

運用 MSE 模式於國中數學補救 教學之合作式行動研究*

劉玉玲

銘傳大學
師資培育中心

本研究欲以 Vico 理念 (1990, 1999) 改善傳統教學信念, 並作為本研究的核心價值以引導教學。數學課程實施的場域是在原班級的正課中, 進行不同程度學生的差異化與補救教學。其次, 本研究將過去所建構的 MSE 教學模式融入至數學課中以了解可行性。據此, 研究目的有二: (1) 瞭解 Vico 理念是否能促進數學教師在教學轉化歷程中的專業成長; (2) 釐清 Vico 理念在 MSE 融入式教學中, 是否能改善學生的數學學習。為達上述目的, 本研究採用合作式行動研究主要以質性研究中的參與觀察法、半結構訪談與文件分析法, 輔以問卷調查法。研究結果顯示: (1) 教師在教學轉化能力、融入式教學與補救教學的專業成長; (2) 教師面對 MSE 融入式教學方案的困難時, Vico 理念促進教師的教學投入, 協助改善學生運用數學學習策略的能力, 並提升覺察與調適數學學業情緒的知能。研究之建議可供數學教學或教育心理研究者、國中數學或學習扶助教師的參考。

關鍵詞: 數學學習策略、數學學業情緒、中介作用、補救教學、Vico 理念

* 1. 通訊作者: 劉玉玲, yuling@mail.mcu.edu.tw。

2. 本篇研究獲科技部補助 (計畫編號: MOST 106-2511-S-130-005), 僅此致謝。

世界各國認為學好數學是在諸多領域立足的先備條件，企圖協助學生擁有良好的數學素養，以應付日常生活中隨時必備的需求（Butterworth et al., 2011; Geary, 2013; Richland et al., 2007）。各國青少年的數學學習可藉由國際學生能力評量計畫（The Programme for International Student Assessment, PISA）之評比，一窺究竟。PISA 2015 結果顯示臺灣國中生高達 63% 的低成就和 46% 的高成就學生，認為即使已為考試做好了準備，卻仍然容易感到焦慮。亦即，多數學生於他們的數學作業和考試感到非常焦慮（Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2015）。相較新加坡低分群的學生比灣少許多，認為學數學是有趣、有正向情緒與態度的學生比臺灣多。Sälzer 與 Prenzel（2014）指出德國低學習成就的學生人數減少，主要原因是對數學有興趣的學生人數增加，對數學學習有正向情緒（Prenzel, 2007; Prenzel et al., 2015）。PISA 2018 調查結果顯示，我國學生的數學表現依舊亮眼，覺得數學無趣與負面情緒的學生依然不少。學習成就表現個別差異幅度越趨嚴重，男生尤為明顯。百分等級越高者進步幅度越大，但百分等級 5 和 10 的學生等極度落後，這些學生還需要更精緻適性的介入（Organisation for Economic Co-operation and Development, 2019）。余民寧與李昭鑒（2018）的研究指出惟有個別化教學能夠直接影響補救教學學生的學習成效，且個別化教學亦可透過自我歸因、學習動機等因素，間接影響補救教學學生的學習成。

政府重視弱勢與學業表現落後的學生，為維護學生受教權益，扶助弱勢弭平落差，落實教育機會均等理想，實現社會公平正義（「教育部國民及學前教育署補助國民中小學弱勢學生實施要點」，2020），於民國 100 年提出「國民小學及國民中學補救教學實施方案」，藉以扶助學習低成就學生（教育部，2011）。只是從推「攜手計畫——課後扶助方案」到「補救教學實施方案」，相關的活動已推行多年，學生的學習成效卻仍不明顯。洪儷瑜（2012）提出「三層次補救教學模式」，強調補救教學的關鍵是原班教師在學生出現學習問題就給予立即補救，並進行「差異化教學」。然而，國內目前進行的補救教學主要是以第二層為主（如，課後輔導、或寒暑假進行），欠缺第一層的即時補救。數學教學內容日益加深，若未能及時補救，往往學生的挫敗感愈來愈高而降低學習意願。基於「預防勝於治療」的觀點，欲在國中七年級的正式數學課室中進行及時的補救教學。相關研究顯示，教師在發展中介措施之前，需先瞭解相關的理論和實證結果，方能設計出有實質意義的輔導方案或干預措施（Marsh et al., 2006）。是故，本研究之前導性研究如劉玉玲與薛岳（2013）、劉玉玲與沈淑芬（2015）及劉玉玲（2016）的調查研究並建構數學學習模式企圖透過數學學習策略（mathematics learning strategies, MS）、數學學業情緒（mathematics learning emotion, ME）簡稱 MSE 模式，改善低數學成就者的學習。除此之外，欲以 Vico（1990）「詩」在教學藝術上所提供開展存有、精湛技術、美感表現的三個理念應用於教學歷程中，進行「教學信念轉化或概念重建」。研究者與個案教師來自不同教育背景，以合作的方式共同實施行動研究，以了解國中數學教師如何教學轉化與教學實踐。循上所述，具體而言，研究目的有：（1）瞭解 Vico 理念是否能促進數學教師在教學轉化歷程中的專業成長；（2）釐清 Vico 理念在 MSE 融入式教學中，是否能改善數學補救教學效能的可能性。

（一）近側發展區間與鷹架教學

Vygotsky（1978）指出人類創造符號，讓思考「以符號為中介」（sign-mediated）的形式。不同生活環境的個體，會因需求不同而創造出不同的符號系。Vygotsky 認為抽象思考、邏輯推理等，源於個體與社會互動的結果。個體的認知活動，藉由溝通促使人產生較高層次思考，學習者透過中介者的協助可達到更高一層的水平發展。一個人獨自解決問題的程度到經由成人或同儕指導後能到達的程度，這之間的動態距離即為近側發展區（zone of proximal development, ZPD）的概念（Vygotsky, 1981）。

