

中學生數學焦慮量表之建構與驗證

陳盈如¹ 左太政² 劉嘉茹^{1,*}

¹國立高雄師範大學 科學教育暨環境教育研究所

²國立高雄師範大學 數學系

摘要

本研究旨在編製中學生之「數學焦慮量表」。研究目的是透過驗證性因素分析與複核效度檢驗來測試開發和驗證適合測量中學生數學焦慮之工具，稱為中等教育數學焦慮評估量表。本研究量表發展與驗證的過程經過專家效度考驗，24道初擬試題經由專家建議修正之後施測，蒐集自1,512名中學生之填答數據，透過項目分析、探索性因素分析、驗證性因素分析及複核效度檢驗等四種統計分析方式，驗證所開發之數學焦慮量表。首先，經項目分析與探索性因素分析結果獲得三個因素，符合預試量表之三個構面，共刪除10道不良題目，保留14道題目，整體信度為.930。接續驗證性因素分析，再刪除2道題目，保留12道題目，最後經複核效度檢驗，結果證實了此量表之三個因素結構與樣本資料(估計樣本及效度樣本)具有最佳適配($\chi^2 = 150.659$, $\chi^2/df = 2.954$, CFI = .985, RMSEA = .046, TLI = .981, SRMR = .034)。即此數學焦慮量表包括「數學學習焦慮」、「數學考試焦慮」及「數學概念焦慮」三個潛在因素不僅符合文獻回顧之理論架構，並可作為評估學生所持有數學焦慮之個別差異的測量工具，在心理測量上亦獲得合理且良好的12道題項之驗證。

關鍵字：數學考試、數學焦慮、數學概念、數學學習

壹、緒論

「許多人認為數學是最符合邏輯、最客觀的知識分支之一，但它比任何其他學校科目更能激發情感」(Zaslavsky, 1994, p. 5)，Zaslavsky提到學科所激發學生的一系列情感中，數學相較於其他學科有一個相當不同之處——情緒通常是負面的，而且可能是極端的。這種情緒被稱為數學焦慮(Math Anxiety, MA)，它會對數值及數學任務的表現產生負

面影響，導致學生對涉及數學的相關工作之期望呈現下降趨勢，從而影響教育成果和未來的就業方向(Barroso et al., 2021; Namkung et al., 2019; Rose et al., 2023)。研究指出數學焦慮會隨年齡增加，並且在學年當中逐漸擴大，進而影響學生的成就，甚至未來的個人生活決定(Ahmed, 2018; Rolison et al., 2020)。實際上，數學焦慮已被廣泛認為是科學、技術、工程和數學領域(Science, Technology, Engineering, and Mathematics, STEM)成功的

*通訊作者：劉嘉茹，chiaju1105@gmail.com；ORCID：0009-0005-3019-0516

投稿：2024/1/15，修訂：2024/6/30，接受：2024/6/30，線上出版：2024/08/28

潛在障礙，目前的觀點認為數學焦慮與STEM領域的迴避和表現不佳直接相關(Daker et al., 2021)。研究發現學生對數學的態度及對數學的焦慮程度可能會其影響重要的決定，例如避免選擇參加高等數學課程的行為可能會阻止學生攻讀數學密集型之STEM學位(Gunderson et al., 2012; Parsons et al., 1982)。

以數學為主要評估領域的Programme for International Student Assessment (PISA) 2022 結果報告表明，數學表現較好的學生對數學的焦慮程度較低，但表現較好的國家之焦慮水準明顯存在更大的差異(Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2023)。其中，臺灣學生的數學表現為前三名，但臺灣學生的數學焦慮(MA = .285)卻高於數學表現第一名的新加坡(MA = .153)，甚至遠高於升學壓力龐大的南韓(MA = -.05)，數學焦慮程度更是在所有數學表現達平均值國家中的前三名。顯然，無論學生是否擅長數學，都有一定程度的數學焦慮(Joseph & Kaur, 2003; Ko & Park, 2007; Stubblefield, 2006)。STEM教育和數學技能對未來工作的重要性已是世界各國關注的焦點，到2030年，學生很可能會進入一個非常不同的勞動力市場(Apriliani et al., 2016; Rose et al., 2023)。鑑於數值和數學技能的重要性，理解和治療數學焦慮對於改善教育和就業成果至關重要。因此，瞭解學生的數學焦慮因子，進而降低學生的數學焦慮已刻不容緩。不過，在嘗試為高數學焦慮的學生開發應對機制之前，我們需要適當地衡量每個學生所經歷的數學焦慮程度，並瞭解這種焦慮的本質和實質。是此，有必要重新定義數學焦慮的概念，並開發一個標準化的工具來衡量它。

數學焦慮在學術研究中以多種方式定

義，但共同點皆為：數學焦慮是在思考或做數學時出現的不適或緊張。數學焦慮一詞被定義為「一種緊張、憂慮、甚至恐懼的感覺，會干擾正常的數字操作和數學問題的解決」(Ashcraft & Faust, 1994, p. 98)。即數學焦慮泛指在面對生活中的數學問題時所發生的緊張感和恐懼感(Mansor et al., 2024)。長久以來，數學焦慮通常被認為具有多層面、多維度的一種概念，包含情緒、憂慮、焦慮的認知方面以及生理方面等(Ganley et al., 2019)。在一些研究中，它被認為涉及兩個組成部分：數學考試焦慮(math evaluation anxiety)和數學學習焦慮(learning math anxiety)。數學考試焦慮是涉及數學測驗情境時所感到的焦慮，而數學學習焦慮是在非測驗情境中感受到的焦慮，例如在課堂上或做數學作業時(Hopko et al., 2003; Plake & Parker, 1982)。而且數學測驗更是引起數學相關焦慮的主要因素(Battista, 1986)。有些學者則將負面情緒反應和認知視為數學焦慮的兩個重要組成部分，其中兒童的能力認知與表現認知之數學焦慮成分，和數學表現的相關性更強、更負面(Wigfield & Meece, 1988)。先前一項研究表明，由於數學的某些獨特特徵和要求，會導致學生在學習的過程經歷數學焦慮，例如解決各種類型的數學問題之技能，包括計算、單詞問題、證明、應用等(Joseph & Kaur, 2003)。爾後，破壞性解釋(也稱為衰弱性焦慮理論)被提出來解釋數學焦慮和數學成績之間的負相關(Carey et al., 2015)。該理論提出，數學焦慮會損害注意力和抑制功能，導致可使用於當前數學任務的認知資源減少，進而影響處理和回憶，最終迴避數學情境影響數學學習(Rose et al., 2023)。

數學認知係指與數學相關的思維活動，由三個基本部分組成：數值運用、算術知識及推理計算(Dong et al., 2019)。其包含簡單的學

習能力及相對更高級的能力，例如能夠識別「+」或「=」等等符號的基礎能力，以及能夠解聯立方程或執行微積分的進階能力(Daly et al., 2019)。不僅如此，數學認知方面的研究更表明這些學習能力在我們大腦中使用了廣泛的神經區域網絡，例如評估一組對象的數量涉及頂內溝底部的神經元(Ischebeck et al., 2006)，而數字認知可能涉及知覺、運動、空間和記憶功能(Zago et al., 2001)。此外，眾所周知，數學認知中涉及的心理工作量與皮層神經活動的絕對水平呈線性關係(Arsalidou et al., 2013)。早在1988年，Earle就透過腦電圖(electroencephalography)測量發現，當心理工作量增加時，右前額葉皮層會表現出神經活動的增加。隨著認知神經科學對於數學焦慮研究的蓬勃發展，已然為現有的數學焦慮研究提供了強而有力的新觀點：數學認知可能是引起數學焦慮的主要因子之一。

然而，在臺灣的數學教育領域中，具有完整標準化驗證過程之數學焦慮心理測量工具是相當少見的。因此，基於前述廣泛探究數學焦慮的研究，本研究旨在深入探討中學生在數學課程發展過程中的焦慮情形，進而建構適合我國中學生之數學焦慮量表。本研究不僅關切學生在數學學習和數學考試上的焦慮，同時納入了與數學焦慮相關的數學認知因素，意即此量表除了涵蓋「數學學習焦慮」和「數學考試焦慮」這兩個構面外，特別關注於學生在數學焦慮中的數學認知相關因素，即運用數學概念解題的數學能力，此構面稱為「數學概念焦慮」。具體而言，本研究將根據文獻探討建構一套適用於我國中學生之數學焦慮量表，包含上述三個構面，並運用實徵資料透過項目分析、探索性因素分析(Exploratory Factor Analysis, EFA)、驗證性因素分析(Confirmatory Factor Analysis, CFA)及複核效度檢驗等四種統計分析方式來

驗證此量表之信效度。藉此瞭解我國中學生在數學焦慮的不利因素，將有助於教師在課程規劃中設計適當的數學學習活動，減少學生因焦慮導致課堂脫離並長期迴避數學相關科目，而最終導致消極的自我認知。

貳、文獻探討

一、數學焦慮之意涵

對於許多學生來說，數學被認為是在課堂上學習和掌握的具有挑戰性的學科。而導致學生學習數學困難的一個重要因素是一種稱為數學焦慮的現象(Siaw et al., 2021)。Field等(2019)發現，因數學成績下降造成焦慮增加的青少年更有可能在其未來的學校教育中產生持久的數學焦慮，進而影響其數學成就及未來發展。因此，瞭解學生數學焦慮的因子極為重要，這是幫助學生成功掌握數學的關鍵之一。

