗的歸因，其預測歸因來源主要包括內在與外在，內在包括個人的能力、努力與情緒；外在包括個人以外的因素，例如：難度、運氣、他人幫助等，這種將個體學習的成功和失敗的成就歸因於內外的方式，亦屬於個人的性情經歷因素之一。學生可能將學習數學的成就表現歸因於自己對數學是擅長或是不擅長、喜歡還是不喜歡，或是數學太難而學不會，就因此逃避數學或懷疑自己的能力，因而產生數學焦慮；可知主要解釋數學焦慮與數學成就表現之間的關係，是成功或失敗的成就歸因結果，來自個人對於成就表現所評估的自我認知能力，受到自我的憂慮情緒或負面態度所干擾 (Eysenck & Calvo, 1992)。譚寧君 (1992) 的研究結果也指出數學成就較低者，個人會認為數學不是自己擅長的，或是歸因於數學概念太難，教師沒有解釋清楚數學概念以及數學考試的運氣問題等，因此經常選擇逃避或放棄數學。換言之，成就歸因是個體本身對數學的消極態度、懷疑自身的數學能力不足、對學習數學不感興趣、逃避數學學習等，因而使個體在數學成就上存在一個比較不理想的狀態，很可能會導致在學習數學過程中產生數學焦慮。綜合上述，本研究認為成就歸因因素為性情經歷因素的分構面之一，對照 PISA 資料庫中的題項，選取對成功與失敗結果原因的知覺之「成就歸因」為其分構面題項，有待進一步探討是否能將成就歸因視為性情經歷因素的低階因子，並能預測數學焦慮。

(四) 性情經歷因素之高階因素

由上述研究可知許多研究都以單一因素來探討其與學生數學焦慮之相關性，大多數研究都沒有區分不同因素之間的區別，這樣的作法僅能了解這些因素的個別效果，對個別特質的概念涵蓋地未臻完整，也無法得知彼此之間層次性的關係，很可能某些因子會比其他因子引發更多的數學焦慮，實有待進一步的探究。因此本研究假設性情經歷因素為一個高階因素，其下存有不同的次階因素，包括「數學自信」、「數學態度」、「成就歸因」等，據此，本研究建立第一個假設如下：

假設一：性情經歷因素為高階模式，其下包括「數學自信」、「數學態度」、「成就歸因」等次階因素。

三、數學焦慮反應模式之性情經歷因素對數學焦慮之預測力

關於學習數學困難的學生，常常因為長期的數學失敗，造成對於數學的排斥、逃避和焦慮，使得學習數學的意願降低，因此影響數學學習成就的表現，如此惡性循環的結果，更加深他們

對於數學的焦慮與不安，進而使許多研究者從個體自身之因素探討引發數學焦慮的可能原因；這樣的觀點就是 Cemen (1987) 的數學焦慮反應模式中的「性情經歷因素」對數學焦慮之預測，也類似於 Pekrun (2000) 提出的「控制—價值理論」中控制和價值評估會影響個體的學習情緒的概念。進一步而言，Cemen 所提的性情經歷因素是指個體在某特定的學習領域中，對於自己看法、感受及自我能力的判斷；Byrd (1982) 認為數學焦慮的產生有可能是自身壓力的來源，導致個體在特定的學習領域下感知到威脅而反應出情緒；Reyes (1984) 延續 Byrd 的觀點，探究個體的性情經歷因素與學習數學之關聯，主要以學習數學的信心程度、數學成就歸因及數學使用性的認知，說明個體若對學習數學有較負向的看法，隨之焦慮狀態就可能因此產生。綜合上述，本研究認為應可建構出學生性情經歷因素與數學焦慮之模式，亦即檢驗性情經歷因素對數學焦慮之負向預測效果，據此，本研究建立第二個假設如下：

假設二：性情經歷因素會負向預測數學焦慮。

參、研究方法

一、研究假設與變項關係

本研究理論架構主要以 Cemen (1987) 所提出的數學焦慮反應模式為主，Pekrun (2000) 提出的控制—價值理論為輔，來作為理論基礎，並結合相關實證研究，建構出性情經歷因素與數學焦慮之模式，提出以下研究架構關係，如圖 1 所示。

本研究首先檢驗性情經歷因素是否可能具有高階因素的假設模型存在，因此，依循 PISA 2012 測驗內涵和 Cemen (1987) 數學焦慮反應模式理論，將「性情經歷因素」分為三階，最高階潛在變項為「性情經歷因素」，以符號 D 表示；第二階潛在變項為「數學自信」、「數學態度」、「成就歸因」，分別以符號 D1、D2、D3 表示；第一階潛在變項的部分，包括「對數學的看法」、「學習數學課程」、「學校數學練習」、「數學解題經驗 I」和「數學解題經驗 II」五個在「數學態度」之下之次構念，以 D21、D22、D23、D24、D25 表示。接續，本研究假定潛在變項「性情經歷因素」會直接預測「數學焦慮」，其中「數學焦慮」包括五個題項。

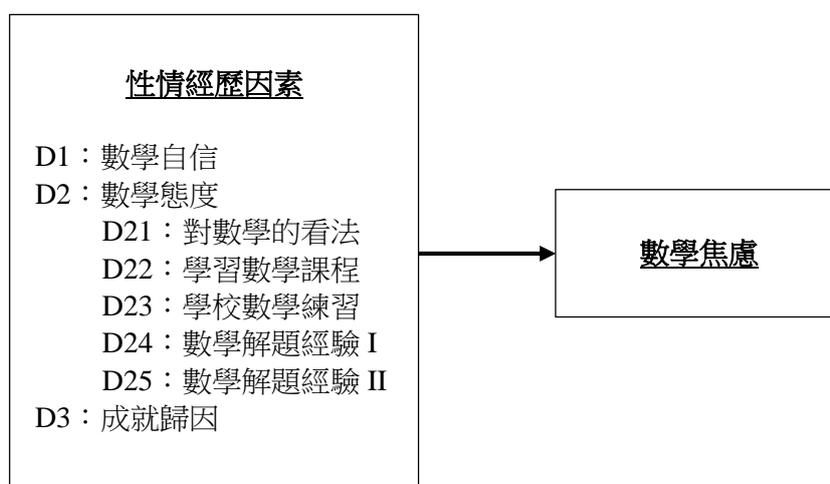


圖 1 研究架構

二、研究對象

本研究取自 PISA 2012 資料庫的臺灣資料，抽樣母群體定義為出生日介於 1996 年 1 月 1 日至 12 月 31 日的 15 歲青少年，總計 326,589 名，分屬於 163 所學校，並採分層隨機抽樣。在受測樣本方面，分為學生問卷 A 式、B 式及 C 式進行測驗，共抽取 6,046 位。考量學生問卷 A 式和 C 式未涵蓋本研究挑選題項內涵，無法測量本研究之變項，因此採用 2012 年學生問卷 B 式資料，共計 2,011 位臺灣學生進行分析。

三、研究工具與變項內涵

本研究以 Cemen (1987) 數學焦慮反應模式為理論基礎，將性情經歷因素及數學焦慮作為本研究的潛在變項，題項內涵考量 PISA 資料庫的分類，茲將挑選各題項內容簡述如下，所對應的代碼、構念、題號及原始題目請見附錄 1。

(一) 性情經歷因素之測量

1. 數學自信

自信為個體成功學習數學的信念程度，本研究挑選 ST37 以學習數學的信心程度作為測量題項，請受試者填答「在做下列數學作業時，你有多少信心可以解題？」包括：「使用火車時刻表來計算從一地到另一地要多久時間」、「計算一台電視機在打了七折後是多少錢」、「計算鋪滿一塊地板需要有多少平方公尺的瓷磚」、「理解報紙上的圖表意義」、「解方程式，如 $3x + 5 = 17$ 」、「在比例為 1 : 10000 的地圖上計算兩地間正確的距離」、「解方程式，如 $2(x + 3) = (x + 3)(x - 3)$ 」及「計算一輛汽車的汽油消耗率」，共計 8 題。量表採 Likert 四點量表，「1」表示「非常有信心」、「4」表示「完全沒信心」，ST37 之 8 題皆為反向計分，反向計分後，不論是單題或總分數，

當所得分數越高者，代表學生對解出這些题目的自信心愈高，表示愈有自信。經驗性因素分析後得出， $\chi^2(19, n=8)=333.62, p<.05$ ，達到顯著水準，但因樣本數大，因此檢視其他替代性適配度指標，如 $GFI=.96$ 、 $TLI=.95$ 及 $CFI=.97$ 等適配指標皆大於 .90 以上之標準， $SRMR$ 為 .03、 $RMSEA$ 為 .080 及 $CN=219$ ，亦符合標準。內部一致性係數 $Cronbach's \alpha=.91$ ，表示信度優良。以上資料顯示數學自信模式與觀察資料的整體適配度達到理想標準。

2. 數學態度

態度是個人對於某一特定個體、群體、情境、事物或無形的觀念，表現其喜歡或不喜歡的核心思想；Reyes (1984) 認為數學態度是個人對數學所保持的一種看法，並表現在學習的行為上。依據上述定義，本研究選取 ST29、ST43、ST46、ST93 及 ST94 等五大題作為次構念的依據，分別對應「對數學的看法」8 題（例題為：我樂於閱讀數學類讀物、我期待上數學課等）、「學習數學課程」4 題（例題為：我是否能學好數學完全決定於我自己等）、「學校數學練習」9 題（例題為：我會按時完成數學作業、我會對於數學考試有所準備等），及在解題方面上的「數學解題經驗 I」3 題（例題為：對於我開始做的作業，我一直保有興趣等），和在學習數學方面上的「數學解題經驗 II」5 題（例題為：我可以處理許多的資訊等），共計 29 題。其中數學解題經驗 I 以數學作業方面的解題經驗為主，數學解題經驗 II 則以較為廣泛性的數學學習問題之解決方式為主。

題目 ST29、ST43 及 ST46，採 Likert 四點量表，請受試者填答同意程度，「1」表示「非常同意」、「4」表示「非常不同意」，除了 ST43Q06 之外的所有題項，皆予以反向計分，反向計分後，不論是單題或總分分數，在 ST29 得分愈高者，代表學生對數學的看法愈正向，包括：樂於學習數學、對數學感興趣等；在 ST43 得分愈高者，代表學生對數學課程的學習愈積極；在 ST46 得分愈高者，代表學生對學校有關數學作業、考試等練習的態度愈認真、愈有所準備。另外，ST93 和 ST94 則採 Likert 五點量表，請受試者填答「下列敘述與你相像的程度為何？」，「1」表示「非常像我」、「5」表示「完全不像我」，皆反向計分，反向計分後，不論是單題或各分構面總分分數，分數愈高表示學生對數學解題一直能保有興趣、亦能很快地理解數學相關資訊與解決複雜問題。

經驗性因素分析後得出， $\chi^2(362, n=29)=2946.77, p<.05$ ，達到顯著水準，但因樣本數大，因此檢視其他替代性適配度指標，如 $GFI=.90$ 、 $TLI=.92$ 及 $CFI=.93$ 等適配指標皆大於 .90 以上之標準， $SRMR$ 為 .05、 $RMSEA$ 為 .060 及 $CN=278$ ，亦符合標準。內部一致性係數 $Cronbach's \alpha=.93$ ，表示信度優良；且在次構念上信度分別為 .92、.78、.92、.75 及 .86，均達良好。以上資料顯示數學態度模式與觀察資料的整體適配度達到理想標準。

3. 成就歸因

成就歸因定義為個體在學習數學的立場上，對成功或失敗結果原因的知覺和歸因過程。本研究依據 Weiner (1974) 的自我歸因理論挑選情境題 ST44，題目是給予受測學生一個情境題，試圖要求學生填答小考表現不佳的原因，參照自我歸因理論之界定，預測歸因可分為能力、努力、任務難度及運氣來解釋。題目共選取 4 題，請受試者填答「你的想法或感受與下述情況的

相像程度為何？」包括：「在解數學問題方面我並不是最擅長」、「這星期小考時我都猜錯」、「老師沒有引起學生對教材的興趣」及「有時候我就是運氣不好」，量表採 Likert 四點量表，「1」表示「非常像」、「4」表示「完全不像」，不論是單題或總分分數，分數愈高表示學生認為對自身的成功或失敗的歸因愈可控制，亦即代表學生在數學的表現是可以藉由自己控制與努力來達成。經驗證性因素分析後得出， $\chi^2(2, n=3)=2.79$ ， $p > .05$ 未達顯著，且其他替代性適配度指標，如 GFI=1.00、TLI=1.00 及 CFI=1.00 等適配指標皆大於 .90 以上之標準，SRMR 為 .01、RMSEA 為 .014 及 CN = 4314，亦符合標準。內部一致性係數 Cronbach's $\alpha = .72$ ，表示信度普通。以上資料顯示出成就歸因模式與觀察資料的整體適配度達到理想標準。

(二) 數學焦慮之測量

數學焦慮係指在各種情況下學習數學時，使個體內心產生緊張或焦慮的感覺。本研究挑選 ST42，請受試者填答「想想有關數學的學習：你同意下列敘述的程度為何？」包括：「我常會擔心數學課會很困難」、「當我必須做數學作業時，我會很緊張」、「解數學問題時，我會很緊張」、「解數學問題時，我會很無助」及「我擔心數學拿不到好成績」，共計 5 題。量表採 Likert 四點量表，「1」表示「非常同意」、「4」表示「非常不同意」，皆以反向計分，反向計分後，不論是單題或總分分數，當所得分數越高者，代表學生在學習數學過程中，產生越多的數學焦慮。經驗證性因素分析後得出， $\chi^2(4, n=5)=61.74$ ， $p < .05$ ，達到顯著水準，但因樣本數大，因此檢視其他替代性適配度指標，如 GFI = .99、TLI = .96 及 CFI = .98 等適配指標皆大於 .90 以上之標準，SRMR 為 .02、RMSEA 為 .085 及 CN = 309，雖然 RMSEA 略高於 .08，但其餘的指標亦符合標準。內部一致性係數 Cronbach's $\alpha = .80$ ，信度良好。以上資料顯示出數學焦慮與觀察資料的整體適配度達到理想標準。

四、遺漏值處理

本研究取自 PISA 2012 資料庫的臺灣學生問卷 B 式資料，原始資料中並非每個受測者所對應的每個變項都有實際值，有遺漏值的情況會影響後續統計分析，因此需審慎處理遺漏狀況。就傳統的處理方法，是直接成批刪除或成對刪除樣本列資料，此種方法可能會損失過多的樣本，導致樣本偏誤，或是影響參數估計和標準差的問題而誤解研究結果之推論 (Rubin, 2004)。因此本研究選擇 EM 法 (Expectation Maximization) 對遺漏值進行處理，可直接匯入含有遺漏值的原始資料，以多重差補法 (Multiple imputation) 進行參數估計，其方法除了可以避免流失大量樣本外，也保留更完整的數據，有利於後續的統計分析。

五、資料處理與分析

本研究利用套裝軟體 SPSS for Windows 20.0 進行資料處理，並利用結構方程模式套裝軟體 Amos 20.0 進行各項假設檢驗。首先進行性情經歷因素高階模式之檢驗，接續建立潛在變項間的

結構模式，檢驗各潛在變項間的理論關係。結構方程模式的建構是參照 Schumacker 與 Lomax (2015) 所述，參數係以最大概似估計法進行估計，當前述的參數估計後，需要檢視模式適配度的考驗。依 Diamantopoulos 與 Siguaw (2000) 建議，考量兩個方面進行檢驗，一為模式整體適配度指標，採用多種支持整體模式的適配度指標，包含卡方檢定 (χ^2)、CFI、TLI、RMSEA、SRMR 與 CN 等；其中 CFI、TLI 的值大於 .90，表示具有良好的適配程度 (余民寧, 2006; Schumacker & Lomax, 2015)；RMSEA 小於 .05 表示模式具有良好適配，介於 .05 到 .08 間表示模式具有合理適配；SRMR 小於 .05 表示模式具有良好適配 (Browne & Cudeck, 1992; Marcoulides & Schumacker, 2013)；而 CN 大於 200 表示具備足夠的樣本數 (Hoelter, 1983)。二為模式內在結構適配程度，包含考驗參數估計值之適配程度：測量模式的適配程度，主要關心的是測量之信效度，即評判測量變項是否與潛在變項匹配，以及測量變項的因素負荷量和測量誤差是否達顯著；也同時達到組合信度必須大於 .60 以上、平均抽取變異量必須大於 .50 (Hair, Anderson, Tatham, & Black, 1998)；而結構模式的適配程度，即評判研究所建構模式是否適配，包括潛在變項之間的路徑關係必須合乎所預期的理論模式、參數估計值及 R 平方值必須達統計顯著性等 (Schumacker & Lomax, 2015)。

肆、研究結果與討論

本研究參酌 Cemen (1987) 數學焦慮反應模式理論所建構之理論模式，以 PISA 2012 實徵資料適配度進行評估，首先報告各個變項之平均數與標準差；接續建立性情經歷因素之高階模式；再者進一步建構出性情經歷因素對數學焦慮之模式架構，用來驗證所建構模式的有效性、評鑑研究模式的整體適配度，並檢視本研究提出的假設之直接效果。

一、性情經歷因素與數學焦慮現況之描述性統計

首先針對 PISA 2012 資料庫中臺灣學生在性情經歷因素與數學焦慮現況之描述性統計，報告各個測量變項的平均數以瞭解集中程度。性情經歷因素之測量變項為「數學自信」、「數學態度」和「成就歸因」三個分構念，而數學態度又可再分為五個次構念，分別為「對數學的看法」、「學習數學課程」、「學校數學練習」、「數學解題經驗 I」以及「數學解題經驗 II」。描述性統計結果如表 1 所示。

在數學自信部分，總平均為 3.09，高於量表中間值 2.5，顯示大部分的臺灣學生在學習數學時，相信自己能完成數學學習任務及達成數學學習目標的信心期望達中上，在數學領域的學習中認可自身能力，這個概念就是類似於 Bandura (1997) 的自我效能理論；本研究之發現頗能呼應臺灣 PISA 2012 結果報告 (臺灣 PISA 國家研究中心, 2015)，報告指出整體而言，臺灣學生的數學自我效能略高於 OECD 國家平均，顯示臺灣學生的數學自我效能感高，對於解決特定數學任務的信心高。數學態度包含了五個次構念，學習數學課程和學校數學練習的平均值分別為

3.05 和 2.63，皆高於量表中間值 2.5，代表臺灣學生在上述態度表現為中上，顯示學生認為個人只要投入足夠的努力且願意積極參與，就可以產生良好的學習與發展；相對地，對數學的看法之平均值為 2.44，低於量表中間值 2.5，代表臺灣學生本身對於學習數學的看法略微負向。數學解題經驗 I 和數學解題經驗 II 的平均值分別為 3.01 和 3.17，亦皆略高於量表中間值 3，顯示學生認為自己在數學解題經驗或理解數學相關資訊與解決複雜問題之態度相對正向。由於數學態度包含多個次構念，各有不同的正向與負向態度，學習數學課程、學校數學練習、數學解題經驗等次構面相對正向，但對數學的看法相對負向。臺灣 PISA 2012 結果報告（臺灣 PISA 國家研究中心，2015）指出，整體而言，臺灣學生的自我概念相對於 OECD 國家平均較低，呼應本研究對數學的看法較為負向，亦即對於自己的數學能力之看法相對較為低落；但其他的分構面是由所建構模型所設定的更細部因子，相對於 PISA 結果，顯示臺灣學生對學習數學課程、學校數學練習、數學解題經驗等態度或許有不同於過往的發現。成就歸因的總平均為 2.63，略高於量表中間值 2.5，顯示學生認為對自身的成功或失敗的歸因相對可以藉由自己控制與努力來達成。臺灣 PISA 2012 結果報告（臺灣 PISA 國家研究中心，2015）指出，整體而言，臺灣學生相對於 OECD 國家平均有較低的自我責任感，亦即類似於本研究所指稱的成就歸因，在這項指標數值較低的學生比較會把失敗的責任歸咎於其他人或其它因素，與本研究發現不甚相符，需要後續的分析來了解可能的原因。

此外，臺灣學生在數學焦慮的總平均得分為 2.62，高於量表中間值 2.5，顯示臺灣學生對於自己在學習數學上的表現或面對學習數學仍然有焦慮的情緒存在。臺灣 PISA 2012 結果報告（臺灣 PISA 國家研究中心，2015）指出，臺灣普遍有較高比率的學生感到數學焦慮，儘管在數學領域上個別差異很大，不論學習成績好壞，部分學生都對數學課業感到焦慮，也就是說低成就學生和高成就學生雖然認為自己已準備好考試了，卻仍然容易感到焦慮的情緒（OECD, 2014, 2017）。

表 1
性情經歷因素與數學焦慮之現況分析摘要表

構念	<i>N</i>	Min	Max	<i>M</i>	<i>SD</i>
性情經歷因素					
數學自信	2,011	1.00	4.00	3.09	.68
數學態度					
對數學的看法	2,011	1.00	4.00	2.44	.67
學習數學課程	2,011	1.00	4.00	3.05	.60
學校數學練習	2,011	1.00	4.00	2.63	.63
數學解題經驗 I	2,011	1.00	5.00	3.01	.87
數學解題經驗 II	2,011	1.00	5.00	3.17	.84
成就歸因	2,011	1.00	4.00	2.63	.78
數學焦慮	2,011	1.00	4.00	2.62	.63

二、性情經歷因素之三階測量模式之驗證

(一) 模式整體適配度檢定

性情經歷因素之高階模式如圖 2 所示，檢視整體模式適配度各項指標值，如表 2 所示，發現 χ^2 考驗對樣本數愈大愈敏感， χ^2 就愈容易達顯著，導致 χ^2 適配指標未達可接受的標準，因此須檢視其他替代性適配度指標。在絕對適配度指數的部分，RMSEA 值為 .056，小於 .08，表示適配良好；SRMR 值為 .05，符合標準。在增值適配度指數的部分，TLI 值為 .90、CFI 值為 .91，均達大於 .90 之標準，表示適配良好。最後，在簡效適配度指數的部分，CN 值為 300，大於 200 之適配標準。整體而言，替代指標皆達良好適配，顯示性情經歷因素之三階建構效度可被接受。

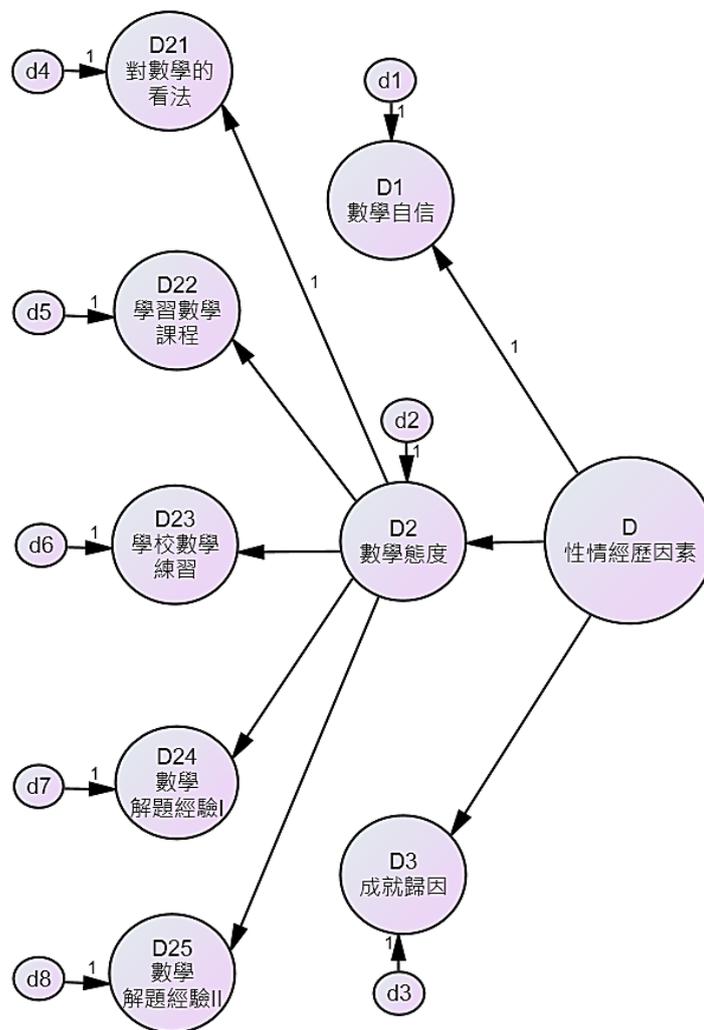


圖 2. 性情經歷因素之高階測量模式

註：1. 此為不包含觀察變項之精簡模式，各潛在因素對應之觀察變項請參閱表 3。

2. d 代表各潛在因素之殘差。

表 2
性情經歷因素之三階測量模式之整體適配度檢定摘要表

指標名稱	模式適配度	拒絕或接受模式
χ^2	5578.13 ($df = 765, p < .001$)	拒絕
TLI	.90	接受
CFI	.91	接受
RMSEA (90% CI)	.056 (.054 ~ .058)	接受
SRMR	.05	接受
CN	300	接受

(二) 內在結構適配指標檢定

性情經歷因素之測量模式的潛在變項分為三階，在一階潛在變項的部分，包括五個態度之次構面，分別為「對數學的看法 (D21)」、「學習數學課程 (D22)」、「學校數學練習 (D23)」、「數學解題經驗 I (D24)」和「數學解題經驗 II (D25)」，再各自對應 8 個、4 個、9 個、3 個、與 5 個觀察變項；而在二階潛在變項的部分，包括三個性情經歷因素之分構面，分別為「數學自信 (D1)」、「數學態度 (D2)」和「成就歸因 (D3)」，「數學自信 (D1)」對應 8 個觀察變項、「數學態度 (D2)」對應 5 個一階潛在變項、「成就歸因 (D3)」對應 4 個觀察變項；而一階和二階潛在變項有更高階的三階潛在變項為「性情經歷因素 (D)」。

經由最大概似估計法進行估計，得知性情經歷因素之三階測量模式無辨識問題，且三階之標準化參數估計值及對應之各個觀察變項均達顯著 ($p < .05$)，各潛在變項與觀察變項之參數估計值如表 3 所示。接續透過各潛在變項的因素負荷量，以檢核測量變項在各潛在變項之相對重要性，就高階驗證性因素分析而言，高階因素的因素負荷量反應了高階因素對於初階因素的解釋力，亦即因素負荷量高的初階因素相對於其他初階因素，較能代表高階因素 (Schumacker & Lomax, 2015)。表 3 顯示「學校數學練習」和「對數學的看法」之因素負荷量為 .81 和 .78，相對於其他同階因素，較能代表二階因素「數學態度」，顯示最能代表「數學態度」的次構面為「學校數學練習」，其意涵為在學校為了學習數學而專注地上課、練習、完成作業、為考試努力研讀等。表 3 也顯示「數學態度」之因素負荷量為 .93，相對於其他同階因素「數學自信」與「成就歸因」，是較能代表高階因素「性情經歷因素」，亦即最能代表「性情經歷因素」之次構面為「數學態度」。

表 3

性情經歷因素之三階測量模式各潛在變項與觀察變項之參數估計值

	標準化	非標準化	標準誤
性情經歷因素→數學自信 (D1)	.68*	1.00 ^a	—
數學自信 (D1) → ST37Q01	.76*	1.00 ^a	—
數學自信 (D1) → ST37Q02	.78*	.91	.03
數學自信 (D1) → ST37Q03	.81*	1.10	.03
數學自信 (D1) → ST37Q04	.71*	.92	.03
數學自信 (D1) → ST37Q05	.72*	.95	.03
數學自信 (D1) → ST37Q06	.81*	1.19	.03
數學自信 (D1) → ST37Q07	.72*	1.07	.03
數學自信 (D1) → ST37Q08	.66*	.93	.03
性情經歷因素→數學態度 (D2)	.93*	1.06	.06
數學態度 (D2) → 對數學的看法 (D21)	.78*	1.00 ^a	—
對數學的看法 (D21) → ST29Q01	.74*	1.00 ^a	—
對數學的看法 (D21) → ST29Q02	.75*	.96	.03
對數學的看法 (D21) → ST29Q03	.77*	1.00	.03
對數學的看法 (D21) → ST29Q04	.80*	1.09	.03
對數學的看法 (D21) → ST29Q05	.76*	.99	.03
對數學的看法 (D21) → ST29Q06	.80*	1.07	.03
對數學的看法 (D21) → ST29Q07	.78*	1.04	.03
對數學的看法 (D21) → ST29Q08	.77*	.99	.03
數學態度 (D2) → 學習數學課程 (D22)	.61*	.78	.04
學習數學課程 (D22) → ST43Q01	.85*	1.00 ^a	—
學習數學課程 (D22) → ST43Q02	.81*	.98	.02
學習數學課程 (D22) → ST43Q05	.81*	.94	.02
學習數學課程 (D22) → ST43Q06	.40*	.55	.03
數學態度 (D2) → 學校數學練習 (D23)	.81*	.84	.04
學校數學練習 (D23) → ST46Q01	.63*	1.00 ^a	—
學校數學練習 (D23) → ST46Q02	.79*	1.24	.03
學校數學練習 (D23) → ST46Q03	.79*	1.25	.04
學校數學練習 (D23) → ST46Q04	.76*	1.19	.04
學校數學練習 (D23) → ST46Q05	.79*	1.25	.04
學校數學練習 (D23) → ST46Q06	.71*	1.10	.04
學校數學練習 (D23) → ST46Q07	.70*	1.08	.04
學校數學練習 (D23) → ST46Q08	.72*	1.11	.04
學校數學練習 (D23) → ST46Q09	.73*	1.14	.04
數學態度 (D2) → 數學解題經驗 I (D24)	.60*	.90	.05
數學解題經驗 I (D24) → ST93Q04	.68*	1.18	.05
數學解題經驗 I (D24) → ST93Q06	.83*	1.50	.06
數學解題經驗 I (D24) → ST93Q07	.61*	1.00 ^a	—

(續)

表 3

性情經歷因素之三階測量模式各潛在變項與觀察變項之參數估計值 (續)

	標準化	非標準化	標準誤
數學態度 (D2) → 數學解題經驗 II (D25)	.46*	.66	.04
數學解題經驗 II (D25) → ST94Q05	.70*	1.00 ^a	—
數學解題經驗 II (D25) → ST94Q06	.84*	1.20	.04
數學解題經驗 II (D25) → ST94Q09	.74*	1.00	.03
數學解題經驗 II (D25) → ST94Q10	.82*	1.20	.04
數學解題經驗 II (D25) → ST94Q14	.65*	1.10	.04
性情經歷因素 → 成就歸因 (D3)	.70*	.92	.06
成就歸因 (D3) → ST44Q01	.54*	1.00 ^a	—
成就歸因 (D3) → ST44Q04	.85*	1.69	.08
成就歸因 (D3) → ST44Q07	.45*	.90	.06
成就歸因 (D3) → ST44Q08	.68*	1.35	.07

註：a 為使模式能夠辨識，因而固定此參數，不開放估計。

* $p < .05$

經驗證性因素分析後，得知三階因素「性情經歷因素」、二階因素：「數學自信」、「數學態度」、「成就歸因」，與一階因素：「對數學的看法」、「學習數學課程」、「學校數學練習」、「數學解題經驗 I」、「數學解題經驗 II」等 9 個潛在變項的組合信度分別為 .82、.91、.79、.74、.92、.82、.91、.75 與 .87，均高於 .60 之標準 (Hair et al., 1998)；平均變異抽取量為 .61、.56、.44、.42、.58、.55、.54、.51 與 .57，僅有部分向度略低於 .50 較為不理想，但因基本適配標準評鑑與整體模式適配度評鑑皆達到標準，整體而言，說明本研究模式之觀察變項還是有一定解釋力，且潛在變項中各測量變項具有理想的內部一致性。綜合上述整體適配度與內在結構適配指標之結果，性情經歷因素為高階模式，本研究之研究假設一成立。