Wood 等人（1976）延續 ZPD 觀點，發展出鷹架理論（scaffolding theory）。後續的 Collins 等人（1989）提出認知學徒制，並指出當學童已經逐漸熟悉目標與能力獲得改善後，原本支持他們的鷹架應該逐漸撤離。基於教學目標 Tabak（2005）提出三種基本的鷹架模式，包含：分散性鷹架模式（每一個需求或學習目標對應一個鷹架）、重複鷹架模式（指同一種需求或目標有不同來源的鷹架支持，目的在於協助不同 ZPDs 的學習者，可以重複學習或從不同鷹架中獲得支持），與協同的

鷹架模（針對同一個目標或需求，有彼此交互作用的不同鷹架連結，作為另一個鷹架，透過相關連的鷹架達成目標）。相關研究顯示，數學教師可實施不同的教學鷹架，提供學生適切的學習策略，以促進學生經驗到積極進展的數學學習歷程（許家驊，2008，2011）、黃志賢（2006）利用「可能發展區」與鷹架教學協助原住民學生，經驗與生活結合的數學教學素材，讓學生對數學產生興趣。本研究以 MSE 模式作為學習鷹架，轉化與實踐於國中正式課程，以了解原班級補救教學的歷程與困境。

（二）數學學習策略與數學學業情緒

學生「會不會學」與「要不要學」是補救教學最可著力之處，容易透過教學而增進能力（唐淑華，2013）。前者涉及學習的認知層面如學習策略。以往傳統教學容易集中在記憶和程序理解；學生易用死記背誦的方式學習數學，以防考試不會作答，不敢勇於嘗試或自我修正錯誤。另外，教師礙於進度的限制，學生未能掌握到概念時，給與一堆的符號操作，導致大部分的學生對數學感到恐懼，充滿自我疏離感。因此，要引導學生學習如何學習數學。數學需透過各種符號系統為中介（sign-mediated）協助個體思考，學習策略的運用與其他科目不同，在數學學習策略的運用上需要精緻化、組織與批判思考略等較高階層的概念（劉玉玲、薛岳，2013；Hougham, 1992; Skemp, 1989）。

以往教師在進行數學補教學時，常以提升數學自信為主要考量。相關研究顯示數學自我概念與數學成就以數學學習策略為中介因子，所發揮的影響力大於直接提升數學科自我概念（劉玉玲、薛岳，2013）。其後，相關研究也指出完善周延的數學學習策略應包括認知策略，後設認知策略和資源管理策略。不同數學程度的學生，使用的策略不同（劉玉玲、沈淑芬，2019）。「要不要學」涉及個人的情意層面，Goetz 等人（2007）的研究發現負面的數學學業情緒如焦慮、生氣與無聊之間與學業成就有相關性。對於低成就學生而言，之所以會比同樣智力水平的學生表現出較差的學習成就，可能是因為透過情意因素，先影響了成就目標導向與學習策略之間的關係所致（陳嘉成等人，2018）。國內的研究顯示數學焦慮較低，數學成就也較高（許瑋芷、陳明溥，2010）；也有研究指出數學學業情緒對於學習策略有顯著的影響力（江民瑜，2013；林宴瑛、程炳林，2012；劉玉玲，2016；Daniels et al., 2014; Krapp, 2005; Meinhardt & Pekrun, 2003; Pekrun et al., 2002）。劉玉玲與沈淑芬（2015）建構一個認知與情意兼顧的數學學習模式。研究結果顯示數學自我概念+學習策略的影響力大於數學自我概念+學習情緒。簡言之，欲從數學自我概念提高學生的數學學業成就時，要配合學習策略與學習情緒的活動，特別是學習策略的導入，三管齊下才能產生最大的效果。

（三）教學信念與教學實務

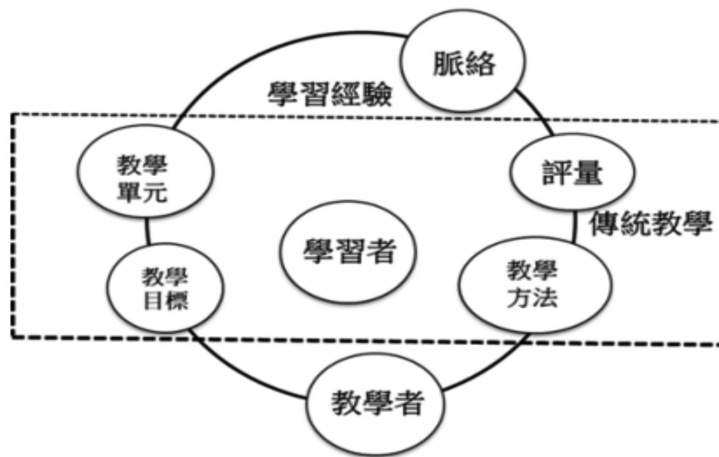
目前國中數學課室中，學生未經數學能力的篩選，素質不一。教師為維持教學進度的流暢性，有些教師不願意提供學生思考空間（呂玉琴、溫世展，2001），造成數學課室中強者愈強的「馬太效應」。數學需要運用較高層次與抽象思考，數學低成就者並非擅長邏輯思考，會讓學生感受到更多的挫折。這種數學學習現象常導致學生離開教室錯過學習，甚至有破壞性或偏差行為（謝琬如，2011；Perše et al., 2011）。如何將低成就學生留在教室中學習數學，數學教師扮演重要的角色。教學信念不僅影響教學方式（Chin, 1995），也影響數學教師的教學實務（Chin, 2006）。相關研究顯示，具有積極關懷取向的教學信念較傳統消極教師信念更讓這些學生願意留在課堂學習（宋佩芬，2016），這可能是學生戰勝困難的關鍵（Nelson & Roberts, 2000）。教師的教學信念與教學實務具有密切關係（吳明隆、陳火城，2007；Ball & Bass, 2000），能使學生學習良好的教師具有共同的信念與觀點，尋找並接受不同的教學方法，以利學生學習（Clarke & Hollingsworth, 2002; Wyatt, 2010）。國內外有相關的美學教學環境，可營造想像與創造的學習氛圍。本研究欲以 Vico（1990, 1999）理念作為教學的核心價值，引導課程設計與教學。