數學焦慮是指個人對於算術或數學的情感跡象(Dreger & Aiken, 1957)，是在日常生活和學習情境中干擾解決問題的緊張和焦慮感(Richardson & Suinn, 1972)，通常發生於與數學學習相關的恐懼和焦慮(Fennema & Sherman, 1976)，意即在解決數學問題時所產生的個人的恐懼或精神焦慮(Tobias, 1987)。數學焦慮亦指個人在任何數學狀態下感到焦慮的情況(Byrd, 1982)，因為害怕沒有基礎知識或專業知識來成功完成簡單或複雜的數學任務(Uusimäki & Kidman, 2004)。所有個人在面對數學問題時所經歷的焦慮感(Sheffield & Hunt, 2006)，是一種會抑制個人做數學時的數學能力之感受(Furner & Marinas, 2016)，抑或個人在處理數字或完成數學任務時的緊張和憂慮感(Ashcraft, 2002; Cipora et al., 2022)，皆稱之為「數學焦慮」。綜合上述，可見數學焦慮是一

種緊張或恐懼的感覺，會影響學習者的情感和行為，無論於數學課堂內或課堂外都時常感到擔心、焦慮或不安(Naseem, 2021)。

二、數學焦慮之相關研究

數學焦慮是一個影響所有年齡段學生的世界性問題。2012年的PISA透過學生回答對他們預期必須執行數學任務時的感受來衡量他們的數學焦慮，即當他們預測自己在數學課上的表現時以及他們試圖解決數學問題時的感受(OECD, 2013)。結果表明，在參與經濟合作與發展組織的國家當中，有59%的學生表示他們經常擔心在數學課上遇到困難；33%的學生表示在面對數學作業時感到非常緊張；31%的學生表示他們在做數學題時會感到侷促不安；30%的學生表示，他們在做數學題時感到無助；61%的學生表示擔心數學成績不佳(OECD, 2015)。當中，至少有三分之一的學生表示他們經常擔心數學課對他們而言會很困難。

在教育和心理學研究文獻中，對數學學習期間所經歷的焦慮之研究與報導比其他學科領域更多。許多研究人員已經證明了數學焦慮與數學迴避、脫離、消極態度和較差的數學學習之間的關係(Dowker et al., 2016; Eden et al., 2013; Ma, 1999)。而且研究發現，從正規教育開始，數學焦慮和成績就有一定程度的相關(Sorvo et al., 2022)。有一致的證據顯示，數學焦慮與數學成績(Barroso et al., 2021; Caviola et al., 2022; Hembree, 1990; Namkung et al., 2019; Sorvo et al.; Zhang et al., 2019)和追求關於數學的學習或職業之意願(Ahmed, 2018; Chipman et al., 1992; Hembree)呈現負相關。

數學焦慮的觸發因子可能是由於缺乏數學能力，進而導致數學成績不佳(Ramirez et al., 2018)。在心理層面上，這些持續的消極

信念和思維模式，可能引發數學焦慮的惡性循環。如此負面經歷和迴避的惡性循環將使學生陷入數學焦慮循環(如圖1)，並對學生的數學學習造成長期且重大的影響(Anson, 2021)。例如：數學焦慮在青少年大腦神經重建的過程中留下印記並導致終身迴避數學相關科目(Dowker et al., 2016)，高度數學焦慮的學生在使用數學技能解題的過程中，其額葉皮質活動增加幅度較低數學焦慮的學生來得多(Atabek et al., 2022)，因為數學焦慮也會損害在算術任務之間切換時的注意力控制，高度數學焦慮的人比低數學焦慮的同齡人表現出更大的轉換成本(González-Gómez et al., 2023)。當前，神經生理學已經提供了證據，表明自我知覺的數學焦慮與預期進行數學活動的大腦活動有關(Lyons & Beilock, 2012)。這種焦慮狀態不僅在解決數學問題時出現(Young et al., 2012)，甚至在呈現基本數字信息時也能觀察到(Batashvili et al., 2020)。顯

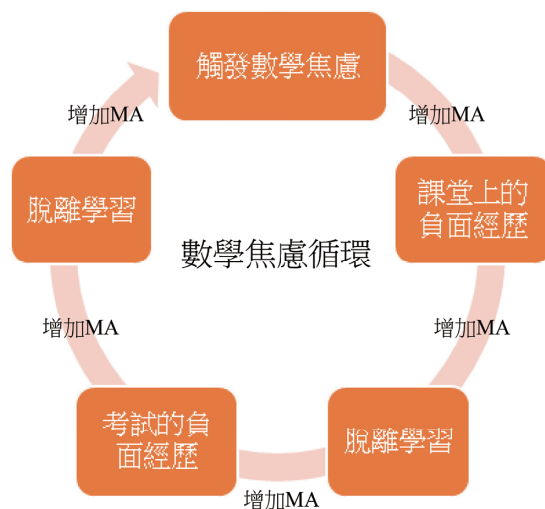


圖1：數學焦慮(Math Anxiety, MA)循環

資料來源：取自“Recognising mathematics anxiety to reduce disengagement in mathematics classrooms,” by K. Anson, 2021, *Australian Mathematics Education Journal*, 3(2), 12-16.

然，數學焦慮不但是一種對數學的不安和焦慮感，數學焦慮在學生的心理層面及生理層面都帶來不小的負擔，並且嚴重影響學生的數學學習與數學表現。

三、數學焦慮量表之發展

數學焦慮是一個多維結構，許多研究都集中在識別數學焦慮的不同組成部分。自Richardson與Suinn (1972)首次開發學生數學焦慮評級量表(Mathematics Anxiety Rating Scale, MARS)以來，數學教育中的數學焦慮主題一直備受關注，這使得診斷學生的數學焦慮成為可能。此後，在開發調查問卷來診斷學生的數學焦慮的研究中，不同的研究人員分別對數學焦慮量表的各個構面進行了建構與驗證的相關分析報告，茲將重要相關文獻總結如表1。

Richardson與Suinn (1972)具有歷史性的98項MARS已被廣泛地採用和改編，以及被翻譯成各國語言(Hopko et al., 2003)。儘管

MARS具有代表性，並且在教育工作者中被廣泛接受，但它將數學焦慮作為一個單維結構來衡量，以及只關注在學生的情感維度，缺少了認知維度，因而受到批評，這促使一些研究者開發了數學焦慮量表的縮寫版本(Hopko et al.; Plake & Parker, 1982)。

Rounds與Hendel (1980)蒐集了350位女大學生的資料並對MARS上98個題項中的94道題項進行了刪修，採用主軸因子分析發現了兩個因素，稱之為數學考試焦慮(例如：前一天想著即將到來的數學考試充滿不安)與數字焦慮(例如：在紙上將 $976 + 777$ 加起來會讓人感到緊張)。Suinn與Edwards (1982)則確定了MARS的兩因素，亦稱之為數學考試焦慮和數字焦慮，和Rounds與Hendel概述的兩個因素是一致的，不過其研究之參與者為國中生與高中生。顯然，無論是大學生或是中學生，能肯定是此兩個因素是數學焦慮量表的重要因素。

然而，單一維度與過多的題項使得

表1：數學焦慮問卷量表暨重要發展年分表

量表／研究者／年分	參與者	題項	分析	因素名稱
Mathematics Anxiety Rating Scale (MARS; Richardson & Suinn, 1972)	大學生	98個題項	EFA	日常生活中的數字操作焦慮
Mathematics Anxiety Rating Scale (MARS; Rounds & Hendel, 1980)	女大學生	15個題項 (2個因素)	EFA CFA	數學考試焦慮、數字焦慮
Math Anxiety Rating Scale-Adolescents (MARS-A; Suinn & Edwards, 1982)	中學生	98個題項 (2個因素)	EFA	數學考試焦慮、數字焦慮
Revised version of the Math Anxiety Rating Scale (MARS-R; Plake & Parker, 1982)	大學生	24個題項 (2個因素)	EFA CFA	數學考試焦慮、數學學習焦慮
Abbreviated version of MARS (A-MARS; Alexander & Martray, 1989)	中學生	25個題項 (3個因素)	EFA	數學考試焦慮、數字焦慮、學習數學課程焦慮
Mathematics Anxiety Scale for Children (MASC; Chiu & Henry, 1990)	中學生 小學生	25個題項 (4個因素)	EFA CFA	數學考試焦慮、數學學習焦慮、解決數學問題焦慮、數學教師相關的焦慮
Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS; Hopko et al., 2003)	大學生	9個題項 (2個因素)	EFA CFA	數學考試焦慮、數學學習焦慮

註：EFA：探索性因素分析(Exploratory Factor Analysis)；CFA：驗證性因素分析(Confirmatory Factor Analysis)。

MARS不易實施與使用，故Plake與Parker (1982)修訂MARS並開發了一個24個題項的縮寫版本(Revised version of the Math Anxiety Rating Scale, MARS-R)，共有兩個因素，即數學考試焦慮與數學學習焦慮，用於測量學生在數學相關情況下的焦慮，此量表之Cronbach's α 為.98，與原始MARS結構的相關性為.97。隨後，Alexander與Martray (1989)的MARS縮寫版本提出三個因素，即數學考試焦慮、數字焦慮及學習數學課程焦慮，它們似乎包含了前面提出的因素。Chiu與Henry (1990)的MARS縮寫版本則發現了四個因素，但參與研究的學生年級較前者範圍大，為四至八年級的學生，導致兩個縮寫版本的MARS因素有些差異，少了數字焦慮，多了解決數學問題焦慮、與數學教師相關的焦慮。可見，數學考試焦慮與數學學習焦慮是學生從低年級到高年級共同的數學焦慮因素。2003年，Hopko等則開發了一個縮寫的數學焦慮量表(Abbreviated Math Anxiety Scale, AMAS)，使用1,239個數學系所的學生樣本，平均年齡為19.6歲。採用EFA與CFA兩種分析方式，AMAS的最終版本包含九個題項和兩個因素：數學學習焦慮和數學考試焦慮。AMAS的Cronbach's α 為.90，代表內部一致性信度相當高，且兩週的重新測試可靠性係數為.85。