三、性情經歷因素對數學焦慮結構模式之建構

(一) 模式整體適配度檢定

性情經歷因素對數學焦慮之結構模式如圖 3 所示，結構模式之整體適配度各項指標值如表 4 所示， χ^2 值因易受樣本之影響而未達可接受的標準，故需檢視其他替代性適配指標，其餘適配指標皆顯示觀察資料與建構模式的適配良好，TLI、CFI 皆大於 .90 之標準，RMSEA 小於 .08，SRMR 小於 .05，符合標準 CN 大於 200，表示支持此結構模式的成立。

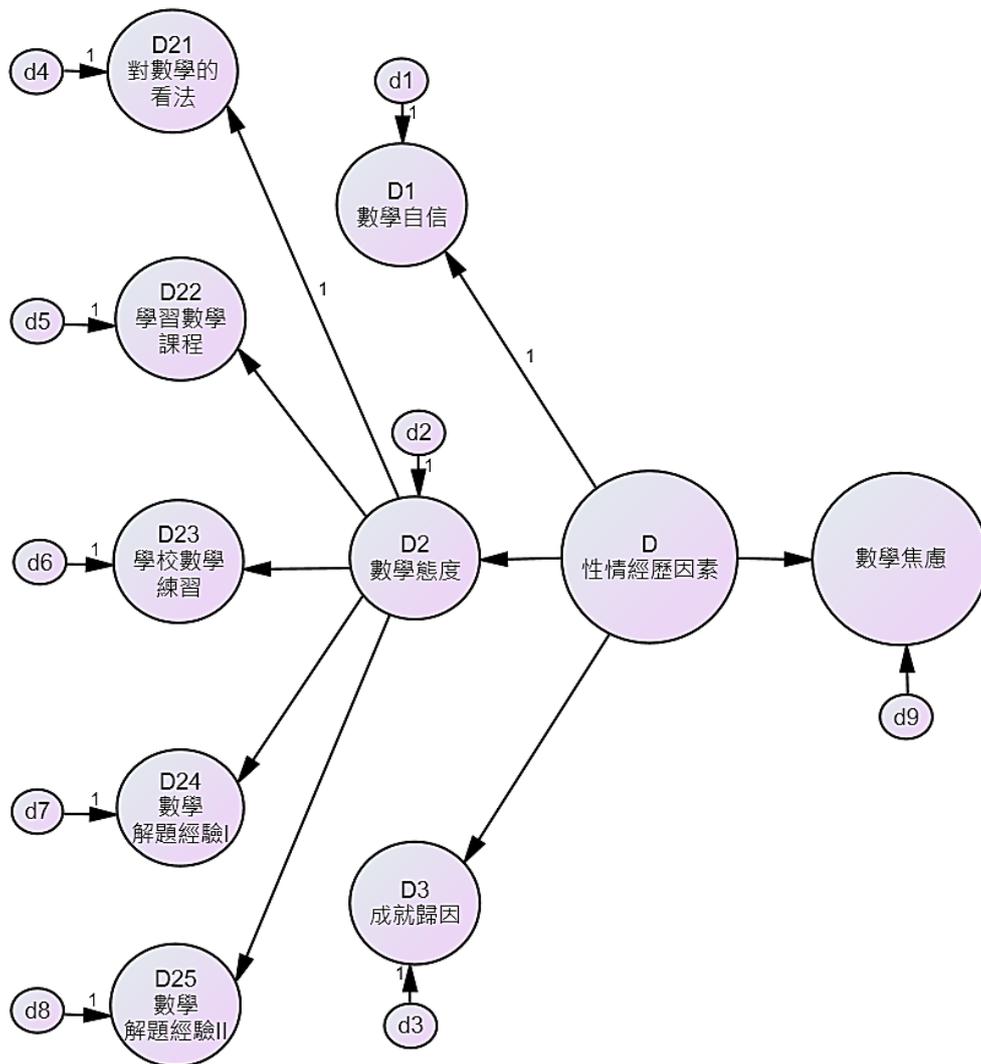


圖 3 性情經歷因素對數學焦慮之結構模式

註：1. 此為不包含觀察變項之精簡模式。

2. d 代表各潛在因素之殘差。

表 4

性情經歷因素對數學焦慮結構模式之整體適配度指標摘要表

指標名稱	模式適配度	拒絕或接受模式
χ^2	6125.27 ($df = 968, p < .001$)	拒絕
TLI	.90	接受
CFI	.91	接受
RMSEA (90% CI)	.051 (.050 ~ .053)	接受
SRMR	.04	接受
CN	342	接受

(二) 內在結構適配指標檢定與結構係數

檢視整體模式適配後，接著進一步從結構模式檢視模式內在結構適配度，如表 5 所示，顯示結構模式之各潛在變項及各測量變項的標準化係數估計皆達 .05 顯著水準。此外，性情經歷因素對數學焦慮的迴歸係數為 $-.50$ ，達顯著水準且為負向預測。綜合上述整體適配度與內在結構適配指標之結果，本研究之研究假設二成立，性情經歷因素能負向預測數學焦慮。

表 5
結構模式之各路徑參數估計

	標準化	非標準化	標準誤
性情經歷因素→數學自信	.69*	1.00 ^a	
性情經歷因素→數學態度	.88*	1.06	.06
數學態度→對數學的看法	.81*	1.00 ^a	
數學態度→學習數學課程	.61*	.78	.04
數學態度→學校數學練習	.79*	.84	.04
數學態度→數學解題經驗 I	.59*	.90	.05
數學態度→數學解題經驗 II	.46*	.66	.04
性情經歷因素→成就歸因	.76*	.92	.06
性情經歷因素→數學焦慮	$-.50^*$	$-.61$.04

註：a 為使模式能夠辨識，因而固定此參數，不開放估計。

* $p < .05$

四、綜合討論

本研究之獨特性在於立基於 Cemen (1987) 數學焦慮反應模式的理論基礎之下，分析 PISA 2012 臺灣學生性情經歷因素對數學焦慮之預測，歸納出預測數學焦慮之來源，明確地找出自我相關的性情經歷因素所包含的內涵與連結，儘管個人內在因素在數學學科領域上已累積了部分文獻，但從高階觀點探究性情經歷因素，及性情經歷因素對數學焦慮之研究，在臺灣相關議題上累積的實徵研究仍相當有限。本研究結果進行討論如下。

(一) 臺灣學生的高階性情經歷因素模式成立

本研究發現性情經歷因素可由「數學自信」、「數學態度」、「成就歸因」三個二階分構念代表，其中「數學態度」又由五個一階次構念所組成，依因素負荷量由大而小排序，分別為「數學解題經驗 I」、「對數學的看法」、「學習數學課程」、「學校數學練習」、「數學解題經驗 II」。「數學態度」與其餘兩個分構念「數學自信」和「成就歸因」一同作為性情經歷因素之二階因素，依因素負荷量由大而小排序，分別為「數學態度」、「成就歸因」、「數學自信」，故性情經歷因素之高階模式成立。以下針對性情經歷因素的數學自信、數學態度與成就歸因三個分構念，輔以這些因素之描述性統計數據，綜合討論如下。

1. 臺灣學生在性情經歷因素上具有較高的自信表現

針對數學自信的表現，由於現況高於量表中間值，顯示大部分的臺灣學生在學習數學相對有自信，說明臺灣學生是相信自己有能力能夠完成數學任務或達成數學學習目標的信心期望，這樣的觀念類似於數學自我效能感，顯示數學自我效能感低的學生，容易排斥且認為數學是很困難的；反之，數學自我效能高的學生，對學習數學是感興趣的，所以在數學領域上有良好的學習表現，遇到困難時較為樂觀。此與過去的研究（Bandura, 1997; Zimmerman, Bandura, & Martinez-Pons, 1992）相符，認為個人擁有良好的數學自我效能是足以解決數學問題。

2. 臺灣學生在性情經歷因素上的數學態度不容忽視

數學態度包含了五個次構念，在現況部分，學習數學課程、學校數學練習、數學解題經驗 I 與 II 皆高於量表中間值，代表臺灣學生在上述態度表現正向，包括對數學課程的學習尚稱積極、對作業與考試等練習的態度認真、對數學解題保有興趣；對數學的看法接近中間值 2.5，代表臺灣學生本身對於學習數學的看法持平。研究也發現在對數學態度不同的次構念而言，五個次構念皆能呈現數學態度，顯示大部分的學生不論是在數學課程、練習或解題經驗的學習情境，對學生學習行為甚為重要，應予重視並探討原因。從題項之內涵來看，發現學生認為個人只要投入足夠的努力且願意積極參與，可以產生良好的學習發展，這樣的觀念與許多學者所關注的學習投入（Fredricks, Blumenfeld, & Paris, 2004; Skinner, Furrer, Marchand & Kindermann, 2008）一致，意指學生所投入的學習意願、參與度、專注力及情緒等特質。此外，個人對學習數學所持有的態度，很容易會將對數學的看法轉變為厭惡或喜歡的主觀感受，經由行為表現反應在數學解題經驗上，也呼應過去部分研究（Reyes, 1984; Rosenberg & Hovland, 1960; Sriampai, 1988）。因此推論臺灣學生要有效地學習好數學，絕大部分是取決於自己的情緒投入和主動參與的態度。

3. 臺灣學生在性情經歷因素上具有較正向的成就歸因

成就歸因的現況高於量表中間值，顯示大部分臺灣學生的成就歸因在性情經歷因素上，反應出可以藉由自己控制與努力來達成學習成果，較屬於可控制的反應，換言之，學生認為學習數學上的成敗經驗，會歸因於自身的努力等可以控制的原因。正如 Weiner（1974）所提出自我歸因理論，當個人於學習數學的表現進行自我評估時，若學生認為可以透過努力等可控因素來達成數學成就，其對學習數學就會持有較為正向的自我認知；反之，若學生認為學好數學是不可控的因素，就會認為數學不是自己擅長的、數學很困難，或是教師沒有解釋清楚，歸因於內外等不可控制因素。

（二）可建構出臺灣學生性情經歷因素對數學焦慮之結構模式，在性情經歷因素上正向的轉變足以降低數學焦慮

臺灣學生的性情經歷因素對數學焦慮之預測的效果值為 -0.50 ，達顯著水準且為直接負向效果，顯示臺灣學生認為正向的性情經歷因素，可以有效地降低對學習數學的害怕，能夠有效地抑制數學焦慮的產生，正向的性情經歷因素包括：對數學學習有自信、不太會擔心數學課程的

難易度或是數學拿不到好成績、做數學作業時態度積極認真、遇到困難的數學問題不會感到無助、認為數學學習是可控的等，都能有效降低數學焦慮。本研究發現正如許多研究所述（Cemen, 1987; MacLeod & Mathews, 2012; Pekrun, 2000），較高的數學焦慮會使得個人在學習數學上表現不佳，進而伴隨著迴避解決數學問題，但可透過性情經歷因素來降低焦慮程度。在過去的 PISA 成就測驗中，臺灣學生於數學成就上都有著優異的表現（OECD, 2014），這可以說明臺灣學生對自己在面對數學問題時，大多數的學生是具備數學基本能力的，並且認為自己是有足夠的信心可以解決眼前的數學問題，當這樣的正向看法出現時，就能有效地降低數學焦慮的產生。這樣的論述也呼應了部分過去研究（Bursal & Paznokas, 2006; Byrd, 1982; Dew & Galassi, 1983; Eysenck & Calvo, 1992; Feltz, 1988; Gresham, 2004; Reyes, 1984），認為數學焦慮會產生的原因是來自於個人對學習數學的看法，主要是以學習數學的自信、數學態度、及數學成就歸因等個人內在因素，亦即個人對學習數學所評估的自我認知。若學生持有正向的性情經歷因素，就可以減少對數學消極的認知偏見，有效地降低學習數學的壓力，且可以很好地改善個人曾經在學習數學時，可能會引發害怕不安、擔憂等生心理方面的焦慮反應。

綜上所論，本研究依據 Cemen（1987）數學焦慮反應模式理論的部分觀點，建構性情經歷因素對數學焦慮的結構模式，驗證了臺灣學生性情經歷因素上的轉變，是足以負向預測數學焦慮。若使其具有較正向的性情經歷因素，則這樣正向的性情經歷因素對數學焦慮顯然就會有很大的預測力；顯見學生個人在性情經歷因素對數學焦慮之路徑有顯著且負向影響。因此，最直接的作法是幫助學生在學習數學上改變個人內在因素，進而有效的對學習數學改觀，並且降低更多的數學焦慮。

伍、結論與建議

一、結論

本研究以 PISA 2012 臺灣學生為研究樣本進行分析，以結構方程模式檢驗性情經歷因素對數學焦慮之路徑關係，透過回顧相關數學焦慮的文獻後，以 Cemen（1987）數學焦慮反應模式的理論形成本研究之假設模式的基礎，研究之獨特性首先建構出高階的性情經歷因素；接續歸納出學生在數學學科的焦慮情緒之預測來源，找出個人在數學領域上透過個人內在因素的性情經歷因素預測數學焦慮所包含的可能原因；再者，以 PISA 2012 國際大型測驗資料庫的數據，作為本研究資料蒐集與分析之來源，由於 PISA 2012 主測科目為數學，因此使用大型資料庫，無論是在評量設計或是標準化的抽樣和計分程序都是相當嚴謹的，故所測得的資料數據具有一定的可信度，能充分地代表全國性的資料，足以探究臺灣學生在數學領域上的表現。茲將結論與建議說明如下。

(一) 驗證臺灣學生之高階性情經歷因素

本研究結果指出性情經歷因素可由「數學自信」、「數學態度」、「成就歸因」三個分構念代表，其中「數學態度」又由五個次構念所組成，依解釋力由大而小排序，分別為「對數學的看法」、「學校數學練習」、「學習數學課程」、「數學解題經驗 I」、「數學解題經驗 II」，並與其餘兩個分構念「數學自信」和「成就歸因」一同作為性情經歷因素之次階變項。

(二) 建構臺灣學生性情經歷因素與數學焦慮之結構模式，且性情經歷因素可預測數學焦慮，具有直接的負向預測效果

本研究結果證實了性情經歷因素與數學焦慮路徑之結構模式，且性情經歷因素對數學焦慮具有負向且直接的預測效果，亦即正向的性情經歷因素可降低數學焦慮的產生。

二、建議

(一) 教師可配合學習者的發展階段，設計多元介入的數學教學策略來協助學生建立正向的個人內在因素

本研究發現，學生在數學自信、數學態度等個人內在因素的性情經歷因素對數學焦慮具有顯著的負向預測，意即當學生性情經歷因素愈正向時，其數學焦慮愈低，顯見若要降低學生數學焦慮，聚焦在如何協助學生建立正向的個人內在因素上，乃是首要之務。本研究建議教師於課室教學中，須考量學生於不同發展階段的個人內在因素形塑的變化性，設計多元介入的教學策略以符合學生各年級的特性與需求是必須考量的方向；並在教導新教材前，教師先複習數學基本技能，待熟練並打穩基礎後，讓學生足以將其簡單的數學概念延伸應用至新的數學知識上；或者是教師若能在教學評量上，以多元的評量方法來評定學生的數學能力並適度地調整評量規準，再適時輔以增進學生學習數學的成功經驗，幫助學生提高個人內在信心，相信自己在數學學習上仍有學習的能力，進而維持其學習動機。

(二) 讓了解學生過去成就歸因之經驗，教師可協助其發展對數學的自信心

本研究發現學生之成就歸因等性情經歷因素會負向預測數學焦慮，許多學生會將其數學上的失敗歸因於內在不可控之因素，倘若學生過去有太多學習數學的失敗經驗，對自己的數學能力沒有自信，教師應適時地告知學生導致失敗之原因並非能力不足，進而引導學生將失敗歸因於努力不足，使學生在遭遇數學失敗時，能透過教師的協助，幫助學生積極地尋找適合且有效的學習策略來解決問題，例如：教師應協助學生設定適切又可達到的目標，一旦學生達到目標後，往往就能提升追求成功的自信心，之後，再循序漸進將目標提高。若設定太高的目標，超出了學生的能力和水準，反而很容易使學生由於受挫而失去追求成功的信心，或使學生感受到習得無助，進而產生逃避失敗或焦慮害怕的心理。

(三) 可再精簡題項以減輕填答者的負擔

本研究發現在進行各因素的題項之驗證性因素分析或是結構方程模式時，難免會因為建構模式與實徵資料之間的不適配，而導致整體適配度指標尚待加強，只好檢視模式中的修正指標進行適度的修正，並提供理論上的支持或適當的理由來支持上述的修正。本研究建議未來研究實施測量模式的修正時，若發現題項間具有共同性題項內涵，可選擇刪除題項的方式簡化問卷，保留其中具有代表性的題項，不僅能夠精簡問卷內容以減輕填答者的負擔，也能夠使模式以較為簡約的方式呈現並精準測出本研究之構念。

(四) 未來可嘗試運用縱貫性研究，以探究數學焦慮因時間所產生的變化與趨勢

本研究的資料來源取自 PISA 2012 資料庫的數據，屬於橫斷性研究，假設所能驗證的是一種迴歸分析，是一種缺乏動態 (lack of dynamics) 情境的潛在限制，這意味著本研究無法在模式建構中涵蓋時間的過程，僅能在某種程度上反映出變項間的共變關係，但卻無法提供時間面向上有意義的重要訊息。換言之，本研究基於可行性，無法考量「時間」做為一個實質的變項，也無法從而推斷變項間的因果關係。因此本研究建議未來研究可針對長期性貫時追蹤資料進行縱貫性研究，以重新探究和驗證學生在性情經歷因素對數學焦慮之預測是否隨時間的推移而有所不同，藉以尋找各種協助學生建立正向的數學學習態度與自信之方法，進而降低學生的數學焦慮。

誌謝

本研究為國科會專題研究計畫 (MOST 108-2511-H-018-002-MY3) 之部分成果，研究者感謝國科會經費補助；也感謝《臺灣數學教育期刊》主編與相關人員及匿名審查委員對本研究所提供之寶貴意見。

參考文獻

- 余民寧 (2006)。潛變項模式：SIMPLIS 的應用。臺北市：高等教育文化。【Yu, Min-Ning (2006). *Latent variable models: The application of SIMPLIS*. Taipei: Higher Education Publishing. (in Chinese)】
- 周玉秀 (2006)。從 PISA 看數學素養與中小學數學教育。科學教育月刊，293，2-21。doi: 10.6216/SEM.200610_(293).0001 【Chou, Yu-Hsiu (2006). Reviewing math literacy and education by means of PISA. *Science Education Monthly*, 293, 2-21. doi: 10.6216/SEM.200610_(293).0001 (in Chinese)】
- 涂金堂 (1995)。國小學生後設認知、數學焦慮與數學解題表現之相關研究 (未出版之碩士論文)。國立高雄師範大學，高雄市。【Tu, Gin-Tung (1995). *A correlation study on the metacognition, mathematics anxiety and mathematical problem-solving performance of elementary school student*. (Unpublished master's thesis). National Kaohsiung Normal University, Kaohsiung. (in Chinese)】

- 教育部 (2018)。十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校—數學領域。取自 <https://www.naer.edu.tw/PageSyllabus?fid=52> 【Ministry of Education (2018). *Curriculum guidelines of 12-year basic education: The field of mathematics*. Retrieved from <https://www.naer.edu.tw/PageSyllabus?fid=52> (in Chinese)】
- 臺灣 PISA 國家研究中心 (主編) (2015)。臺灣 PISA 2012 結果報告。新北市：心理出版社。【Taiwan PISA National Research Center (Ed.). (2015). *Taiwan PISA 2012 results report*. New Taipei: Psychological Publishing Co., Ltd. (in Chinese)】
- 譚寧君 (1992)。兒童數學態度與解題能力之分析探討。臺北師院學報, 5, 619–688。【Tan, Ning-Chun (1992). An analysis and probe into children's mathematical attitude and problem-solving ability. *Journal of National Taipei University of Education*, 5, 619–688. (in Chinese)】
- Ahmed, W., Minnaert, A., Kuyper, H., & Van der Werf, G. (2012). Reciprocal relationships between math self-concept and math anxiety. *Learning and Individual Difference*, 22(3), 385–389. doi: 10.1016/j.lindif.2011.12.004
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York, NY: Freeman.
- Branscombe, N. R., & Baron, R. A. (2017). *Social Psychology* (14th ed.). London, UK: Pearson.
- Browne, M. W., & Cudeck, R. (1992). Alternative ways of assessing model fit. *Sociological Methods & Research*, 21(2), 230–258. doi: 10.1177/0049124192021002005
- Bursal, M., & Paznokas, L. (2006). *Mathematics anxiety and preservice elementary teachers' confidence to teach mathematics and science*. *School Science and Mathematics*, 106(4), 173–180. doi: 10.1111/j.1949-8594.2006.tb18073.x
- Byrd, P. G. (1982). *A descriptive study of mathematics anxiety: Its nature and antecedents* (Unpublished doctoral dissertation). Indiana University, Bloomington, IN.
- Cemen, P. B. (1987). *The nature of mathematics anxiety*. Stillwater, OK: Oklahoma State University.
- D'Agostino, A., Schirripa Spagnolo, F., & Salvati, N. (2022). Studying the relationship between anxiety and school achievement: Evidence from PISA data. *Statistical Methods & Applications*, 31(1), 1–20. doi: 10.1007/s10260-021-00563-9
- Dew, K. H., & Galassi, J. P. (1983). Mathematics anxiety: Some basic issues. *Journal of Counseling Psychology*, 30(3), 443–446. doi: 10.1037/0022-0167.30.3.443
- Diamantopoulos, A., & Siguaw, J. A. (2000). *Introducing LISREL: A guide for the uninitiated*. London, UK: SAGE.
- Dowker, A., Sarkar, A., & Looi, C. Y. (2016). Mathematics anxiety: What have we learned in 60 years?. *Frontiers in Psychology*, 7, 508. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00508
- Dreger, R. M., & Aiken Jr, L. R. (1957). The identification of number anxiety in a college population. *Journal of Educational Psychology*, 48(6), 344–351. doi: 10.1037/h0045894
- Eysenck, M. W., & Calvo, M. G. (1992). Anxiety and performance: The processing efficiency theory. *Cognition and Emotion*, 6(6), 409–434. doi: 10.1080/02699939208409696
- Feltz, D. L. (1988). Self-confidence and sports performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 16(1), 423–457.
- Fennema, E., & Sherman, J. A. (1976). Fennema-Sherman mathematics attitudes scales: Instruments designed to measure attitudes toward the learning of mathematics by females and males. *Journal for Research in Mathematics Education*, 7(5), 324–326. doi: 10.2307/748467
- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59–109. doi: 10.3102/00346543074001059

- Gresham, F. M. (2004). Current status and future directions of school-based behavioral interventions. *School Psychology Review, 33*(3), 326–343. doi: 10.1080/02796015.2004.12086252
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (1998). *Multivariate data analysis* (5th ed.). New York, NY: Macmillan.
- Hembree, R. (1990). The nature, effects, and relief of mathematics anxiety. *Journal for Research in Mathematics Education, 21*(1), 33–46. doi: 10.2307/749455
- Hoelter, J. W. (1983). The analysis of covariance structures: Goodness-of-fit indices. *Sociological Methods & Research, 11*(3), 325–344. doi: 10.1177/0049124183011003003
- MacLeod, C., & Mathews, A. (2012). Cognitive bias modification approaches to anxiety. *Annual Review of Clinical Psychology, 8*, 189–217. doi: 10.1146/annurev-clinpsy-032511-143052
- Marcoulides, G. A., & Schumacker, R. E. (2013). *Advanced structural equation modeling: Issues and techniques*. London, UK: Psychology Press.
- McLeod, D. B. (1992). Research on affect in mathematics education: A reconceptualization. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 575–596). New York, NY: Macmillan. Retrieved from <https://peterliljedahl.com/wp-content/uploads/Affect-McLeod.pdf>
- Namkung, J. M., Peng, P., & Lin, X. (2019). The relation between mathematics anxiety and mathematics performance among school-aged students: A meta-analysis. *Review of Educational Research, 89*(3), 459–496. doi: 10.3102/0034654319843494
- OECD (2014). *PISA 2012 results: What students know and can do – Student performance in mathematics, reading and science* (Volume I, Revised edition, February 2014). Paris, France: OECD Publishing. doi: 10.1787/9789264208780-en
- OECD (2017). *PISA 2015 results (Volume III): Student's well-being*. Paris, France: OECD Publishing. doi: 10.1787/9789264273856-en
- OECD (2019). *PISA 2018 results (Volume II): Where all students can succeed*. Paris, France: OECD Publishing. doi: 10.1787/b5fd1b8f-en
- Pekrun, R. (2000). A social-cognitive, control-value theory of achievement emotions. In J. Heckhausen (Ed.), *Motivational psychology of human development: Developing motivation and motivating development* (pp. 143–163). Elsevier Science. doi: 10.1016/S0166-4115(00)80010-2
- Pekrun, R. (2006). The control-value theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice. *Educational Psychology Review, 18*(4), 315–341. doi: 10.1007/s10648-006-9029-9
- Rada, E., & Lucietto, A. M. (2022). Math anxiety – A literature review on confounding factors. *Journal of Research in Science, Mathematics and Technology Education, 5*(2), 117–129. doi: 10.31756/jrsmt.12040
- Rech, J., Hartzell, J., & Stephens, L. (1993). Comparisons of mathematical competencies and attitudes of elementary education majors with established norms of a general college population. *School Science and Mathematics, 93*(3), 141–144. doi: 10.1111/j.1949-8594.1993.tb12212.x
- Reyes, L. H. (1984). Affective variables and mathematics education. *The Elementary School Journal, 84*(5), 558–581. doi: 10.1086/461384
- Richardson, F. C., & Suinn, R. M. (1972). The mathematics anxiety rating scale: Psychometric data. *Journal of Counseling Psychology, 19*(6), 551–554. doi: 10.1037/h0033456
- Rosenberg, M. J., & Hovland, C. I. (1960). Cognitive, affective, and behavioral components of attitudes. In M. J. Rosenberg & C. I. Hovland (Eds.), *Attitude organization and change* (pp. 1–14). New Haven: Yale University Press.

- Rothenberg, L. F., & Harrington II, C. F. (1994). *The relationship between anxiety and achievement in adult learners*. Retrieved from ERIC database. (ED370996)
- Rubin, D. B. (2004). *Multiple imputation for nonresponse in surveys*. New York, NY: John Wiley & Sons, Inc.
- Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (2015). *A beginner's guide to structural equation modeling* (4th ed.). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- 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. doi: 10.1037/a0012840
- Spielberger, C. D. (Ed.). (1972). *Anxiety: Current trends in theory and research* (Volume II). New York, NY: Academic Press.
- Sriampai, P. (1988). *Attitude toward mathematics, mathematics anxiety, and mathematics achievement related to gender and academic program* (Unpublished doctoral dissertation). University of Missouri, Columbia, MI.
- Weiner, B. (Ed.). (1974). *Achievement motivation and attribution theory*. Morristown, NJ: General Learning Press.
- Yuan, Z., Tan, J., & Ye, R. (2022). A cross-national study of mathematics anxiety. *The Asia-Pacific Education Researcher*. doi: 10.1007/s40299-022-00652-7
- Zan, R., Brown, L., Evans, J., & Hannula, M. S. (2006). Affect in mathematics education: An introduction. *Educational Studies in Mathematics, 63*(2), 113–121. doi: 10.1007/s10649-006-9028-2
- Zimmerman, B. J., Bandura, A., & Martinez-Pons, M. (1992). Self-motivation for academic attainment: The role of self-efficacy beliefs and personal goal setting. *American Educational Research Journal, 29*(3), 663–676. doi: 10.3102/00028312029003663

附錄 1：性情經歷因素與數學焦慮對應 PISA 資料庫之代碼、構念、題號及原始題目

代碼	構念	題號	原始題目
D1	數學自信	ST37Q01	使用火車時刻表來計算從一地到另一地要多久時間
		ST37Q02	計算一台電視機在打了七折後是多少錢
		ST37Q03	計算鋪滿一塊地板需要有多少平方公尺的瓷磚
		ST37Q04	理解報紙上的圖表意義
		ST37Q05	解方程式，如 $3x+5=17$
		ST37Q06	在比例為 1：10000 的地圖上計算兩地間正確的距離
		ST37Q07	解方程式，如 $2(x+3)=(x+3)(x-3)$
		ST37Q08	計算一輛汽車的汽油消耗率
D2	數學態度		
D21	對數學的看法	ST29Q01	我樂於閱讀數學類讀物
		ST29Q02	努力學習數學是值得的，因為它對我將來的工作有幫助
		ST29Q03	我期待上數學課
		ST29Q04	我練習數學是因為我樂在其中
		ST29Q05	學習數學對我而言是值得的，因為它有助於增加我的就業機會
		ST29Q06	我對數學所學到的東西感興趣
		ST29Q07	數學對我而言是重要的科目，因為我在日後的學習上需要它
		ST29Q08	我會學習許多數學事物，這些事物有助於我將來找到工作
D22	學習數學課程	ST43Q01	如果投入足夠的努力，我就能成功學好數學
		ST43Q02	我是否能學好數學完全決定於我自己
		ST43Q05	若是我願意，我就能學好數學
		ST43Q06	不管我有沒有為了考試而讀書，我的數學成績都很差
D23	學校數學練習	ST46Q01	我會按時完成數學作業
		ST46Q02	我會認真做數學作業
		ST46Q03	我會對於數學考試有所準備
		ST46Q04	我會為了數學小考努力研讀
		ST46Q05	我會不斷研讀直到我了解數學教材內容
		ST46Q06	上數學課時，我會很專心
		ST46Q07	上數學課時，我會認真聽講
		ST46Q08	在研讀數學時，我會避免分心
		ST46Q09	我會保持我得數學作業有條理

(續)

附錄 1：性情經歷因素與數學焦慮對應 PISA 資料庫之代碼、構念、題號及原始題目（續）

代碼	構念	題號	原始題目
D24	數學解題經驗 I	ST93Q04	對於我開始做的作業，我一直保有興趣
		ST93Q06	我持續努力做作業，直到一切都很完美
		ST93Q07	當遭遇到一個問題，我所做的比我被期望的還要多
D25	數學解題經驗 II	ST94Q05	我可以處理許多的資訊
		ST94Q06	我可以很快理解事情
		ST94Q09	我尋求事情的解釋
		ST94Q10	我可以輕易地將各種事實連結起來
		ST94Q14	我喜歡解決複雜的問題
D3	成就歸因	ST44Q01	在解數學問題方面我並不是最擅長
		ST44Q04	這星期小考時我都猜錯
		ST44Q07	老師沒有引起學生對教材的興趣
		ST44Q08	有時候我就是運氣不好
A	數學焦慮	ST42Q01	我常會擔心數學課會很困難
		ST42Q03	當我必須做數學作業時，我會很緊張
		ST42Q05	解數學問題時，我會很緊張
		ST42Q08	解數學問題時，我會很無助
		ST42Q10	我擔心數學拿不到好成績

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。
doi: 10.6278/tjme.202210_9(2).003

不同心態之臺灣學生成就動機與數學素養關聯研究

蘇泓誠¹ 陳佳欣²

¹國立政治大學教育學系

²國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系

本研究旨在探討臺灣中學生成就動機與數學素養的關聯性，並進行成長心態與固定心態學生之比較。研究資料係以 PISA 2018 臺灣資料作為分析依據，主要分析方法為獨立樣本的差異考驗與階層迴歸分析。研究結果顯示，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。此外，階層迴歸分析之結果顯示，在控制性別、社經地位等背景變項之影響後，成長心態學生的成就動機三項指標（競爭態度、精熟任務動機與失敗恐懼）對於數學素養皆具有正向預測力，而固定心態學生除了精熟任務動機無法預測數學素養外，其餘兩項指標皆同樣對數學素養有正向預測力。本研究將提出對未來數學教學與相關研究之建議，盼教育工作者能更加關注成長心態模式對於臺灣中學生數學學習之重要性。

關鍵字：PISA 2018、成就動機、成長心態、固定心態、數學素養

通訊作者：陳佳欣，e-mail：eternal031029@gmail.com

收稿：2022 年 8 月 1 日；

接受刊登：2022 年 10 月 17 日。

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.

doi: 10.6278/tjme.202210_9(2).003

Relationship Between Achievement Motivation and Mathematics Literacy of Taiwanese Students with Different Mindsets

Hung-Cheng Su¹ Chia-Hsin Chen²

¹ Department of Education, National Chengchi University

² Department of Educational Psychology and Counseling, National Taiwan Normal University

This study explored the correlation between achievement motivation and mathematical literacy among Taiwanese middle school students by comparing students with growth versus fixed mindsets. Data on Taiwan from the PISA 2018 were analyzed through an independent sample t test and hierarchical regression analysis. The results indicate that students with a growth mindset outperformed those with a fixed mindset in terms of mathematical literacy, competitiveness, and motivation to master tasks, whereas students with a fixed mindset were more likely to be afraid of failure. According to a hierarchical regression, mathematics literacy was positively affected by competitiveness, motivation to master tasks, and fear of failure among students with a growth mindset after basic characteristics such as gender and socioeconomic status were controlled for. Competitiveness and fear of failure had positive predictive power for mathematical literacy among students with a fixed mindset, but motivation to master tasks did not predict mathematical literacy. This study also developed suggestions for mathematics education and directions for future research. Taiwanese Educators should appreciate the role that a growth versus fixed mindset plays in middle school mathematics education.