（四）教學設計理念與教學轉化

義大利哲人楊巴蒂斯塔·維柯（Giambattista Vico, 1668—1744）主要著作《The New Science：

科學》(Vico, 1990, 1999)，影響的學術領域包括語言學、文學、歷史學、社會學、法律學、人類學、哲學、神學、美學、心理學、教育學……等。Vico (1990) 於書中提到人類祖先透過好奇心、想像力、創造力、美學等智慧 (mythopoetic, poetic wisdom)，發展出數學知識與概念以解決問題，使人類能戰勝大自然的挑戰。Vico (1990, 1999) 強調營造美學氛圍可協助學習者跳脫舊框架，以發展創造力、想像力等特質。此論述與 Dewey (1934) 的「美感經驗」概念不謀而合，Dewey 指出師生在教室中的知識傳遞與經驗的交流可提煉出美感的性質，進而使日常中的教與學之經歷成為一個具有美感的完整經驗。

圖 1
美學教學環境的重要元素



註：引自“Embracing the aesthetics of instructional design,” by P. E. Parrish, 2005, *Educational Technology*, 45(2), p. 17 (<https://www.jstor.org/stable/44429197>). Copyright by 2000—2021 the ITHAK.

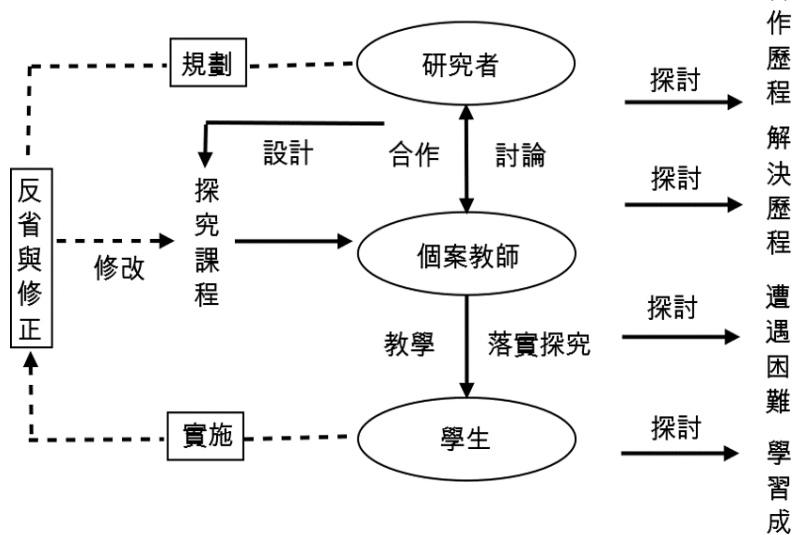
Pinar 等人 (1995) 的著作《Understanding curriculum》提出可以運用美學的觀點來理解教學的歷程，使師生重新成為教育主體。然而，如何體現這樣的教學理念並轉化至教學現場？Parrish (2005, 2009) 承襲 Vico (1990) 的三 S 概念：科學的 (scientific)、故事性的 (storytelling) 與精神的 (spiritual) 和 Dewey (1934) 的觀點，結合網路科技跨越時空的特性，發展出美感教學模式，如圖 1 所示。此教學模式對傳統教學的缺乏做調整，教學者依教學單元設計教學目標、透過網路科技增添情境脈絡、強調師生互動經驗。本研究循此觀點，企圖轉化 Vico (1999) 「詩」之意涵，開展存有、精湛技術及美感表現等三種理念，將之用於理解教師的教學活動 (吳靖國, 2005, 2009)，進而釐清是否可將 Vico (1999) 理念轉化至數學課室中以營造積極關懷取向的班級氛圍，改善學生學習數學的方法與學習時的數學情緒。

方法

(一) 研究設計

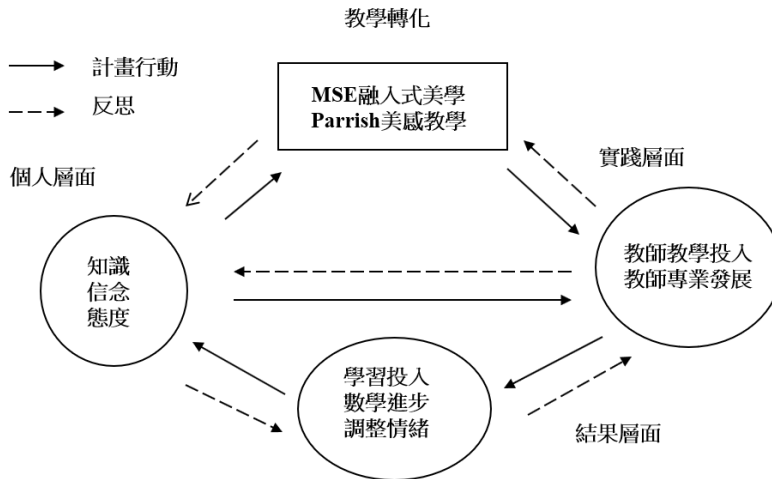
本研究採用合作式行動研究 (collaborative action research)，雙方透過合作歷程、解決歷程、遭遇困難，以及學習成效等四個階段循環歷程如圖 2 所示，以系統性螺旋交織的方式進行教學持續性反思，主動建構或修正自己教學知識 (Bruce et al., 2011)。本研究於開學前即以規劃討論，第一次段考前，瞭解學生特質，第一次段考後至第二段考期間，進行分組合作的安排與練習。第二次段考後至第三段考前，進行一元一次的 MSE 融入式教學歷時 6 週共有 30 小時堂課。研究者與教師採用 Clarke 與 Hollingsworth (2002) 的計畫行動—反思循環觀點，進行教學轉化與教學反思，如圖 3 所示。

圖 2
研究者與個案教師的合作行動研究概念



註：引自〈運用舞蹈治療概念提升國中學生情緒知能之研究—Vico 理念的實踐〉，劉玉玲，2017，《中華輔導與諮商學報》，48，頁 148 (<https://doi.org/10.3966/172851862017040048005>)。