國內學者Wu等(2018)將Plake與Parker (1982)的MARS-R翻譯為中文版本，針對微積分科目修訂為大學生之數學焦慮量表，採用237位大學生的填答資料，透過CFA獲得兩個因素共16道題項之數學焦慮量表，結果與原本的MARS-R結構相同。不過，自PISA實施以來，國內最常使用的是PISA評測的數學焦慮題項來衡量學生對數學的焦慮程度，詢問學生是否同意(強烈不同意、不同意、同意或強烈同意)以下六個陳述：「我經常擔心我在

上數學課時會感到困難」、「我擔心我的數學成績會很差」、「當我要做數學作業時，我會變得非常緊張」、「我做數學題時非常緊張」、「做數學題目時，我感到很無助」及「我對於在數學上失敗感到焦慮」(OECD, 2023)。遺憾的是，到目前為止，我國並無專為中學生所開發之中文版的數學焦慮量表，此外，許多量表的心理測量亦尚未經過充分地標準化驗證，其限制包括樣本數小、效度資料薄弱、缺乏重測分析、缺乏評量量表維度的驗證程序等。

綜合上述，為研究中學生的數學焦慮狀態，不外乎關注於學生焦慮的兩個因子：數學學習焦慮和數學考試焦慮。此外，Trezise與Reeve (2018)的研究結果說明，低度解決數學問題的準確性與高度解決數學問題的擔憂／焦慮相關，而且許多學生的數學焦慮會因問題難度或時間壓力而發生變化。欲瞭解基礎教育中的數學焦慮狀態，量表設計應該考量學生廣泛的數學技能及其對所經歷的困難的影響(Sorvo et al., 2022)。而Ko與Yi (2011)所開發的中學生數學焦慮量表(Mathematics Anxiety Scale for Students, MASS)中，四個因子之一的「數學性質」與解決數學問題的焦慮相關性最高，是指關於數學結構、數學基本技能及符號概念理解等焦慮情形(例如：當看到一個充滿數學符號的句子時，我會感到不安)。研究者為瞭解學生在解決數學問題的焦慮情形，考量學生在解決數學問題時涉及了數學解題技能，故此研究的數學焦慮量表除了學習數學焦慮和數學考試焦慮兩個因素之外，再納入一因子：數學概念焦慮，並參酌修改MASS之「數學性質」題項，藉此探究學生在使用對於推理和計算有幫助的抽象數學符號時可能感到的焦慮情況。

參、研究方法

一、研究對象

本研究採用橫斷式之調查研究法，並以近三年臺灣之普通型高級中等學校與技術型高級中等學校人數比例為原則(據教育部網站，分別為48%及52%)，採「分層隨機叢集取樣」方式，抽取高雄市普通型高級中等學校及技術型高級中等學校，分別為十所公立普通型高級中等學校各兩個班級及五所公立技術型高級中等學校各四個班級，包含高中一年級至三年級共計40個班級，透過通訊軟體Line發放問卷進行Google表單網路問卷調查，由受試者根據自己實際之覺知情況來判斷填答，為避免重複填寫問卷，限制每位學生只能以自己的學生Google帳號登入填答，有效問卷樣本數共計為1,512份。研究對象之基本資料茲將整理於表2。

DeVellis (2003)建議，進行EFA之較適合的取樣人數至少為300人，且MacCallum等(1992)認為進行複核效度之取樣人數至少為800人較適切，故研究者決定將1,512份有效問卷以隨機分樣方式拆分成三個部分。第一部分為預試樣本(pretest sample)，以300位受試者進行項目分析與EFA；第二部分為估計樣本(calibration sample)，以300位受試者進行CFA之模式檢定；第三部分為效度樣本

(validation sample)，以912位受試者進行模式之複核效度檢驗。

二、研究工具

研究者透過文獻探討與分析數學焦慮之構念與成分後，整理出數學焦慮的三個構面：「數學學習焦慮」係指與數學課相關之焦慮(例如：每當上數學課時，我就會感到緊張)，「數學考試焦慮」係指與數學測驗相關之焦慮(例如：我擔心數學考試比課堂內容更難)，「數學概念焦慮」係指與使用數學符號計算推理相關之焦慮(例如：每當必須用數學符號、變數或圖表來表達數學內容時，我會感到不安)。其中，本研究中除了數學概念焦慮分量表為改編自現有的問卷，其餘分量表皆為自編量表。數學概念焦慮分量表參酌修改Ko與Yi (2011)所開發的MASS之「數學性質」題項，其Cronbach's α 為.76，編制了八道題目來評估學生的數學概念焦慮。再經由專家審核後，形成此「數學焦慮量表」初稿，每個分量表皆有八題，共24道題目，題目為李克特氏(Likert)五點量表的形式。為了驗證此量表的信度和效度，將針對量表資料以SPSS 23.0進行項目分析、EFA、CFA及複核效度檢驗等四種方式的統計考驗，分析此量表所具有之分量表，並檢視此量表之優劣情形。

表2：研究對象之基本資料統計表(N = 1,512)

基本資料	類別	人數	百分比(%)
學校類別	普通型高級中等學校	715	47
	技術型高級中等學校	797	53
性別	男	889	59
	女	623	41
年級	一年級	737	48
	二年級	418	28
	三年級	357	24

三、專家效度考驗

本研究量表初稿編製之後，根據Lester與Bishop (2000)建議專家人數以5 ~ 7人為原則，敦請兩位具數學教育專長的學者及三位資深的高中數學教師針對各構面的題項內容之語意、重要性與適切性進行一次專家效度考驗，並對各題項進行評分(最高4分，最低1分)與提供修改建議。若題項評分結果未達3分，則該題逕予刪除。就回收意見資料中，除了建議文字敘述須加以修正之外，均無專家學者建議刪題，故根據專家學者建議之文字敘述修正21道題目的陳述，修正後進行後續預試之施測。預試量表共有24題，題目之量尺採用李克特氏五點量表的形式將每個題目分成五種程度，包含「完全不同意」、「部分同意」、「普通同意」、「相當同意」、「完全同意」，分別給予1分、2分、3分、4分、5分。受試者得分愈高，表示其數學焦慮程度愈高。

四、資料分析

為了驗證或修訂此量表的信度和效度，首先將針對量表資料以SPSS 23.0進行項目分析、EFA和信度分析等三種方式的統計考驗，刪題後再以AMOS 23.0進行CFA及複核效度檢驗，藉此分析此量表所具有之分量表，並檢視此量表之優劣情形，資料分析說明如下。

首先，為剔除品質不佳的題目，保留品質良好的題目，針對隨機抽取的300筆預試樣本進行量表的項目分析，包含計算遺漏值的百分比、題目的平均數、題目的變異數和偏態係數，另外針對受試者高分組和低分組進行獨立樣本 t 考驗，並計算修正後題目與總分之相關和刪除該題後的 α 係數，以上述七項指標檢驗量表中每道題目的不良指標數，並根

據涂金堂(2012)提出的兩種刪題標準來評判題目是否予以刪除或保留，即當「題目高低分組獨立樣本 t 考驗」與「修正後題目與總分之相關」這兩項評判指標只要有一項不良指標時，或當「題目高低分組獨立樣本 t 考驗」與「修正後題目與總分之相關」這兩項評判指標皆符合優良的標準，但其他五個評判指標有四項以上不符合優良指標，則將該題視為不良題目。

接著，根據項目分析結果，對300筆預試樣本進行EFA來檢驗此份量表的題目是否具有良好的構念效度，再依據EFA結果進行信度分析(內部一致性的 α 係數)來評判量表是否具有良好的信度。隨後，根據EFA結果，另對300筆估計樣本進行CFA，根據Bagozzi與Yi (1988)建議，為評估CFA模式是否適切，應同時考量初步適配效標、整體模式適配與模式內在結構適配等三個部分。其中，初步適配的檢核指標為偏態指數、峰度指數、變異數及積差相關係數；整體模式適配度的評判指標為卡方考驗(χ^2 與 χ^2/df)、標準化均方根殘差(Standardized Root-Mean-Square Residual, SRMR)、均方根近似誤(Root-Mean-Square Error of Approximation, RMSEA)、比較適配度指標(Comparative Fit Index, CFI)及Tucker-Lewis指標(Tucker-Lewis Index, TLI)；模式內在結構適配的評判指標為題目信度(item reliability)、平均變異數抽取量(Average of Variance Extracted, AVE)及組合信度(Composite Reliability, CR)。

最後，以912筆效度樣本，依循300筆估計樣本所建構的CFA模式，透過測量恆等性分析對數學焦慮量表進行測量模式之複核效度檢驗，目的在於考驗模式的預測效度(predictive validity)，瞭解此模式在不同的樣本是否也具有良好適配情形。即對300份估

計樣本與912份效度樣本採用AMOS 23.0進行測量恆等性分析，以複核效度考驗此量表的構念效度在不同樣本之下是否能獲得實證資料之支持。在進行複核效度考驗之前，將先確認估計樣本與效度樣本之因素模式是否獲得實證資料支持。而複核效度最常被採用的考驗模式是「相同型態模式」(configural model)、「測量模式」(measurement model)、「結構模式」(structural model)等三種模式(Byrne, 2010)。