Keyword: PISA 2018, achievement motivation, growth mindset, fixed mindset, mathematical literacy

Corresponding author : Chia-Hsin Chen · e-mail : eternal031029@gmail.com

Received : 1 August 2022;

Accepted : 17 October 2022.

壹、緒論

一、研究動機

教育，乃教導與培育，如何因應教育的潮流與趨勢，究竟該帶給學生什麼樣的素養或能力，為教育工作者應思考的問題。聯合國於 2015 年所提出的 17 項永續發展目標 (Sustainable Development Goals, SDGs) 中，關於第四項「優質教育 (quality education)」提及教育上性別、種族及社經地位等面向的問題 (<http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>)，期待能於 2030 年前達成優質教育的目標，而在經濟合作暨發展組織 (Organisation for Economic Cooperation and Development, OECD) 提出的 2030 學習羅盤 (OECD Learning Compass 2030) 中，主要顯示兩個問題可進行思考：「什麼樣的知識、技能、態度及價值將是學生需要去發展的」及「教學機構如何有效發展知識、技能、態度及價值」(OECD, 2018)，而羅盤中的「態度與價值」，心態 (mindset) 為內涵之一，表示為基於價值觀或目的之策略中構建經驗、資訊或問題之傾向，如「成長心態」的學生認為透過努力可以獲得發展，顯示心態能預先一個人對情況的反應與解釋 (Haste, 2018)。綜觀世界的教育趨勢，從學生的背景、學習技能、態度或是價值等面向，均為教育工作者所需重視的，本研究經由性別、社經地位以及不同心態等面向探討成就動機對數學素養的影響，期許能為數學教育研究貢獻一份心力。

「國際學生能力評量計畫」(Programme for International Student Assessment, PISA) 為 OECD 所主辦的全球性學生評量，該評量的測驗對象主要為 15 歲的青少年，每三年舉行一次測驗，共有三個主要科目輪流為當年度的主要施測項目，分別為數學、科學以及閱讀，而自 2012 年開始會額外增設領域以測驗學生不同面向的素養。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。從動機的角度觀之，以 PISA 2012 所釋出的資料為例，無論是數學學習的內在動機或是工具性動機，皆為男學生較女學生佳，社經地位優勢者較弱勢者佳 (臺灣 PISA 國家研究中心, 2014)，我們應如何因應性別與社經地位對於數學素養的影響，而動機對學生的表現而言扮演著什麼樣的角色，為教育界值得重視的議題。

學生的動機、態度、信念及行為被視為學習表現的重要預測指標 (OECD, 2019)，動機為內在歷程，給予個體能量並引發個體的活動，諸如學生對學生學習的興趣與自信亦為一種動機，TIMSS 2019 的調查結果顯示臺灣八年級學生的數學學習興趣及數學學習自信皆低於國際平均 (曹博盛, 2021)，但臺灣學生的數學成就表現卻在世界排名中名列前茅 (TIMSS 2019 臺灣學生數學排名第二，PISA 2018 則排名第五)，為什麼在較弱的數學興趣及自信之下能有如此卓越的表現，學生的內在動機存在著什麼樣的影響，如此現象值得深入探究。

PISA 2018 之成就動機的構面包含「競爭態度」、「精熟任務動機」及「失敗恐懼」，測驗學生在這些變項的表現及對各學科素養之影響。PISA 2018 成果報告指出，臺灣學生的失敗恐懼指數為參與計畫國家之首，且高於平均值許多，顯示臺灣學生害怕失敗以及恐懼失

敗所帶來的後果，然而，臺灣學生亦有失敗恐懼指數愈高，其素養表現則愈佳的現象（蘇泓誠，2022；OECD, 2019），究竟這樣的現象對於學生而言是好或壞，而競爭態度及精熟任務動機扮演著什麼樣的角色，本研究將探討在成就動機的迴歸模式當中，各變項對數學素養的影響程度。

在日常生活中，每個人對事物都有不同的解釋與看法，諸如桌上有半杯水，有些人會解釋「還有半杯水」，而有些人則認為「只剩半杯水」，如同智力而言，有些人認為努力即可迎來更多的成長與挑戰，有些人則開始擔心失敗所帶來的後果。Dweck（2006）的著作提出「成長心態（growth mindset）」及「固定心態（fixed mindset）」，成長心態基於一種信念，為該個體可以透過努力來培養其基本素質，儘管每個人在各方面不同，但是在他們最初的才智或興趣上，是可以透過應用和經驗來改變和成長；固定心態的人則認為個體的素質為一成不變，會產生一種再次證明自己的緊迫感，該心態的人想法可能傾向為「我是全然失敗的」、「我是個輸家」或是「別人都比我好」等對自身較無肯定的心態。

PISA 2018 學生問卷納入「心智成長心態」的問題，以探究學生的心態方式為「成長心態」或是「固定心態」，台灣約有六成的學生為成長心態，有四成的學生表示為固定心態，與 OECD 國家的平均差距不大，而在 PISA 2018 的調查中亦發現到，成長心態學生的閱讀素養優於固定心態學生（陸怡琮、鄒慧英、王長勝，2021），而本研究欲探討不同心態學生在成就動機構面及數學素養上會有什麼樣的差異，數學素養是否如閱讀素養表現般，成長心態學生會有較佳的表現，將是本研究欲探討的主要議題。

二、研究目的

研究者欲以臺灣 15 歲青少年作為研究對象，以不同心態之學生作為出發點，提出以下研究目的：

- （一）探討不同心態學生之成就動機構面及數學素養之概況。
- （二）探討不同心態學生之成就動機構面及數學素養之相關性。
- （三）探討不同心態學生在成就動機構面及數學素養之差異。
- （四）探討在控制性別與社經地位之下，不同心態學生之成就動機構面對其數學素養之影響。

貳、文獻探討

一、心態（Mindset）

每個人對於學習新知常持有不同的心態，例如有部分的人肯定自己的智力是可以透過努力有所成長，只要我們持續努力不懈，有些人則不這麼認為。Dweck（2006）在她的著作首先提及兩種主要的心態模式：「成長心態」與「固定心態」。簡單而言，成長心態學生解決數學問題時，可能會有的想法是：「當你學習到如何執行新的數學問題，你的數學頭腦就

會有所成長。」、「我只是目前還不能成為很會數學的人。」以及「重要的不是你學會了，而是你一步一步地瞭解並省思下一次可以如何嘗試？」(Dweck, 2015)；然而固定心態學生較難去意識到自己在數學表現上的努力可能不夠，倘若這類型的學生在數學學習過程中，試圖掌握更多的學習機會，例如接受可能有用的負面評價、將別人的成功視為一種激勵以及努力將表現達到精熟等，如此一來，即使是原本數學成就較差的學生，也較可能提升數學素養表現。

過去文獻針對成長與固定心態學生在學習過程中心態的差異，提醒教師在進行成長心態介入活動時，須注意到當地的課堂文化與環境，如此，較能調整學生的學習心態 (Wang, Zepeda, Qin, Del Toro, & Binning, 2021; Yeager & Dweck, 2020)。此外，心態信念與學業成就其實是個積極反饋循環，例如早期的奮鬥經歷會影響人的心態信念，進而影響未來的學業成就 (Dweck, 2019; Limeri et al., 2020)。目前國內有幾篇關於成長心態或固定心態的探討：丁毓珊與葉玉珠 (2021a) 研究驗證學習心向、學習自我效能與學習適應之因果關係，研究發現持有成長心向的學生傾向於設定精熟目標，並結合自我效能與自我調整策略，促進其學習適應，此外，國中生具有低度的固定學習心向，顯示仍需注意固定學習心向對於自我調整學習、學習適應之負面影響；丁毓珊與葉玉珠 (2021b) 發展測量國中生智能心向與學習心向之量表，研究發現大多數國中生對自己的智能與學習抱持較樂觀積極的態度，此外，不同性別、不同年級在智能心向表現上並無差異，但在學習心向皆存在明顯差異，女學生在學習情境上傾向迴避挑戰與失敗，而七年級學生較八年級學生具備較高之成長學習心向；張淳熙與陳柏熹 (2022) 探討不同心態學生在成就目標與閱讀素養表現的相關因素，發現成長心態學生的心理韌性 (resilience) 對閱讀素養具正向預測力，但固定心態學生則呈負向預測，以及固定心態學生受社經地位影響較大。

關於 Mindset 一詞，國內文獻的翻譯主要是心態或是思維，本研究參照臺灣 PISA 國家研究中心釋出的《PISA 2018 臺灣學生的表現》(洪碧霞, 2021) 一書，將 Mindset 翻譯為「心態」。本研究以 PISA 2018 關於測量心態的量表作為不同心態學生的分類依據，若學生傾向不同意自己無法對智力做許多改變，表示他較可能擁有「一個人可以改變自己聰明才智」的學習信念，則為成長心態學生，反之則為固定心態學生。

二、成就動機

成就動機為推動學生選擇、堅持、努力與進行與成就相關任務和活動之因素 (Wigfield et al., 2015)，Atkinson (1964) 成就動機理論中提到：個體在競爭的情境中，會同時產生兩種動機：趨向成功的動機 (motive for success) 及避免失敗的動機 (motive to avoid failure)，而個體會受到此兩動機的強烈程度所支配與決定，如果趨向成功之動機較為強烈，則有較積極努力的表現以獲得目標；反之，若為避免失敗之動機較為強烈，則會表現出焦慮及失敗進而退縮，導致潛在能力受限。在 PISA 2018 的編製當中，成就動機包含「競爭態度」、「失敗恐懼」及「精熟任務動機」，其中競爭態度及精熟任務動機屬於正向積極的構面，與 Atkinson

趨向成功的概念相似，而失敗恐懼為負向退縮的構面，與逃避失敗之意涵不謀而合。

研究者從陳嘉成（2001）的研究中進行發想，從動機氣候（*motivational climate*）的觀點來看，分為「精熟氣候（*mastery climate*）」及「表現氣候（*performance climate*）」，前者強調「努力」為成功關鍵且無須怕錯，以「精熟」作為學習目標；後者強調成功與否來自於「跟他人比較」，以外在表現作為學習目標；從成就目標理論（*Elliot & Church, 1997*）的觀點來看，分為「精熟目標」、「趨向表現目標」及「避免失敗目標」，前者強調努力為達到成功的關鍵，學習為增進或發展實力；中者強調希望能獲正面評價，找尋機會表現自己，但同時也儘量避免面臨失敗；後者則是希望避免獲得負面評價，懼怕失敗的結果。綜觀上述觀點，「精熟氣候」及「精熟目標」與 PISA 2018 當中的「精熟任務動機」不謀而合，強調透過努力來完成任務或挑戰；「表現氣候」如「競爭態度」，強調與他人比較或是競爭；「避免表現目標」與「失敗恐懼」的概念雷同，皆為懼怕失敗的結果；精熟、趨向表現及避免表現目標與數學成績呈顯著正相關，顯示這些構面會正向影響數學成績，後續研究者亦會觀察 PISA 2018 成就動機構面對數學素養的影響。

各項研究當中對於成就動機所涵蓋的構面有不同的解釋，如黃仁茂、陳怡靖與鄭耀男（2015）所定義的成就動機包含「工作與自我提升動機」、「自我防衛動機」及「逃避動機」；陳國泰（2018）所定義的成就動機包含「師生關係」、「父母管教態度」、「成敗經驗」、「目標成功的可能性」及「社會性增強」；Erentaitė 等人（2022）所定義的成就動機包含「學術任務價值（*academic task value*）」、「學術自我概念（*academic self-concept*）」及「正向之學校相關影響（*positive school-related affect*）」。綜上所述，成就動機與學生自我的特質、家長以及老師有層層相扣的影響，從不同的角度切入學生的成就動機，以探討其對學習成就或素養表現的影響，而本研究採用 PISA 2018 的概念，成就動機包含「競爭態度」、「失敗恐懼」及「精熟任務動機」，其中競爭態度及精熟任務動機屬於正向積極的構面，與 Atkinson 趨向成功的概念相似，而失敗恐懼為負向退縮的構面，與逃避失敗之意涵不謀而合。

具高成就動機者通常喜歡競爭，並藉由達成目標以證明自己的成功，且不喜歡不具挑戰性的任務；反觀低成就動機者傾向於避免失敗，因此將尋求簡單的工作以避免失敗發生，也可能會追求非常困難的任務，因認為絕大多數者皆會失敗，因此失敗不會帶來負面評價（徐富珍，2015）。成就動機強的個體，其學習趨力較強，而不同成就動機的個體在面對成敗時有不同的歸因（蘇郁嵐、陳李綢，2007），在動機的相關研究中，可察覺到不同因素對動機的影響或是動機所造成的影響，如不同後設認知及不同動機信念之學生，在數學解題策略上之得分存在差異（林清山、張景媛，1993）；龔心怡、林素卿與張馨文（2009）針對國中生的研究當中，數學學習動機對數學學業成就具有預測力；張玉茹與江芳盛（2013）利用 PISA 2003 年資料，發現香港地區學生的學習動機對數學學業成就達顯著影響；張芳全（2021a）針對高中生的研究中發現，學生數學學習動機愈高，愈有較佳的數學素養。

綜上所述，學生的成就動機在不同的解釋與定義之下，無論是對數學成就或是數學素養，成就動機具有一定的影響力，而在本研究所採用的成就動機而言，強調為學生本身具有的特質所表現出的狀態，研究者並不預設學生於某學科上的動機，而是觀察學生在一般

情況之下的「競爭態度」、「失敗恐懼」及「精熟任務動機」對其數學素養表現的影響，以探究臺灣 15 歲青少年的成就動機與數學素養關聯。

（一）競爭態度（Competitiveness）

競爭態度為個體超越他人的傾向慾望（OECD, 2019），為有關個體是否喜歡競爭之信念，包含希望能勝過別人以維持或提升自我價值，以及透過比較來達成成長與進步（陸怡琮等人，2021）。教育現場常見教師利用小組競賽或是加分制度來引起學生的學習動機，競爭情境存在促進某些成就表現的效果，但亦會引發高的焦慮（蘇郁嵐、陳李綢，2007），而 Nicholls（1979）認為在強調競爭之教育情境中，學童會因學習的成敗影響其知覺，導致不同高低學業成就的學童在成就行為的表現上產生差異，因此競爭態度的高低程度對學生的表現有一定的影響力，但仍須留意是否帶來學生其他特質的影響，例如是否有正確的競爭意識，或是否為良性的競爭。

在 PISA 2018 的學生問卷當中，「競爭態度量表」以詢問學生對自身有關競爭態度的看法，如「我喜歡在與他人競爭的情況下工作。」、「對我來說在工作上表現得比他人好是重要的。」及「當與他人競爭時，我會更加努力。」，主要聚焦於競爭與比較的情境，以評量學生的競爭態度。

（二）精熟任務動機（Work Mastery）

精熟任務動機為個體透過努力工作來完成任務的傾向慾望（OECD, 2019），為個體在面對有挑戰性之問題或工作時，促使個體獨立嘗試解決問題或完成工作的內在力量（陸怡琮等人，2021），而另一種說法為精熟動機（mastery motivation），為個體內在欲克服環境挑戰、精熟技巧之心理動機（Barrett & Morgan, 2018），精熟動機主要為在問題解決情境中所展現的動機，不只為個體為控制環境而單獨面對挑戰之構念，亦為善用與整合資源以解決問題（黃素英、雷庚玲、陳怡潔，2009）。綜上所述，精熟任務動機聚焦於努力以及面對挑戰，當面對問題時會努力克服之心理狀態。

PISA 2018 學生問卷以「精熟任務動機量表」詢問學生對自身有關精熟任務動機的看法，如「我從盡力工作中找到滿足感。」、「我一旦開始一項任務就一定會堅持完成它。」、「我從做事得到的部分樂趣是，我可以改善我過去的表现。」及「如果是我不擅長的事，我會繼續努力去精熟它，而不是改去做我擅長的事。」，從題項敘述亦可發現到該量表聚焦於個體的努力以及盡力的狀況，表達出正向積極的態度面對挑戰與問題，藉由該量表以反映學生的精熟任務動機。

（三）失敗恐懼（Fear of Failure）

失敗恐懼為普遍的自我保護傾向，避免潛在的錯誤與失敗，因為他們被認為是可恥的，可能比考試焦慮更能預測現實生活中的認知成就（OECD, 2019）；害怕失敗為一種影響個體於成就情境中產生負面成就行為的心理要素（林俊廷、卓國雄，2011）；失敗恐懼為一種試

圖避免失敗之傾向，個體在完成一項任務時會預期感到羞恥或尷尬 (Elliot & Thrash, 2004)。綜上所述，失敗恐懼為自我保護之傾向，因為害怕失敗所帶來的後果所產生之畏懼心態，而臺灣學生在失敗恐懼為參與 PISA 2018 計畫國家之首，此現象對素養表現影響為何，將是本研究要探討的。

PISA 2018 學生問卷以「失敗恐懼量表」詢問學生對自身有關失敗恐懼的看法，如「當我失敗時，我會擔心他人對我的看法。」、「當我失敗時，我害怕我沒有足夠的才能。」及「當我失敗時，會讓我懷疑對未來的計畫。」，從題項敘述亦可發現到該量表聚焦在失敗後所帶來的後果，如他人的看法、害怕自己沒有足夠的才能或是懷疑自身計畫，藉由該量表以反映學生的失敗恐懼。

三、數學素養 (Mathematical literacy)

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，而情境脈絡牽涉到「個人」、「社會」、「職業」及「科學」，內容領域牽涉到「數量」、「不確定性與資料分析」、「改變與關係」及「空間與形狀」，數學歷程分別為「形成數學情境」、「應用數學概念、事實、程序及推理」及「詮釋、應用及評鑑數學結果」，PISA 以上述架構編製數學素養試題，以測量學生的數學素養。

以 PISA 2018 的調查結果而言，臺灣學生數學素養的表現平均為 531 分，顯著高於 OECD 的平均數 (489 分)，而臺灣學生的數學素養表現相當於參與計畫國家中的第五名，顯示臺灣學生在數學上的優異表現。本研究以臺灣學生作為研究對象，因此研究者搜尋國內關於 PISA 數學素養的相關文獻，以探討影響數學素養的可能因素，在學術論文當中，大多以社經地位 (陳允琳, 2016)、動機 (郭宗瀚, 2015; 蔡欣潔, 2022) 或資訊與通信科技 ICT (吳炎冠, 2012; 張雨恬, 2016) 作為解釋變項，在期刊論文當中，從中學生閱讀策略使用 (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，在眾多面向之下，幾乎無從成長或固定心態的角度探討成就動機與數學素養關聯探討，因此本研究以不同心態作為主軸，探討成就動機對數學素養的影響。

四、不同心態、成就動機與數學素養之關聯

成長心態的學生相信自己的智力是可以發展、成長的，通常學業表現會優於認為自己智力是固定的學生 (Dweck, 2015)，原因可能是當固定心態學生遇到數學問題時，他們往往感到恐懼、責備、憤怒與崩潰，而成長心態學生可能因其心理韌性較高，而表現出較好的學業表現 (張淳熙、陳柏熹, 2022)。不過 Mielicki、Schiller、Fitzsimmons、Scheibe 與 Thompson (2022) 則否定了成長心態對特定的數學態度有關，他們認為可能是評定成長心態的量表試題可能沒有特別指涉數學。綜上，本研究認為即使 PISA 2018 所調查的心態並

未特別指涉在特定學習情境，對於自己智力的看法可能影響了學生整體的學習信念與態度，故仍有其參考價值。此外，對於社經地位弱勢學生而言，倘若學生認為自己的智力可以隨著時間的推移而增長，這個信念能協助他提升數學參與度，尤其後設認知策略對於社經地位弱勢的學生更慎重重要 (Wang et al., 2021)。目前國內文獻較少談及成就動機對於數學素養表現有何影響，因此，本研究旨在瞭解成就動機與數學素養之關聯，以及進一步進行不同心態學生之間的比較。

在相關研究當中，張淳熙與陳柏熹 (2022) 利用 PISA 2018 的資料進行不同心態學生對其閱讀素養表現的影響，無論是成長心態或是固定心態的學生，恐懼失敗能正向預測學生的閱讀素養，表現目標 (本研究稱為競爭態度) 則未達到顯著，而本研究探討的面向為數學素養，以探測成就動機構面下的「競爭態度」、「失敗恐懼」及「精熟任務動機」對數學素養的影響。

五、不同性別、不同社經地位與數學素養之關聯

PISA 過去幾項研究顯示數學素養表現大多呈現男生優勢的情形，而各國家性別平等程度對於性別表現差距有一定程度的影響，意即女生在性別平等的社會中，表現相對較好 (Breda, Jouini, & Napp, 2018; González de San Román & De la Rica, 2016)。Zhou、Fan、Wei 與 Tai (2017) 研究探討了一種新形式的普遍性別不平等：研究者使用 PISA 2003 和 PISA 2012 的跨十個國家地區的 PISA 資料，檢視高成就者的數學性別差距，發現即使控制了背景變項，性別差距仍受到學校教育、社會態度等影響，教育界應重視並檢視這種性別不平等對於日後培養 STEM 人才的影響。國內關於數學素養表現的性別探討則有不同的研究結果：黃秀雯與王采薇 (2019) 蒐集 2006 至 2015 年國內學生參與 PISA 的表現資料，發現男女學生在數學素養表現已無顯著差異，然女學生的自我效能、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；張芳全 (2021a) 指出男生數學素養表現明顯較好，且自我教育期望與數學學習動機愈高，數學素養表現愈好。綜上，數學素養表現可能受到性別影響，而性別表現差距可能受到國家社會的性別平等、性別刻板印象影響，故本研究在最後控制了性別的影響，檢視成就動機與數學素養表現之關聯。

家庭社經地位往往是影響學生數學學習表現之重要因素 (張芳全, 2021b; An, Wang, Yang, & Du, 2019)，家庭社經地位亦可透過數學學習動機、學業發展自我效能等間接影響數學學習表現 (邱仕凱, 2018; 張芳全, 2022; 龔心怡等人, 2009)。Hascoët、Giaconi 與 Jamain (2021) 根據期望價值理論 (expectancy-value theory) 探討家庭社經地位與父母的期望對於學生數學自我概念和數學表現之影響，其研究同時發現父母的期望是基於父母支持子女教育的能力，以及他們子女以前的學習表現。綜上，家庭社經地位對於學生的數學學習表現有顯著的影響力，故本研究在最後亦控制了社經地位的影響，檢視成就動機與數學素養表現之關聯。

參、研究方法

一、研究對象

本研究利用 PISA 2018 所釋出的資料進行分析，而 PISA 所施測的對象皆為 15 歲青少年，而對應於臺灣的學制而言，九年級學生約佔三分之二，十年級學生約佔三分之一，本研究以有參與 PISA 2018 評比之臺灣 15 歲青少年進行分析。參與 PISA 2018 的學生共有 7243 名學生，為使研究結果更為具體化且能夠推論至臺灣整體學生（母群），研究者在刪除未作答及遺漏值後，利用資料庫中的 W_FSTUWT 進行加權，即臺灣 15 歲學生總人數為 217911 名，其中男學生為 108619 名（49.8%），女學生為 109292 名（50.2%）。

PISA 2018 問卷詢問學生對智力改變的想法，題項敘述為：「你無法對你的智力做很多改變。」，讓學生根據自身特質回應非常同意、同意、不同意及非常不同意，如果學生填答非常同意及同意，表示該生傾向認為自己無法改變智力，因此將該類學生歸類為「固定心態」；反之，如學生回答不同意及非常不同意，表示該生傾向認為自己能夠改變智力，因此將該類學生歸類為「成長心態」。根據 PISA 2018 臺灣資料顯示，可以歸類於「固定心態」的學生共有 86893 名（39.9%），歸類於「成長心態」的學生共有 131018 名（60.1%），後續將以這兩種心態為分類依據進行探討。

二、研究工具

（一）競爭態度量表

PISA 2018 利用「競爭態度量表」以測量學生的競爭態度，如表 1 所示。題目為「關於你自己，你有多同意下列敘述？」，讓受試者根據題項敘述，依據自身程度填答非常同意、同意、不同意或非常不同意，如果學生分數愈高，則表示該生有愈高的競爭態度，可能會表現出較強的競爭心態。該量表在臺灣地區的信度為 0.75（OECD, 2020）。

（二）精熟任務動機量表

PISA 2018 利用「精熟任務動機量表」以測量學生的精熟任務動機，如表 1 所示。該量表編碼為 ST182，題目為「關於你自己，你有多同意下列敘述？」，讓受試者根據題項敘述，依據自身程度填答非常同意、同意、不同意或非常不同意，如果學生分數愈高，則表示該生有愈高的精熟任務動機，表現出較積極與持續努力的態度。該量表在臺灣地區的信度為 0.79（OECD, 2020）。

（三）失敗恐懼量表

PISA 2018 利用「失敗恐懼量表」以測量學生的失敗恐懼，如表 1 所示。該量表編碼為 ST183，題目為「你有多同意下列敘述？」，讓受試者根據題項敘述，依據自身程度填答非

常同意、同意、不同意或非常不同意，如果學生分數愈高，則表示該生有愈高的失敗恐懼，對於失敗的結果有較多的害怕反應。該量表在臺灣地區的信度為 0.86 (OECD, 2020)。

表 1
PISA 2018 成就動機三個構面量表

變項	編碼	題項敘述
競爭態度	ST181	1. 我喜歡在與他人競爭的情況下工作。 2. 對我來說在工作上表現得比他人好是重要的。 3. 當與他人競爭時，我會更加努力。
精熟任務動機	ST182	1. 我從盡力工作中找到滿足感。 2. 我一旦開始一項任務就一定會堅持完成它。 3. 我從做事得到的部分樂趣是，我可以改善我過去的表現。 4. 如果是我不擅長的事，我會繼續努力去精熟它，而不是改去做我擅長的事
失敗恐懼	ST183	1. 當我失敗時，我會擔心他人對我的看法。 2. 當我失敗時，我害怕我沒有足夠的才能。 3. 當我失敗時，會讓我懷疑對未來的計畫。

(四) 數學素養評量

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，而情境脈絡牽涉到「個人」、「社會」、「職業」及「科學」，內容領域牽涉到「數量」、「不確定性與資料分析」、「改變與關係」及「空間與形狀」，數學歷程分別為「形成數學情境」、「應用數學概念、事實、程序及推理」及「詮釋、應用及評鑑數學結果」，PISA 以上述架構編製數學素養試題，以測量學生的數學素養。數學素養評量在臺灣地區的信度為 0.88 (OECD, 2020)。

三、研究變項

PISA 2018 利用試題反應理論 (item response theory, IRT) 的部份給分模式 (partial credit model, PCM) 將學生各變項之構面進行標準化 (OECD, 2020)，合併學生在該量表上的回應作為該構面之指標，轉化為平均數為 0 而標準差為 1 的標準分數 (weighted likelihood estimates, WLE)，如該分數為正值，代表該生擁有相對於 OECD 平均較強的特質。

(一) 結果變項

臺灣地區 PISA 2018 十個數學素養似真值 (Plausible values)。PISA 2018 數學素養量尺分數係透過 OECD 國家平均表現設定為平均數 500、標準差 100 再進行線性轉換而成。研究者考量到學生可能的能力值範圍，因此將學生的十個分數進行平均，為該生的數學素養表現，作為後續的分析依據。

(二) 解釋變項

成就動機係透過 PISA 2018 三個量表（競爭態度、精熟任務動機與失敗恐懼）分別計分，試題設計皆在瞭解學生於一般學習情境下所表現的成就動機，依據學生回答「非常不同意」至「非常同意」給予 1 至 4 分，若學生在各題勾選的分數愈高，表示學生愈同意自己有這些表現。本研究使用之解釋變項的量尺化程序以及構念效度可參見 PISA 2018 技術報告第 16 章（OECD, 2020）。

(三) 背景變項

性別：研究者將女學生編碼為 0，男學生編碼為 1。

社經地位：研究者參考洪碧霞、林素微與吳裕益（2011）之研究僅將社經地位分為四個等級，分別為最低 25%、次低 25%、次高 25%與最高 25%。

四、資料處理

本研究以 IBM SPSS Statistics 25.0 進行資料處理。首先以敘述統計針對臺灣 15 歲學生進行各變項的初步探討，觀察不同心態學生在「競爭態度」、「精熟任務動機」、「失敗恐懼」等成就動機構面與「數學素養」的分數概況。研究者續以利用 Pearson 積差相關瞭解各變項之間的關聯性，作為後續研究之判斷依據。

本研究著重於探討不同心態學生在成就動機各構面的表現以及數學素養上是否有顯著的差異，因此，研究者利用獨立樣本 t 檢定，探討「成長心態」及「固定心態」學生在各變項上是否存在顯著差異。最後，研究者利用階層迴歸以探討不同心態學生成就動機與數學素養之影響差異為何，因此以數學素養作為依變項，在第一階層放入「性別」及「社經地位」以作為背景變項，控制背景因素的影響，而在第二層放入「競爭態度」、「精熟任務動機」及「失敗恐懼」等解釋變項，觀察各變項對數學素養的影響程度與效果量為何。關於不同心態之臺灣學生成就動機三個構面與數學素養關聯研究之標準化迴歸方程式如下：

$$Y = \beta_1(X_1) + \beta_2(X_2) + \beta_3(X_3) + \beta_4(X_4) + \beta_5(X_5)$$

迴歸方程式中 Y 代表不同心態學生之數學素養，即成長心態、固定心態學生之數學素養。所投入的變項依序為性別（ X_1 ）、社經地位（ X_2 ）、競爭態度（ X_3 ）、精熟任務動機（ X_4 ）與失敗恐懼（ X_5 ）。若所投入之變項為正值，即表示這些變項的反應數值愈高，學生在數學素養表現愈好。