圖 3
研究者與個案教師的教學轉化概念圖



(二) 研究參與者和研究工具

1. 研究場域、參與者與研究對象


(1) 研究小組成員。研究小組成員一共有 5 名，包括研究者（為數學補救教學種子教師、補救教學訪視委員）、M 為師培中心之數學教材教法教師、J 教師大學數學系畢，教學年資已 8 年，本身

是國中七年級導師。E 為資深國中數學教師，教學年資有 15 年。J 教師在教育研究所碩士在職專班時曾上過研究者所開設的「教育心理學研究」，課程中研究者進行 Vico (1990) 理念轉化的行動研究，J 教師已有一學期的經歷。

(2) 研究場域與研究對象。研究場域在新北市愛心國中為中型偏離市中心的學校，交通不便利。研究對象為愛心國中(化名)七年級的學生(約 11 至 13 歲)全班共 35 人，男生 18 人，女生 17 人。本研究之「低數學成就者」是指學生經過第一段考與第二次段後，數學成績低於 35 分的學生。這些學生的數學教室行為表現部分，包括：a. 依賴性重，需要家長或教師的特別注意；b. 容易分心，不易專心及努力工作；c. 在學習部分，需要比其他同學更多的時間；d. 不喜歡家庭作業；e. 家庭提供較少的支持。

(3) 分組方式。分組合作學習因天時、地利與人和等諸多因素影響實施，有效的「分組合作學習」是需要學習的(Dyson, 2005; Simsek & Sales, 1993)。研究進行初，為減少變項之間的干擾，在第一次段考前至第二次段考間，J 教師先瞭解學生的特質與學習程度，並考量同理心是否可以接納並願協助低學習成就的學生。最後的分組方式如表 1 所示。

表 1
小組分組示意

能力	同理心	組別					
		第一組	第二組	第三組	第四組	第五組	第六組
高能力  低能力		25	03	02	17	29	07
		12	22	04	26	23	33
		24	11	27	21	05	20
		01	09	14	08	16	31
		15	13	30	34	32	18
		35	28	19	10	06	

2. 研究工具

為達研究目的，本研究採用學習策略量表與學業情緒量表進行前後測，與第一次段考與第三次段考的成績，作為參考值。以下介紹量表的內容、計分及其信、效度考驗：

(1) 數學學習策略量表。「國中數學學習策略量表」(劉玉玲、薛岳, 2013)，有六個分量表，其中認知策略有訊息處理與專心經營，後設認知策略有監控與診斷、批判思考，資源管理策略有時間安排與人際求助等構面。3 個分量各有 3 題，共計 18 題，整體信度的 Cronbach's α 高達 .96，顯示量表有良好的信度。

(2) 學業情緒量表。「數學學業情緒量表」(劉玉玲, 2016) 分為正向情緒量表和負向情緒量表。經探索性因素分析可將正向情緒可分為愉悅、自豪、希望、放鬆等四種情緒；負向情緒可分為焦慮、生氣、羞愧、無趣與無望等五種情緒，一共有九個分量表。九個分量各有 5 題，共計 45 題，採用 Likert 五點量表形式作答。受試者得分愈高，表示所持有該種學業情緒愈強。整體信度的 Cronbach's α 高達 .90，顯示量表有良好的信度。

(三) 教學設計與歷程

本研究「融入式課程」(infusion curriculum)的實施是為了克服正式課程架構與授課時數的限制，採用「安插」的方式將「特定議題」傾倒或溶解於「主軸課程」裡(徐敏雄, 2008)。教學步驟分別是：1. 選定主軸課程，輔以融入式課程；2. 發展教學目標與教學策略；3. 選定教材與活動；4. 運用各類網路學習資源；5. 設計多元評量；6. 分享經驗、感受與反思。

行動研究前，本研究選定「解一元一次方程式」為主題，學生在學習該主題時，常會出現概念混淆的情況(陳彥廷、柳賢, 2009)。主題可分為三個次主題即「一元一次方程式的意義」(能了解元的意義、能了解次的意義、能了解方程式的意義)、「解一元次方程式」(能檢驗解的合理性、能作式子的四則運算、能作式子的化簡、能了解等量公理並運用)，「列出一元一次方程式」，(能依題意列出方程式、能以符號代表未知數)而各個次主題則可更細分為幾項學生應具備的能力。

J教師融入議題之教學目標以主學習、副學習與附學習撰寫，學習目標與教學策略。教師教學的考量與保持研究的客觀性、減少擴散思維的課程設計、以及避免其他因素干擾研究的結果。依據「學習策略量表」、「學業情緒量表」的類型與定義作為教學內容；數學學習策略的教學內容如表 2。

表 2
數學學習策略的類型、定義、與學習目標

學習策略類型	學習策略的定義	學習策略的學習目標
訊息處理	能夠辨別學習材料的重點，並對學習材料進一步的分類、理與連結。	1. 學教材時，我會注意大標題、公式、特殊名詞等重要內容。 2. 會將不同來源(課本、講義、筆記等)的重要觀念統整在一起。 3. 我會將老師特別叮嚀的數學重點或觀念紀錄下來。
監控與診斷	能夠不斷檢視學習目標所完成的程度，及找出自己還不懂的部分並能夠根據實際情況，進行檢討與改進。	1. 每個學習活動中，設定應達成的目標，促進自己學習。 2. 複習數學教材時，我會試著找出哪些是我還不夠清楚的。 3. 於考卷或作業中我答錯的題目，我會認真地訂正錯誤，以求瞭解。
批判思考	能夠以自己的想法思考所學的內容、判斷對錯並提出質疑。	1. 學到一個新的數學觀念、公式或結論時，我會與已學過的知識作比較，試著找出兩者之間的關係。 2. 對於我還不懂的數學觀念或問題，我會持續思考，直到我完全瞭解。 3. 於還不懂的觀念或公式，我會不斷地思考直到瞭解為止。
專心經營	對學校有關的課業及學習活動能夠注意或維持專心。	1. 上數學課時，我會專心思考。 2. 我會專心聽老師講課的內容。 3. 讀書或寫數學作業時，我會專心。
時間安排	能夠規劃自己的學習活動，利用時間的安排去執行所要做的事，例如使用計劃表以增進學習。	1. 對於所擬訂讀書計畫，我都能確實執行。 2. 當考試的科目排定時，我會擬定一個複習計劃，以準備考試。 3. 即使沒有考試，平常我都會安排時間，複習數學課所教的內容。
人際求助	能藉由與同儕討論或詢問師長，解決學習上的問題。	1. 為了弄懂的題目或觀念，我會請教老師。 2. 對於還不懂的觀念或難題，我會與同學或朋友互相討論。 3. 當我不瞭解老師上課的內容時，我會在下課詢問老師。