肆、研究結果

本研究旨在發展與驗證中學生之「數學焦慮表」之評量工具，茲將研究結果分成四個部分：預試量表的項目分析、EFA、CFA及複核效度檢驗。

一、項目分析

針對隨機抽取的300筆預試資料進行量表的項目分析，各項評判指標分析結果如下。

(一)各項評判指標

若題目在高低分組的獨立樣本 t 考驗沒有顯著性差異時，顯示該題不具鑑別效果，該題可能是不良題目(涂金堂，2012)，將300名受試者依填答得分分組，總分最高分前27%歸為高分組，總分最低分後27%歸為低分組，用以進行高分組和低分組的獨立樣本 t 考驗，而在統計結果中，各題的顯著性均為 $p = .000 < .001$ ，表示高分組和低分組在題目的填答表現達顯著性差異，由此可知在題目的高低分組獨立樣本 t 考驗之評判指標上，24道題目皆符合優良指標；根據涂金堂建議當修正後題目與總分之相關係數低於.30時，該題可能是不良題目，結果顯示此24道題目中，修正後題目與總分之積差相關係數為.45 ~ .78，

故在修正後題目與總分之相關的評判指標上，24道題目皆符合優良指標。

(二)項目分析結果

綜合上述分析結果，並依據涂金堂(2012)提出的兩種刪題標準進行刪題。首先，此數學焦慮量表的24道題目在「題目高低分組獨立樣本 t 考驗」與「修正後題目與總分之相關」這兩項評判指標上，皆符合優良題目的標準。再者，其中有20道題目完全符合前述七項指標之優良題目標準，有四道題目雖然在「遺漏值的百分比」、「題目的平均數」、「題目的變異數」、「題目的偏態係數」和「刪除該題後的 α 係數」等五項評判指標上皆只有一項不良指標，故經項目分析後決定保留24道題目，並以此繼續後續之因素分析及信度分析。

二、EFA

根據項目分析結果，以24道題目對300筆預試資料進行EFA來檢驗此份量表的題目是否具有良好的構念效度，再依據EFA結果進行信度分析來評判量表是否具有良好的信度。以下分項說明各步驟和結果討論。

(一)檢驗所蒐集的資料是否適合進行EFA

為探討題目之間的共變情形，採用主成分分析(principle components analysis)萃取方式進行EFA，所得之積差相關係數矩陣、Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)與Bartlett檢定摘要結果來判斷所蒐集的資料是否適合進行EFA。由積差相關係數矩陣所得結果可知，此24道題目每題與其他題目的積差相關係數，都至少有一個高於.30；在Kaiser (1974)所建議的KMO判斷標準中，其值為.90以上，屬於非常好的數值，且透過分析報表可知，KMO值為.958；在分析報表中之Bartlett球形

檢定的近似卡方分配為5,801.141，自由度為276，顯著性 $p = .000 < .001$ ，表示其拒絕積差相關係數矩陣是單元矩陣之虛無假設，意即此24道題目所形成的積差相關矩陣不是單元矩陣。綜合上述分析結果，顯示此24道題目及所蒐集的資料非常適合進行EFA。

(二)決定抽取之因素數量

為挑選適當的因素數量，採用主成分分析萃取方式，進行EFA，所得之解說總變異量和因素陡坡圖等統計報表，以「挑選特徵值大於1的因素」、「陡坡圖」、「抽取所有題目的變異量百分比」以及「EZparallel平行分析法」四個部分討論應萃取的因素個數。由解說變異量表可知，前三項特徵值皆大於1，根據Kaiser (1960)所提出的特徵值大於1的因素個數判斷方法，應萃取三個因素；從因素陡坡圖中可以看出，第4個特徵值至第24個特徵值呈現一條緩坡，故根據Cattell (1966)所提出的陡坡圖判讀方式，應萃取三個因素；由平行分析法的統計結果可知，真實資料中只有三個特徵值大於Ezparallel的模擬特徵值者，依平行分析法建議應選取三個因素。綜合上述討論及考量此預試題目所構念的三個向度，本分析採取陡坡圖與平行分析法的建議，決定選取三個因素較為適合。

(三)EFA

為判斷每道題目所歸屬的因素，依據決定抽取之因素數量的結論，指定三因素個數的方式，以主軸因子法萃取方式，同時採斜交轉軸方式進行EFA，獲得量表各題的樣式矩陣與結構矩陣，其結果分述如下。

1. 因素樣式矩陣

Sharma (1996)認為以樣式矩陣來解釋因素分析之變項與因素間的關係較為適切，因樣式矩陣的數值性質上類似多元迴歸分析中

的標準化迴歸係數，其高低可反應出題項在某個因素的重要程度。根據王玉珍等(2014)提出實徵研究因素分析刪題之參考準則有三，分別為因素負荷量低於.40、題目跨因素與題目未符合原先假設歸類之因素。因此，由樣式矩陣可知，LA2、LA4、LA7、CA2與CA5未達.40，TA4與TA6跨兩個因素，CA1、TA7及TA8未符合原先假設歸類之因素，故必須刪除LA2、LA4、LA7、TA4、TA6、TA7、TA8、CA1、CA2及CA5。

2. 因素結構矩陣

Stevens (2002)認為以結構矩陣來解釋因素分析之變項與因素間的關係較為適切，因結構矩陣中的數值性質表示的是變項與因素間的簡單相關，其數值也就是因素負荷量，較適合因素的命名決定。因此在結構矩陣表格中得到每題與每個因素之間的結構係數，可藉此進行題目歸屬因素的判斷。此外，本研究依據吳明隆(2007，頁289)的因素負荷量與選取準則判斷標準，若因素負荷量絕對值大於.71，則此時因素負荷量的狀況甚為理想；若因素負荷量絕對值大於.63，則此時因素負荷量的狀況為非常好；若因素負荷量絕對值大於.55，則此時因素負荷量的狀況為良好。為增強此份量表之題項與各因素之間的緊密關係，決定將因素負荷量絕對值未大於.63者一律刪題，由結構矩陣數據可知，CA1、TA7及TA8的因素負荷量絕對值雖然大於.55，但未達.63，故必須刪除CA1、TA7及TA8。

綜合上述結果，決定將LA2、LA4、LA7、TA4、TA6、TA7、TA8、CA1、CA2及CA5等十道題目刪除，保留其餘14道題目。刪題後，再次進行因素分析獲得的樣式矩陣與結構矩陣顯示，LA1、LA3、LA5、LA6與LA8應歸屬於第一個因素，TA1、TA2、TA3

與TA5應該屬於第二個因素，CA3、CA4、CA6、CA7與CA8應歸屬於第三個因素；轉軸前與轉軸後的可解釋全量表的變異量分別為72.976%與65.389%，由此可知，轉軸前與轉軸後的三個因素，可解釋題目總變異量的百分比是不相同的，雖然較轉軸前少，但解釋變異量仍達65.389%的變異量，茲將EFA斜交轉軸之結果彙整呈現於表3。

(五)信度分析

為評判量表是否具有良好的信度，根據

EFA所獲得的14道題目，透過信度分析分別估算總量表的 α 係數與其95%信賴區間，以及每個分量表的 α 係數與其95%信賴區間。信度分析結果，數學焦慮總量表14題的 α 係數為.930，高於一般建議的理想數據.80，在涂金堂(2009)所提出之信度判斷依據中達優良的信度，顯示數學焦慮總量表具有優良的信度，而 α 係數95%信賴區間的下界為.917，上界為.941。對於 α 係數是否為.80的考驗結果，在有真實值.80的F檢定中，考驗的結果 $F(299, 3887) = 2.845, p = .000 < .001$ ，顯示考驗結果

表3：數學焦慮量表各分量表的樣式係數與結構係數

因素命名／題目	因素一	因素二	因素三
	樣式係數 (結構係數)	樣式係數 (結構係數)	樣式係數 (結構係數)
數學學習焦慮			
LA1每當上數學課時，我就會感到緊張	.91 (.83)	.04 (.38)	.13 (-.54)
LA3每當我看到教科書中的公式時，我就會感到緊張。	.71 (.79)	.12 (.46)	-.03 (-.61)
LA5每當我看到老師講解數學問題時，我就會感到緊張。	.81 (.85)	-.09 (.34)	-.11 (-.65)
LA6每當我開始準備做數學作業時，我就會感到緊張。	.68 (.80)	.03 (.42)	-.15 (-.66)
LA8每當我想到明天必須再次學習數學時，我就會感到緊張。	.77 (.85)	-.02 (.40)	-.13 (-.68)
數學考試焦慮			
TA1我擔心數學考試中，我會的問題卻因為計算錯誤而出錯。	-.05 (.25)	.69 (.66)	.02 (-.32)
TA2我擔心考試時會忘記某些公式、概念、或解題方法。	.04 (.39)	.78 (.79)	.01 (-.44)
TA3我擔心數學考試比課堂內容更難。	-.04 (.44)	.61 (.75)	-.28 (-.59)
TA5我擔心沒有足夠的時間完成數學考試。	.12 (.39)	.62 (.67)	.03 (-.40)
數學概念焦慮			
CA3每當看到一個充滿數學符號的句子時(例如：一元二次方程式 $ax^2 + bx + c = 0$)，我會感到不安。	-.02 (.57)	.01 (.44)	-.81 (-.80)
CA4每當必須用數學符號、變數或圖表來表達數學內容時，我會感到不安。	-.01 (.63)	.05 (.51)	-.85 (-.87)
CA6每當數學題目可能有不同的解題方法時，我會感到不安。	.13 (.65)	.03 (.47)	-.70 (-.81)
CA7每當數學題目需要自行假設變數時，我會感到不安。	.04 (.64)	.04 (.50)	-.81 (-.86)
CA8每當要使用數學計算技巧解決數學問題時(例如：二次函數的配方法)，我會感到不安。	.05 (.67)	-.03 (.47)	-.88 (-.89)
總解釋變異量			
未轉軸		72.976%	
轉軸後		65.389%	