肆、研究結果

一、不同心態學生成就動機構面及數學素養之描述性統計

研究者根據不同心態的臺灣學生進行成就動機構面及數學素養的描述統計(詳如表 2, 從各變項的分數來看, 成就動機構面的平均數皆大於 0, 表示不同心態學生在「競爭態度」、「精熟任務動機」及「失敗恐懼」表現上皆大於 OECD 平均, 而兩組學生的數學素養約落在 527 分到 539 分, 約為 PISA 所定義之水準 3 之程度。

接著比較兩組數據上的差異, 以數學素養而言, 成長心態學生 ($M = 538.55, SD = 88.72$) 優於固定心態學生 ($M = 527.26, SD = 96.18$), 而從成就動機的構面來看, 以競爭態度來看, 成長心態學生 ($M = 0.38, SD = 0.85$) 優於固定心態學生 ($M = 0.26, SD = 0.84$), 以失敗恐懼而言, 成長心態學生 ($M = 0.52, SD = 0.91$) 低於固定心態學生 ($M = 0.89, SD = 0.83$), 表示固定心態的學生在失敗恐懼較成長心態學生高, 可能認為智力無法改變的學生害怕失敗所帶來的後果, 與 Dweck (2006) 的研究發現雷同, 在精熟任務動機上, 成長心態學生 ($M = 0.24, SD = 0.87$) 優於固定心態學生 ($M = 0.13, SD = 0.86$), 研究者將進行更深入的探討。

從成就動機的三個構面來看, 成長心態的學生比起固定心態學生有較強的「競爭態度」及「精熟任務動機」, 皆為正向積極的面向表現, 而無論是哪種心態的學生, 皆為「精熟任務動機」之平均表現較低, 以 OECD 平均而言, 臺灣學生的精熟任務動機表現高於平均, 而在成就動機構面的比較之下, 臺灣學生可能較外在、表現動機上有較強的表現, 而內在動機如「工作中找到滿足感」或是「找到做事樂趣」等是否有較低的現象, 未來可進行更深入的探討。

表 2
臺灣不同心態學生之成就動機構面及數學素養描述性統計摘要表

變項	成長心態		固定心態	
	平均數	標準差	平均數	標準差
競爭態度	.38	.85	.26	.84
精熟任務動機	.24	.87	.13	.86
失敗恐懼	.52	.91	.89	.83
數學素養	538.55	88.72	527.26	96.18

二、不同心態學生成就動機構面及數學素養之相關性分析

研究者針對各變項進行 Pearson 積差相關, 以探討各變項之間的相關性為何及是否達到顯著, 如表 3 所示, 無論是成長心態或是固定心態的學生, 兩組學生在成就動機構面與

數學素養的相關性皆為顯著的正相關，成長心態學生之成就動機構面與數學素養的相關性約為 .10 到 .15 之間，為顯著的低度正相關，解釋力約為 1%至 2.3%；固定心態學生之成就動機構面與數學素養的相關性約為 .06 到 .13 之間，為顯著的低度正相關，解釋力約為 0.4%至 1.7%，從整體相關性而言，固定心態學生較成長心態學生低，可能是成長心態的學生較易受到成就動機的因素影響；其中「競爭態度」與「精熟任務動機」有相當高的相關性，從構面性質上皆為正向且積極的狀態，競爭態度強調表現，從競爭的過程中帶來正向感受，而精熟任務動機則強調內在的努力以及滿足感，後續進行迴歸分析時，可探討兩者變項對數學素養的差異為何。

接著從社經地位來看，成長心態學生之社經地位與數學素養的相關性為 .32，為顯著的低度正相關；固定心態學生之社經地位與數學素養的相關性為 .41，為顯著的中度正相關；接著檢視社經地位與成就動機構面的相關性，成長心態學生之社經地位與成就動機構面皆為顯著的低度正相關，而社經地位與失敗恐懼為顯著的低度負相關。綜上所述，社經地位與成就動機構面及數學素養普遍為正向的相關性，唯固定心態之社經地位與失敗恐懼為負向關聯，未來可進一步探討以釐清可能原因；其中社經地位對於數學素養的解釋力約為 10%至 17%，顯示運用社經地位分析的重要性。

表 3
臺灣不同心態學生之成就動機構面及數學素養相關性摘要表

心態組型	構面	數學素養	競爭態度	精熟任務動機	失敗恐懼
成長 心態	數學素養	1			
	競爭態度	.15**	1		
	精熟任務動機	.10**	.52**	1	
	失敗恐懼	.11**	.22**	.16**	1
	社經地位	.32**	.11**	.10**	.01**
固定 心態	數學素養	1			
	競爭態度	.13**	1		
	精熟任務動機	.06**	.48**	1	
	失敗恐懼	.08**	.23**	.19**	1
	社經地位	.41**	.08**	.02**	-.01**

** $p < .01$

三、不同心態學生成就動機構面及數學素養之差異性分析

研究者續以利用獨立樣本 t 檢定檢視不同心態學生在成就動機構面及數學素養上是否有顯著差異，首先檢視各變項的 Levene 變異數同質性檢定， F 值皆達到顯著 ($F = 151.18$ 、 195.75 、 193.79 、 903.89 ， $p < .01$)，因此採用變異數不同質之相關數據。如表 4 所示，臺灣不同心態學生在各變項皆有顯著差異，即成長心態學生於競爭態度、精熟任務動機及數學

素養上皆顯著大於固定心態學生，而固定心態學生則在失敗恐懼上顯著大於成長心態學生，表示成長心態學生有較積極正向的追求目標動機以及較佳的數學素養表現，而固定心態學生則有較高的失敗恐懼，後續將進行迴歸分析，以觀測各變項之影響力。

研究者續以探討各變項獨立樣本 t 檢定之效果量，發現僅失敗恐懼之效果量為接近中度的效果量，而其他變項為低度的效果量，由此可知，在成就動機三構面與數學素養下，不同心態學生在失敗恐懼之表現差異最接近真實情況，與 Dweck (2017) 研究結果相呼應，固定心態學生面對失敗較容易內化失敗的想法，產生「我是失敗的」之負面想法。

表 4

臺灣不同心態學生之成就動機構面及數學素養獨立樣本 t 檢定摘要表

變項	群	平均數	標準差	群體差異	t 值	df	$Cohen's d$																												
競爭態度	成	0.38	0.85	0.12	31.84**	187730.32	0.14																												
	固	0.26	0.84					精熟任務動機	成	0.24	0.87	0.12	31.01**	188231.80	0.13	固	0.13	0.86	失敗恐懼	成	0.52	0.91	-0.37	-98.32**	196878.67	0.42	固	0.89	0.83	數學素養	成	538.55	88.72	11.28	27.65**
精熟任務動機	成	0.24	0.87	0.12	31.01**	188231.80	0.13																												
	固	0.13	0.86					失敗恐懼	成	0.52	0.91	-0.37	-98.32**	196878.67	0.42	固	0.89	0.83	數學素養	成	538.55	88.72	11.28	27.65**	175552.16	0.12	固	527.26	96.18						
失敗恐懼	成	0.52	0.91	-0.37	-98.32**	196878.67	0.42																												
	固	0.89	0.83					數學素養	成	538.55	88.72	11.28	27.65**	175552.16	0.12	固	527.26	96.18																	
數學素養	成	538.55	88.72	11.28	27.65**	175552.16	0.12																												
	固	527.26	96.18																																

註：群別中的「成」表示成長心態學生；「固」表示固定心態學生。

** $p < .01$

四、不同心態學生成就動機構面及數學素養之迴歸分析

研究者續以利用階層迴歸分析檢視臺灣不同心態學生之成就動機構面對其數學素養之影響，首先檢視迴歸模式的共線性問題，研究者透過條件指數 (conditional index, CI) 進行判斷，如表 5 所示，不同心態之各種模式 CI 值皆小於 10，當 CI 值小於 30 則表示共線性問題緩和 (邱皓政, 2019)，因此本研究之各模型無共線性之問題。

接著檢視各模型之迴歸係數，首先研究者在不同群組之模式 1 放入性別及社經地位，以作為學生背景變項的預測與控制，而成長心態 ($F = 7653.99, p < .01$) 與固定心態 ($F = 8573.20, p < .01$) 之模式 1 皆達到顯著，從不同心態之係數來看，性別與社經地位皆為顯著的正向迴歸係數，表示男學生有較佳的數學素養表現，而當提升社經地位 1 個程度，成長心態學生的數學素養會增加 25.73，固定心態學生的數學素養會增加 34.59，由此可發現對固定心態學生而言，社經地位相對於成長心態學生有較大的影響力。

在控制背景變項之影響後，模式 2 放入競爭態度、失敗恐懼及精熟任務動機等成就動機之構面，成長心態 ($F = 3725.30, p < .01$) 與固定心態 ($F = 3747.33, p < .01$) 之模式 2 皆達到顯著，從成長心態之係數來看，三構面皆達顯著的正向影響，當提升競爭態度 1 個單位，數學素養會增加 9.19 分，當提升失敗恐懼 1 個單位，數學素養會增加 8.41，當提升

精熟任務動機 1 個單位，數學素養會增加 1.32 分；從固定心態之模式 2 來看，唯精熟任務動機未達顯著，其餘變項則為顯著的正向預測，當提升競爭態度 1 個單位，數學素養會增加 9.24 分，當提升失敗恐懼 1 個單位，數學素養會增加 7.4 分，而精熟任務動機未達顯著，可能為固定心態的學生較無受到精熟任務動機之影響，且從係數而言為負值，是否因智力無法改變而較無強烈努力或者是挑戰的意願，導致變項的不顯著甚至為負向預測，未來可進行相關研究。

綜觀兩種不同心態學生之迴歸分析的結果，從背景變項來看，無論是哪個心態的學生皆為「男性」有較佳的數學素養，不過 PISA 2018 臺灣學生的表現報告呈現的是數學素養表現為男學生略高於女學生，但統計上未達顯著差異，即本研究結果與 PISA 2018 臺灣報告結果不盡相同，因此，我們需思考「性別」對於不同心態學生於模式上所帶來的影響究竟扮演什麼樣的角色，未來可進行更深入的研究；從社經地位的角度來看，無論是哪種心態的學生，社經地位皆佔最高的解釋力，顯示社經地位對於臺灣學生數學素養的影響性更為重要。越高程度的社經地位對數學素養而言為正向的效果，如楊淑萍與林煥祥（2010）針對 PISA 2013 的研究中發現，擁有完整經濟或文化資源的學生，在數學素養上顯著大於其他的同儕，對於教育現場而言，我們應思考如何幫助社經地位低落的學生解決在學習上所遇到的狀況；在成就動機構面當中，兩種心態學生唯一的差別在於「精熟任務動機」的影響，對於成長心態的學生而言，努力、堅持及精熟等特質為重要的，這樣的動機可促進數學素養的增加，而對於固定心態的學生而言，精熟任務動機的影響為不顯著且可能為負向影響，未來可進行更深入的研究。

從各模型之解釋力得知，成長心態之模式解釋力約為 11%到 12%，而固定心態之模式解釋力約為 15%到 16%，放入成就動機構面後所增加的解釋力約為 1%，可能仍有其他因素未被發覺，未來可進行相關研究。

表 5
臺灣不同心態學生之成就動機構面及數學素養迴歸分析摘要表

	成長心態		固定心態	
	模式 1 $b(\beta)$	模式 2 $b(\beta)$	模式 1 $b(\beta)$	模式 2 $b(\beta)$
常數項	470.88**	464.03**	440.69**	432.45**
性別	4.75 (.03)**	6.94 (.04)**	3.16 (.02)**	4.11 (.02)**
社經地位	25.73 (.32)**	24.75 (.31)**	34.59 (.41)**	34.12 (.40)**
競爭態度		9.19 (.09)**		9.24 (.08)**
精熟任務動機		1.32 (.01)**		-0.44 (-.04)
失敗恐懼		8.41 (.09)**		7.40 (.06)**
F 值	7653.99	3725.30	8573.20	3747.33
$Adj-R^2$	0.11	0.12	0.17	0.18
ΔR^2		0.01		0.01
CI	8.20	9.45	7.92	9.44

** $p < .01$

伍、結論與建議

一、結論

本研究透過分析 PISA 2018 臺灣資料，探討成長心態或固定心態學生在成就動機與數學素養表現關連與比較，其結論如下：

- (一) 成長心態學生在競爭態度、精熟任務動機、數學素養表現均優於固定心態學生，顯示成長心態學生在數學學習上所展現的積極、熱情與毅力，使他們願意接受挑戰，以持續精進自己在數學領域的能力。
- (二) 無論是成長心態學生或是固定心態學生，他們擁有越高程度的失敗恐懼，反而能獲得較好的數學素養表現，這可能是華人社會深受儒家文化影響所有的獨特現象，個人倘若不努力則可能被視為未善盡角色義務（張淳熙、陳柏熹，2022；符碧真、陳舜文、危芷芬、王秀槐，2021；Wang & Lin, 2020），相反地，個人無論基於內在或外在學習動機，皆會因學習投入而產生道德滿足感，致使數學表現較好的成長心態學生，同樣會因為社會他人的期待與評價而影響對自己在數學學習上的努力價值。
- (三) 無論是成長心態學生或是固定心態學生，男學生的數學素養表現均優於女學生，而且成長心態學生的性別對於數學素養的影響勝於固定心態學生，顯示成長心態的男學生往往更願意挑戰各種數學學習任務，而且遇到數學難題也能擁有較好的自我調適與應對方式，致使拉大了性別差距。
- (四) 社經地位對於固定心態學生在數學素養表現影響勝過成長心態學生，顯示固定心態學生認為自己的才華與智力是與生俱來的，他們可能認為要生長在學習資源較為優渥的家庭，才能表現出較好的學業成就。

二、建議

(一) 教學建議

1. 教師在數學課堂上應試圖調整學生的學習心態

成長心態學生在競爭態度、精熟任務動機、數學素養表現均優於固定心態學生。倘若教師在日常生活及數學課堂上可以試圖調整學生的學習心態，除了協助他們努力完成學習任務或是嘗試新的學習策略（Dweck, 2015），也需要在學生學習過程教導他們成功是透過努力與學習而成的信念與態度（張淳熙、陳柏熹，2022），尤其是學生遇到學習困境時，需積極傳遞對努力的看法與讚揚他們（Dweck & Yeager, 2019），使他們相信可經由成長心態挑戰與克服困難，以提升其數學學習動力與成就。

2. 教師及家長應肯定學生的能力與努力

即使是表現相對較好的成長心態學生，在數學學習之路同樣深受失敗恐懼之困擾。因此，當學生陷入學習困境甚至失敗時，教師及家長可以嘗試欣賞他們過往的努力（Dweck, 2015），肯定他們願意努力的心意、協助他們省思挫敗的價值、擬定相對容易成功的學習目標與策略，相信他們終將可以在數學學習上獲得成就感。

3. 教師應重視不同性別、不同社經地位學生在數學學習之特質與需求

成長心態學生在成就動機對數學素養影響的性別差距相較於固定心態學生較甚，而固定心態學生的表現較容易受到社經地位之影響，我們需注意到不同性別、不同社經地位之學生中可能陷入習得無助的學習困境，例如數學學習傾向弱勢的族群可能較容易迴避挑戰與失敗（丁毓珊、葉玉珠，2021b）。因此，研究者建議教師在數學課堂上應努力突破框架或成見，盡可能瞭解數學學習較為弱勢的學生數學方面的學習特質與需求，例如提供差異化的學習教材與教學設計、個別化的協助（張芳全，2021b），以求更豐富的學習機會與發展可能。

（二）研究建議

本研究僅探討 PISA 2018 臺灣資料，不同心態的學生在成就動機與數學素養的關聯可能會因不同的學習階段、不同的社會文化環境而有其他的結果。因此，是否同樣的研究結果能夠推論到其他學習階段、其他國家地區，需要未來研究者對此議題進行進一步可能的探討。

本研究僅將性別、社經地位納入背景變項探討，建議未來對此議題感興趣的研究者可以嘗試納入其他背景變項，例如家庭結構、接受學前教育與否、留級與否等，探討這些背景變項對於不同心態學生的影響程度為何。此外，過去研究顯示不同性別、不同年級學生在學習心向存在差異（丁毓珊、葉玉珠，2021b），故未來研究者可嘗試探討不同心態學生在成就動機與數學素養之性別、年級差異。

PISA 2018 僅以認為自己對智力可否做出許多改變一問題將學生分為成長心態或固定心態，又成長與固定心態並非完全相對的概念，學生可能同時擁有這兩種心態，僅程度差異而已（丁毓珊、葉玉珠，2021a），故未來研究者可參考 Dweck（2006）對於兩種心態之定義，針對不同學習情境、信念與態度衡量學生的學習心態傾向，以做適切的分類。另，PISA 2018 僅在一般學習情境下探討成就動機的三個構面，研究者建議未來感興趣的研究者可以參考成就動機理論或其他與成就動機可能有關聯之理論、因素，並嘗試應用於數學學習情境，以檢視不同心態學生的成就動機與數學素養關聯是否與本研究結果類似。

參考文獻

- 丁毓珊、葉玉珠 (2021a)。國中生學習心向、學習自我效能與學習適應之關係：以自我調整學習為中介變項之路徑模式分析。《教育研究與發展期刊》，17 (2)，83–117。doi: 10.6925/SCJ.202106_17(2).0003 【Ting, Yu-Shan, & Yeh, Yu-Chu (2021a). The relationship of learning mindset, learning self-efficacy, and learning adaptation among junior high school students: Path model analysis of using self-regulation as a mediator. *Journal of Educational Research and Development*, 17(2), 83–117. doi: 10.6925/SCJ.202106_17(2).0003 (in Chinese)】
- 丁毓珊、葉玉珠 (2021b)。國中生智能心向與學習心向量表之發展。《測驗學刊》，68 (4)，317–346。【Ting, Yu-Shan, & Yeh, Yu-Chu (2021b). Developing the inventory of intelligence mindset and learning mindset for junior high school students. *Psychological Testing*, 68(4), 317–346. (in Chinese)】
- 吳炎冠 (2012)。PISA 2009 亞洲國家地區學生 ICT 與數學素養表現關係之探討〔未出版之碩士論文〕。國立臺中教育大學，臺中市。【Wu, Yen-Kuan (2012). *Investigation on relationship between ICT and mathematics literacy for Asian students* (Unpublished master's thesis). National Taichung University of Education, Taichung. (in Chinese)】
- 林俊廷、卓國雄 (2011)。以社會學習的觀點看父母期望、父母教養方式對學童運動選手害怕失敗的影響。《成大體育學刊》，43 (2)，43–55。doi: 10.6406/JNCKUPER.201110_43(2).0004 【Lin, Chun-Ting, & Cho, Kuo-Hsuing (2011). The influence of family socialization process on children's fear of failure. *Journal of National Cheng Kung University Physical Education Research*, 43(2), 43–55. doi: 10.6406/JNCKUPER.201110_43(2).0004 (in Chinese)】
- 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。doi: 10.6610/TJMT.201804_39(1).0001 【Lin, Su-Wei (2018). The investigation of relationship between mathematics teacher support and mathematical literacy: A secondary analysis of Taiwan PISA 2012 data. *Taiwan Journal of Mathematics Teachers*, 39(1), 1–17. doi: 10.6610/TJMT.201804_39(1).0001 (in Chinese)】
- 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, Su-Wei (2019). Relationship between reading strategies and mathematical literacy. *Psychological Testing*, 66(3), 213–248. (in Chinese)】
- 林清山、張景媛 (1993)。國中生後設認知、動機信念與數學解題策略之關係研究。《教育心理學報》，26，53–74。doi: 10.6251/BEP.19930701.3 【Lin, Chen-Shan, & Chang, Ching-Yuan (1993). A study of the relationship between junior high school students' metacognition, and mathematics problem-solving strategies. *Bulletin of Educational Psychology*, 26, 53–74. doi: 10.6251/BEP.19930701.3 (in Chinese)】
- 邱仕凱 (2018)。家庭社經地位與學業成就關係之研究—以學業發展自我效能為中介變數。《教育學誌》，40，59–120。【Chiu, Shih-Kai (2018). A study of the relationship between family Socio-Economic Status (SES) and academic achievement: Using academic development self-efficacy as mediator variable. *Journal of Education*, 40, 59–120. (in Chinese)】
- 邱皓政 (2019)。《量化研究與統計分析：SPSS 與 R 資料分析範例解析》(第六版)。臺北市：五南。【Chiou, Haw-Jeng (2019). *Quantitative research and statistical analysis: Analysis of SPSS and R data analysis examples* (6th ed.). Taipei: Wu-Nan Book Inc. (in Chinese)】

- 洪碧霞 (主編) (2021)。PISA 2018 臺灣學生的表現。新北市：心理出版社。【Hung, Pi-Hsia (Ed.). (2021), *PISA 2018 Taiwanese Students Performance*. New Taipei: Psychological Publishing Co., Ltd. (in Chinese)】
- 洪碧霞、林素微、吳裕益 (2011)。臺灣九年級學生閱讀樂趣與策略對 PISA 閱讀素養解釋力之探討。《課程與教學》，14 (4)，1–23。doi: 10.6384/CIQ.201110.0002 【Hung, Pi-Hsia, & Lin, Su-Wei, & Wu, Yuh-Yih (2011). The Predicting power of reading enjoyment and strategy for Taiwan 9th graders' PISA reading literacy. *Curriculum & Instruction Quarterly*, 14(4), 1–23. doi: 10.6384/CIQ.201110.0002 (in Chinese)】
- 徐富珍 (2015)。動機與情緒。載於陳皎眉 (主編)，心理學 (二版，頁 265–300)。臺北市：雙葉書廊有限公司。【Hsu, Fu-Chen (2015). Motivation and Emotions. In Chen, Jeaw-Mei (Ed.), *Psychology* (2nd ed., pp. 265–300). Taipei: Yeh Yeh Book Gallery.(in Chinese)】
- 張玉茹、江芳盛 (2013)。師生關係、學習動機與數學學業成就模式之驗證—以 PISA 2003 資料庫為例。《測驗統計年刊》，21，91–121。【Chang, Yu-Ju, & Chiang, Fang-Shen (2013). Teacher-student relationship, learning motivation and learning achievement in mathematics-A verification using PISA 2003 database. *Journal of Research on Measurement and Statistics*, 21, 91–121. (in Chinese)】
- 張芳全 (2021a)。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。doi: 10.6423/HHHC.202107_(134).0002 【Chang, Fang-Chung (2021a). The factors of high school students' performance in mathematics literacy: Self-education expectations and mathematics learning motivation as mediators. *School Administrators*, 134, 23–58. doi: 10.6423/HHHC.202107_(134).0002 (in Chinese)】
- 張芳全 (2021b)。國中生的家庭背景、家庭學習資源、學習動機、教育期望、自然學習成就對數學學習成就影響之研究。《臺北市立大學學報·教育類》，52 (2)，1–30。doi: 10.6336/JUTEE.202112_52(2).0001 【Chang, Fang-Chung (2021b). The influence of family background, family learning resources, learning motivation, educational expectations, science learning achievement on mathematics learning achievement of junior high school students. *Journal of University of Taipei · Education*, 52(2), 1–30. doi: 10.6336/JUTEE.202112_52(2).0001 (in Chinese)】
- 張芳全 (2022)。澎湖縣九年級生家庭社經地位與數學學習成就的關聯探究—以數學學習動機為中介變項。《學校行政》，140，323–350。doi: 10.6423/HHHC.202207_(140).0011 【Chang, Fang-Chung (2022). The relationship between the family socioeconomic status and mathematics learning achievement of grade 9 students in Penghu county: Mathematics learning motivation as the mediating variable. *School Administrators*, 140, 323–350. doi: 10.6423/HHHC.202207_(140).0011 (in Chinese)】
- 張雨恬 (2016)。中學生運用 ICT 情形對數學素養影響研究—以 PISA 2012 為例〔未出版之碩士論文〕。健行科技大學，桃園市。【Chang, Yu-Tien (2016). *The relationship between high school students' ICT using and mathematics literacy—In PISA 2012 case* (Unpublished master's thesis). Chien Hsin University, Taoyuan. (in Chinese)】
- 張淳熙、陳柏熹 (2022)。成長心態、成就目標與閱讀素養表現相關因素之探討：以 PISA 2018 臺灣資料為例。《測驗學刊》，69 (2)，83–113。【Zhang, Chun-Xi, & Chen, Po-Hsi (2022). Investigation of the factors associated with growth mindset, achievement goals, and reading literacy: Take PISA 2018 Taiwan data for example. *Psychological Testing*, 69(2), 83–113. (in Chinese)】

- 曹博盛 (2021)。TIMSS 2019 臺灣八年級學生數學成就及相關因素探討。載於張俊彥 (主編), **TIMSS 2019 國際數學與科學教育成就趨勢調查國家報告** (頁 309–391)。臺北市: 國立臺灣師範大學科學教育中心。【Tsao, Po-Son (2021). TIMSS 2019 Taiwanese 8th grade students' math performance and related factors. In Chang, Chun-Yen (Ed.), *TIMSS 2019 national report on the trends in international mathematics and science study* (pp. 309–391). Taipei: Science Education Center, National Taiwan Normal University. (in Chinese)】
- 符碧真、陳舜文、危芷芬、王秀槐 (2021)。華人的學業成就目標與儒家倫理觀: 兼回應「台灣青少年是否認為努力與學業成就關乎道德?」一文。 **中華心理學刊**, 63 (4), 357–372。 doi: 10.6129/CJP.202112_63(4).0003 【Fwu, Bih-Jen, & Chen, Shun-Wen, & Wei, Chih-Fen, & Wang, Hsiou-Huai (2021). Chinese academic achievement goals and confucian ethics: A response to "Do Taiwanese adolescents believe in the moral significance of effort and school performance?" . *Chinese Journal of Psychology*, 63(4), 357–372. doi: 10.6129/CJP.202112_63(4).0003 (in Chinese)】
- 郭宗瀚 (2015)。臺灣學生數學學習策略、自我效能、動機與數學素養的關聯性探討: 以 PISA 2012 資料為例〔未出版之碩士論文〕。國立臺南大學, 臺南市。【Kuo, Tsung-Han (2015). *The relationships among students' mathematics self-efficacy, motivation, learning strategies and literacy* (Unpublished master's thesis). National University of Tainan, Tainan. (in Chinese)】
- 陳允琳 (2016)。家庭社經背景、數學本份、數學活動、數學規劃與 PISA 2012 數學素養之關係: 性別與數學能力差異〔未出版之碩士論文〕。國立清華大學, 新竹市。【Chen, Yun-Lin (2016). *The relationship of socio economic background, mathematics work ethic, behavior and intentions to PISA 2012 mathematical literacy: Gender and ability differences* (Unpublished master's thesis). National Tsing Hua University, Hsinchu. (in Chinese)】
- 陳國泰 (2018)。Erikson 的心理社會發展論在負向人格特質的中小學生輔導之應用。 **臺灣教育評論月刊**, 7 (12), 124–131。【Chen, Kuo-Tay (2018). The application of Erikson's psychosocial development theory in the counseling of primary and secondary school students with negative personality traits. *Taiwan Education Review Monthly*, 7(12), 124–131.】
- 陳嘉成 (2001)。中學生之成就目標導向、動機氣候知覺與學習行為組型之關係。 **教育與心理研究**, 24 (1), 167–189。【Chen, Chia-Cheng (2001). The relationship among achievement goal orientation, perception of motivational climate and learning behavior pattern of high school students. *Journal of Education & Psychology*, 24(1), 167–189. (in Chinese)】
- 陸怡琮、鄒慧英、王長勝 (2021)。閱讀素養與學生相關因素探討。載於洪碧霞 (主編), **PISA 2018 臺灣學生的表現** (頁 189–246)。新北市: 心理出版社。【Lu, I-Chung, & Tzou, Hue-Ying, Wang, Chang-Sheng (2021). Reading literacy and students related factors. In Hung, Pi-Hsia (Ed.), *PISA 2018 Taiwanese Students Performance* (pp. 189–246). New Taipei: Psychological Publishing Co., Ltd. (in Chinese)】
- 黃仁茂、陳怡靖、鄭耀男 (2015)。金門縣國小學童之家庭社會資本、成就動機與學習適應關係之研究: 軍警公教人員子女與一般家庭子女之比較。 **學校行政**, 100, 66–87。 doi: 10.3966/160683002015110100004 【Huang, Jen-Mao, Chen Yi-Gean, & Cheng Jao-Nan (2015). The relationships among family social capital, achievement motivation and learning adjustment of elementary students in Kinmen county: Comparing students from civil-servant family with general family. *School Administrators*, 100, 66–87. doi: 10.3966/160683002015110100004 (in Chinese)】

- 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。doi: 10.6423/HHHC.201907_(122).0009【Huang, Hsiu-Wen, & Wang, Tsai-Wei (2019). Are there gender differences in academic performance? Rethinking gender stereotype threats of PISA results in Taiwan. *School Administrators*, *122*, 154–170. doi: 10.6423/HHHC.201907_(122).0009 (in Chinese)】
- 黃素英、雷庚玲、陳怡潔 (2009)。精熟動機行爲組織構念的測量：嬰兒期的信、效度檢驗。*中華心理學刊*，**51** (4)，501–526。doi: 10.6129/CJP.2009.5104.07【Huang, Su-Ying, & Lay, Keng-Ling, & Chen, Yi-Chieh (2009). The assessment of the organizational construct of mastery motivation: The reliability and validity in infants of 9 months old. *Chinese Journal of Psychology*, *51*(4), 501–526. doi: 10.6129/CJP.2009.5104.07 (in Chinese)】
- 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。doi: 10.6173/CJSE.2010.1806.03【Yang, Su-Ping, & Lin, Huann-Shyang (2010). Analyses of science and mathematics literacy of students with different economic assets and cultural assets. *Chinese Journal of Science Education*, *18*(6), 547–562. doi: 10.6173/CJSE.2010.1806.03 (in Chinese)】
- 臺灣 PISA 國家研究中心 (2014)。臺灣 PISA 2012 精簡報告。取自 <https://www.ntsec.edu.tw/edison/pdf/3.pdf>【Taiwan PISA National Center (2014). *Taiwan PISA 2012 Short Report*. Retrieved from <https://www.ntsec.edu.tw/edison/pdf/3.pdf> (in Chinese)】
- 蔡欣潔 (2022)。從家長情感支持、精熟任務動機及競爭態度因素來看社經優勢低成就學生的數學學習-以臺灣 PISA 2018 資料為例〔未出版之碩士論文〕。國立臺南大學，臺南市。【Tsai, Hsin-Chieh (2022). *From the perspective of parents' emotional support, work mastery and competitiveness factors, the mathematics learning of low-achieving students with social and economic advantages- Taking Taiwan PISA 2018 data as an example* (Unpublished master's thesis). National University of Tainan, Tainan. (in Chinese)】
- 蘇泓誠 (2022)。臺灣學生競爭意識與害怕失敗對數學素養關聯之探討：以 PISA 2018 資料為例。*教育學誌*，**47**，47–64。【Su, Hung-Cheng (2022). The relationship among competitiveness, fear of failure and mathematical literacy of students in Taiwan-based on PISA 2018 data. *Journal of Education*, *47*, 47–64. (in Chinese)】
- 蘇郁嵐、陳李綢 (2007)。國中生社會地位、合作與競爭對其英語科學業成就、社會焦慮、成就動機及歸因風格之影響。*教育心理學報*，**39** (1)，111–127。doi: 10.6251/BEP.20070312.1【Su, Yu-Lan, & Chen, Lee-Chou (2007). The effect of sociometric status, cooperative learning, and traditional learning among junior high students on English academic performance, social anxiety, achievement motivation, and attribution. *Bulletin of Educational Psychology*, *39*(1), 111–127. doi: 10.6251/BEP.20070312.1 (in Chinese)】
- 龔心怡、林素卿、張馨文 (2009)。家長社經地位與數學學習動機對數學學業成就之研究—以國中基本學力測驗數學領域為例。*彰化師大教育學報*，**15**，121–142。doi: 10.6769/JENCUE.200906.0121【Kung, Hsin-Yi, & Lin, Su-Ching, & Chang, Hsin-Wen (2009). Using parental socioeconomic status and learning motivation to predict the mathematics basic competence test for junior high school students. *Journal of Education National Changhua University of Education*, *15*, 121–142. doi: 10.6769/JENCUE.200906.0121 (in Chinese)】
- An, G., Wang, J., Yang, Y., & Du, X. (2019). A study on the effects to students' stem academic achievement with Chinese parents' participative styles in school education. *Educational Sciences: Theory & Practice*, *19*(1), 41–54. doi: 10.12738/estp.2019.1.0180