(四) 資料蒐集與分析

1. 質性資料收集與分析

本研究之資料收集，包括了課室觀察之影音和書面資料、討論會議之錄音及書面資料、晤談教師與學生及相關文件資料等，同時也包含了問卷資料。

(1) 課室觀察記錄與影音資料。本研究對個案班級進行課室觀察及錄影，主要著重於師生之間的互動及個案教師實施時的困難，同時觀察學生參與的情形，針對學生的學習情形及教師的實施模式作更深入之探討。

(2) 討論會議之錄音。研究者與個案教師以合作討論的方式，探究教學重點，修正其不合適的部分。會議期間進行錄音，以保存資料。課室實施後之反思討論會議，內容也以課室事件、情境、教學困境、課程實施問題及困難，或教學及研究之改善方向等為主。

(3) 訪談個案教師與學生。於單元教學完畢後，對個案教師及隨機抽取不同組別之學生進行訪談。教師晤談主要以實施過程的困難和問題、計劃和落實之間的差距，及教師對於施行此單元的看法和想法等，特別注重整個合作歷程中教師的聲音。而晤談學生方面則以了解學生對於此教學的知覺感受和學習情況等。

(4) 蒐集教師與學生的生活紀錄。日常生活紀錄包含 4 項，a. 教師教學札記——教師在教學後記錄課堂教學心得。包括：教學省思札記、教師成長記錄；b. 學習策略的概念圖與勾選單——在數學課後記錄個人學習策略的運用；c. 情緒札記——在數學課後記錄個人的學習心得，內容包括心情塗鴉（以調整情緒）、我的疑問、我的心得、思考題等，協助學生瞭解自己的數學情緒；d. 課堂觀察記錄表——研究者與助理定期觀察教師在數學課上的教學情形，並錄影記錄學生課堂學習表現。

(5) 質化資料的分析。研究者為能將所蒐集的資料清楚辨識與利用，故將資料進行歸納整理，並使用學生、研究參與夥伴和研究者的資料做三角驗證法，以取得其客觀性。

表 3
人物與資料類型代號

	符號	說明
人物號	R	研究者
	T	個案教師，T 為 teacher 的第一個字母
資類型代號	S1 學 0928	指 S1 在 9 月 28 日的學習策略的學習單
	S1 情 0928	指 S1 在 9 月 28 日的情緒札記
	M 0928	研究者與教師有的討論會
	訪 T0928	指在 9 月 28 日對 J 教師的訪談內容
	訪 S0928	指在 9 月 28 日對學生的訪談內容
	T 觀 0928	指在 9 月 28 日教師的上課觀察紀錄
	對話 T & S	T 與 S 上課對話記錄
	Ref	研究反思札記

研究者為能將所蒐集的資料清楚辨識與利用，故將資料進行歸納整理，並使用學生、研究參與夥伴和研究者的資料做三角驗證法，以取得其客觀性。資料編碼如表 3 所示。

2. 量化資料蒐集與分析

研究者為瞭解學生未上課前之學習策略與學業情緒發展情形進行前測，課程實施後，進行後測，以成對樣本 *t* 檢定進行資料分析。

(五) 研究信實度

本研究採三角驗證法 (triangulation) 確保其信實度，包含方法的三角驗證、資料來源的三角驗證、以及研究者的三角驗證。在方法的部分，除了觀察上課情形，亦進行 M、J 與 E 教師的訪談以

及文件的蒐集；並將觀察、訪談、以及文件資料三者進行交叉驗證。而資料來源的部分：觀課紀錄表或 J 師自身的課堂省思。而在研究者三角檢證的部分，雖然本研究內容由研究者行分析與詮釋，但 M、J 與 E 教師亦被視為研究協作者；故研究者亦邀請研究協作者進行資料分析檢核，以確保未曲解或過度延伸其內涵。

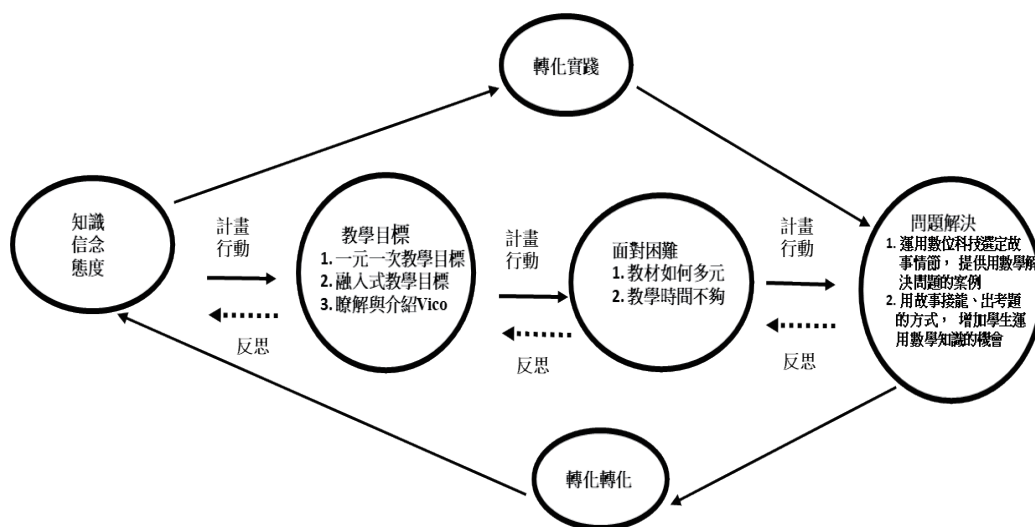
(六) 研究倫理

在進行本研究之前，經研究者便先清楚告知 J 教師以及七 A 班學生研究動機、研究目的、以及研究方法，在所有人均理解並同意之後方著手進行研究。在本研究當中，接受觀察與訪談的教師皆被視為研究協作者，保有本研究的詮釋權；而基於保密原則，文中教師以及學校名稱皆以化名呈現。