註：樣式係數絕對值大於.40者或結構係數絕對值大於.63以粗體字呈現。

落入拒絕區，故拒絕 α 係數等於.80的虛無假設，即 α 係數不等於.80。由於 α 係數的95%信賴區間下界為.917，上界為.941，故顯示 α 係數顯著高於.80。各分量表的信度分析結果：「數學學習焦慮」分量表5題的 α 係數為.913、「數學考試焦慮」分量表4題的 α 係數為.806及「數學概念焦慮」分量表5題的 α 係數為.926，顯示各分量表皆達良好的信度。

三、CFA

根據EFA結果，以14道題目的因素結構模式，對300筆預試資料採用AMOS 23.0進行CFA，檢驗此量表的構念效度是否能獲得實證資料之支持。Bagozzi與Yi (1988)建議，為評估CFA模式是否適切，應同時考量初步適配效標、整體模式適配與模式內在結構適配等三個部分。茲將三個部分之分析結果分述如下。

(一)初步適配

Kline (2005)建議，偏態指數絕對值高於3，表示有極端偏態情形；峰度指數絕對值高於8，顯示有嚴重峰度問題。加上Bagozzi與Yi (1998)主張，初步適配效標應符合以下五項要點：積差相關係數不能超過1且不能太接近1、誤差項的變異數不為負數、誤差項的變異數應顯著不為零、因素負荷量不能低於.50亦不能高於.95及標準誤數值不能太大。由統

計結果可知，此14題之偏態指數介於-0.539 ~ 1.483，峰度指數介於-1.146 ~ 1.491，顯示此1道題目皆符合常態分配的基本假定。由報表結果顯示，所有因素之間的積差相關係數介於.277 ~ .859，沒有超過1亦沒有太接近1，也沒有任何負值的變異數且均達.001之顯著水準，因素負荷量介於.676 ~ .859，顯示初步適配情形良好，可進一步檢定整體模式適配及內在結構適配。

(二)整體適配

一般而言，在第一階的整體適配度指標中，當樣本數過多容易造成卡方統計量出現拒絕適配，根據分析結果可知(如表4所示)，在第一階三個相關因素分析模式中，整體適配度指標只有卡方統計量($\chi^2 = 219.996$, $df = 74$, $p < .001$)及均方根近似誤(RMSEA = .081)屬於不良適配外，雖其餘四個指標皆屬良好適配情形，但整體適配度仍未達理想適配度，故續以修正指標(Modification Index, MI)進行模式修正。一般而言，適配度較佳的模式，其MI值會愈小。若一道題目在共變數或迴歸係數的部分有許多較高的MI值，為達精簡原則，將刪除此題。

首先，從MI報表中可知，在共變數的MI，a10 (CA3每當看到一個充滿數學符號的句子時，我會感到不安)與a11 (CA4每當必須用數學符號、變數或圖表來表達數學內

表4：數學焦慮量表第一階整體適配指標的適配情形

相關因素模式	χ^2	χ^2/df	CFI	RMSEA	TLI	SRMR
修正前	219.996 ($p < .001$)	2.973	.948	.081	.9937	.044
修正後	132.401 ($p < .001$)	2.596	.965	.073	.955	.042
評判標準	($p > .05$)	< 3	> .90	< .08	> .90	< .05

註：1.採用余民寧(2006)所建議之評判標準。

2.CFI：比較適配度指標(Comparative Fit Index)；RMSEA：均方根近似誤(Root-Mean-Square Error of Approximation)；TLI：Tucker-Lewis指標(Tucker-Lewis Index)；SRMR：標準化均方根殘差(Standardized Root-Mean-Square Residual)。

容時，我會感到不安)之間的數值25.144為最高，且a10與a13 (CA7每當數學題目需要自行假設變數時，我會感到不安)之間的數值15.420為次高，表示CA3同時與CA4、CA7相關較高，從題項內容亦可發現CA3的內容與數學符號相關，而CA4與CA7則分別代表使用數學表徵的兩種情境，故考慮將CA3 (a10)刪除。

再者，a3 (LA5每當我看到老師講解數學問題時，我就會感到緊張)與a9 (TA5我擔心沒有足夠的時間完成數學考試)之間的MI值為10.080，但LA5與TA5分別屬於兩個潛在因素下之題項，因此將a3與a9之間增加代表相關的雙箭頭沒有實質意義，加上LA5的因素負荷量為.816，大於TA5的因素負荷量.676，故考慮將TA5 (a9)刪除。

經修正後，由表4可知，整體適配度指標只有卡方統計量($\chi^2 = 132.401$, $df = 51$, $p < .001$)未符合適配指標，其餘五項指標皆符合指標且達良好適配，故就整體適配情形而言，12道題項之數學焦慮量表適配度情況優良，達理想適配度。

(三)模式內在結構適配

1. 聚斂效度

Bagozzi與Yi (1988)建議採用題目信度、AVE與CR作為判斷模式內結構適配情形的評判指標。涂金堂(2012)認為在評判模式內在結構適配情形時，題目信度至少應該高於.25 (最好高於.50)，CR應高於.60，AVE應高於.50。根據分析結果可知(如表5所示)，數學學習焦慮的5道題目LA1、LA3、LA5、LA6與LA8的題目信度皆高於.50的標準，CR為.912，AVE為.674；數學考試焦慮的3道題目TA1、TA2與TA3的題目信度至少都高於.25的標準，CR為.888，AVE為.616；數學概念焦慮的4道題目CA4、CA6、CA7與CA8的題目信度皆高於.50的標準，CR為.912，AVE為.674。依據上述題目信度、CR與AVE等三個評判指標，顯示本量表具有良好的聚斂效度。

2. 區辨效度

若每個因素所獲得的AVE高於相對應的因素之間的積差相關平方，則該量表具有良好的區辨效度(涂金堂，2012)。根據分析結果可知(如表6所示)，因矩陣下三角形呈現的各

表5：數學焦慮量表聚斂效度的評判指標

因素	題項	因素負荷量	題目信度	CR	AVE
數學學習焦慮	LA1	.806	.650	.912	.674
	LA3	.860	.740		
	LA5	.816	.666		
	LA6	.813	.662		
	LA8	.808	.653		
數學考試焦慮	TA1	.672	.452	.888	.616
	TA2	.862	.744		
	TA3	.756	.572		
數學概念焦慮	CA4	.785	.616	.912	.674
	CA6	.815	.664		
	CA7	.838	.702		
	CA8	.858	.736		

註：CR：組合信度(Composite Reliability)；AVE：平均變異數抽取量(Average of Variance Extracted)。

表6：數學焦慮量表區辨效度的評判指標

因素	數學學習焦慮	數學考試焦慮	數學概念焦慮
數學學習焦慮	.674	—	—
數學考試焦慮	.221	.616	—
數學概念焦慮	.657	.409	.674

因素之間的積差相關係數平方，且由數學學習焦慮、數學考試焦慮與數學概念焦慮之三個AVE可知，皆高於其他兩兩因素的積差相關係數平方，顯示數學焦慮量表具有良好的區辨效度。

綜合上述，經由初步適配、整體適配與模式內在結構適配等三項CFA模式適配的評估，可知第一階之三個相關因素的「數學焦慮量表」，其CFA模式是獲實證資料支持的，統計分析結果之標準化參數估計值如圖2所示。

四、複核效度檢驗

首先，在進行複核效度檢驗前，以AMOS 23.0分別對300份估計樣本與912份效度樣本對12道題之數學焦慮量表進行CFA，採用整體模式適配度的評判指標來檢驗估計樣本與效度樣本之因素結構模式是否獲得實證資料支持。從表7之整體適配度指標可知，除卡方統計量 χ^2 未達良好適配，其餘五項指標皆達良好適配，故整體而言，適配度情況相當優良，達理想適配度。因此，不論是估計樣本或是效度樣本的受試者，除了卡方統計量指標屬於不良適配情形，其他指標皆屬於良好適配或優良適配，顯示12題數學焦慮量表的三個相關因素之因素結構，在兩種樣本之下，皆具有優良適配情形。

複核效度之測量恆等性分析主要是採用三種模式，分別為「相同型態模式」、「測量模式」、「結構模式」等三種模式。「相

同型態模式」是指將模式中所有的參數均讓其自由估計，意即沒有設定任何參數相等，將模式的參數放寬讓其自由估計，是屬於寬鬆的複製策略。「測量模式」是指將模式中的因素負荷量設為相等，是屬於適中的複製策略。「結構模式」是指將模式中的因素負荷量及因素間的共變數設為相等，是屬於嚴格的複製策略。複核效度較常使用的評判指標有二，即 χ^2 與CFI兩個評判指標(Milfont & Fischer, 2010)，其中CFI的差異標準採用Cheung與Rensvold (2002)之建議：兩個模式的CFI值應低於.01的差距。依此評判12題數學焦慮量表之三種模式是否獲得實證資料的支持。故本研究將上述所有指標之分析結果彙整於表8。

由表8可知，「測量模式」與「相同型態模式」相比較，兩者的卡方值相差4.796，自由度相差9，顯著性 $p = .851$ ，由於卡方考驗顯著性大於.05，表示接受虛無假設，即「測量模式」獲得實證資料的支持。且兩者的CFI相差.001，低於.01之差異標準，亦表示「測量模式」獲得實證資料的支持，即不論以估計樣本或效度樣本，數學焦慮量表皆能獲得三個相同的因素，並且每個因素與題目之因素負荷量也相等。