- Atkinson, J. W. (1964). *An introduction to motivation*. Princeton, NJ: Van Nostrand.
- Barrett, K. C., & Morgan, G. A. (2018). Mastery motivation: Retrospect, present, and future directions. *Advances in motivation science*, 5, 1–39. doi: 10.1016/bs.adms.2018.01.002
- Breda, T., Jouini, E., & Napp, C. (2018). Societal inequalities amplify gender gaps in math. *Science*, 359(6381), 1219–1220. doi: 10.1126/science.aar2307
- Dweck, C. S. (2006). *Mindset: The new psychology of success*. New York, NY: Ballantine Books.
- Dweck, C. S. (2015). Carol Dweck revisits the ‘growth mindset’. *Education Week*, 35(5), 20–24.
- Dweck, C. S. (2017). The journey to children's mindsets – and beyond. *Child Development Perspectives*, 11(2), 139–144. doi: 10.1111/cdep.12225
- Dweck, C. S. (2019). The choice to make a difference. *Perspectives on Psychological Science*, 14(1), 21–25. doi: 10.1177/1745691618804180
- Dweck, C. S., & Yeager, D. S. (2019). Mindsets: A view from two eras. *Perspectives on Psychological Science*, 14(3), 481–496. doi: 10.1177/1745691618804166
- Elliot, A. J., & Church, M. A. (1997). A hierarchical model of approach and avoidance achievement motivation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 72(1), 218–232. doi: 10.1037/0022-3514.72.1.218
- Elliot, A. J., & Thrash, T. M. (2004). The intergenerational transmission of fear of failure. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 30(8), 957–971. doi: 10.1177/0146167203262024
- Erentaitė, R., Vosylis, R., Sevalneva, D., Melnikė, E., Raižienė, S., & Daukantaitė, D. (2022). Profiles of achievement motivation and performance in middle school: links to student background and perceived classroom climate. *Frontiers in psychology*, 13, 1-16.
- González de San Román, A., & De la Rica, S. (2016). Gender gaps in PISA test scores: The impact of social norms and the mother's transmission of role attitudes. *Estudios de Economía Aplicada*, 34(1), 79–108.
- 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. doi: 10.1177/0165025420965731
- Haste, H. (2018), *Attitudes and Values and the OECD Learning Framework 2030: A critical review of definitions, concepts and data*. Retrieved from https://www.oecd.org/education/2030-project/contact/Draft_Papers_supporting_the_OECD_Learning_Framework_2030.pdf.
- Limeri, L. B., Carter N. T., Choe J., Harper H. G., Martin H. R., Benton A., & Dolan E. L. (2020). Growing a growth mindset: Characterizing how and why undergraduate students' mindsets change. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1–19. doi: 10.1186/s40594-020-00227-2
- Mielicki, M.K., Schiller, L.K., Fitzsimmons, C.J., Scheibe, D. and Thompson, C.A. (2022), Perceptions of ease and difficulty, but not growth mindset, relate to specific math attitudes. *British Journal of Educational Psychology*, 92(2), 707–729. doi: 10.1111/bjep.12472
- Nicholls, J. G. (1979). Development of perception of own attainment and causal attributions for success and failure in reading. *Journal of Educational Psychology*, 71(1), 94–99.
- OECD (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. Retrieved from [http://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20\(05.04.2018\).pdf](http://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20(05.04.2018).pdf)

- OECD (2019). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. Paris, France: OECD publishing. doi: 10.1787/b25efab8-en
- OECD (2020). *PISA 2018 technical report*. Paris, France: OECD publishing. Retrieved from <https://www.oecd.org/pisa/data/pisa2018technicalreport/>
- Wang, H. H., & Lin, C. Y. (2020) Learning for duty or enjoyment: Two paths to fulfillment in learning for Taiwanese high school students in the Confucian cultural context. *Journal of Research in Education Sciences*, 65(1), 271-296. doi: 10.6209/JORIES.202003_65(1).0011
- Wang, M.-T., Zepeda, C. D., Qin, X., Del Toro, J., & Binning, K. R. (2021). More than growth mindset: Individual and interactive links among socioeconomically disadvantaged adolescents' ability mindsets, metacognitive skills, and math engagement. *Child Development*. 92(5), e957–e976. doi: 10.1111/cdev.13560
- Wigfield, A., Eccles, J. S., Fredricks, J. A., Simpkins, S., Roeser, R. W., & Schiefele, U. (2015). Development of achievement motivation and engagement. In M. E. Lamb & R. M. Lerner (Eds.), *Handbook of child psychology and developmental science: Socioemotional processes* (pp. 657–700). New York, NY: John Wiley. doi: 10.1002/9781118963418.childpsy316
- Yeager, D. S., & Dweck, C. S. (2020). What can be learned from growth mindset controversies? *American Psychologist*, 75(9), 1269–1284. doi: 10.1037/amp0000794
- Zhou, Y., Fan, X., Wei, X., & Tai, R. H. (2017). Gender gap among high achievers in math and implications for STEM pipeline. *Asia-Pacific Edu Res*, 26, 259–269. doi: 10.1007/s40299-017-0346-1

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。
doi: 10.6278/tjme.202210_9(2).004

國小六年級生對數學素養導向試題之作答表現探究

吳正新¹ 謝佳叡² 黃宇康²

¹國家教育研究院測驗及評量研究中心

²國立臺北教育大學數學暨資訊教育系

108 課綱強調將所學的知識、技能運用於生活情境解決問題，但除了 PISA 外，目前沒有其他正式的數學素養導向評量工具，可以用來了解小學第三學習階段學生的數學素養能力。故本研究利用國家教育研究公告的數學素養導向試題 188 題及其全國各縣市施測結果，探討國小六年級學生在作答數學素養試題時，選擇題與非選擇題的表現差異、不同情境取材試題的表現差異，以及學生在嘗試作答非選擇題且作答錯誤時，常見的錯誤類型。研究發現，學生在非選擇題的得分率比選擇題低 2 成。針對不同情境取材的試題，學生在社會與公共、購物與商業活動這二種情境的答題表現較佳，平均得分率大於 4 成，其餘情境試題的平均得分率皆不到 4 成。最後，當學生嘗試作答且作答錯誤時，常見的錯誤類型大致可分為：概念迷思的錯誤、直觀推論的錯誤、單位轉換的錯誤、計算過程的錯誤四種類型。

關鍵字：錯誤類型、數學素養、數學素養導向評量

通訊作者：謝佳叡，e-mail：paris@tea.ntue.edu.tw

收稿：2022 年 1 月 14 日；

接受刊登：2022 年 10 月 12 日。

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.

doi: 10.6278/tjme.202210_9(2).004

An Investigation into the Performances of Sixth Graders in Answering Literacy-oriented Assessments in Mathematics

Jeng-Shin Wu¹ Chia-Jui Hsieh² Yu-Kang Huang²

¹ Center for Testing and Assessment, National Academy for Educational Research

² Department of Mathematics and Information Education, National Taipei University of Education

The 108-year syllabus puts emphasis on enhancing students' abilities in solving real-life problems by applying the knowledge and skills learned in school. However, apart from PISA, there is no formal literacy-oriented assessment tools that can be used to assess students' mathematics literacy of in the third learning stage of elementary school. Therefore, in this study we use the 188 items developed by the National Academy for Educational Research and the relevant test results to investigate: (1) the difference in students' performances between the multiple-choice and non-multiple-choice questions, (2) the difference in students' performances of items which are developed with different situations, and (3) the types of mistakes students make when they try to answer. This study found that students' scoring rate of non-multiple-choice questions is 20% less than that of multiple-choice questions. For different situational items, the students' performances in the social and public realm, and in shopping and business activities are better, with the average scoring rates of more than 40%. Beside these two situational items, the average scoring rates in other situations are all less than 40%. Finally, when students try to answer non-multiple-choice questions but cannot get full scores, the common types of errors can be roughly divided into four types: errors in misconceptions, errors in intuitive inferences, errors in unit conversions, and errors in calculation processes.

Keyword: error types, mathematics literacy, mathematical literacy-oriented assessment

Corresponding author : Chia-Jui Hsieh , e-mail : paris@tea.ntue.edu.tw

Received : 14 January 2022;

Accepted : 12 October 2022.

壹、緒論

十二年國民基本教育於 108 年正式推動，「核心素養」成為嶄新的課程發展主軸，教學方式強調以學生為主體，期能增進學生學習動機與求知動力，進而培育自主學習能力與終身學習的態度。在數學教育上，強調將知識、技能、態度整合運用於日常生活中的問題解決，其中生活情境的融入是希望學生能夠進行有感的學習，對於數學概念更有體認，並能發現數學的價值與實用性，建立良好且正向的數學學習觀。

因應新課綱的實施，評量結合情境逐步轉型成為素養導向評量，或將素養導向評量融入定期評量（任宗浩，2018）。學生在素養導向評量表現會如何呢？國際學生能力評量計劃（Programme for International Student Assessment, PISA）的報告指出：我國 15 歲學生於 2006 年的首次測驗高居世界第一，之後幾次的評量中也都保持世界前五名的好成績（臺灣 PISA 國家研究中心，2015）。PISA 定義數學素養的為（Organisation for Economic Cooperation and Development [OECD], 2017）：

「數學素養是指在不同情境脈絡中，個人能形成，運用和詮釋的數學能力。它包含數學推理、使用數學概念、程序、事實和工具來描述、解釋和預測現象。數學素養可以幫助個人辨識數學在生活中的用途，以及具備依證據做判斷和決定，成為有建設性、投入性和反思性的公民。」

從 PISA 的數學素養定義可知，它也是強調運用知識、能力與態度，解決生活上的問題，與 108 課綱的目的相似，都是關注學生的學習與生活的結合。雖然臺灣 15 歲學生的總成績表現相當不錯，但學生普遍對於自己的作答沒有信心（臺灣 PISA 國家研究中心，2015；OECD, 2017）。此外，多數學生對於學習數學沒興趣、認為學習數學是不快樂的、非自願學習的，難以體會數學的重要與價值性所在（臺灣 PISA 國家研究中心，2015；OECD, 2017）。相較於他國，程度嚴重落後的人數偏多，排名前 10%與後 10%的學生甚至有高達 300 分的巨大鴻溝，此數值表示前、後半段學生的數學程度有近七年的教育水準差距（張俊彥，2018；臺灣 PISA 國家研究中心，2015）。不僅是高、低成就的學生之間存在分數 M 型化的情形，城鄉學生、學校大小也存在相同的問題（黃敏雄，2013）。

除了 PISA 之外，目前並沒有其他任何正式的數學素養導向評量，可以用來瞭解其他學習階段學生在數學素養的表現。然而，如果能提早瞭解學生的表現、學生的學習問題，便可將這些資訊回饋教學現場，釐清學生的學習問題，協助教師教學，進而落實 108 課綱。為瞭解國小學生在數學素養的表現，本研究以國家教育研究院（以下簡稱國教院）之「素養導向試題研發人才培訓計畫」所產出之 200 多道數學素養導向試題作為評量工具，並利用該計畫所收集到的學生作答資料，分析學生在不同題型、取材於不同生活情境試題的表現狀況，然後再經由質性分析，歸納學生在數學素養試題的常見的錯誤類型，以瞭解國小六年級學童在數學素養的表現。

基於上述動機，本研究目的如下：

- 一、瞭解六年級學生在數學素養導向試題的表現。
- 二、瞭解六年級學生對數學導向素養試題有何錯誤類型。

根據上述之研究目的，具體的研究問題呈述如下：

- 一、六年級學生在素養導向評量中的選擇題與非選擇題題型的表現差異為何？
- 二、六年級學生在不同生活情境的素養導向評量的表現差異為何？
- 三、六年級學生在素養導向試題上有何常見的錯誤類型？

貳、文獻探討

一、數學素養

數學素養 (Mathematical Literacy) 是歐美國家從 1980 年代至今，持續強調且重視的一項教學目標，也是現今世界各國的數學教育首要目標 (教育部，2014，2018；Ministry of Education, 2019; National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 1989, 2014)。我國在 108 課綱中也開始強調核心素養，並以核心素養作為課程發展的主軸，希望有助於學生將所學融入日常生活當中 (游自達，2016)。在國內的數學素養相關研究中，李國偉、黃文璋、楊德清、劉柏宏 (2013) 認為：

「數學素養指個人的數學能力與態度，使其在學習、生活、社會、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、運用數學技能、並藉由適當工具與資訊，去描述、模擬、解釋與預測各種現象，發揮數學思維方式的特長，做出理性反思與判斷，並在解決問題的歷程中，能有效地與他人溝通觀點」。

李國偉等人 (2013) 指出，希望完成十二年國民基本教育的學生，可以將所學的數學思維運用在日常生活及解決問題上，期待學生能習得「有效學習數學的思維方式，以便靈活運用數學知識、技能和工具解決生活中的問題，並成為具備理性反思能力的國民」，並以此為願景 (曾志朗、柯華葳、陳明蕾，2015)。此外，108 課綱數學領域總召集人張鎮華 (2017) 認為數學素養應具備以下內涵：1. 基本數學學科知識、2. 應用於實際現實生活與職業場所的能力、3. 正確操作數學工具的能力、4. 與他人進行有效溝通的能力。謝豐瑞 (2018) 進一步對數學素養教育詮釋，她認為不同教育階段的學生，其思想成熟度、認知發展程度、生活經驗、處理問題能力與數學程度皆有所不同，根據不同年齡層使用相應的數學概念進行教學，並引導學生有意義地探索真實情境問題。

綜合上述，臺灣的數學教育改革與世界各國的數學教育改革是一致，都是強調個人的數學能力、學習態度與反思思維，以及能否順應環境需求，使用適當的數學概念、技能、工具或資訊來解決生活問題，並在過程中能與他人進行有效溝通，進而對於數學的概念與價值性有更深刻的體認。

二、數學素養導向評量

PISA 是目前國際評量中最知名的素養評量，它的數學素養評量架構依據數學素養的定義發展，主要包括：情境脈絡（context）、數學歷程（mathematical processes）、以及數學內容（mathematical contents）三個部分（OECD, 2017）。使用情境脈絡是 PISA 評量別有於其他評量的特色。PISA 評量試題使用大量的真實世界的情境，它將情境脈絡分成個人、社會、職業、科學四大類。PISA 的數學歷程是指解決問題的順序，包括形成、運用和詮釋三步驟（OECD, 2017），其中的形成是指將現實生活中遭遇的問題轉換成具數學結構、表徵、或數學特異性的問題；運用是指應用數學概念、事實、程序與推論解決問題，獲得結果；而詮釋是指反思解法、答案或結論的合理性，並在真實生活中進行做合理的詮釋。在解決問題時，需要使用不同的數學內容，再搭配不同的數學能力。

在新課綱實施後，素養導向教學轉變成教學方式的主流。為了搭配素養導向教學，任宗浩（2018）根據新課綱核心素養的定義，提出兩項素養導向紙筆測驗試題的基本要素，包括：

- （一）佈題強調真實的情境與真實的問題。
- （二）評量強調總綱核心素養或領域／科目核心素養、學科本質及學習重點。

任宗浩（2018）指出，傳統的紙筆測驗比較強調知識和理解層次，符合新課綱的素養導向評量應強調利用知識與技能，解決生活中的問題或挑戰，其中更要包含核心素養所定義的三面九項核心能力，以及將學習內容與學習表現結合應用於理解或解決真實情境脈絡中的問題。

為協助落實新課綱的教學成效評估，國教院結合 PISA 評量構架與素養導向紙筆測驗試題基本要素，帶領國內優秀的國小教師研發數學素養導向試題，並將計畫成果回饋並提供給現場教師使用（國家教育研究院，2020，2021）。此計畫的命題則強調：1.評量內容要包含核心素養並結合學習表現與學習內容；2.情境強調真實且合理；3.佈題以真實問題為主，避免虛構、不合邏輯或為評量特定學習內容而設計的問題；4.要包含形成、運用、詮釋評估不同層次的問題（吳正新、林裕峯、余陳宗、謝佳叡，2020；吳正新、林裕峯、吳添寶，2022）。計畫研發的試題包含不同類型，例如：選擇題、多重是非題、填充題、簡答題與建構反應題。題材涵蓋多元且豐富的生活情境，這些情境大致可分為六個主題包括：運動與休閒、社會與公共、個人與生活、衛生與保健、職業與科學、購物與商業活動（國家教育研究院，2021）。試題融入生活情境的目的，是希望學生於解題時，除了能夠以數學思維進行推理、計算與論證外，還能體認數學的真實性與實用性，進而提高學生的數學學習動機與學習價值（吳正新，2019；國家教育研究院，2020，2021；臺灣 PISA 國家研究中心，2015）。

非選擇題在素養導向評量中佔有相當高的比例，例如：PISA 2018 使用的 245 道試題中，約有 1/3 比例的試題是需要人工閱卷的非選擇題（Yamamoto, Shin, & Khorramdel, 2019），

使用高比例的非選擇主要是因為學生在作答這些題目時，需要靈活運用自己所學習到的知識技能，並進一步整合批判考思、分析推論、系統思維，以及創造力和發散性思維…等高階思考能力，才能建構出答案（Bingölbalı, & Bingölbalı, 2021; Tankersley, 2007）。由於非選擇題具備這些特性，教師可以進一步利用學生作答非選擇題的過程和紀錄，了解學生的思維、提供適性指導（胡詩菁、鍾靜，2015）或進行學生迷思概念與錯誤類型的分析（Ryan & Williams, 2007），釐清學生學習困難與盲點，提升學生學習數學的成效。在臺灣的入學測驗中，國中教育會考自 2015 年開始也新增非選擇題，並逐步結合並融入不同的生活情境與題材（鍾恂恂，2016）；此外，學科能力測驗自 2022 年起也新增混合題型，以題組的方式混合選擇題與非選擇題，用來檢測並區分學生的素養能力，展現評量層次的深度。

新課綱強調數學的生活應用，學生的學習成效如何，需要符合 108 課綱的評量工具進行評估。因此除了利用 PISA 的分析結果，評估 15 歲學生的數學素養表現，在小學階段也需要應用合適的評估工具，分析小學學童在數學素養的表現。掌握學生在數學素養的表現，一方面可以釐清學生的學習困難，作為教師教學的調整依據；一方面可做為教學成效的評估，作為教育主管機關評估 108 課綱的成效，進而提供下一波課綱改革的實徵證據。故本研究將國教院研發的素養導向試題（國家教育研究院，2020，2021）作為評量工具分析學生的作答狀況，分析結果預計將可提供目前臺灣國小六年級學生在數學素養的整體表現概況。

三、迷思概念與錯誤類型

迷思概念是指學生在學習新概念時，因為本身的經驗或知識不足，造成不正確的理解或錯誤的詮釋（Fujii, 2014; Ojose, 2015）。迷思概念產生的原因很多，舉凡數學知識或背景不足、日常用語誤導、教學錯誤、同儕文化等，皆會導致概念在建構上有偏差（Sivan, 1986）。迷思概念經常發生在缺乏完整的理解，或誤用數學規則、過度推論的結果（Spooner, 2002）。換言之，當學生在學習某數學概念時，受到頭腦中一些固有的、有偏差的或似是而非的知識或原生概念影響，造成學習時的干擾與阻礙，容易產生迷思概念。例如學生常用的直觀推論，more A-more B、same A-same B、less A-less B（Fischbein, 1987），如：面積越大的圖形，周長一定會大、面積相同的圖形，周長一定相同、周長越短，其面積一定越小。

當學生以迷思概念、錯誤的想法，進行計算或解題時，會造成不同的錯誤，這些錯誤中可被歸類為系統性或特定的型態。若能將這些錯誤分門別類，便能歸結出不同的「錯誤類型」，作為重要的教學參考（Ryan & Williams, 2007）。此外，當學生在解題遇到困難但又沒有想要直接放棄而嘗試進行作答時，他們會從舊有的經驗與數學概念中找出一個較能夠「接受」的解題方法，此「修補」過程容易使用錯誤的思考與計算進行作答，產生不同的錯誤類型（Brown & VanLehn, 1980）。Mayer（1985）提出學生常見的錯誤類型有三種：遺漏的錯誤、細節的錯誤、轉換的錯誤，遺漏的錯誤常發生於敘述較長的題目中，學生容易因閱讀理解困難、記憶不完整而導致解題有誤；細節的錯誤係指變數轉換能力有誤，如重

量、長度、體積單位轉換錯誤，包含計算過程中的錯誤；轉換的錯誤則是指題目敘述的結構變得複雜時，學生容易以錯誤的數學語言或算式進行作答，係因無法順利將關係句轉換成容易理解的陳述句所致。張景媛（1994）透過質性分析方法發現，國中學生在解答數學文字題時，容易發生語言知識、基模知識、策略知識、及程序性知識等四方面的錯誤類型。

迷思概念造成的系統性或特定錯誤型態，是協助學生釐清學習問題重要的資訊，特別是學生解題時常見的錯誤類型。本研究聚焦於六年級學生在數學素養導向試題作答時常見的錯誤類型，期能發現學生面對素養試題的困難所在，進而提供國小現場教學之用。

參、研究方法

一、研究工具

本研究以國教院「素養導向試題研發人才培訓計畫」（國家教育研究院，2020，2021）所產出的五年級數學素養試題，作為學生數學素養的檢測工具。此計畫的試題經過多討論、班級預試、再討論、專家修審、以及全國施測，最後統整 85 道題組，共計 221 小題。

「素養導向試題研發人才培訓計畫」的試題內容主要以第三學習階段國小五年級為主，每道試題都可依題型與情境進行分類。在試題類型方面，依照題型可分為「選擇題」與「非選擇題」兩大類，其中選擇題包含 4 選 1 或 3 選 1 的選擇題與多重是非題，學生作答時無需書寫解題想法，最終答案即為評分之依據。非選擇題包括「填充題」、「計算/問答題」，這類型試題要求學生記錄解題的想法與計算過程，並依題目要求進行詮釋說明，試題得分則依學生回答的完整性與評分規準而訂，所有作答歷程為本研究之錯誤類型分析資料。其次，每道試題會依據試題取材的「情境」分類，主要是依據計畫第二期（國家教育研究院，2021）的分類方式，將生活情境分為六大主題：運動與休閒、社會與公共、個人與生活、衛生與保健、職業與科學、購物與商業活動。

上述這些分類，在公告試題前皆經過多位專家的審查與修訂，代表測驗工具已具備基本的專家效度。故本研究直接引用這些分類，進行後續的分析與討論。

二、研究對象與抽樣

「素養導向試題研發人才培訓計畫」共進行二期，每期一年。每年所研發的試題都是以五年級的數學內容為主。配合計畫執行期程，於每年 10 月中旬進行施測，因此施測對象以參與計畫縣市剛升上六年級的學生為主，其中參與第一期施測的縣市有 15 個，參與二期施測的縣市有 18 個。

學生的選取方式採用兩階段分層叢集抽樣（two-stage stratified cluster analysis），其中第一階段從培訓計畫合作的 10 多個縣市中，按學校規模大小成比例的機率（probability proportionate to size sampling）的方式抽選學校；第二階段再從抽選到的學校中，由學校根

據課務指派班級進行施測。此抽樣法的優點是可以提高樣本的代表性，減少抽樣誤差(Lohr, 2010)。根據上述的抽樣方式，第一期的施測總共抽選 66 校，每校選派一班，共抽選 1,630 人，實際出席測驗人數為 1,552 人，出席率 95.2%。第二期的施測總共抽選 60 校，每校選派一班，共抽選 1,515 人，實際出席測驗人數為 1,462 人，出席率 96.6%。測驗時間為一節課 40 分鐘。

施測題本的組成會同時考量題型、學習內容、情境、難度等因素，盡可能維持每一份都相同。第一期研發的試題共組成 10 本題本，每本題本包含 9~12 子題；第二期研發的試題共組成 10 本題本，每本題本包含 13 子題。施測時，依抽樣清單中各校學生人數順序分派題本，故每份題本平均約有 160 名左右的學生進行施測。班內則依座位順序分派題本，因此一個班級約有 2~3 名學生會做同一份題本。

三、資料整理與分析方法

(一) 閱卷

本研究的試題計分分為自動閱卷及人工閱卷二種。選擇題的部分使用自動閱卷，非選擇題以人工閱卷為主。在每一期施測後，都會進行為期 3 天的閱卷工作。人工閱卷由各縣市的現職教師組成閱卷小組，對每一道非選擇題進行批閱。閱卷方式仿照國際大型調查程序：1.由研究團隊建立非選擇題的評分規準，再與專家討論並修訂評分規準。討論時，同時建立試閱的測試卷。2.由研究人員逐題帶領閱卷教師進行試寫、討論、試閱，以達成共識。3.利用閱卷系統進行閱卷。每個學生作答皆會由二位教師進行評閱，若二位教師的評分結果一樣，則記為「一致」；反之，則記為不一致。4.每一題在閱卷後，即刻計算一致性（閱卷一致的比率），若一致性未達 0.8，則該題的評分方式會再重新討論。討論後，重新評閱所有學生作答。

參與第一期閱卷工作的教師有 12 位，第二期閱卷工作的教師有 15 位。根據上述閱卷程序的統計，每一題的一致性至少都達 0.9。

(二) 資料處理

在分析之前，進行資料處理與分類。首先本研究利用點二系列相關（point-biserial correlation）作為試題評鑑標準，若試題鑑別度低於 0.2 之試題屬於品質不佳之試題（Ebel & Frisbie, 1991），不列入分析，統計後有 12 題未達此標準，故將它們排除。此外，在閱卷時發現 21 道試題有瑕疵未進行評分，也將它們排除。故本研究選用剩餘的 188 道題進行後續的分析與討論，其中這 188 道試題的平均鑑別度為 0.44。

在試題分類的部分，表 1 是本研究依題型分類的試題分佈狀況，其中選擇題題型有 25%，非選擇題題型有 75%，二者的比為 1：3。108 課綱強調數學溝通與表達，故素養導向試題在發展時，非常重視學生的分析、說理與論證，故非選擇題題型的試題較多。

表 1
依題型分類之題數

	題型	題數
選擇題	多重是非題	11
	選擇題	36
非選擇題	填充題	52
	計算/問答題	89

在情境分類的部分，本研究沿用國家教育研究院（2021）的分類，將試題分成：運動與休閒、社會與公共、個人與生活、衛生與保健、職業與科學、購物與商業活動等六大主題¹。與 PISA 的個人、社會、職業、科學相比，這六類分的更為細緻，例如：個人與生活、衛生與保健、購物與商業活動這三類，在 PISA 的分類中多數會是屬於個人類型。但另一方面，PISA 分類中的職業、科學這二類，在國家教育研究院（2021）的分類中，則是合併為一類。表 2 為 188 題依六大情境類別之題數分佈。

表 2
依情境類別之題數

生活情境	運動與休閒	衛生與保健	購物與商業活動	社會與公共	個人與生活	職業與科學
題數	25	15	61	32	38	17

（三）分析

本研究使用量化分析，探討學生在不同題型和不同情境的作答情形，然後，再利用質性分析彙整學生作答的常見錯誤類型。在分析時，首先計算並比較每道試題之得分率，其計算方式是：

$$\text{得分率} = \text{所有人總分} \div \text{總人數} \div \text{該題滿分}。$$

使用得分率取代一般常用的通過率，是因為素養導向試題有許多非選擇題，非擇題有二元計分（0 分、1 分）與三元計分（0 分、1 分、2 分），而這些題型不適用一般的通過率進行分析。在比較學生在不同題型與不同情境取材的分析時，本研究會利用得分率的集中趨勢統計量：最小值、最大值、平均值、標準差呈現學生在不同素養試題分類的表現。

在質性分析上，本研究採用歸納分析，將學生的複雜作答歷程紀錄依反覆檢閱、整合與歸類的方式，逐步整理為有限個類別或形式的資料，此法亦為多數學者採用的方式（Patton, 2001）。在錯誤類型之歸類過程中，學生的個別錯誤不會形成一個「類」，至少兩人發生同樣形式的錯誤才會將其歸為一種類型。本研究所指「錯誤」包含能明確辨視出學生的紀錄

¹ 國家教育研究院（2020，頁 1）使用八類生活情境，重新整併到國家教育研究院（2021，頁 1）使用的六類生活情境之中：方式是「藝術與空間」併入「社會與公共」；「人力規劃」與「遊戲與教具」併入「個人與生活」；「自然與環保」併入「職業與科學」；「商業活動」與「餐飲與購物」併入「購物與商業活動」。「運動與休閒」、「衛生與保健」維持不變。

是完全錯誤，或有部分錯誤的兩之情形。若學生未記錄解題歷程或作答紀錄難以辨別者，則將其歸入「不明錯誤」之人數統計中。此外，針對每一道分析的試題，統計每種可以辨視的錯誤類型的人數以及發生率（= 該錯誤類型發生人數÷該題作答總人數），以瞭解學生犯錯的傾向與比率。由於篇幅限制，本研究選取 5 道開放式試題進行說明，以瞭解學生作答的困難點所在。所選取的題目，包含 N、S、R、D 四大類別的學習內容，且得分率都小於 0.5，一方面考慮不同學習內容，一方面希望從低得分率的試題中盡可能歸納出學生常見的錯誤類型。這五道試題的相關資訊如下表 3 所示：

表 3
質性分析試題的內容

試題	評量內容	學習內容	核心素養	得分率
手搖飲料 問題 4	根據健康指標資訊計算攝取糖份之比率。	N-5-10	系統思考 解決問題 符號運用 溝通表達	0.40
七巧板 問題 2	比較七巧板內不同兩形體的面積大小。	S-5-2	系統思考 解決問題	0.20
雨水撲滿 問題 1	根據資訊計算所收集的雨水量	N-5-14 S-5-5	系統思考 解決問題 符號運用 溝通表達	0.13
一步的平均距離 問題 2	根據資訊計算並說明一日累積的步數是否達健康守則之指標。	N-5-2 R-5-1	系統思考 解決問題 規劃執行	0.21
視力檢查 問題 1	根據表格資訊判斷班級近視率與否高於全國指標。	D-3-1 N-5-10	符號運用 溝通表達	0.29