結果

以下先從一、一元一次方程式主學習課程之運作情形、MSE 的融入式教學師生互動，融入式教學的量化分析，與學生學習表現說明，圖 4 為個案教師教學轉化與教學反思概念圖。

圖 4
個案教師教學反思概念圖



(一) 一元一次方程式主學習課程之運作情形

1. 運用分組合作、line 與同儕教導的教學策略，增加數學學習的溝通機會

(1) 教師透過分組合作學習，增加數學的對話機會。有效的分組合作學習需要學習如讓學生熟悉分組合作應注意的溝通禮貌並培養小組默契（楊宏珩、段曉林，2001）。分組合作一開始並不容易，藉考量了學生的人格特質、溝通力、人際互動能力與數學程度後，經過多次調整，進行異質性的目標導向的任務小組。

基於精熟教學與差異化教學，全班分成 5 組，6 個人成立一小組，其中有一組是 5 人。座位的安排是 4 人兩兩相對坐，兩位程度稍好的學生隨學習情境坐中間、或有時兩邊中央各自坐，有時可分 3 人一小組，甚至 2 人一組以便達成數學任務，如圖 5 所示。J 教師經營試幾次分組，從學生的

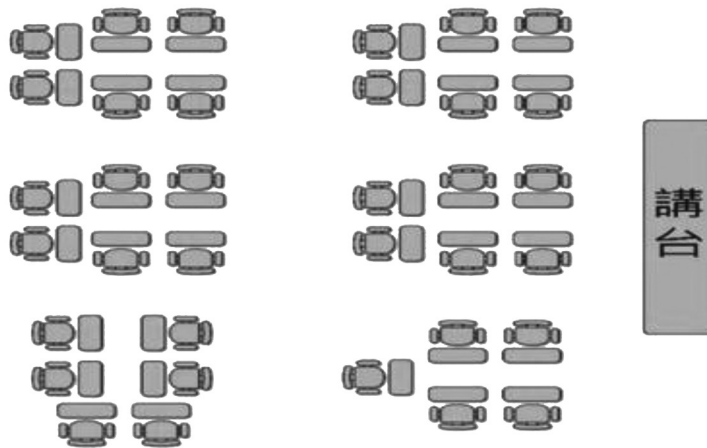
混亂與J教師一番忙亂中，總算找到一個令人滿意的模式。「J教師慢慢掌握要領與教學節奏，學生漸漸習慣小組的互動與學習。」(R訪 T-028)

S25：「我發現自己解釋給同學聽，印象更深刻。」(R訪 S-28)

S16：「我們要贏，就必須合作，Pagamo 讓我們感情更好，一起包圍打拚。」(R訪 S-16)

J：「沒想到數學任務導向，學生易於察覺到個人的努力攸關小組的命運，反而會更促使自己表現得更好。」(T-省思)

圖 5
分組合作座位安排



(2) 運用網路資源突破時間與空間的限制，增加學習與對話的機會。從科技化系統的評量結果，佐以小考或作業的訂正，J教師了解學生需要補救的內容。對於家裡經濟不寬裕或網路速度慢，無法使用網路學習平台如均一，協助學生於課後練習。另外，事先經過學生父母同意允許使用電腦或手機的時間。小組成員有 Line 的群組，彼此可討論。「S11 時常遇到不會的題目就打住，累積許多不會的題目。使用 Line 求助後，有討論的對象，S11 的學習態度漸有改善」。S08 在家不會主動寫數學作業，有小組成員的鼓勵或對話，S08 的媽媽指出：「S08 現在會寫作業了，同學的一句話，勝過我叫他 5 遍。」

(3) 實施同儕教導並讓學生能成為溝通對話中的主動者、促發同理心的發展。以往 J 教師認為學生不夠成熟，學生比較不會發問。所以是先發問，學生被動回答，回饋較為制式化且學生少有主動提問。同儕教導讓學習較慢或能力較弱的學生透過程度較好的同學，使用彼此理解的語言與之對話溝通，共同解決問題。學生從他人的言談中學到概念、解題的方法，提高認知與理解力。另一方面，要能將自己的想法清楚地表達，也要站在對方的立場看事情，學習和他人溝通。S32 是籃球選手，有時訓練完後，上課體力不濟、眼神容易放空。同組成員發揮同理心，下課時進行數學任務對話，或一起打球幫助運動不是強項的學生。

2. 運用數位科技與故事接龍、出考題的方式，運用數學知識的機會

過去 J 教師對數學教科書使用依循程度高，偶爾改編教教材。J 教師認為「原本的教材低成就學生都不會了，多種教材有用嗎？」現在開始彈性運用教材如至「數學奠基模組」及「數學奠基進教室模組」網站、數學教師知識庫、數學新世界教師種子生根計畫等教學網站，以拓展教學知能。

(1) 運用數位科技選定故事情節，營造情境脈絡，提供用數學解決問題的案例。本研究透過網路科技將數學知識與生活情境產生連結，營造生活中運用數學的機會。以真實的海難救援故事《絕命救援》（觸電網—電影情報入口網，2016）揭開學習的序幕，「在一場勢若萬馬奔騰、雷霆萬鈞的狂風暴雨夜晚，船長於駕駛單薄的小汽艇勇闖怒海。船頂、羅盤與其他設備都被風浪捲走的情境下，沒有科技器材，在黑暗中僅能用數學知識計算風速、評估風向與大浪的情形，藉由毅力及不放棄堅持下去的決心與大自然搏鬥中，拯救大船上的所有人員。像這類影片所要傳遞的訊息，與學習中所需要的毅力及不放棄堅持下去的決心，師生透過想像力，於救難的氛圍下，學習用數學來救人，有異曲同工的概念。題例 1 如下：