而「結構模式」與「測量模式」相比較，兩者的卡方值相差6.450，自由度相差6，顯著性 $p = .374$ ，由於卡方考驗顯著性大於.05，表示接受虛無假設，即「結構模式」獲得實證資料的支持。且兩者的CFI相差.000，低於.01之差異標準，亦表示「結構

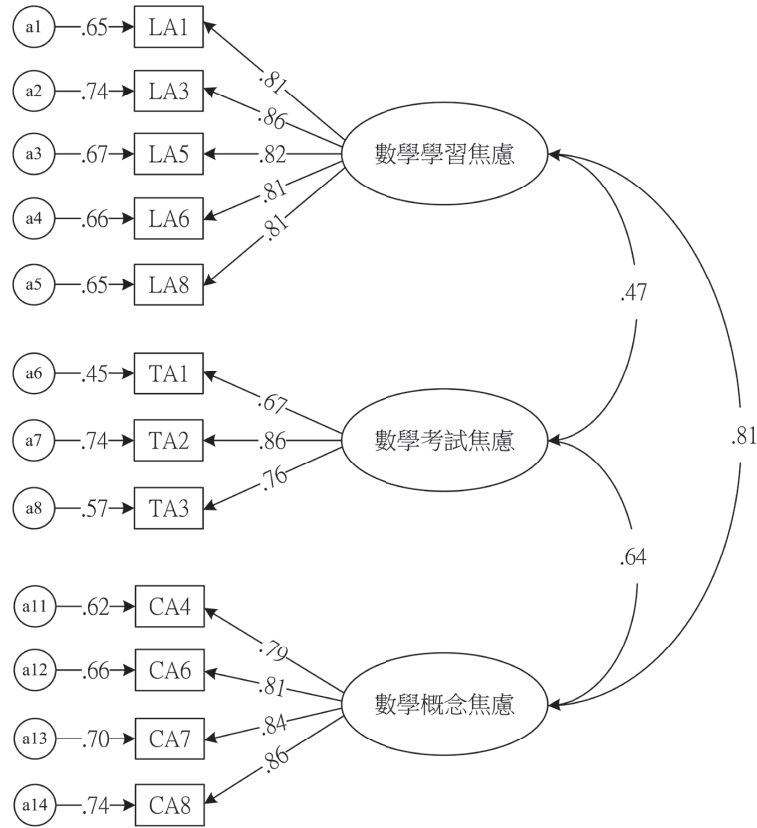


圖2：「數學焦慮量表」一階CFA之標準化參數估計值

表7：數學焦慮量表CFA之整體適配指標摘要表

樣本類型	χ^2	χ^2/df	CFI	RMSEA	TLI	SRMR
估計樣本($N = 300$)	132.401 ($p < .001$)	2.596	.965	.073	.955	.042
效度樣本($N = 912$)	150.659 ($p < .001$)	2.954	.985	.046	.981	.034
評判標準	($p > .05$)	< 3	$> .90$	$< .08$	$> .90$	$< .05$

註：採用余民寧(2006)所建議之評判標準。

表8：數學焦慮量表之複核效度的模式比較結果

模式類型	模式比較	$\chi^2(p)$	df	CFI	$\Delta\chi^2$	Δdf	p	ΔCFI
模式A (相同型態模式) (沒有設定任何參數相等)	—	283.201 ($< .001$)	102	.980	—	—	—	—
模式B (測量模式) (設定因素負荷量相等)	B比A	287.997 ($< .001$)	111	.981	4.796	9	.851	.001
模式C (結構模式) (設定因素負荷量相等，因素間的共變數相等)	C比B	294.447 ($< .001$)	117	.981	6.450	6	.374	.000

註： $\Delta\chi^2$ 表兩個模式的卡方之差； Δdf 表兩個模式的自由度之差； ΔCFI 表兩個模式的CFI之差。

模式」獲得實證資料的支持，即不論以估計樣本或效度樣本，數學焦慮量表不僅能獲得三個相同的因素，並且每個因素與題目之因素負荷量及三個因素之間的共變數也相等。

綜合上述，從採用較寬鬆的複製策略(相同型態模式)到較嚴格的複製策略(結構模式)，這三種模式的複核效度考驗皆獲得實證資料的支持，表示12題三個相關因素之數學焦慮量表具有良好且穩定的因素結構。因此，本研究之估計樣本與效度樣本分別在三種不同模式的「數學焦慮量表」之測量模式屬良好適配情形，獲得實證資料的支持。

伍、結論與建議

一、結論

中學生數學成績和參與度低與他們的數學焦慮密切相關。儘管有國際研究機構，建構數學焦慮的理論概念仍有爭議，其因素結構表現出巨大的差異。因此，本研究之目的是透過項目分析、EFA、CFA及複核效度檢驗等四種統計分析方式，來測試開發和驗證適合測量中學生數學焦慮之工具，稱為中等教育數學焦慮評估量表。本研究量表發展與驗證的過程經過專家效度考驗，24道初擬試題經由專家建議修正之後施測，蒐集自1,512名中學生之填答數據，經四種統計分析方式驗證，結果證實了此量表之12道題目暨三個因素結構與樣本資料(估計樣本及效度樣本)具有最佳適配($\chi^2 = 150.659$, $\chi^2/df = 2.954$, CFI = .985, RMSEA = .046, TLI = .981, SRMR = .034)，即此數學焦慮量表包括「數學學習焦慮」、「數學考試焦慮」及「數學概念焦慮」三個潛在因素不僅符合文獻回顧之理論架構，可作為評估學生所持有數學焦慮之個別差異的測量工具，在心理測量上亦獲得合理且良好的12道題項之驗證。

其中，因素一是與學習數學相關的「數學學習焦慮」，共有五道題項，其中LA3 (每當我看到教科書中的公式時，我就會感到緊張)因素負荷量最高，表示抽象的數學公式是造成學生數學焦慮的心理原因，而早在Harel與Kaput (1991)的研究結果就認為抽象是學生難以學習數學的主要原因。因素二是與數學測驗相關的「數學考試焦慮」，共有三道題項，其中TA2 (我擔心考試時會忘記某些公式、概念、或解題方法)因素負荷量最高，可見學生非常擔心忘記公式而無法成功作答，顯然考試成績仍是當前中學生數學焦慮的主要因素。

值得注意的是，因素三是與數學結構相關的「數學概念焦慮」，共有四道題項，其中CA8 (每當要使用數學計算技巧解決數學問題時，我會感到不安)因素負荷量最高，恐怕在解決問題時大腦所需的工作記憶已受到焦慮作用的影響，這與Liu等(2019)關於解決函數任務時大腦的生理變化之研究結果是相契合的，生理證據指出高數學焦慮的學生因焦慮導致注意力缺陷而無法順利解決數學問題。

此外，本研究有別於Wu等(2018)關於大學生數學焦慮量表的研究，其所翻譯的中文版僅有數學學習焦慮與數學考試焦慮兩個因素，並未進行複核效度檢驗。相對地，本研究所提出的第三個因素「數學概念焦慮」更能夠反映出中學生在數學解題過程中產生的焦慮，且研究者對此數學焦慮量表進行複核效度檢驗，結果顯示此量表具有相當良好的適配度，表明較先前的研究結果更具有足夠的信效度，更適用於大多數的中學生。

二、建議

(一)數學教學實務建議

本研究旨在開發具有良好信效度之中學

生「數學焦慮量表」，這項研究數據提供充足的證據，顯示「數學焦慮量表」之12道題目能有效評估出學生個別差異的數學焦慮程度。目的是為了瞭解學生在學習數學與數學解題的過程中是否感到對數學感到緊張、擔心或不安，以及這些情緒是否影響他們的學習和表現。因此，建議數學教師，可運用此量表瞭解學生的數學焦慮水平，適時提供學生個別的學習情緒上的支持與鼓勵，透過提供額外的協助和正向的反饋，幫助學生建立對數學學習與數學解題的自信心。數學焦慮量表亦能提供教師有關學生對不同教學方法的反應信息，教師可以根據這些信息調整他們的教學策略，透過創造一個鼓勵積極學習和自信心的環境，進而減少學生的焦慮感，促進他們更好地參與學習。

(二)未來研究建議

因本研究僅針對研究者所任教之所在地區學生為施測對象，缺少其他縣市的學生，所

得到的研究成果在「廣度」上有一定的限制。建議未來相關研究可增加其他縣市學生為研究之參與者，並增加本量表之背景變項進行跨文化和跨背景的研究，通過分析數學焦慮量表的數據，深入瞭解學生的數學焦慮對他們的學習和表現的影響，進而探討不同背景即不同群體的學生之數學焦慮差異性。除此之外，本研究結果亦能提供許多關於學生在解決問題時所產生的焦慮感與其相關腦神經科學研究，從心理層面與生理層面探究我國中學生之數學焦慮因子，藉此制定適合我國學生數學學習的治療計畫，降低我國學生的數學焦慮，提升學生的數學學習興趣與動機。因為學習者的參與度和動機是所有數學教學方法成敗的基礎和驅動力，當學習者的積極性和參與度越高，成功學習的可能性就越大，學習者理解新的數學課程內容所需的時間就越少，教師才能有效地教授數學能力。

參考文獻

- 王玉珍、吳清麟、李宜玫(2014)。成人工作家庭優勢量表之發展研究。《中華輔導與諮商學報》，41，57-91。
- [Wang, Y.-C., Wu, C.-L., & Lee, Y.-M. (2014). Development of the work-family strength scale for working parents in Taiwan. *Chinese Journal of Guidance and Counseling*, 41, 57-91.]
- 余民寧(2006)。潛在變項模式：SIMPLIS的應用。高等教育。
- [Yu, M.-N. (2006). *Latent variable models: The application of SIMPLIS*. Higher Education Publishing.]
- 吳明隆(2007)。SPSS操作與應用：問卷統計分析實務。五南。
- [Wu, M.-L. (2007). *SPSS operation and application: The practice of quantitative analysis of questionnaire data*. Wu-Nan Book.]
- 涂金堂(2009)。教育測驗與評量。三民。
- [Tu, C.-T. (2009). *Jiaoyu ceyan yu pingliang*. San Min Book.]
- 涂金堂(2012)。量表編製與SPSS。五南。

[Tu, C.-T. (2012). *Liangbiao bianzhi yu SPSS*. Wu-Nan Book.]