十二年國教新課綱著重核心素養之發展，相較於傳統試題「開放式題型」更能檢視學生的作答能力。本研究根據利用分析六年級學生之整體作答情形，期能透過錯誤類型的分析歸結出學生作答時的困難所在，對於我國學生的數學素養表現更有體認，並作為未來教學之參考。

肆、結果與討論

本節首先呈現學生在不同試題類型與情境題材的整體作答敘述統計，然後分析學生於解題時常見的錯誤類型，以瞭解學生在數學素養試題上的作答狀況。

一、學生在不同題型與情境題材的作答情形

表 4 為學生在兩種題型上的作答情形。整體而言，學生在選擇題題型的表現優於非選擇題，兩者的平均得分率相差近 .20。然而，這兩類型的平均得分率都不高，選擇題題型平均得分率 .54，非選擇題型的平均得分率 .35。此外，這二類型試題的得分率最小值都相當低，選擇題題型的最小值為 .14，非選擇題題型的最小值為 .03，此現象非常需要教學人員重視。表 5 則進一步列出得分率較低的試題範例作為參考。

表 6 為學生各種不同生活情境試題的作答情形。整體而言，學生在「社會與公共」與「購物與商業活動」情境的試題表現略為較佳。在「社會與公共」情境方面，內容包含：七大洲與海洋面積、COVID-19 資料分析、社會議題相關的統計圖表、颱風資訊處理、裝置藝術、班級賀卡製作、世大運…等；在「購物與商業活動」方面，試題內容包含：飲料調配、付款與退費、價格優惠比較、商品組合、優惠卷使用額、場地容納人數、吊車租用、飲料成分、進貨量、飲料熱量、捐款、選擇廠商、消費稅、冷氣機型號選擇…等。這兩類情境較貼近學生日常生活，可能是學生作答情形較佳的原因之一。另外，學生在「職業與科學」情境的表現略為較差。這些情境內容包括：室內坪數計算、用電量與電費、農地面積規劃、商品規格設計、降雨量、回收物折抵現金、雨量圖表判讀…等。上述這些情境涉及不同的職業以及科學知識的應用，屬於學生較少經驗或未來可能經驗的情境，可能是導致學生表現不佳的原因。

表 4
選擇題與非選擇題之得分率統計

題型	題數	最小值	最大值	平均值	標準差
選擇題	47	.14	.92	.54	.18
非選擇題	141	.03	.78	.35	.19

表 5
低得分率的試題範例

題型	低得分率的試題範例								
選擇題	<p>世界衛生組織建議以身體質量指數 (Body Mass Index, BMI) 來衡量肥胖程度。BMI 的計算方式為：</p> $\text{BMI} = \frac{\text{體重(公斤)}}{\text{身高(公尺)} \times \text{身高(公尺)}}$ <p>經過單位換算後，BMI 的另一種計算方式為：</p> $\text{BMI} = \frac{10000 \times \text{體重(公斤)}}{\text{身高(公分)} \times \text{身高(公分)}}$ <p>國民健康署建議我國成人 BMI 應維持在 18.5 至 24 之間 (健康體位)，過瘦 (BMI < 18.5) 或過重 (BMI > 24) 皆有礙健康。</p> <hr/> <p>問題 1 米路的身高是 150 公分，體重是 45 公斤。米路依據 BMI 的計算公式，知道自己的 BMI = $\frac{450000}{150 \times 150}$。請問米路的算式和下面哪一個算式一樣？</p> <p>① $450000 \times 150 \times 150$ ② $450000 \times 150 \div 150$ ③ $450000 \div 150 \times 150$ ④ $450000 \div 150 \div 150$</p>								
非選擇題	<p>臺大醫院公布最新學生視力監測調查，國小六年級近視(度數 50 度以上)的比率為 70.6%，國中三年級為 89.3%。</p> <hr/> <p>問題 3：近視超過 500 度稱為高度近視。視力監測調查顯示，國中三年級有 26.0% 學生為高度近視。高度近視不僅會增加視網膜、白內障、青光眼、黃斑部病變風險，其中有一成的高度近視學生會有失明風險。快樂國中三年級總人數有 500 人，請問依照視力監測調查結果，未來可能因高度近視導致失明風險的人數大約有幾人？</p>								
非選擇題	<p>研究顯示，不同深度的游泳池，泳客要擁有不同的使用面積，才能安全又舒適游泳。研究結果如下表：</p> <table border="1" data-bbox="566 1505 1190 1688"> <thead> <tr> <th>深度 (公尺)</th> <th>每人最小安全舒適的游泳池表面面積(平方公尺)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><1.0</td> <td>2.2</td> </tr> <tr> <td>1.0-1.5</td> <td>2.7</td> </tr> <tr> <td>1.5-2.0</td> <td>4.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>如果不符合此規定，容易使泳客產生碰撞或造成水面以下之能見度不佳而發生溺斃的危險。</p> <hr/> <p>問題 2：某運動中心的游泳池長為 50 公尺，寬為 20 公尺。左側深度為 1 公尺，由左至右逐漸加深至 2 公尺，游泳池中間的深度為 1.5 公尺。請問此運動中心的游泳池在符合安全舒適的研究建議下，最多可以容納多少人？請說明你的理由。</p>	深度 (公尺)	每人最小安全舒適的游泳池表面面積(平方公尺)	<1.0	2.2	1.0-1.5	2.7	1.5-2.0	4.0
深度 (公尺)	每人最小安全舒適的游泳池表面面積(平方公尺)								
<1.0	2.2								
1.0-1.5	2.7								
1.5-2.0	4.0								

資料來源：國家教育研究院 (2020)

表 6
不同情境之得分率統計

情境類別	題數	最小值	最大值	平均值	標準差
運動與休閒	25	.03	.71	.38	.21
衛生與保健	15	.09	.64	.37	.19
購物與商業活動	61	.11	.92	.41	.18
社會與公共	32	.13	.80	.43	.21
個人與生活	38	.07	.88	.39	.22
職業與科學	17	.10	.80	.35	.23

二、學生在素養試題上的常見錯誤類型

從前面的分析可知，我國六年級學生於素養試題上，整體的作答表現較不佳，平均得分率都未達五成，代表學生的數學溝通、說理論證、問題解決能力仍尚待加強所致。本節以 5 道開放式試題為例，進一步分析學生的錯誤類型，歸納學生作答的困難點所在。

(一) 手搖飲料

手搖飲料

飲料的含糖量是以方糖數標示。每顆方糖的重量為 5 公克，每公克的熱量為 4 大卡。下表為某飲料店所販售的 700C.C. 飲料品項，在不同甜度、冷熱飲搭配下的含糖量調查結果：

含糖量 (方糖數) 品項	甜度 冷熱	微糖 微冰	半糖 微冰	微糖 熱飲	半糖 熱飲
	綠茶	4	6	4	6.5
紅茶	6	7.5	5	7	
奶茶	2.5	4	5	6	

問題 4：依據世界衛生組織專家的建議：「每日含糖攝取量為 160 大卡」。

小芳早上喝了一杯 700C.C. 半糖微冰的綠茶，請問她從這杯飲料中攝取的糖量佔專家建議含糖攝取量的比率是多少？請列出你的計算過程。

滿分

代碼 21：從「方糖顆數」計算，小芳今天已攝取糖的比率為 $\frac{3}{4}$ 或 0.75 或 75%。

代碼 22：從「熱量」計算，小芳今天已攝取糖的比率為 $\frac{3}{4}$ 或 0.75 或 75%。

資料來源：國家教育研究院（2020）

本題為手搖飲料題組問題 4，旨在評量學生能否藉由「已攝取的糖份」與「每日建議的糖份攝取量」資訊，計算「已攝取的糖份之比率」。依據學生之作答歷程紀錄，多數學生對於「部分÷全體」的比例概念有待加強，整理學生的所有錯誤回答，可歸結出兩種主要錯誤類型：1.誤將「比」視為「比率」、2.部分量與總量判斷錯誤。

1. 「比」與「比率」概念混淆

「比」與「比率」是學生經常混淆的兩種概念。「比」用以代表兩個數量間的對等關係，常以「 $a:b=c:d$ 」的形式呈現兩個數量的大小或數量關係；「比率」常以「分量÷總量」的形式呈現，表示部分佔了整體的多少，得到的數值通常小於 1，由於前後單位是一致的，分子分母消掉後，得到的比率在此情形是沒有單位的。「比率」常用兩個不一樣的單位象徵同一個特徵，如：糖量和水量來表示「甜度」、身高和體重來表示「身材」、距離和時間來表示「速度」、用油量和距離來表示「耗油量」、……等，在此情況下，則會得到一個複合單位。有 18 名學生無法區別比與比率的異同，直接將答案以「比」的形式視為「比率」來作答，該錯誤類型發生率為 11.1%。

2. 部分量與總量的錯置

學生在比率另一個常見的錯誤為「分子分母上下倒置」，有 2 名學生不清楚比率為「部分量÷總量」的概念，將部分量與總量的數值上下顛倒放置，此類錯誤有 1.2%的發生率。

表 7 為此比率題型之錯誤類型統計結果。綜觀學生的作答結果，可以發現學生的錯誤源於對「比」與「比率」概念不清所致。比率在生活中的應用很多，諸如：根據銀行利率計算利息、降雨機率、考試通過率、評估風險、出生率、死亡率、食品的各原料佔比、…等，此概念之應用為重要且常見的數學素養，建議教師在該單元教學時著重比較兩種概念之異同，並且協助學生建構正確總量與部分量之概念。此外，未作答的學生有 11.7%；敘述不清、答非所問的發生率有 76%，比率相當高。

表 7

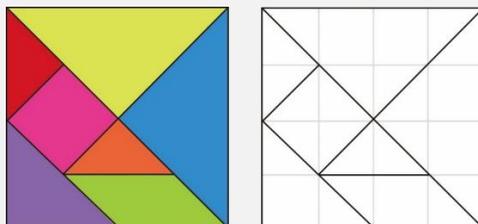
比率題型之錯誤類型統計

概念	錯誤類型	說明	發生率
比率	比與比率的概念混淆	將 $120 \div 160 = \frac{120}{160} = \frac{3}{4} = 3:4$ ， 並直接視其為比率	11.1%
	部分量與總量的錯置	分子分母上下錯置， $160 \div 120 = \frac{160}{120} = \frac{4}{3}$	1.2%
	不明錯誤	敘述不清、答非所問或難以歸類	76.0%
	未作答	空白	11.7%

(二) 七巧板

七巧板

七巧板是一種由 7 個組件組成的智力遊戲，相傳是明、清時期由中國人所發明的。七巧板可以透過切割正方形製作出來，方式如下：



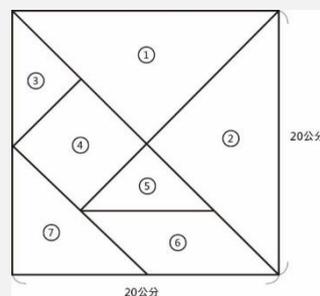
問題 2：阿德利用 1 張邊長 20 公分的色紙製作七巧板的七個組件，如右圖所示。請問組件④和組件⑥哪一個面積比較大？請說明你的理由。

滿分

代碼 11：利用切割、合併的方式說明④和⑥一樣大。

代碼 12：利用「等底同高」說明④和⑥一樣大。

代碼 13：正確的計算出④和⑥的面積一樣大。



資料來源：國家教育研究院（2020）

本試題為七巧板題組之問題 1 題計算問答題，旨評量學生能否比較七巧板中組件④正方形和組件⑥平行四邊形的面積。本題僅有少數學生能以切割合併、等底同高進行比較，有少部分學生試圖計算出面積。綜觀學生的解題歷程，學生常犯的錯誤有：1. 正方形的邊長長度誤判、2. 認為周長越長的圖形，面積越大、3. 認為越方正的圖形，面積越大。

1. 七巧板內小正方形之邊長長度錯判

由於組件④正方形的邊長（ $\sqrt{50}$ ），超出國小學生數學學習內容，有許多數學生直接猜測正方形的邊長，例如：有人認為正方形的邊長為 5，也有人認為是 10 公分。如此作答的學生有 28 人，此錯誤類型的發生率約為 17.2%。

2. 周長的直觀錯誤

有些學生認為周長越長的圖形，面積越大。本題有 9 名學生在作答時，發現組件⑥平行四邊形的周長較組件④的正方形長，直觀認為它的面積也必定比較大，此類型錯誤的發生率為 5.6%。

3. 形狀的直觀錯誤

學生在學習幾何圖形時，有些學生會認為方正的圖形面積較大。本題有 3 位學生看到組件④為一個正方形，直觀認為該圖形的面積必定比較大，此錯誤類型的發生率約有 1.9%。

上述第 2 與 3 類的錯誤類型與直觀推論 (more A-more B) 之研究結果是相同的 (Fischbein, 1987)。學生在此題型上的表現，大多因為無法正確得出七巧板內正方形的邊長，選擇採用自己認為合理的方式進行作答，因而發生錯誤居多，此發現亦與 Brown 與 VanLehn (1980) 的修補理論相仿。在學生面對超出自己能力的題目，如何引導他們能使用正確的方式來解決問題也是教師們的重要課題之一。與前一題相似，未作答的學生以及敘述不清、答非所問的發生率都相當高。表 8 為此面積題型之錯誤類型統計結果。

表 8
面積題型之錯誤類型統計

概念	錯誤類型	說明	發生率
面積	正方形的邊長 長度誤判	1. 認為小正方形邊長為七巧板整體邊長的四分之一。 2. 認為小正方形邊長為七巧板整體邊長的二分之一。	17.2%
	越方正的圖形， 面積一定越大	認為七巧板內正方形較方正，故面積一定比平行四邊形大。	1.9%
	周長越長的圖形， 面積一定越大	七巧板內的平行四邊形有兩邊較正方形的邊長還要長，面積一定越大。	5.6%
	不明錯誤	敘述不清、答非所問或難以歸類	68.4%
	未作答	空白	10.5%

(三) 雨水撲滿

雨水撲滿

為了有效利用水資源，我們可以在學校製作雨水撲滿，收集雨水再加以利用。雨水撲滿的製作方式與概念如下：



下雨時，雨水會沿著屋簷流入溝渠，最後接到雨水撲滿裡。

問題 1：快樂國小在長為 10 公尺、寬為 6 公尺房屋屋簷旁，裝設了集水溝渠，收集雨水。

依據中央氣象局資料顯示，今天上午學校所在地區降雨量為 25 毫米。

請問今天上午學校的雨水撲滿可收集多少公升的雨水？請列出你的計算過程。

滿分

代碼 2：能正確列式出容積(長×寬×高)且單位換算正確。

降雨量小百科

降雨量本質上是水的體積，但生活中常以「降雨量總體積」除以「雨水落下面積」所得到的「高度」來形容降雨量的多寡。

本題為雨水撲滿題組問題 1，題組融入自然科學情境，評量學生能否藉由已知資訊計算出雨水量，作答涉及長度單位轉換、體積與容積單位換算之數學概念應用。觀察學生的作答紀錄可以發現，學生在本題的錯誤類型主要分為四種：1.降雨量定義不清、2.長度單位轉換錯誤、3.體積與容積轉換錯誤、4.計算錯誤。

1. 學科知識不足

降雨量的意義是在某段時間內，由固定位置以平底直筒容器所收集的雨水高度(毫米)，在體積的計算上即為「高」的長度，此為國小自然與數學學科的重要生活素養。本題施測中有 34 名學生，大約佔 20.9%，不清楚何謂降雨量，這些學生中，部分直接將降雨量直接視為所收集的雨量，發生長度單位與容積單位互相轉換的錯誤；也有學生根據體積公式計算「長×寬」之後，就止步不前，無法根據題目資訊找到「高」的長度；也有學生做出「降雨量×降雨量×降雨量」的計算（如同求單位體積之過程），這些皆顯示六年級學生對於降雨量的學科知識不足或無法將自然科學過的知識運用在生活中，因此在解題上不得其門而入。

2. 長度單位轉換錯誤

有 11 人在公尺與公分單位轉換上發生錯誤，此情形約有 6.7%的發生率。這類學生會將 10 公尺 50 公分換算為 1,500 公分的錯誤，因而得出大於實際體積的數值。另外有 6 名學生，大約佔 3.7%，會有公分與毫米單位轉換錯誤的情形，他們會發生如：50 公分 = 50 毫米、50 公分 = 5,000 毫米的錯誤。

3. 體積與容積轉換錯誤

另外有 4 名學生，約佔 2.5%，會有體積與容積單位轉換的錯誤，他們會有如：1.575 立方公尺 = 15,750,000 立方公分之錯誤現象。

4. 計算錯誤

本題發生計算錯誤的情形不高，僅有 3 人，約佔本題施測人數的 1.8%，在小數的乘法計算上會發生小錯誤。

綜合上述，學生在此題型上表現不佳的主因為「降雨量的定義不清」，次為「單位轉換錯誤」之問題，學生發生計算錯誤的情形較少，這也顯示了學生的基本運算能力是良好的，但題目出現專有名詞、需要複雜單位轉換時，往往會大幅提高解題難度，這也是學生在數學素養試題上需克服的難關之一。本題未作答的學生以及敘述不清、答非所問的發生率都相當高，其中未作答的學生將近 20%，可能與本題與自然科學題材相關，學生比較無法理解題意。表 9 為此體積題型之錯誤類型統計結果。

表 9
體積題型之錯誤類型統計

概念	錯誤類型	說明	發生率
體積 容積	學科知識不足	降雨量定義不清	20.9%
	長度單位轉換錯誤	1. 公尺與公分單位轉換錯誤 2. 公分與毫米單位轉換錯誤	10.4%
	體積單位轉換錯誤	立方公尺與立方公分轉換錯誤	2.5%
	計算錯誤	小數乘法計算有誤	1.8%
	不明錯誤	敘述不清、答非所問或難以歸類	44.8%
	未作答	空白	19.6%

(四) 一步的平均距離

一步的平均距離

『步幅』指的是走路或跑步時，單腳跨出去之後，雙腳腳尖之間的距離。因為跨出的每一步大小都有差異，所以會用平均距離做為步幅的大小。



問題 2：王先生力行衛生福利部國民健康署提出『每日一萬步，健康有保固』的健康守則。王先生家到銀行的距離為 3 公里。若王先生的平均步幅是 70 公分，他到銀行辦事往返的這趟路程能否讓他達成『每日一萬步』的目標？請說明你的理由。

滿分

代碼 21：回答「否」，並能換算成步數進行比較。

代碼 22：回答「否」，並能換算成距離進行比較。

資料來源：國家教育研究院（2020）

本題為「一步的平均距離」題組的問題 2，試題提供「步幅與單趟距離」資訊，要求學生計算並說明：一日所累積的步數是否達健康守則指標。綜觀學生的解題紀錄，常見的錯誤類型有：1. 公里與公分單位轉換錯誤、2. 僅考慮單程距離。

1. 公里與公分單位轉換錯誤

有 34 名學生發生此類錯誤，約佔施測人數的 20.9%。本題多數學生誤將 1 公里轉換為 1,000 公分、10,000 公分或 1,000,000 公分，發生此類錯誤的人數高達施測人數的兩成以上。此錯誤類型與 Mayer（1985）認定的「細節的錯誤」是相同的。

2. 僅考慮單一面向

另一個在此題型上常見的錯誤為「僅考慮單程距離」。學生在作答時會忽略距離上的「來回」條件，僅以單程距離來做計算。有此錯誤的學生共 34 人，約佔 20.9%。他們首先將單程距離換算成公分單位：3 公里 = 300,000 公分，再除以步幅長度得到相應的步數： $300,000 \div 70 = 4,286$ 步。雖然在此計算之下，所得出的最終結果是正確的（4,286 步 < 10,000 步），但由於計算過程有缺漏，以此作答的學生僅能獲得部分分數。此錯誤類型與 Mayer (1985) 認定之「遺漏的錯誤」是相同的。

表 10 為此多步驟問題之錯誤類型統計結果。本題未作答的學生以及敘述不清、答非所問的發生率都相當高，將近 60%。

表 10
多步驟問題之錯誤類型統計

概念	錯誤類型	說明	發生率
多步驟問題	長度單位轉換有誤	公里與公分單位轉換錯誤。	20.9%
	僅考慮單一面向	未考量「來回」的條件，僅計算單趟距離。	20.9%
	不明錯誤	敘述不清、答非所問或難以歸類	47.2%
	未作答	空白	11.0%

(五) 視力檢查

視力檢查

臺大醫院公布最新學生視力監測調查，國小六年級近視(度數 50 度以上)的比率為 70.6%，國中三年級為 89.3%。

問題 1：下表是健康國小六年一班的視力檢查結果。

	六年一班
近視人數	18
未近視人數	7
合計	25

請問健康國小六年一班全班近視比率是否高於公布的調查結果？請說明你的理由。

滿分

代碼 11：回答「是」，且正確計算出全班近視比率(0.72 或 72%)，並與調查結果之比率(70.6%)相比較。

代碼 12：回答「是」，且依調查結果計算出近視人數(17.65 人)，並與六年一班實際近視人數(18 人)相比較。

資料來源：國家教育研究院 (2020)

本題為「視力檢查」題組問題 1，試題結合衛生與保健情境、比率概念與一維表格之報讀，評學生能否根據所提供的資訊判斷並說明班上的近視率是否高於全國統計的結果。觀察學生的作答紀錄，可將學生在此題上的錯誤類型歸結為四點：1.以片面結果推導整體、2.比率概念不清、3.比較對象有誤、4.計算錯誤。

1. 以片面結果推導整體

有 18 名學生以錯誤的直觀想法作答，他們未考量母體數量大小，直覺認為若近視同學在班上人數已過半，或者近視人數比未近視人數還要多，近視率一定會高於全國的調查結果，該錯誤發生率約為 11%。

2. 比率概念不清

有 20 名學生的錯誤是比率概念不清，他們使用錯誤的方式或數值來計算近視的比率，如：全國近視率 \div 全班人數、全國近視率 \div 班級近視人數、把近視人數或未近視人數直接視為近視率、...等，發生率約 12.3%。

3. 比較對象有誤

在解題上，有 3 名學生已經順利計算出班級的近視率為 72%，卻將之與錯誤對象（近視人數、近視度數）做比較，該錯誤發生率為 1.8%。

4. 計算錯誤

有 7 名學生列式正確，但在計算過程中有小錯誤，該錯誤有 4.3%之發生率。

除了上述四個錯誤類型之外，本題有 44 人未作答，剩餘答錯學生則是答非所問或敘述與說明不清楚。綜合上述，我國六年級學生在與比率相關的素養試題作答上的表現普遍不佳，在一維表格的數值比較上，也會有比較錯對象的錯誤發生，建議教師於該單元的教學上多加留意。表 11 為此一維表格判讀問題之錯誤類型統計結果，本題未作答的比例高達 30%，可能是本題是題本中的最後一題試題，學生來不及作答。

表 11
一維表格判讀之錯誤類型統計

概念	錯誤類型	說明	發生率
比率 與 一維表格判讀	以片面結果推導整體	近視人數越多，近視率一定越高。	11.0%
	比率概念不清	1. 用錯誤的對象來做計算 2. 將近視或未近視人數視為近視率	12.3%
	比較對象有誤	將班級近視率與無關的對象作比較	1.8%
	計算錯誤	列式正確，過程計算有誤	4.3%
	不明錯誤	敘述不清、答非所問或難以歸類	40.6%
	未作答	空白	30.0%

伍、結論與建議

本研究以國教院「素養導向試題研發人才培訓計畫」研發之數學素養導向試題 188 題，調查我國六年級生在數學素養上的整體表現情形，分析並歸納學生在作答時常見的錯誤類型。以下歸結本研究的重要結果，並據以提出相關建議。

一、結論與建議

整體來看，六年級學生於數學素養試題上的得分率普遍不高，從學生的作答可以發現，不同題目會有不同的錯誤類型外，但共同的是敘述不清、答非所問以致難以分類的發生率都是最高的。此外，每道試題的未作答的學生比率也是相當高，除了雨水撲滿和視力檢查，其他試題的空白率大約是 10% 左右，其中雨水撲滿雖然學生在學校可能接觸的題材，但本題結合四年級自然科的降雨量知識，使學生空白率提升至 20%。另外，視力檢查這道試題雖然也是學生在學校可能接觸的題材，但本題是題本中最後一個題組，可能是導致於許多學生未能完成作答的原因。從上述這些分析可知，學生在國小階段作答非選擇題時，已經出現問題，而這些問題到了國中教育會考更嚴重，例如：歷屆國中教育會考的空白率都在 30% 左右、在 PISA 測驗中對自己的作答沒有信心，也沒有興趣（臺灣 PISA 國家研究中心，2015；OECD, 2017）。因此，我國學生在數學融入情境、問題解決與數學的語言表達上能力尚待加強，而且急需要從小就要開始培養，才能及時導正那些仍有意願作答但沒有方向或策略的學生，增加這些學生學習數學的信心與興趣。

依題型面向來看，我國學生在需要對計算結果進行說明、詮釋與推論的非選擇題的平均得分率比選擇題低 2 成，反映出我國學生在自行建構答案的能力較差，且學生對於非選擇題有容易有放棄、說明不清或答非所問的情形，在問題解決與語言表達的能力需要提升。雖然本研究施測的學生仍處於九年一貫課綱的體制之下，但根據本研究的分析結果，有實徵的證據支持新課綱改革的必要性，才能協助學生將數學應用於生活情境。對於取材於不同生活情境的試題，學生在社會與公共、購物與商業活動這二種情境的答題表現較佳，平均得分率大於 4 成，其餘運動與休閒、衛生與保健、購物與商業活動、社會與公共、個人與生活、職業與科學情境的試題平均得分率皆不到 4 成。除了學生本身的問題外，不同情境或不熟悉的情境的試題，是否對學生造成較大的認知負荷，是教師在利用這些試題時，需要特別注意的。

當學生嘗試作答且作答錯誤時，他們在數學素養題型常見的錯誤類型大致可分為以下四種類型：1. 概念或數學知識不熟、2. 直觀推論的錯誤、3. 單位轉換的錯誤、4. 計算過程的錯誤。概念或數學知識不熟可能源於學生學習不專注、特殊成長環境、同儕文化的誤導、日常用語的影響…等。當學生在某數學概念或數學知識不熟時，往往會用錯誤的想法進行作答，本研究發現學生常見的錯誤類型有：比與比率的概念混淆、部分量與總量的錯置、正方形的邊長長度誤判、學科知識不足、比率概念不清。此類錯誤發生率可高達 20% 以上。建議教學者留心這些常見錯誤，以幫助學生建構完善的數學概念。

再者，本研究也發現學會有一些直觀推論的錯誤，此類錯誤的發生率可達 11%，例如：越方正的圖形，面積一定越大、周長越長的圖形，面積一定越大、以片面結果推導整體。直觀推論容易使學生掉入錯誤作答的陷阱中，建議教師在該類型題目上能夠以更多的反例進行教學，使學生能做出比較並進行正確推論。

至於單位轉換的錯誤可能源於學生對某單位的大小記憶有誤或換算過程錯誤所致，在本研究中此類型的錯誤發生率可達 20%以上，包括：長度單位轉換錯誤、體積單位轉換錯誤，例如，長度單位換算包含公尺與公分、公分與毫米、毫米與公尺的轉換，體積單位為立方公尺與立方公分的轉換。建議教師在該單元給予學生更多練習，以強化不同單位轉化之熟練性。

計算過程的錯誤可能是粗心、分心或計算不熟練之因素所致，本研究中屬於該類型的錯誤包含：計算錯誤、僅考慮單一面向。純計算錯誤的發生率不高，僅介於 1.8~4.3%左右，顯示我國學生的基礎計算能力是良好的；僅考慮單一面向的發生率則高達 20%以上，建議教師在該類題型上給予學生更多提示，使他們除了能提高作答的細心度外，亦培育學生在面對數學問題時，能以更多元、多面向的思維尋找答案。

二、未來研究方向

本研究利用國教院「素養導向試題研發人才培訓計畫」研發之數學素養導向試題，評估我國小學生在數學素養上的整體表現，提供現場教師瞭解學生在不同題的題材、不同試題類型，以及包含不同核心素養與學習內容的分析結果。但本研究僅提供學生整體的表現分析，以及數與量(N)、空間與形狀(S)、關係(R)、資料與不確定性(D)四個學習內容的面向，各列舉 1 個學生答對率低的問題進行錯誤類型的分析，故未來可進一步分別對不同的學習內容進行深入的分析，瞭解學生在不同數學內容的學習狀況。本研究雖然盡可能的歸納學生的錯誤類型，但仍有很多學生的作答屬於敘述不清、答非所問難以歸類，而這些錯誤的作答將是探討學生的迷思或錯誤類型非常好的材料，因此未來可以針對這些測驗結果持續分析、探討，找出更多學生學習的困難，以回饋教學。

三、研究限制

受限於新課綱的推廣尚需要時間進行鋪陳與落實，本研究的受測學生仍處於九年一貫的體制之下，建議未來的研究能以新體制之下的學生進行施測，並根據學生的學習表現進行分析與探究，瞭解並釐清新舊課綱對學生學習的影響及差異，以提供更多的實徵資料回饋，增進我國的數學素養教育。

誌謝

感謝審查委員及編輯委員提供寶貴的修訂建議，讓本文能夠更加聚焦與完整。

參考文獻

- 任宗浩 (2018)。素養導向評量的界定與實踐。載於蔡清華 (主編)，*課程協作與實踐第二輯* (頁 75–82)。臺北市：教育部中小學師資課程教學與評量協作中心。【Jen, Tsung-Hau (2018). The delimitation and practice of literacy-oriented assessment. In Tsai, Ching-Hwa (Ed.), *Curriculum collaboration and practice Vol. 2* (pp. 75–82). Taipei: Collaboration Center for Teacher Education, Curriculum, Instruction, and Assessment, Ministry of Education. (in Chinese)】
- 吳正新、林裕峯、余陳宗、謝佳叡 (2020)。108 學年度國中素養導向評量分析報告：數學科。臺北市：臺北市政府教育局。【Wu, Jeng-Shin, Lin, Yu-Feng, Yu, Chen-Zong, & Hsieh, Chia-Jui (2020). *108-year mathematics literacy-oriented assessment report for middle school*. Taipei: Department of Education, Taipei City Government. (in Chinese)】
- 吳正新、林裕峯、吳添寶 (2022)。素養好問題：素養導向評量研發指南。新北市：國家教育研究院。【Wu, Jeng-Shin, Lin, Yu-Feng, & Wu, Tian-Bao (2022). *Literacy-based assessment research and development guide*. New Taipei: National Academy for Educational Research. (in Chinese)】
- 吳正新 (2019)。數學素養導向評量試題研發策略。*中等教育*, 70 (3), 11–35。doi: 10.6249/SE.201909_70(3).0024 【Wu, Jeng-Shin (2019). The approaches of developing mathematical literacy-based Assessment. *Secondary Education*, 70(3), 11–35. doi: 10.6249/SE.201909_70(3).0024 (in Chinese)】
- 李國偉、黃文璋、楊德清、劉柏宏 (2013)。教育部提升國民素養實施方案—數學素養研究計畫結案報告。臺北市：教育部。【Lih, Ko-Wei, Huang, Wen-Jang, Yang, Der-Ching, & Liu, Po-Hung (2013). *Improving national literacy-mathematics literacy research project final report*. Taipei: Ministry of Education. (in Chinese)】
- 胡詩菁、鍾靜 (2015)。數學課室中應用建構反應題進行形成性評量之研究。*臺灣數學教師*, 36(2), 26–48。【Hu, Shi-Jing, & Chung, Jing (2015). A research on formative assessment using constructed response questions in mathematics classroom. *Taiwan Journal of Mathematics Teachers*, 36(2), 26–48. (in Chinese)】
- 國家教育研究院 (2020)。素養導向試題研發人才培訓計畫 (第一期)：數學科試題研發成果。新北市：作者。取自 <https://ptips.ntct.edu.tw/var/file/69/1069/img/173342938.pdf> 【National Academy for Education Research (2020). *Literacy-oriented assessment items research and development for teachers' professional development (first year): Mathematics items*. New Taipei: Author. Retrieved from <https://ptips.ntct.edu.tw/var/file/69/1069/img/173342938.pdf> (in Chinese)】
- 國家教育研究院 (2021)。素養導向試題研發人才培訓計畫 (第二期)：數學科試題研發成果。新北市：作者。取自 https://ptips.ntct.edu.tw/var/file/69/1069/img/376480000A_1100252353_ATTACH1.pdf 【National Academy for Education Research (2021). *Literacy-oriented assessment items research and development for teachers' professional development (second year): Mathematics items*, New Taipei: Author. Retrieved from https://ptips.ntct.edu.tw/var/file/69/1069/img/376480000A_1100252353_ATTACH1.pdf (in Chinese)】
- 張俊彥 (主編) (2018)。國際數學與科學教育成就趨勢調查 2015 國家報告。臺北市：國立臺灣師範大學科學教育中心。【Chang, Chun-Yen (2018). *Report of Trends in International Mathematics and Science Study 2015*. Taipei City: Science Education Center, National Taiwan Normal University. (in Chinese)】