題例 1：救難汽艇上有船長 1 人，與水手 3 人，辛苦救回人員至陸地，全部上岸的人一共有 36 位；
船長從輪船上救回幾人？
假設救回 X 人 $1+3+X=36$ $4+X=36$ $X=32$

S05：「男主角如果數學不好，就無法救人」

T：「是喔！不同行業的人會使用不同的數學知識」

S13：「老師也利用故事勉勵我們，要學船長不害怕困難與失敗，要大膽學數學，算錯就再來一次」

(2) 利用故事接龍、出考題的方式，增加學生運用數學知識的機會。研究利用多元表徵來組織、記錄和溝通數學想法，幫助學生將數學概念應用於日常生活。「減肥作戰」是日常生活中常見的問題，播放學生熟悉的卡通影片《我們這一家—媽媽的減肥作戰》（Muse 木棉花—闖家歡，2021）為情境脈絡，鼓勵學生發揮創意，設計題目考驗其他組別，並上台講解。由同學提供的內容，再出一樣概念的練習題，協助學生能將同一概念應用到其他情境。學生用「健身房跑步機」、「算卡路里」、「麥當勞點餐」進行數學擬題。

題例 2：花媽到超市，如果買 9 個波羅麵包還剩下 18 元。如果買 12 波羅麵包，則不夠 27 元。
請問 1 個波羅麵包多少元？
設波羅麵包為 X 元
則 $9X+18$ $12X-27$ $9X+18=12X-27$
 $-3X=-45$ $X=15$

題例 3：花媽到超市，如果買 9 個波羅麵包還剩下 18 元。如果買 12 波羅麵包，則不夠 27 元。
請問 1 個波羅麵包多少元？
設波羅麵包為 X 元
則 $9X+18$ $12X-27$ $9X+18=12X-27$
 $-3X=-45$ $X=15$

藉由故事情節的鋪陳，引導學生利用生活經驗中的數學，在生活中辨認和使用數學。對害怕或數學程度較差的學生，「我開始對數學有興趣」、「數學可以解決好多問題」。對於數學程度較高者，則給予不同的學習任務如同一個卡通故事情節先出一個題目，讓學生模擬出題如花媽買麵包以下的題目，J 教師使用延伸題，讓班上稍好的學生思考；如題例 2 與題例 3 所示。

個案教師一星期借一次電腦教室透過「Pagamo」設計題目關卡，增加中後端學生的「情境興趣」減少學生對數學課程的焦慮或排斥。「程度不錯的學生，一開始好奇，但興趣容易下降；給予不同的數學任務，避免這一些學生無聊。」（訪 J）

3. 評量結合網路平台與評量方式多元，以協助學生的不同的學習需求

(1) 採取多元評量與「3-2-1 不多」的動態評量。過去 J 教師顧及公平性與登錄結算成績方便，採

用教科書出版商的試卷。現在以多元方式評量方式如筆試、口試、習作、訂正錯誤、分組合作情況酌量給分。現在對於學習稍微落後的學生，採用「評量——教學——再評量」的動態評量（dynamic assessment, DA）給予個體中介協助。由於學生體力與注意力的限制，設計「3-2-1 不多」的動態評量。S32：「一開始不習慣早上寫 3 題練習，中午有時寫 3 題或 2 練習，放學後有時寫 1 題或 2 題，老師不會強迫我，可以欠債今日不寫明後天一定要完成，心裡比較沒有壓力」。

J 教師：「以前有心無力，知道學生哪裡不會？會要學生配合時間補救教學，3-2-1 不多的方式讓學生有選擇權與決定權，以及學習承諾」。J 教師在評量策略上有較寬的鬆綁，以協助不同學習需求的孩子。

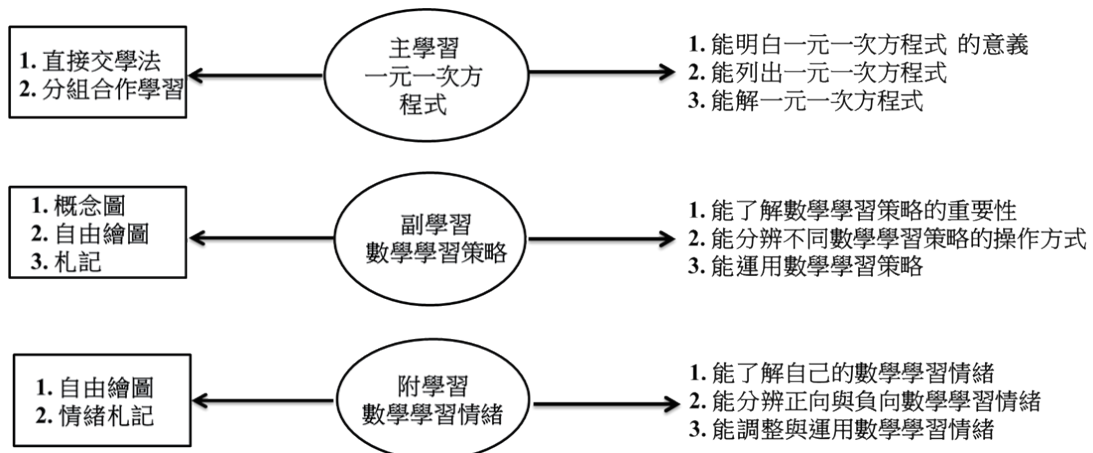
（2）運用精熟教學突破學生的迷思概念，以填充引導方式協助學生解題意。研究者觀察 S31 的迷思概念是「 $8+x = 8x$ ， $x+4+5x+3 = 8x+4+3$ 」，或誤併不同類項，將 $4x+4 = 8$ ，J 教師透過「評量——教學——再評量」與精熟教學協助 S31 突破迷思概念。S31：「我不是學數學的料，很怕數學。我花多一些時間精熟，真的那……有效」。