- Ahmed, W. (2018). Developmental trajectories of math anxiety during adolescence: Associations with STEM career choice. *Journal of Adolescence*, 67(1), 158-166. <https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2018.06.010>
- Alexander, L., & Martray, C. (1989). The development of an abbreviated version of the Mathematics Anxiety Rating Scale. *Measurement and Evaluation in Counseling and Development*, 22(3), 143-150. <https://doi.org/10.1080/07481756.1989.12022923>
- Anson, K. (2021). Recognising mathematics anxiety to reduce disengagement in mathematics classrooms. *Australian Mathematics Education Journal*, 3(2), 12-16.
- Apriliani, L. R., Suyitno, H., & Rochmad, R. (2016, September). *Analyze of mathematical creative thinking ability based on math anxiety in creative problem solving model with SCAMPER technique*. 3rd International Conference on Mathematics, Science, and Education (ICMSE 2016), Semarang, Indonesia.
- Arsalidou, M., Pascual-Leone, J., Johnson, J., Morris, D., & Taylor, M. J. (2013). A balancing act of the brain: Activations and deactivations driven by cognitive load. *Brain and Behavior*, 3(3), 273-285. <https://doi.org/10.1002/brb3.128>
- Ashcraft, M. H. (2002). Math anxiety: Personal, educational, and cognitive consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 11(5), 181-185. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00196>
- Ashcraft, M. H., & Faust, M. W. (1994). Mathematics anxiety and mental arithmetic performance: An exploratory investigation. *Cognition and Emotion*, 8(2), 97-125. <https://doi.org/10.1080/02699939408408931>
- Atabek, O., Şavklıyıldız, A., Orhon, G., Colak, O. H., Özdemir, A., & Şenol, U. (2022). The effect of anxiety on mathematical thinking: An fMRI study on 12th-grade students. *Learning and Motivation*, 77, Article 101779. <https://doi.org/10.1016/j.lmot.2021.101779>
- Bagozzi, R. P., & Yi, Y. (1988). On the evaluation of structural equation models. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 16(1), 74-94. <http://doi.org/10.1007/BF02723327>
- Barroso, C., Ganley, C. M., McGraw, A. L., Geer, E. A., Hart, S. A., & Daucourt, M. C. (2021). A meta-analysis of the relation between math anxiety and math achievement. *Psychological Bulletin*, 147(2), 134-168. <http://doi.org/10.1037/bul0000307>
- Batashvili, M., Staples, P., Baker, I. S., & Sheffield, D. (2020). The neurophysiological relationship between number anxiety and the EEG gamma-band. *Journal of Cognitive Psychology*, 32(5-6), 580-585. <https://doi.org/10.1080/20445911.2020.1778006>
- Battista, M. T. (1986). The relationship of mathematics anxiety and mathematical knowledge to the learning of mathematical pedagogy by preservice elementary teachers. *School Science and Mathematics*, 86(1), 10-19. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1986.tb11580.x>

- Byrd, P. G. (1982). *A descriptive study of mathematics anxiety: Its nature and antecedents* [Unpublished doctoral dissertation]. Indiana University.
- Byrne, B. M. (2010). *Structural equation modeling with AMOS: Basic concepts, applications, and programming* (2nd ed.). Routledge.
- Carey, E., Hill, F., Devine, A., & Szűcs, D. (2015). The chicken or the egg? The direction of the relationship between mathematics anxiety and mathematics performance. *Frontiers in Psychology*, 6, Article 1987. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01987>
- Cattell, R. B. (1966). The scree test for the number of factors. *Multivariate Behavioral Research*, 1(2), 245-276. https://doi.org/10.1207/s15327906mbr0102_10
- Caviola, S., Toffalini, E., Giofrè, D., Ruiz, J. M., Szűcs, D., & Mammarella, I. C. (2022). Math performance and academic anxiety forms, from sociodemographic to cognitive aspects: A meta-analysis on 906,311 participants. *Educational Psychology Review*, 34, 363-399. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09618-5>
- Cheung, G. W., & Rensvold, R. B. (2002). Evaluating goodness-of-fit indexes for testing measurement invariance. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 9(2), 233-255. https://doi.org/10.1207/S15328007SEM0902_5
- Chipman, S. F., Krantz, D. H., & Silver, R. (1992). Mathematics anxiety and science careers among able college women. *Psychological Science*, 3(5), 292-296. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1992.tb00675.x>
- Chiu, L.-H., & Henry, L. L. (1990). Development and validation of the Mathematics Anxiety Scale for children. *Measurement and Evaluation in Counseling and Development*, 23(3), 121-127.
- Cipora, K., Santos, F. H., Kucian, K., & Dowker, A. (2022). Mathematics anxiety—Where are we and where shall we go? *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1513(1), 10-20. <https://doi.org/10.1111/nyas.14770>
- Daker, R. J., Gattas, S. U., Sokolowski, H. M., Green, A. E., & Lyons, I. M. (2021). First-year students' math anxiety predicts STEM avoidance and underperformance throughout university, independently of math ability. *npj Science of Learning*, 6, Article 17. <https://doi.org/10.1038/s41539-021-00095-7>
- Daly, I., Bourgaize, J., & Vernitski, A. (2019). Mathematical mindsets increase student motivation: Evidence from the EEG. *Trends in Neuroscience and Education*, 15, 18-28. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2019.02.005>
- DeVellis, R. F. (2003). *Scale development: Theory and application* (2nd ed.). Sage.
- Dong, Q., Zhang, H.-C., & Zhou, X.-L. (2019). Mathematical cognition: Brain and cognitive research and its implications for education. *Journal of Human Cognition*, 3(1), 25-40.
- Dowker, A., Sarkar, A., & Looi, C. Y. (2016). Mathematics anxiety: What have we learned in 60

- years? *Frontiers in Psychology*, 7, Article 508. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00508>
- Dreger, R. M., & Aiken, L. R., Jr. (1957). The identification of number anxiety in a college population. *Journal of Educational Psychology*, 48(6), 344-351. <https://doi.org/10.1037/h0045894>
- Earle, J. B. (1988). Task difficulty and EEG alpha asymmetry: An amplitude and frequency analysis. *Neuropsychobiology*, 20(2), 96-112. <https://doi.org/10.1159/000118482>
- Eden, C., Heine, A., & Jacobs, A. M. (2013). Mathematics anxiety and its development in the course of formal schooling—A review. *Psychology*, 4(6B), 27-35. <http://doi.org/10.4236/psych.2013.46A2005>
- Fennema, E., & Sherman, J. A. (1976). Brief reports: 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. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.7.5.0324>
- Field, A. P., Evans, D., Bloniewski, T., & Kovas, Y. (2019). Predicting maths anxiety from mathematical achievement across the transition from primary to secondary education. *Royal Society Open Science*, 6(11), Article 191459. <https://doi.org/10.1098/rsos.191459>
- Furner, J. M., & Marinas, C. A. (2016). Mathematics anxiety in society: A real phenomena and a real solution. *Transformations*, 1(1), 24-36.
- Ganley, C. M., Schoen, R. C., LaVenía, M., & Tazaz, A. M. (2019). The construct validation of the math anxiety scale for teachers. *AERA Open*, 5(1). <https://doi.org/10.1177/2332858419839702>
- González-Gómez, B., Núñez-Peña, M. I., & Colomé, À. (2023). Math anxiety and the shifting function: An event-related potential study of arithmetic task switching. *European Journal of Neuroscience*, 57(11), 1848-1869. <https://doi.org/10.1111/ejn.15984>
- Gunderson, E. A., Ramirez, G., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2012). The role of parents and teachers in the development of gender-related math attitudes. *Sex Roles*, 66(3-4), 153-166. <https://doi.org/10.1007/s11199-011-9996-2>
- Harel, G., & Kaput, J. (1991). The role of conceptual entities and their symbols in building advanced mathematical concepts. In D. Tall (Ed.), *Advanced mathematical thinking* (pp. 82-94). Springer.
- Hembree, R. (1990). The nature, effects, and relief of mathematics anxiety. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21(1), 33-46. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.21.1.0033>
- Hopko, D. R., Mahadevan, R., Bare, R. L., & Hunt, M. K. (2003). The Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS): Construction, validity, and reliability. *Assessment*, 10(2), 178-182. <https://doi.org/10.1177/1073191103010002008>
- Ischebeck, A., Zamarian, L., Siedentopf, C., Koppelstätter, F., Benke, T., Felber, S., & Delazer, M. (2006). How specifically do we learn? Imaging the learning of multiplication and subtraction.