- 張景媛 (1994)。數學文字題錯誤概念分析及學生建構數學概念的研究。《教育心理學報》，27，175–200。doi: 10.6251/BEP.19940601.7 【Chang, Ching-Yuan (1994). The analysis of misconceptions of mathematics word-problem and the way of students' construction mathematics concept. *Bulletin of Educational Psychology*, 27, 175–200. doi: 10.6251/BEP.19940601.7 (in Chinese)】
- 張鎮華 (2017)。數學學科知識也是數學素養 (數學素養系列之 3)。高中數學學科中心電子報。取自 <https://ghresource.mt.ntnu.edu.tw/uploads/1644995378956mONmCFXd.pdf> 【Chang, Jenn-Hwa (2017). Mathematical knowledge is also mathematical literacy (Part 3 of the mathematical literacy series). *Math Education Resource Center E-Paper*. Retrieved from <https://ghresource.mt.ntnu.edu.tw/uploads/1644995378956mONmCFXd.pdf> (in Chinese)】
- 教育部 (2014)。十二年國民基本教育課程綱要總綱。臺北市：作者。【Ministry of Education (2014). *Curriculum guidelines of 12-year basic education: General guidelines*. Taipei: Author. (in Chinese)】
- 教育部 (2018)。十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校：數學領域。臺北市：作者。【Ministry of Education (2018). *Curriculum guidelines for the 12-year basic education elementary school, junior high school, and upper secondary school: The domain of mathematics*. Taipei: Author. (in Chinese)】
- 曾志朗、柯華蕙、陳明蕾 (2015)。104 年度「十二年國民基本教育實施計畫提升國民素養實施方案」研究報告 (NAER-104-12-B-2-03-00-2-03)。新北市：國家教育研究院。【Tzeng, Jyh-Lang, Ko, Hwa-wei, & Chen, Ming-Lei (2015). *104 "12-year national basic education implementation plan to improve national-literacy implementation project" research report* (NAER-104-12-B-2-03-00-2-03). New Taipei: National Academy for Educational Research. (in Chinese)】
- 游自達 (2016)。數學素養之意涵與其變遷。《教育脈動》，5，1–18。【Yiu, Tzu-Ta (2016). The meanings and changes of mathematical literacy. *Educational Pulse*, 5, 1–18. (in Chinese)】
- 黃敏雄 (2013)。十二年國教實施之前臺灣中小學生的數學表現：跨國、跨年級及跨屆比較。中央研究院電子報。取自 <http://newsletter.sinica.edu.tw/reviews/file/file/87/8744.pdf> 【Huang, Min-Hsiung (2013). Mathematical performance of Taiwanese primary and secondary school students before the implementation of the 12-year basic education: Cross-country, cross-grade and cross-class comparison. *Academia Sinica E-News*. Retrieved from <http://newsletter.sinica.edu.tw/reviews/file/file/87/8744.pdf> (in Chinese)】
- 臺灣 PISA 國家研究中心 (主編) (2015)。臺灣 PISA 2012 結果報告。新北市：心理出版社。【Taiwan PISA National Research Center (Ed.). (2015). *Taiwan PISA 2012 results report*. New Taipei: Psychological Publishing Co., Ltd. (in Chinese)】
- 謝豐瑞 (2018)。2018 中華民國數學年會特色展區工作坊暨論壇簡報內容：數學素養評量工作坊。臺北市：國立臺灣師範大學。【Hsieh, Feng-Jui (2018). *2018 ROC mathematics annual conference featured exhibition workshop and forum: Mathematical literacy assessment workshop*. Taipei: National Taiwan Normal University. (in Chinese)】
- 鍾恂恂 (2016)。考察七年級生於不同類型的求解題的反應。《科學教育月刊》，389，20–33。doi: 10.6216/SEM.201606_(389).0002 【Chung, Hsun-Hsun (2016). A study on 7th grade students' response to items of different task types. *Science Education Monthly*, 389, 20–33. doi:10.6216/SEM.201606_(389).0002 (in Chinese)】

- Bingölbali, E., & Bingölbali, F. (2021). An examination of open-ended mathematics questions' affordances. *International Journal of Progressive Education*, 17(4), 1–16. doi: 10.29329/ijpe.2021.366.1
- Brown, J. S., & VanLehn, K. (1980). Repair theory: A generative theory of bugs in procedural skills. *Cognitive science*, 4(4), 379–426. doi: 10.1207/s15516709cog0404_3
- Ebel, R.L. and Frisbie, D.A. (1991). *Essentials of educational measurement* (5th ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Fischbein, H. (1987). *Intuition in science and mathematics: An educational approach*. Dordrecht, Netherlands: Reidel.
- Fujii, T. (2014). Misconceptions and alternative conceptions in mathematics education. In: S. Lerman (Ed.). *Encyclopedia of mathematics education*. Dordrecht, Netherlands: Springer. doi: 10.1007/978-94-007-4978-8_114
- Lohr, S. L. (2010). *Sampling: design and analysis* (2nd ed.). New York, NY: Chapman and Hall/CRC.
- Mayer, R. E. (1985). Implications of cognitive psychology for instruction in mathematical problem solving. In E. A. Silver (Ed.), *Teaching and learning mathematical problem solving: Multiple research perspectives* (pp. 123–138). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Ministry of Education (2019). *Mathematics Syllabuses: Secondary one to four*. Singapore: Author.
- National Council of Teachers of Mathematics (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- National Council of Teachers of Mathematics (2014). *Principles to actions: ensuring mathematical success for all*. Reston, VA: Author.
- OECD (2017). *PISA 2015 Assessment and analytical framework: Science, reading, mathematic, financial literacy and collaborative problem solving* (Revised ed.). Paris, France: OECD Publishing. doi: 10.1787/9789264281820-en
- Ojose, B. (2015). *Common misconceptions in mathematics: Strategies to correct them*. Lanham, MD: University Press of America.
- Patton, M. Q. (2001). *Qualitative Research & Evaluation Methods* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc.
- Ryan, J. & Williams, J. (2007). *Children's mathematics 4–15: learning from errors and misconceptions*. Maidenhead, UK: Open University Press,
- Sivan, E. (1986). Motivation in social constructivist theory. *Educational Psychologist*, 21(3), 209–233. doi: 10.1207/s15326985ep2103_4
- Spooner, M. (2002). *Errors and misconceptions in maths at key stage 2: Working towards success in SATs*. New York, NY: David Fulton Publishers. doi: 10.4324/9780203453728
- Tankersley, K. (2007). *Tests that teach: using standardized tests to improve instruction*. Alexandria, VA: ASCD.
- Yamamoto, K., Shin, H. J., & Khorramdel, L. (2019). *Introduction of multistage adaptive testing design in PISA 2018* (OECD Working Paper No. 209). Paris, France: OECD Publishing. doi: 10.1787/b9435d4b-en

林素微 (2022)。

「他山之石，可以攻錯」：從 PISA 視角談數學教育研究取徑。

臺灣數學教育期刊，9 (2)，113–120。

doi: 10.6278/tjme.202210_9(2).005

「他山之石，可以攻錯」：從 PISA 視角談數學教育研究取徑

林素微

國立臺南大學教育學系

從臺灣參與 PISA 2006 開始，PISA 測量構念以及臺灣學生表現一直是教育關注的重點。隨著其國際能見度逐漸廣泛及對各國教育的影響逐漸深化，臺灣教育如何因應是重要的議題；例如：如何教？如何學？如何評量？甚至如何藉由 PISA 經驗或者資源進行研究探討？因應本期專題，筆者在此推薦 Stacey 與 Turner 所主編的《Assessing Mathematical Literacy: The PISA Experience》一書，書中詳細介紹 PISA 數學評量發展歷程，包含評量架構及研發流程，以及 PISA 對於許多國家所造成的衝擊。本文以此書的內涵簡介為出發點，進一步討論研究取徑的可能方向，期能透過本文的拋磚引玉，啟動學術的腦力激盪，共同為臺灣數學教育的進步而努力。

關鍵詞：PISA、數學評量、研究取徑

通訊作者：林素微，e-mail：swlin0214@gm2.nutn.edu.tw

收稿：2022 年 9 月 19 日；

接受刊登：2022 年 9 月 30 日。

壹、緒論

隨著十二年國教課綱的推動，核心素養已然是臺灣教育改革的重點；在這波教改中，素養的強調並非是臺灣的獨特議題，而是一個全球趨勢。在教育實踐中，課程、教學、評量是息息相關的環節，因此，在整個實踐過程中，評量雖居末節，但卻扮演著不可或缺的角色。在重視核心素養的時代潮流下，素養導向的評量是趨勢所在，而最受矚目的素養導向評量應屬 OECD（Organisation for Economic Cooperation and Development）所推動的國際學生能力評量計畫（the Programme for International Student Assessment, 簡稱 PISA）。PISA 從 2000 年開始啟動第一波的調查，至今（PISA 2022）已經進行到第八次評比，隨著調查次數的增加，參與國家愈來愈多，已然是全球最大的國際評比調查之一，可見 PISA 評量理念的被認同度與能見度愈來愈高。

自 PISA 2000 年推動以來，各次執行前後的各種文件，包括評量架構、技術報告、國際報告等都可在其官方網站（<https://www.oecd.org/pisa/>）取得，其調查結果的全球數據，亦可在官方網站下載進行分析與探討。筆者於 2022 年 9 月 18 日於 ProQuest 資料庫以「PISA」為關鍵詞進行檢索，得到 438,307 筆結果；進一步「PISA & Math」兩個關鍵詞進行檢索，結果有 66,432 筆，其中，書籍有 44,201 筆、學術期刊有 10,545 筆，換句話說，從 PISA 執行以來，與數學相關的主題，平均每年約有 2000 本書籍（包含學位論文）及 500 篇期刊論文產出，可見 PISA 的高能見度及對數學教育學術的貢獻力，就此而言，PISA 評量可稱之為全球性的指標測驗。

自教育部在 2014 年《十二年國民基本教育課程綱要總綱》中明確指出基本教育應實踐素養導向之課程與教學開始，至今已經進入第八個年度，但隨著時間推演，教育現場對於素養一詞的界定似乎仍未達明確共識，在教育實踐與學術研究上也仍有爭議的空間。筆者在此推薦 Stacey 與 Turner 所主編的《Assessing Mathematical Literacy: The PISA Experience》一書，希望可以提供臺灣數學教育研究在探討素養導向的理念、評量設計及研究取徑的相關參考。以下，筆者將先對此書的內涵進行簡介；最後，則分享筆者對於 PISA 研究的可能取徑及 PISA 評量設計的反思。

貳、Assessing Mathematical Literacy: The PISA Experience 簡介

書名：Assessing Mathematical Literacy: The PISA Experience

主編：Kaye Stacey & Ross Turner

出版年：2015

出版社：Springer Cham

頁數：321

ISBN : 978-3-319-10120-0 (Hardcover)

978-3-319-34606-9 (Softcover)

978-3-319-10121-7 (eBook)

DOI : <https://doi.org/10.1007/978-3-319-10121-7>

本書的主要作者群來自於負責前五次 PISA 評比（也就是 PISA 2000、PISA 2003、PISA 2006、PISA 2009 和 PISA 2012）的澳洲教育研究委員會（Australian Council for Educational Research, 簡稱 ACER）及數學專家小組（Mathematics Expert Group, 簡稱 MEG）的成員。由於 PISA 旨在探討參與國家的表現、排名、跨時間趨勢、教育均等、以及學校和教師等特徵和學生表現的關聯。但 MEG 成員認為除了這些評量結果的面向之外，也應適切地讓讀者瞭解 PISA 的理論和實踐發展，他們期待透過 PISA 數學評量發展的「inside story」，能讓讀者對於 PISA 數學素養（mathematical literacy）有更全面且深入的理解，後續方能更加善用 PISA 的相關結果。全書分為三個主要部分，以下將逐一介紹：

第一部分：PISA 數學的基礎

第一部分主要針對 PISA 數學素養的概念及理論背景進行回顧，這部分囊括了數學素養的起源與及數學教育領域中與數學素養其密切相關但可能部分不同的概念及相關術語（例如 quantitative literacy 和 numeracy）；探討數學素養所包含的數學能力及如何利用這些數學能力來估計 PISA 題目的認知需求；由於 PISA 旨在評量 15 歲學生面對現實生活問題的能力，因此，第三章聚焦於現實世界和數學世界之間評量的聯繫。第五章，則以一位數學家參與 PISA 設計後的個人反思作為此主題的結束。各章內容簡介如下：

第一章是 Kaye Stacey 和 Ross Turner 的《The Evolution and Key Concepts of the PISA Mathematics Frameworks》，本章描述了 PISA 評量架構的關鍵概念，以及這些概念在 PISA 及數學教育思維中的歷史和起源。

第二章是 Mogens Niss 的《Mathematical Competencies and PISA》，本章針對在 PISA 數學評量架構佔有一席之地的一組數學能力，包含這些能力的起源及它們在“做數學”所扮演的意涵。

第三章則是 Kaye Stacey 主筆的《The Real World and the Mathematical World》，在此描述 PISA 所重視的數學建模及數學建模如何將數學與日常生活實務進行橋接；以及如何透過真實情境的設計下，可以進行跨群體和跨文化之間的數學評量。

第四章則是由 Ross Turner、Werner Blum 和 Mogens Niss 共同撰寫之《Using Competencies to Explain Mathematical Item Demand: A Work in Progress》本篇研究呈現了如何透過 PISA 數學能力的解構來理解 PISA 數學作業的認知需求。

第五章則是 Zbigniew Marciniak 的《A Research Mathematician's View on Mathematical Literacy》，本文旨在呈現作者（一位數學家）在參與 PISA 後的個人反思，主要聚焦於 PISA 參與如何影響他對數學教育重要因素的觀點與看法；此反思彰顯了重要的理論考量的確會對個人觀點有深遠的影響。數學教育與數學家之間的「數學戰爭（math wars）」，作者建議透過 PISA 的共同投入或許會是一個解套的方式。

第二部分：PISA 調查的實施：協作、質量及複雜度

第二部分從內部角度描述了 PISA 調查的研發和實施方面的重要細節，包含了從紙筆測驗轉換到電腦化評量研發的過程、作答反應的編碼與問卷研發；如何借鏡全球知名機構的測驗研發經驗和成果來進行開發；藉由 PISA 公布試題描述數學素養試題的特徵及研發流程；以及數學素養不同水準如何訂定等議題。此部分還描述了 PISA 2012 調查如何收集數據來衡量各國學生的數學學習機會（opportunity to learn）；當國家的培育目標是數學素養時，如何透過 PISA 的證據找到符合 PISA 理念及傳統數學教學的平衡點。第二部分共包含五章，各章內容簡介如下：

第六章為 Ross Turner 所撰寫的《From Framework to Survey Data: Inside the PISA Assessment Process》，作者從身為 PISA 主要執行單位的角色，透過 PISA 評量過程的內部故事介紹了每次 PISA 調查的開發和實施所涉及的要點。

第七章是由 Dave Tout 和 Jim Spithill 合著的《The Challenges and Complexities of Writing Items to Test Mathematical Literacy》，他們以身為試題研發者的角度，描述數學素養試題開發的過程。文中透過 PISA 公布試題來舉例說明這些過程。

第八章則是 Caroline Bardini 所撰寫的《Computer-Based Assessment of Mathematics in PISA 2012》，作者描述了與 PISA 試題電腦化相關的理論和實踐問題，並搭配 PISA 2012 的公布試題進行說明。

第九章是 Agnieszka Sułowska 的《Coding of Mathematics Items in the PISA Assessment》，文中探討 PISA 評量中有關數學題目的編碼，從 PISA 國家評量中心的角度，針對學生對 PISA 試題的反應編碼進行了非常實用的解釋。

第十章是 Leland Cogan 和 William Schmidt 的《The Concept of Opportunity to Learn (OTL) in International Comparisons of Education》討論了在 PISA 2012 的學生問卷中，有關學習數學機會相關的創新問題。

第三部分：PISA 對全球的影響：啟發與適應

本書的第三部分是關於 PISA 影響的議題。此部分同樣包含了五個篇章。此部分介紹了 14 個國家的數學教育工作者從不同背景與觀點，描述 PISA 的理念和評量方法如何影響教學實務、課程安排、不同層面的評量實務，以及國家中引起的教育爭論。其中有些作者探討了國家的 PISA 分數隨著時間推移而有所進步，並希望使用 PISA 結果來進一步激勵教育革新，同時作為政策制定者的參考資訊。

第十一章是 Toshikazu Ikeda 的《Applying PISA Ideas to Classroom Teaching of Mathematical Modelling》，文中討論了如何運用 PISA 架構中所提倡的數學建模概念，並將其應用在日本課堂實踐之中。

第十二章是 Manfred Prenzel、Werner Blum 與 Eckhard Klieme 共同合著的《The Impact of PISA on Mathematics Teaching and Learning in Germany》，文中描述了德國一開始的 PISA 成績出乎意料的低落，此項衝擊導致後續因應 PISA 時，學校和教育系統的變化。

第十三章則由 Ferdinando Arzarello、Rossella Garuti 和 Roberto Ricci 撰寫的《The Impact of PISA Studies on the Italian National Assessment System》，文中描述了義大利國家評量系統受到 PISA 構念的影響，致使全國努力於數學課室實踐的改革，期待讓學生能充分掌握 PISA 的評量重點。

第十四章是由 Kai-Lin Yang 和 Fou-Lai Lin 所著之《The Effects of PISA in Taiwan: Contemporary Assessment Reform》，文中針對 PISA 對臺灣的影響有深入的描述，本文介紹 PISA 高表現國家之一的臺灣，其數學教育工作者為因應 PISA 衝擊的相關積極作為，並介紹當初引起爭議的北北基特色招生評量計畫。

第十五章則是由 Kaye Stacey 編纂的《PISA's Influence on Thought and Action in Mathematics Education》，此章透過一系列的短文描述 PISA 在十個國家的影響與反思，包含了智利、丹麥、法國、印尼、伊朗、以色列、韓國、新加坡、西班牙、美國。透過上述各國作者的摘要呈現，說明了 PISA 對於世界各地的影響力，以及其與許多教育工作者關注的一致性。

參、他山之石可以攻錯，從 PISA 談數學教育可探討的研究取徑

PISA 已是全球最大型的教育調查之一，《Assessing Mathematical Literacy: The PISA Experience》的主編和多數作者都直接參與了 PISA 數學評量架構和數學素養試題的創建與設計，如同主編在前言所指出，本書旨在介紹全球最大的數學評量的“inside story”。雖然 ACER 在 PISA 2012 後畫下 PISA 任務的句點¹。但後續的數學素養評量架構仍然以其為基礎持續修

¹ PISA 2015 起由 ETS (Educational Testing Service) 所負責。

訂，因此，此書提供的 PISA 評量發展經驗，仍應值得數學教育工作者參考。PISA 此類的大型國際評比，參與的國家和學生數量眾多，這樣巨大的教育投入，應有相應的回饋功能方能持續運作。換句話說，當 PISA 結果能夠用來改善參與國家的教育成果，並對教育投入提供生產性、建設性的支撐時，才值得各國在 PISA 投入如此多的能量與努力。以下，針對臺灣數學教育如何藉由 PISA 的研發和研究經驗從中進行研究取徑，可以從以下幾個方向著手：

一、數學素養構念的再概念化

一份數學評量從開發、實施、到後果影響的精緻度取決於工具研發與實施過程的嚴謹程度，過程愈嚴謹，評量工具所具備的信度和效度就愈高，我們也就愈有信心相信評量結果能夠深入瞭解學生的數學表現。

如同本書的許多作者所持的觀點，數學素養的概念因應教育研究的脈動發展而來，但此概念在數學教育也是一個獨特的新貢獻；此概念因應 PISA 的能見度而讓全球各地的學者有這個契機將相關概念和術語進行討論與統整。國內、外的數學教育學者，陸陸續續針對數學素養的定義有所發表，雖然數量在增加中，但素養概念的明確性與各定義之間的釐清，仍有許多對話的空間。

二、PISA 試題實作與評量再研發

如緒論所述，因應這一波教育改革，素養的培育已是作為大多數教育系統培育的主要目標。在本書第三部分中，一些案例國家也嘗試運用 PISA 數學素養架構並進而形成了國家課程與評量發展的框架。除了可以處理比較教育的議題外，數學素養評量的發展也是重要的議題。在嘗試進行數學素養試題的研發時，筆者認為初始階段可先嘗試以 PISA 的數學評量試題進行探索，再從實作經驗中汲取研究設計想法。截至目前為止，PISA 的數學公布試題數量已經相當可觀，許多教育研究也開始用來作為教師專業發展和評量模式的發展。也就是說，PISA 從數學教育的實踐中發展而來，反過來又影響了數學教育的發展方向。值得注意的是，由於 PISA 涉及跨國的評量，在試題設計上難免會有些因地制宜的限制，所以光複製 PISA 型態的試題在培育數學素養上可能會略有不足，但這些公布試題卻能為改進教學提供了想法和方向；它們還可以刺激類 PISA 任務或試題的製作和課堂使用，透過這些任務和試題設計，提升學生數學建模和數學素養將更可期待。

三、試題認知成分解構與學生認知診斷

PISA 提供的評量架構和公布試題除了提供研究者可在研究場域中進行再測之外，有關數學素養能力的解構、認知負荷的分析其實也是另一個可行的方向。透過理論有據的認知成分

(請參考第二、四章)，針對試題描述逐一進行認知成分的編碼，結合實測所得的試題難度，將可掌握測驗難度的可能來源，這對測驗編製者設計試題及教師課室布題都有實質的幫助。近十幾年來，認知診斷分析是測驗學界蓬勃發展的重要議題，主要分析概念就是透過試題所需的屬性(認知成分)所形成的試題屬性矩陣，結合學生實際的作答表現，可以明確診斷學生的認知狀態。認知診斷模式可以從兩個角度著手，一個是根據理論的認知成分來設計試題，再進行資料蒐集與分析；另外一個則是以既有的測驗資料庫來處理，先針對測驗資料庫中的試題進行成分界定，再結合作答反應據以分析。就 PISA 此類的資料庫而言，可以採第二種角度切入，目前已有一些國內外學者嘗試針對 PISA 進行認知診斷探討。

四、善用 PISA 資料庫探討教育議題

PISA 的資料庫是公開的，這個資料庫包含豐富的變項，涉及國家、學校、學生各個層面；藉由這些豐富的資訊進行深入探討是最多學者採用的方式。每次 PISA 調查的國際報告中，OECD 原則上多僅檢視這些單一變項和素養的關聯，報告中通常會先考慮社經地位和性別的可能影響，在控制了這兩個重要因素之後再檢視各變項與素養的關聯；但由於通常只著眼於單一變項，對於研究者而言，依據理論納入多重變項進行關聯探討的空間相當寬廣。

PISA 的取樣是採取先抽學校、再抽學生的兩步驟抽樣方法，此抽樣方式通常建議分析時應考慮資料的階層性，而 PISA 除了蒐集學生層級的訊息之外，也進行了學校與教師問卷的填答，因此，針對 PISA 豐富多元的資料，進行多層次的次級資料分析應有相當廣大的空間。值得注意的是，許多新進研究者會採用資料探勘的方式，但這種沒有理論的探索性分析通常對於教育的實質意涵較為薄弱，建議應採理論依據的資料分析才能有較高的學術生產性。

國際評比歷經嚴格的抽樣程序，通常較具母體代表性。除了全體學生資料的分析，筆者建議也可以著眼於特定學生，例如：不同精熟水準、不同社經地位、不同變項交織下的分類(如：綜整社經地位與成就分類：高社經低成就、低社經高成就；興趣與成就分類：高興趣低成就、高成就低興趣...)。此類特定學生的分析，往往可以關注教育中的特定議題，對於教育實務的實質意義頗高。

須謹記的是，雖然 PISA 已是世界上最大的教育研究調查之一，但它仍然無法回答教育中所有的問題。例如，它不能直接回答有關教育改革最佳方向的問題。也有許多數學教育者常批判 PISA 數學任務或試題的測量目標，由於 PISA 試題多是為了檢核學生在真實情況下的素養展現而設計，而且為了因應題庫的評量架構而必須有所取捨，在這樣的情況下，有些題目可能會被排除，但這些題目可能可以測量到學生重要的數學思維。此外，因涉及跨國比較，大型測驗通常會考量閱卷或作答編碼的合理性和經濟性，因此可能會忽略了許多關於學生表現的細緻訊息。其他對於 PISA 的批判則包含試題設計和施測中的品質監控措施及跨文化間的測

驗偏誤。整體而言，PISA 並非是一個足夠完美的教育研究資料庫，因此，筆者建議應對於 PISA 結果有充分的理解，從理解與反思中出發，如此將更能善用這些測量結果所提供的相關資源，作為後續數學教育實務、研究及政策制定的參考基礎。

參考書目

Stacy, K., & Turner, R. (Eds.). (2015). *Assessing mathematical literacy: The PISA experience*. Cham, Switzerland: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-10121-7

《臺灣數學教育期刊》稿約

2013.04.03 編審委員會會議通過
2013.09.27 編審委員會會議修訂通過
2014.09.04 編審委員會會議修訂通過
2017.03.17 編審委員會會議修訂通過
2021.04.09 編審委員會會議修訂通過

壹、《臺灣數學教育期刊》(*Taiwan Journal of Mathematics Education*) (以下簡稱本刊) 是國立臺灣師範大學數學系及台灣數學教育學會共同發行之期刊，內容以出版數學教育領域相關議題的原創性論文為宗旨。

貳、本刊歡迎符合宗旨的多元型態學術論文，類型如下：

- 一、實徵論文 (research report)：透過資料收集與分析來探究理論或檢驗假設。
- 二、回顧性論文 (review article)：整合相關之實徵研究，並提出批判性或創發思考的評析。
- 三、學術瞭望 (academy observatory)：針對國內外數學教育理論、議題、新知、研究成果、實務發展、改革趨勢，進行說明、分析、評論、反思或建議。
- 四、書評 (book review)：以導讀、討論、分析、闡釋，或比較，來介紹並評論數學教育領域新出版的重要書籍。

參、撰寫文別及字數如下：

- 一、實徵性論文與回顧性論文：可以中文或英文撰寫，中文稿件字數以20,000字、英文10,000字為上限（包含論文全文、中英文摘要、圖表、附註、參考文獻、附錄等），並需經正式審查流程（請參見第捌項之說明）。
- 二、學術瞭望與書評：以中文5,000字為原則，由編輯室邀稿。不經正式審查，但需通過編輯委員會議。

肆、本刊每年發行兩期，分別於四月、十月出刊，並採電子和紙本方式發行。全年徵稿，隨到隨審。

伍、本刊所刊之文稿須為原創性的學術論文之文稿，即未曾投遞或以全論文形式刊登於其他期刊、研討會彙編或書籍。若文稿在送審後自行撤稿，或出現一稿多投、修正稿回覆逾期、侵犯著作權等違反學術倫理等情況，將依下列規則處理：

- 一、來稿一經送審，不得撤稿。因特殊理由而提出撤稿申請者，案送主編決定；非特殊理由而自行撤稿者，一年內將不再接受該作者的投稿。
- 二、若文稿被發現一稿多投、侵犯著作權或違反學術倫理等情況，除文稿隨即被拒絕刊登外，一切責任由作者自負，且本刊於三年內不接受該作者來稿，並視情節嚴重程度求償。

三、作者應於發出文稿修正通知的三週內回傳修正稿及修正回覆說明書，逾期視同撤稿。若有特殊情況請先與本刊聯絡。

陸、未經本刊同意，已發表之文章不得再於他處發表。投遞本刊之學術論文須經編審委員會送請專家學者審查通過後予以刊登，被刊登文章之著作財產權歸國立臺灣師範大學數學系及台灣數學教育學會共同擁有，文責由作者自負。投稿至《臺灣數學教育期刊》之文章，若經編輯委員推薦且經作者同意，可轉稿至《臺灣數學教師》。

柒、中文文稿格式請參考本期刊論文撰寫體例的說明或已發行之文稿，若為英文撰寫之文稿、引用英文文獻以及數學符號、公式等請參考APA第六版出版手冊。投稿時應注意下列事項：

一、填寫投稿資料

(一) 文稿基本資料。

(二) 通訊作者之姓名、服務單位、職稱、通訊地址、聯絡電話和電子郵件地址。

一位以上作者時，非通訊作者只需填寫姓名、服務單位和職稱。

(三) 任職機構及單位：請寫正式名稱，分別就每位作者寫明所屬系所或單位。

(四) 頁首短題 (running head)：中文以不超過15個字、英文以不超過40個字元為原則。

(五) 作者註 (author note)：說明與本篇研究相關的資訊。

二、除文稿正文外，還需包含中英文摘要，相關規定如下：

(一) 中文文稿的中文摘要在前，英文文稿則英文摘要在前。

(二) 中文文稿之中文摘要頁內容包括論文題目 (粗體20級字、置中)、摘要 (不分段，限500字以內) 及關鍵詞 (以五個為上限，並依筆畫順序由少到多排列)；英文摘要頁內容包括 Title (bold, 20 pt, central)、Abstract (不分段，限300字以內) 及 Keywords (字詞及順序須與中文關鍵詞相對應)。

(三) 英文文稿之英文摘要頁內容包括 Title (bold, 20 pt, central)，Abstract (不分段，限300字以內) 及 Keywords (以五個為上限，並依字母順序排列)；中文摘要頁內容包括論文題目 (粗體20級字、置中)、中文摘要 (不分段，限500字以內) 及中文關鍵詞 (字詞及順序須與英文關鍵詞相對應)。