- NeuroImage*, 30(4), 1365-1375. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.11.016>
- Joseph, Y. K. K., & Kaur, B. (2003). High mathematics anxiety students and mathematical problem solving. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 26(2), 131-142.
- Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 141-151. <https://doi.org/10.1177/001316446002000116>
- Kaiser, H. F. (1974). An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, 39(1), 31-36. <https://doi.org/10.1007/BF02291575>
- Kline, R. B. (2005). *Principles and practice of structural equation modeling* (2nd ed.). Guilford Press.
- Ko, H. K., & Park, S. H. (2007). A study on the relativity of mathematical anxiety depending on the types of students' characteristics. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 10(3), 369-384.
- Ko, H. K., & Yi, H. S. (2011). Development and validation of a mathematics anxiety scale for students. *Asia Pacific Education Review*, 12(4), 509-521. <https://doi.org/10.1007/s12564-011-9150-4>
- Lester, P. E., & Bishop, L. K. (2000). *Handbook of tests and measurement in education and the social sciences* (2nd ed.). Scarecrow Press.
- Liu, J., Li, J., Peng, W., Feng, M., & Luo, Y. (2019). EEG correlates of math anxiety during arithmetic problem solving: Implication for attention deficits. *Neuroscience Letters*, 703, 191-197. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2019.03.047>
- Lyons, I. M., & Beilock, S. L. (2012). Mathematics anxiety: Separating the math from the anxiety. *Cerebral Cortex*, 22(9), 2102-2110. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhr289>
- Ma, X. (1999). A meta-analysis of the relationship between anxiety toward mathematics and achievement in mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 30(5), 520-540. <https://doi.org/10.2307/749772>
- MacCallum, R. C., Roznowski, M., & Necowitz, L. B. (1992). Model modifications in covariance structure analysis: The problem of capitalization on chance. *Psychological Bulletin*, 111(3), 490-504. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.111.3.490>
- Mansor, N. S., Hamid, N. H. A., & Othman, Z. S. (2024). Some factors contributing to mathematics anxiety among secondary school students. *AIP Conference Proceedings*, 2905(1), Article 040002. <https://doi.org/10.1063/5.0171987>
- Milfont, T. L., & Fischer, R. (2010). Testing measurement invariance across groups: Applications in cross-cultural research. *International Journal of Psychological Research*, 3(1), 111-130.
- 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. <https://doi.org/10.3102/0034654319843494>
- Naseem, A. (2021). Effect of quizzes on anxiety and performance in mathematics at middle level. *Bulletin of Education and Research*, 43(1), 59-75.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2013). *PISA 2012 results: Ready to learn (Volume III): Students' engagement, drive and self-beliefs*. <https://doi.org/10.1787/9789264201170-en>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2015). Does math make you anxious? *PISA in Focus*, 48. <https://doi.org/10.1787/5js6b2579tnx-en>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Parsons, J. E., Adler, T. F., & Kaczala, C. M. (1982). Socialization of achievement attitudes and beliefs: Parental influences. *Child Development*, 53(2), 310-321. <https://doi.org/10.2307/1128973>
- Plake, B. S., & Parker, C. S. (1982). The development and validation of a revised version of the Mathematics Anxiety Rating Scale. *Educational and Psychological Measurement*, 42(2), 551-557. <https://doi.org/10.1177/001316448204200218>
- Ramirez, G., Shaw, S. T., & Maloney, E. A. (2018). Math anxiety: Past research, promising interventions, and a new interpretation framework. *Educational Psychologist*, 53(3), 145-164. <https://doi.org/10.1080/00461520.2018.1447384>
- Richardson, F. C., & Suinn, R. M. (1972). The mathematics anxiety rating scale: Psychometric data. *Journal of Counseling Psychology*, 19(6), 551-554. <https://doi.org/10.1037/h0033456>
- Rolison, J. J., Morsanyi, K., & Peters, E. (2020). Understanding health risk comprehension: The role of math anxiety, subjective numeracy, and objective numeracy. *Medical Decision Making*, 40(2), 222-234. <https://doi.org/10.1177/0272989X20904725>
- Rose, A. C., Alashwal, H., Moustafa, A. A., & Weidemann, G. (2023). A neural network model of mathematics anxiety: The role of attention. *PLoS ONE*, 18(12), Article e0295264. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295264>
- Rounds, J. B., & Hendel, D. D. (1980). Measurement and dimensionality of mathematics anxiety. *Journal of Counseling Psychology*, 27(2), 138-149. <https://doi.org/10.1037/0022-0167.27.2.138>
- Sharma, S. (1996). *Applied multivariate techniques*. Wiley.
- Sheffield, D., & Hunt, T. (2006). How does anxiety influence maths performance and what can we do about it? *MSOR Connections*, 6(4), 19-23.
- Siaw, E. S., Shim, G. T. G., Azizan, F. L., & Shaipullah, N. M. (2021). Understanding the relation-

- ship between students' mathematics anxiety levels and mathematics performances at the foundation level. *Journal of Education and Learning*, 10(1), 47-54. <https://doi.org/10.5539/jel.v10n1p47>
- Sorvo, R., Kiuru, N., Koponen, T., Aro, T., Viholainen, H., Ahonen, T., & Aro, M. (2022). Longitudinal and situational associations between math anxiety and performance among early adolescents. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1514(1), 174-186. <https://doi.org/10.1111/nyas.14788>
- Stevens, J. P. (2002). *Applied multivariate statistics for the social sciences* (4th ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Stubblefield, L. (2006). Mathematics anxiety among GED recipients in four-year institutions. *Journal of Mathematics Science & Mathematics Education*, 1(2), 19-23.
- Suinn, R. M., & Edwards, R. (1982). The measurement of mathematics anxiety: The mathematics anxiety rating scale for adolescents—MARS-A. *Journal of Clinical Psychology*, 38(3), 576-580. [https://doi.org/10.1002/1097-4679\(198207\)38:3<576::AID-JCLP2270380317>3.0.CO;2-V](https://doi.org/10.1002/1097-4679(198207)38:3<576::AID-JCLP2270380317>3.0.CO;2-V)
- Tobias, S. (1987). *Succeed with math: Every student's guide to conquering math anxiety*. College Entrance Examination Board.
- Trezise, K., & Reeve, R. A. (2018). Patterns of anxiety in algebraic problem solving: A three-step latent variable analysis. *Learning and Individual Differences*, 66, 78-91. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2018.02.007>
- Uusimäki, L. S., & Kidman, G. C. (2004, July). *Challenging maths-anxiety: An intervention model*. The 10th International Congress on Mathematical Education (ICME-10), Roskilde, Denmark.
- Wigfield, A., & Meece, J. L. (1988). Math anxiety in elementary and secondary school students. *Journal of Educational Psychology*, 80(2), 210-216. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.80.2.210>
- Wu, C.-H., Lin, W.-T., & Shih, S.-C. (2018). Confirmatory factor analysis and construct validity of the Chinese Math Anxiety Rating Scale-Revised for undergraduate calculus learners. *Psychological Testing*, 65(3), 291-313.
- Young, C. B., Wu, S. S., & Menon, V. (2012). The neurodevelopmental basis of math anxiety. *Psychological Science*, 23(5), 492-501. <https://doi.org/10.1177/0956797611429134>
- Zago, L., Pesenti, M., Mellet, E., Crivello, F., Mazoyer, B., & Tzourio-Mazoyer, N. (2001). Neural correlates of simple and complex mental calculation. *Neuroimage*, 13(2), 314-327. <https://doi.org/10.1006/nimg.2000.0697>
- Zaslavsky, C. (1994). *Fear of math: How to get over it and get on with your life*. Rutgers University Press.

- Zhang, J., Zhao, N., & Kong, Q. P. (2019). The relationship between math anxiety and math performance: A meta-analytic investigation. *Frontiers in Psychology, 10*, Article 1613. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01613>

Construction and Validation of a Mathematics Anxiety Scale for Secondary School Students

Ying-Ju Chen¹, Tai-Cheng Tso² and Chia-Ju Liu^{1,*}

¹Graduate Institute of Science Education and Environmental Education, National Kaohsiung Normal University

²Department of Mathematics, National Kaohsiung Normal University

Abstract

This study aims to develop the “Mathematical Anxiety Scale,” intending to create and validate an instrument suitable for measuring mathematical anxiety in secondary school students through confirmatory factor analysis and cross-validation. Termed the Secondary Education Mathematical Anxiety Assessment Scale, the development and validation of the scale underwent expert validity examination. Twenty-four preliminary items, revised based on expert suggestions, were administered to 1512 secondary school students. The validation process employed four statistical analysis methods, including item analysis, exploratory factor analysis, confirmatory factor analysis, and cross-validation checks. The factor analysis results revealed three factors consistent with the three dimensions of the preliminary scale. After eliminating 12 problematic items, 12 items were retained, yielding an overall reliability of .930. Cross-validation checks confirmed the optimal fit of the three-factor structure of the developed Mathematical Anxiety Scale with the sample data (estimated sample and validity sample) ($\chi^2 = 150.659$, $\chi^2/df = 2.954$, CFI = .985, RMSEA = .046, TLI = .981, SRMR = .034). Thus, the scale comprises three latent factors: “Math Learning Anxiety,” “Math Test Anxiety,” and “Math Concept Anxiety.” These factors not only align with the theoretical framework from the literature review but also serve as a reliable and valid measurement tool for assessing individual differences in students’ mathematical anxiety, obtaining reasonable and sound validation for the 12 scale items in psychometrics.

Keywords: Mathematics Exams, Mathematics Anxiety, Mathematics Concepts, Mathematics Learning

* Corresponding author: Chia-Ju Liu, chiaju1105@gmail.com; ORCID: 0009-0005-3019-0516

Received: 2024/1/15, Revised: 2024/6/30, Accepted: 2024/6/30, Available Online: 2024/08/28