(四) 內文格式詳見《臺灣數學教育期刊》論文撰寫體例。

三、若為修正稿，遞交修正的文稿 (上述第三點之資料) 上請以色字標示修改處，並需依審查意見逐項說明修改內容或提出答辯。

捌、本刊審查流程分為預審與正式審查兩個階段：

一、預審：不符合本刊宗旨、品質要求，或撰寫體例者，逕行退稿或退回請作者修改後再上傳。

二、正式審查：為雙向匿名審查，除基本資料表外，不得出現作者姓名或任何足以辨識作者身份之資料，包括請先省略誌謝。匿名的參考格式為：

- (一) 若本文引用作者已發表之文章，須以「(作者, 西元年)」或“(Author, Year)”；若引用作者已發表之文章不只一篇，則以「(作者, 西元年a)、(作者, 西元年b)、……」或“(Author, Year a)、(Author, Year b)、……”的中文作者姓氏筆畫順序以及外文作者姓氏字母順序排列。
- (二) 若在參考文獻中則以「作者(西元年), 期刊刊名。」或「作者(西元年), 書名。」、「作者(西元年)。編者, 書名。」或“Author (Year). *Title of Periodical.*”表示。

引用文獻中包含一位以上的投稿文章作者，其所有著作皆須遵守上述規範。

範例1：「林妙鞠、楊德清(2011)。故事融入小一弱勢學生之補救教學研究。*台灣數學教師(電子)期刊*, 25, 1-16。doi: 10.6610/ETJMT.20110301.01」一文的作者欲引用該文，文中應以「(作者, 西元年)」表示，參考文獻則以「作者(西元年)。台灣數學教師(電子)期刊。」表示。

範例2：「李源順(2009)。三階段輔導模式 - 以數學學習領域為例。收錄於鍾靜和楊志強(主編), *優質實習輔導教師的增知賦能* (pp.141-157)。臺北市：國立臺北教育大學。」一文的作者欲引用該文，文中應以「(作者, 西元年)」表示，參考文獻則以「作者(西元年)。收錄於鍾靜和楊志強(主編), *優質實習輔導教師的增知賦能*。」

範例3：“Chang S. L., & Lin, F. L. (2006). Investigations into an elementary school teacher's strategies of advancing children's mathematical thinking. *Taiwan Journal of Mathematics Teachers*. 5, 21-34. doi: 10.6610/ETJMT.20060301.04”的作者應以“(Author, Year)”引用該文，參考文獻則以“Author (Year). *Taiwan Journal of Mathematics Teachers.*”表示。

玖、文稿透過線上投稿系統(<http://tjme.math.ntnu.edu.tw>)方式投遞。當文稿被接受，作者需在本刊提供的著作財產權讓與同意書上簽名，以掃描檔或紙本方式寄回。作者應負論文排版完成後的校對之責。被接受刊登之文稿，作者需提供文獻之doi，以及中文參考文獻之英譯資料。被接受刊登的英文文稿，作者需自行負責檢查文稿中的用詞、語法、拼寫、含意和邏輯的正確性，編輯委員僅負責格式上之校對。

壹拾、期刊助理聯絡郵箱：TJME.taiwan@gmail.com

《臺灣數學教育期刊》研究論文撰寫體例

2013.04.03 編審委員會會議通過

2013.09.27 編審委員會會議修訂通過

2014.09.04 編審委員會會議修訂通過

2017.03.17 編審委員會會議修訂通過

本期刊原則上依循美國心理學會(American Psychological Association)的撰寫格式，中文文稿請參考下面的說明或本刊已發表的文稿，若為英文撰寫之文稿、引用英文文獻以及數學符號、公式等請參考 APA 第六版出版手冊。文稿請使用 Microsoft Word 98 以上之繁體中文文書軟體處理。除另有規定外，中文字型一律採用新細明體，英文字型一律為 Times New Roman。

壹、撰稿格式

- 一、投稿除需要附上作者基本資料表檔案外，中文稿件內容依序為中文摘要頁（含關鍵字）、英文摘要頁（含關鍵字）、正文（包括圖、表、附註、誌謝、參考文獻）以及附錄（若無必要可省略）；英文稿件之撰寫順序相同，唯中英文摘要頁位置對調。
- 二、稿件版面以單欄版面橫向印列的A4規格紙張，上下左右各留2.5公分空白，除基本資料表頁外每頁需加註頁碼。文稿字數（包含摘要、正文、圖表、附註、參考文獻、附錄等）中文以20,000字為上限，英文以10,000字為上限。
- 三、中文摘要頁內容包括論文題目（粗體20級字、置中）、摘要（不分段，限500字以內）、與關鍵字（以五個為上限，並依筆畫順序由少到多排列）。
- 四、英文摘要頁內容包括論文題目（bold, 20 pt, central），並附英文摘要（不分段，限300字以內）及英文關鍵字（字詞及順序須與中文關鍵字相對應）。
- 五、除各項標題、表之註記與另起一段之引文外，內文不分中英文均為12級字，單行行距。
- 六、除另有規定外，中文字型一律採用新細明體，標點符號及空白字為全形字；英文字型一律為Times New Roman。
 - 一、本期刊為雙向匿名審查，除基本資料表外，不得出現作者姓名或任何足以辨識作者身份之資料。匿名的參考格式為：
 - (一) 若本文引用作者已發表之文章，須以「(作者, 西元年)」或“(Author, Year)”；若引用作者已發表之文章不只一篇，則以「(作者, 西元年a)、(作者, 西元年b)、……」或“(Author, Year a)、(Author, Year b)、……”的中文作者姓氏筆畫順序以及外文作者姓氏字母順序排列。
 - (二) 若在參考文獻中則以「作者(西元年), 期刊刊名。」或「作者(西元年), 書名。」、「作者(西元年)。編者, 書名。」或“Author (Year). Title of Periodical.”

表示。

引用文獻中包含一位以上的投稿文章作者，其所有著作皆須遵守上述規範。

範例1：「林妙鞠、楊德清（2011）。故事融入小一弱勢學生之補救教學研究。

台灣數學教師(電子)期刊，25，1-16。」一文的作者欲引用該文，文中應以「（作者，西元年）」表示，參考文獻則以「作者（西元年）。台灣數學教師(電子)期刊。」表示。

範例2：「李源順（2009）。三階段輔導模式 - 以數學學習領域為例。收錄於鍾靜和楊志強（主編），優質實習輔導教師的增知賦能（pp.141-157）。臺北市：國立臺北教育大學。」一文的作者欲引用該文，文中應以「（作者，西元年）」表示，參考文獻則以「作者（西元年）。收錄於鍾靜和楊志強（主編），優質實習輔導教師的增知賦能。」

範例3：“Chang S. L., & Lin, F. L. (2006). Investigations into an elementary school teacher's strategies of advancing children's mathematical thinking. *Taiwan Journal of Mathematics Teachers*. 5, 21-34.”的作者應以“(Author, Year)”引用該文，參考文獻則以“Author (Year). *Taiwan Journal of Mathematics Teachers*.”表示。

貳、正文

一、正文原則上包括「緒論」、「文獻探討」、「方法」、「結果」、「討論」與「參考文獻」等六部分，「緒論」含研究動機與目的、假設或研究問題等內容。前述格式為原則性規定，作者可依論文性質斟酌改變。

二、標題的層次、選用次序與字體為：

壹、16級字、粗體、置中

一、14級字、粗體、靠左對齊

(一)12級字、粗體、靠左對齊

1. 12級字、粗體、靠左對齊

(1)內縮1.5字元、12級字、粗體、靠左對齊

A.內縮1.5字元、12級字、底線、靠左對齊

1. 第一級標題為「緒論」、「文獻探討」、「方法」、「結果」、「討論」與「參考文獻」等，各層次標題選用次序為：壹、一、(一)、1、(1)、A 最多以六個層次為原則。
2. 第一、二、三、四、五層次標題請使用粗體。
3. 第一層次標題使用 16 級字，第二層次標題使用 14 級字，其餘 12 級字。
4. 第一層次標題置中，其餘靠左對齊。
5. 第一、二、三層次標題為單行間距，並與前後段距離均為 1 行；第四、五、六層次標題為 12 點最小行高，並與前後段距離均為 0.5 行。
6. 第五、六層次標題內縮 1.5 字元，而第六層次標題加上底線。
7. 標題請用字簡明，勿用句號或冒號。若逢頁尾最後一行，應移至次頁首行。

三、英文統計符號須用斜體字，例如 $F(1, 53) = 10.03$, t , F , M , SD , N , r , p 等。希臘字母則不要斜體，例如： α , β , ε , η 。

四、資料分析結果的有效位數須全文一致。恆小於「1」的數值，例如 $KR20$, α , p 等統計數值的個位數字「0」請省略。

五、文獻資料的引用一律採取文內註釋。引用文獻時，必須有作者姓名（中文作者姓名全列，英文作者僅列姓氏）及論文年份（中文文獻及英文文獻均使用西元年份）。相同作者在同一段中重複被引用時，第一次須寫出年代，第二次以後，在不造成混淆的情況下年代可省略。若在不同段落中重複引用時，則仍須完整註明。本文中引用之文獻必須在參考文獻中列出。文獻引用格式於下：

1. 當作者為一人時，格式為作者（年代）或（作者，年代）、Author (Year)或(Author, Year)。
2. 當作者為二人時，每次引用均須列出全部作者，在行文中，以「與」連接；在括號和參考文獻中，中文以頓號「、」，西文以“&”連接。格式為作者 1 與作者 2（年代）或（作者 1、作者 2，年代）、Author 1 與 Author 2 (Year)或(Author 1 & Author 2, Year)。
3. 當作者為三至五人時，第一次引用時所有作者均須列出，第二次以後僅需寫出第一位作者並加「等」字或“et al.”。在同一段落中重複引用時，第一次須完整註明，第二次以後僅需寫出第一位作者再加「等」字或“et al.”，可省略年代。若在不同段落中重複引用，則僅需寫出第一位作者再加「等」字或“et al.”，但仍需註明年代。
4. 當作者為六人以上時，每次引用都只列第一位作者並加「等」字或“et al.”。
5. 當作者或作者之一為機構時，第一次引用應寫出機構全名，並以中括號註明慣用之簡稱，第二次之後即可使用簡稱替代，並依上述一至四點處理。例如：行政院國家科學委員會(國科會, 2011)或(行政院國家科學委員會[國科會], 2011)、National Science Council (NSC, 2011)或(National Science Council [NSC], 2011)。

6. 當文獻為翻譯作品時，以原作者為主要作者，中文翻譯的文獻須註明原著出版年代，接續註明譯者姓名與譯本出版年代，作者與譯者之人數及其引用格式的規範與一般作者相同。英文翻譯文獻則僅須註明原著出版年代和譯本之出版年代，中間以斜線區隔，不須註明譯者姓名，作者人數及其引用格式的規範與一般作者相同。例如：Skemp (1987/1995)。
7. 當西文作者同姓時，須引用全名，且採「名在前姓在後」方式書寫。例如：A. J. Bishop (1985)和 E. Bishop (1970) 都認為……。
8. 在同一括號內同時引用多位作者的文獻時，依作者姓名筆畫（英文用字母）排序；若同時有中英文作者，則先列中文作者。不同作者之間用分號分開，相同作者不同年代之文獻用逗號隔開年代。
9. 在文章中引用同一作者在同一年多的多篇著作時，應在年代後加註 a, b, c……以茲區別。
10. 當引用文獻需標出頁數時，西文單頁為“p.”、兩頁以上為“pp.”，中文則以「頁」表示。例如：（洪萬生，2006，頁 167）、(Dubinsky, 1991, p. 102)、(Heath, 1956, pp. 251-252)。
11. 當引用之觀念或陳述，來自第二手資料時，應將原始資料和第二手資料同時註明。在括號中首先列出原始作者與年代，接續中文以「引自」，西文以“as cited in”註明第二手資料之作者與年代，並說明出處頁碼。例如：（Garner, 1988，引自蘇宜芬、林清山，1992，頁 246）、Peirce (1968, as cited in Sáenz-Ludlow, 2002, p. 289)
12. 引文超過中文 80 字（西文 40 字），則須另起一段，並改為標楷體 10 級字，左右縮排 2 字元，與正文間前後空一行，且在引文前後無需用引號。例如：

Schoendfeld (1992, p.335) 有一段話可以用來討論：

數學從其創生之始就是一種社會活動，在此活動中一群訓練有素的實踐者（數學科學家）從事組型的科學——基於觀察、研究和實驗，有系統地試圖要決定一個公理化或理論化之系統中的規律的性質和原理（此為純數學），或者從實在世界物體中抽象出來之系統的模式（此為應用數學）。數學的工具是抽象、符號表徵、和符號操作。然而學會運用這些工具，其意義乃謂一個人以數學方式思考而非如一個工匠使用工具。以數學的方式思考就是：（1）形成數學觀點——珍視數學與抽象的歷程，並偏愛其應用，（2）發展此學科的工具的能力，並應用這些工具以協助我們理解結構——數學的建構意義（mathematical sense-making）。

六、圖與表格：

1. 圖下方應置中書明圖序及圖之標題；表格上方應置中書明表序及表名，圖表序號均使用阿拉伯數字，且圖表序與圖名之間空一個中文字（或 2 個英文字母）。各圖表之標題及說明宜精簡，但不宜精簡至看正文才能知此圖的訊息。
2. 表格之製作以簡明清楚、方便閱讀為原則，頂端與底端採用粗線(1.5pt)繪製，中間與兩邊不必畫線。表序須配合正文以阿拉伯數字加以編號，並書明表之標題。
3. 每一個圖表的大小以不超過一頁為原則，如超過時，須在續表之表序後加上(續)/(continued)，但無須重現標題，如：表 1 (續) 或 Table 1 (continued)。
4. 圖與表格應配合正文出現，與前後段空一行間距。圖及表格內容若有解釋的必要，可作註記。註記與圖表之左邊界切齊，列在圖、表之下方，每註另起一行，按編號順序排列。

七、誌謝與附註：

1. 誌謝應力求簡短扼要，置於正文之後。誌謝二字為 16 級字、粗體、置中。誌謝文另行起、第一行內縮 2 字元、12 級字。
2. 附註應置於參考文獻之前，每項附註均另起一行，並以阿拉伯數字編號，依順序排列。

參、參考文獻

- 一、正文中引用過之文獻，必須全部列舉在參考文獻內，且不得列出未引用之文獻，接受刊登之論文，作者應另提供中文參考文獻之英譯資料。
- 二、每個作者第一行由第一格開始寫，第二行中文內縮三個字；英文內縮六個字母。中文參考文獻先寫作者姓名（年代），再用「。」接續「篇名」，「。」後再寫「期刊名稱」或「書名」以及「頁碼」。中文參考文獻「書名」或「期刊名及卷數」以粗體表示，其餘（含期數）維持標準樣式。英文參考文獻先寫作者姓名（年代），再用「.»接續「篇名」，「.»後再寫「期刊名稱」或「書名」以及「頁碼」。英文參考文獻「書名」或「期刊名及卷數」以斜體表示，其餘（含期數）維持標準樣式。即：

作者（年代）。文章篇名。期刊刊名^{粗體}，卷^{粗體}（期^{若無則可省略}），xxx-xxx。

Author, A. A. (Year). Title of article. *Title of Periodical*^{斜體}, *volume*^{斜體} (issue^{若無則可省略}),
xxx-xxx.

- 三、各種不同形式的中英文參考文獻的格式如下：

1. 期刊

中文格式：作者（年代）。文章篇名。期刊刊名，卷（期），xxx-xxx。

英文格式：Author, A. A. (Year). Title of article. *Title of Periodical*, volume(issue),

xxx-xxx.

2. 書籍

中文格式：作者（年代）。**書名**（版次若有須註記）。出版地：出版者。

英文格式：Author, A. A. (Year). *Title of book* (Edition). Location: Publisher.

3. 編輯著作：中文編輯著作以編者之姓名起始，其後以「編」、「編著」等標示其著作方式，以資區別。英文編輯著作以編者之姓氏起始，其後則為編者名字的縮寫，再加上“Ed.”、“Eds.”、或“Comp.”，以資區別其著作方式。

中文格式：編者編（年代）。**書名**（冊次若無則可省略）。出版地：出版者。

英文格式：Editor, A. A. (Ed.). (Year). *Title* (Volume若無則可省略). Location: Publisher.

4. 翻譯作品

中文格式：原作者（譯本出版年）。**翻譯書名**（譯者譯）。出版地：出版者。
（原作出版於xxxx年）

英文格式：Author, A. A. (Year). *Title* (B. B. Translator, Trans.). Location: Publisher.
(Original work published Year).

5. 書中的文章

中文格式：作者（年代）。文章名稱。收錄於編著姓名（編著），**書名**（冊次若無則可省略，頁xx-xx）。出版地：出版者。

英文格式：Author, A. A. (Year). Title of article. In B. B. Editor (Ed.), *Title of Book* (Edition若無則可省略, pp. xx-xx). Location: Publisher.

6. 研究計畫報告：若引述的報告是取自 ERIC (the Educational Resources Information Center)或 NTIS (the National Technical Information Service)，則在最後須以括號註明 ERIC 或 NTIS 的編號。

中文格式：作者（年代）。**報告名稱**（報告編號若無則可省略）。出版地：出版者。

英文格式：Author, A. A. (Year). *Title of report* (Report No.若無則可省略). Location: Publisher.

7. 研討會發表之論文（未出版）

中文格式：作者（年，月）。**論文標題**。發表於會議名稱。會議地點：舉辦單位若無則可省略。

英文格式：Author, A. A. (Year, month). *Title of paper*. Paper presented at the Title of the Symposium. Location, Country.

8. 未出版之學位論文

中文格式：作者（年代）。**論文名稱**。未出版之博／碩士論文，學校暨研究所名稱，大學所在地。

英文格式：Author, A. A. (Year). *Title of doctoral dissertation/master thesis*. Unpublished doctoral dissertation/master thesis, Name of

University, Location.

9. 網路資源

中文格式：作者若無則可省略（年月日若無則可省略）。網頁標題。檢自URL。

英文格式：Author, A. A. (Year, month day若無則可省略). *Title of webpage*. Retrieved from URL.

《臺灣數學教育期刊》投稿基本資料表

篇名	(中文)		
	(英文)		
總字數	稿件全文 (含中英文摘要、正文、參考文獻、附錄等) 共_____字。		
關鍵詞 <small>(最多五個)</small>	(中文)		
	(英文)		
頁首短題 <small>(running head)</small>	(請以不超過15個中文字或40個英文字元為原則。)		
通訊作者資料	姓名	(中文)	(英文)
	職稱		
	服務單位 <small>(或就讀校系)</small>	(中文)	(英文)
	E-mail		
	通訊地址		
	電話	辦公室：()	分機
		行動電話：	
<small>如為共同著作，請詳填以下共同著作人欄位，非共同著作則不需填寫。(以下欄位不敷填寫時請自行增加)</small>			
共同著作人	姓名	服務單位 <small>(或就讀校系)</small>	職稱
第一作者 <small>(<input type="checkbox"/>通訊作者)</small>	(中文)	(中文)	
	(英文)	(英文)	
第二作者 <small>(<input type="checkbox"/>通訊作者)</small>	(中文)	(中文)	
	(英文)	(英文)	
第三作者 <small>(<input type="checkbox"/>通訊作者)</small>	(中文)	(中文)	
	(英文)	(英文)	
作者註 <small>(可複選)</small>	<input type="checkbox"/> 本篇論文為碩、博士論文改寫，指導教授為_____。 <input type="checkbox"/> 本篇論文曾於_____發表。 <input type="checkbox"/> 本篇論文獲國科會補助，計劃編號：_____。		
1.茲保證本論文符合研究倫理。 2.茲保證所填基本資料正確，文稿未曾以任何方式出版或發行，且無一稿多投、違反學術倫理，或違反著作權相關法令等事情。 3.茲瞭解並同意貴刊著作權授權規範，並保證有權依此規範進行相關授權。 4.茲保證文稿已經所有作者同意投稿至《臺灣數學教育期刊》。			
填表人：_____		填表日期：_____年_____月_____日	

《臺灣數學教育期刊》著作財產權讓與同意書

茲同意投稿至國立臺灣師範大學數學系與台灣數學教育學會共同發行的《臺灣數學教育期刊》之一文，名稱為：

立書人聲明及保證本著作為從未出版之原創性著作，所引用之文字、圖表及照片均符合著作權法及相關學術倫理規範，如果本著作之內容有使用他人以具有著作權之資料，皆已獲得著作權所有者之（書面）同意，並於本著作中註明其來源出處。著作人並擔保本著作未含有毀謗或不法之內容，且絕未侵害他人之智慧財產權，並同意無償授權國立臺灣師範大學數學系與台灣數學教育學會於本著作通過審查後，以論文集、期刊、網路電子資料庫等各種不同方法形式，不限地域、時間、次數及內容利用本著作，並得進行格式之變更，且得將本著作透過各種公開傳輸方式供公眾檢索、瀏覽、下載、傳輸及列印等各項服務。國立臺灣師範大學數學系與台灣數學教育學會並得再授權他人行使上述發行之權利。惟著作人保有下列之權利：

- 1.本著作相關之商標權及專利權。
- 2.本著作之全部或部份著作人教學用之重製權。
- 3.出版後，本著作之全部或部份用於著作人之書中或論文集集中之使用權。
- 4.本著作用於著作人受僱機關內部分送之重製權或推銷用之使用權。
- 5.本著作及其所含資料之公開口述權。

著作人同意上述任何情形下之重製品應註明著作財產權所屬，以及引自《臺灣數學教育期刊》。

如果本著作為二人以上之共同著作，下列簽署之著作人已通知其他共同著作人本同意書之條款，並經各共同著作人全體同意，且獲得授權代為簽署本同意書。如果本著作係著作人於受僱期間為雇用機構所作，而著作權為讓機構所有，則該機構亦同意上述條款，並在下面簽署。

本著作之著作財產權係屬（請勾選一項）

- 著作人所有
 著作人之僱用機構所有

立同意書人（著作人或僱用機構代表人）簽章：_____

著作人姓名或僱用機構名稱：_____

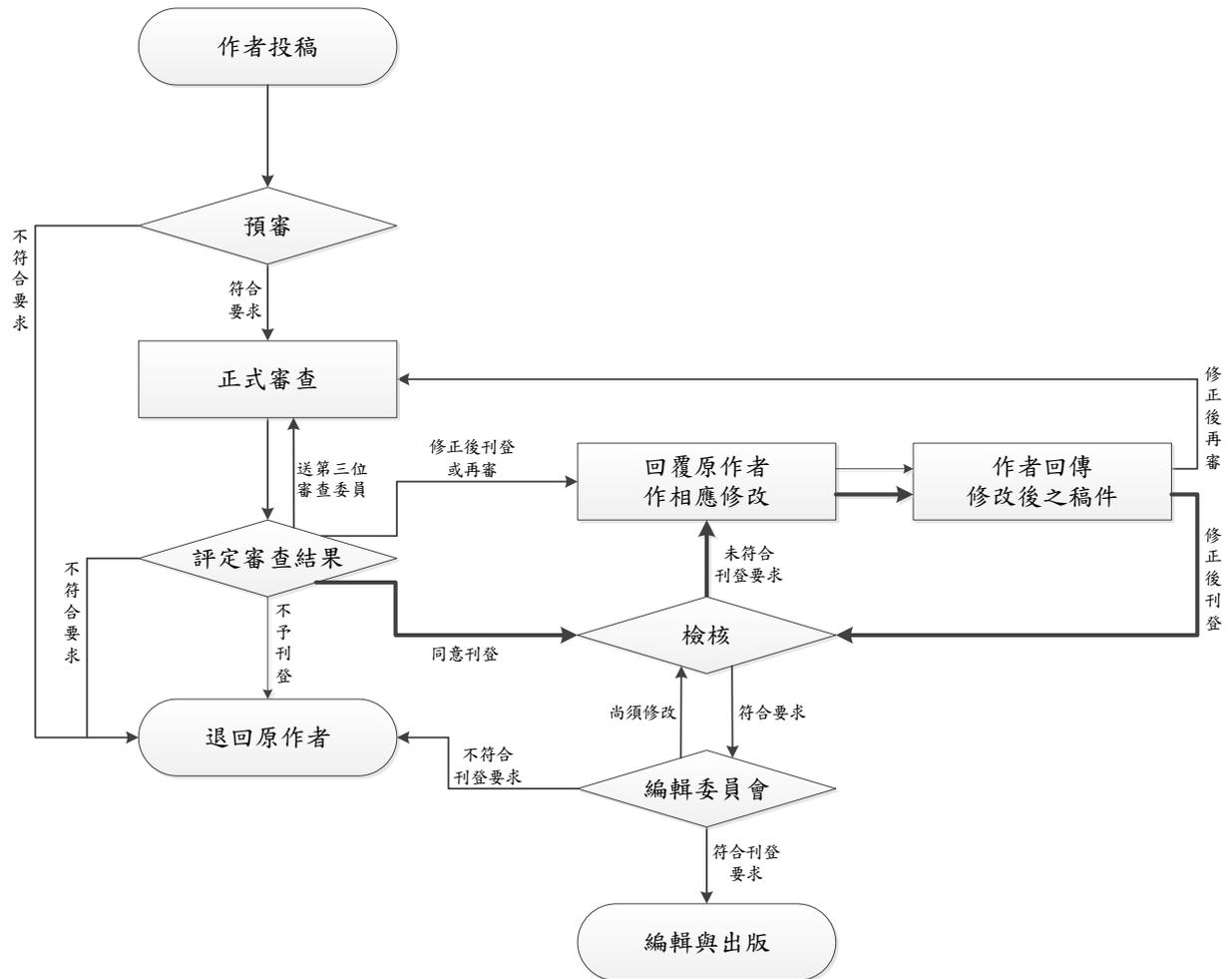
（正楷書寫）

中華民國 年 月 日

《臺灣數學教育期刊》編審辦法

2013.04.03 編審委員會會議通過

- 壹、《臺灣數學教育期刊》（以下簡稱本刊）之審查包括預審、正式審查兩個階段：
- 一、預審：檢視來稿是否符合本刊稿約之宗旨、論文品質以及進行論文格式之審查；
 - 二、正式審查：審查委員與投稿者採雙向匿名方式進行。主編就審查委員的回覆意見及論文品質決定接受或拒絕文稿，或是需要作者修改後再進行審查或檢核。需要「修正後再審」之稿件，交原審查委員或委由主編委任進行再審。所有文稿最後須經編輯委員會審查通過後，方能刊出。
稿件之最終審查決定以投稿後六個月內完成並通知作者。
- 貳、審查委員針對稿件之學術原創性、正確性及價值等條件從嚴審查，以確保所刊文稿的品質。審查委員可提供作者具建設性的修改建議，以利文稿的修正及品質提昇，並以下列其中一種的刊登建議回覆：
- 一、「同意刊登」：論文不需要修改可作原稿刊登。
 - 二、「修正後刊登」：通知作者依審查意見修改或答辯後刊登。
 - 三、「修正後再審」：要求作者依審查意見修改或答辯，修正稿由編輯委員會送原審查委員或委由主編委任進行再審。
 - 四、「不宜刊登」：通知作者退稿。
- 稿件審查的時間以三週為限，若超過期限，編輯委員會將去函提醒審查委員儘速審查，若逾六週審查者仍未寄回審查意見，則編輯委員會得再聘請另一位審查者取代之。每位審查者皆為無償審查，但會在每年第二期期刊中列名致謝。
- 參、本刊主編、副主編或編輯委員如投稿本刊，該委員應迴避推薦審查委員名單、參與審查結果決定之討論或經手處理與個人稿件有關的資料(包括審稿者資料、推薦審查委員名單、審稿意見等)。
- 肆、本刊預計每年四月和十月出版，稿件刊登順序由主編原則上依文稿性質與投稿時間之先後次序決定之，而第一作者的文稿以一篇為限，超過篇數之稿件留至下期刊登。
- 伍、本刊稿件之編審流程如下圖所示：



Publisher | Department of Mathematics, National Taiwan Normal University
Taiwan Association for Mathematics Education

Guest Chief Editor | Lin, Su-Wei Department of Education, National University of Tainan

Editorial Board

Chief Editor	Wu, Chao-Jung	Department of Educational Psychology and Counseling, National Taiwan Normal University
Vice Chief Editor	Liu, Po-Hung	Fundamental General Education Center, National Chin-Yi University of Technology
	Yang, Kai-Lin	Department of Mathematics, National Taiwan Normal University
Editorial Panel	Chen, Jhih-Cheng	Department of Applied Mathematics, National University of Tainan
	Hsieh, Feng-Jui	Department of Mathematics, National Taiwan Normal University
	Hsiung, Tung-Hsing	Department of Early Childhood Education, National Taitung University
	Hsu, Hui-Yu	Graduate Institute of Mathematics and Science Education, National Tsing Hua University
	Huang, Hsin-Mei	Department of Learning and Materials Design, University of Taipei
	Lee, Yuan-Shun	Department of Mathematics, University of Taipei
	Liu, Man-Li	Department of Science Communication, National Pingtung University
	Liu, Yuan-Chen	Department of Computer Science, National Taipei University of Education
	Tam, Hak-Ping	Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University
	Yang, Chih-Chien	Graduate Institute of Educational Information and Measurement, National Taichung University of Education
	Yang, Der-Ching	Master Program in Mathematics and Science Education, Department of Education, National Chiayi University
	Yuan, Yuan	Department of Mathematics Education, National Taichung University of Education
International Editorial Panel	Lo, Jane-Jane	Department of Mathematics, Western Michigan University, USA
	Seah, Wee-Tiong	Melbourne Graduate School of Education, University of Melbourne, Australia
	Toh, Tin-Lam	National Institute of Education, Nanyang Technological University, Singapore

Address	No.88 Sec. 4, Ting-Chou Rd., Taipei City, Taiwan, R.O.C. Department of Mathematics, National Taiwan Normal University " <i>Taiwan Journal of Mathematics Education</i> "
TEL	886-2-7749-3678
FAX	886-2-2933-2342
E-mail	TJME.taiwan@gmail.com
Website	http://tjme.math.ntnu.edu.tw/contents/contents/contents.asp?id=21

1 國際學生能力評量計畫數學學習成就之系統性文獻分析

／李靜儀、林園修、張仁誠

A Scoping Review of the Program for International Student Assessment on Mathematical Achievement

／ Ching-Yi Lee, Yuan-Hsiu Lin, Ren-Cheng Zhang

33 PISA 2012 探究臺灣學生性情經歷因素對數學焦慮之影響

／林郁婷、龔心怡

Using PISA 2012 to Explore the Effects of Dispositional Antecedents on Taiwanese Students' Mathematics Anxiety

／ Yu-Ting Lin, Hsin-Yi Kung

63 不同心態之臺灣學生成就動機與數學素養關聯研究

／蘇泓誠、陳佳欣

Relationship Between Achievement Motivation and Mathematics Literacy of Taiwanese Students with Different Mindsets

／ Hung-Cheng Su, Chia-Hsin Chen

87 國小六年級生對數學素養導向試題之作答表現探究

／吳正新、謝佳叡、黃宇康

An Investigation into the Performances of Sixth Graders in Answering Literacy-oriented Assessments in Mathematics

／ Jeng-Shin Wu, Chia-Jui Hsieh, Yu-Kang Huang

書評 **Book Review**

113 「他山之石，可以攻錯」：從 PISA 視角談數學教育研究取徑

／林素微

The Research Approaches of Mathematics Education from the Perspective of PISA: A Book Review

／ Su-Wei Lin