有些學生害怕數學文字題，面對解數學文字題的表現時，不瞭解題意，會立即放棄。補救教學的第一步乃是正確的問題診斷，透過對話以瞭解問題所在，如 S21：「我看到『折扣』這 2 個字就害怕」，J 教師先讓學生不害怕「折扣」的問題，並出類似題目，讓學生精熟學習。另外，有些學生可能因為粗心，或數學文字題太長，因此無法掌握重點。本研究為減少學生只看題目表面文字就直接按題文字順序列式，採用語文中介或提示如以填充引導協助學生了解題意，幫助學生漸次達致最佳表現。本研究發現不論程度高或低，閱讀文字多的長題，學生容易有考試焦慮或害怕的情緒，這是需要關注的議題。討論會中，錚友 E 教師建議可用教畫關鍵字來讀題目。首先，J 教用書商提供的 PPT，教學生由一大串的文字題中畫重點，瞭解題意。其次，事先設計提示量漸增階層作為實施及計分。J 教師的提示量漸增評量「有簡單消極回饋、問題轉譯提示、工作記憶的提示、提示解題重要關鍵、提供策略知識、協助執行策略示範整個解題步驟」等策略，改善學生的解題能力。

（二）MSE 的融入式教學師生互動

教室中的情境很複雜，Puntambekar 與 Kolodner（2005）從研究中發現無法從單一的鷹架（數學日記）中使學生達到理想的學習效果。是故，本研究為達成學習策略、學業情緒與突破數學迷思概念等目標，每個目標分別對應不同學習活動的分散式鷹架如圖 6。其次，為達成主學習目標運用圖 7 重複式鷹架概念，同一種目標有不同鷹架支持，協助學生學會一元一次方程式。

圖 6
MSE 融入式的教學方法與教學目標



1. MS 的融入式教學與教學圖像

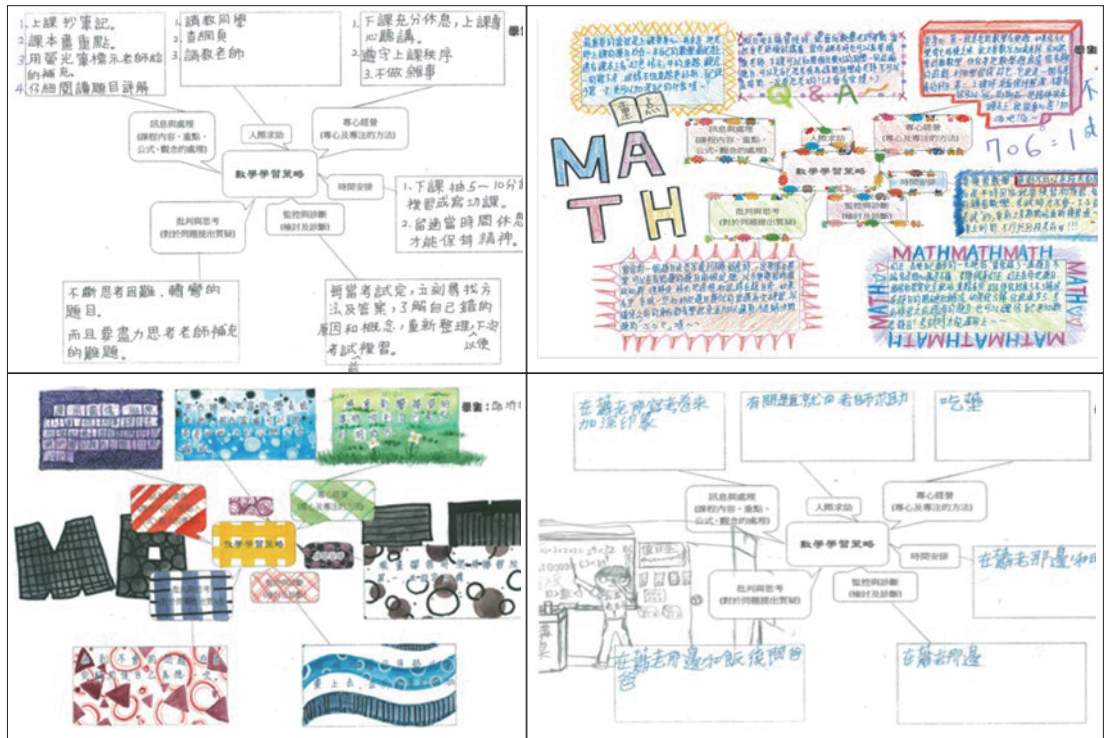
J 教師為兼顧教學進度及學生的題目練習。因此每堂課 MSE 的教學活動所占的時間盡量不超過 10 分鐘，教學結束後根據 J 教師課後記錄的教學歷程和時間，進行教學反思。

(1) 運用概念圖，勾選記錄與自由圖繪，增加學會數學的機會。一開始有些學生回應「這個方法不錯，幫助我回想，用了哪些策略」、「幫助我對數學知識概念的反應」，也有些學生反應會覺得是一種額外的作業要寫，「很麻煩耶，作業都寫不完了……」、「這些方法我都會了」、「很浪費時間……」等不同的感受。

原本概念圖需要每天記錄，讓學生改成一星期三次，作為平時分數且有寫就有加分的方式。透過概念圖的展示可以看到其他人的作品，了解其他人的想法。有些學生喜歡發揮創意並與同學分享，另一些學生善用文字呈現，如圖 7 所示。學生對於概念圖教學的反應有「以前我答錯的題目，就抄一抄，現在為了概念圖，會認真地訂正錯誤，才知道概念圖需要寫什麼」、「老師把概念圖和算錯的習作用紅筆圈起來，讓我知道還需要加強的地方」。

(2) 師生透過概念圖互動、分享學習與增加反思機會。如圖 7 所示。教師收回批改學習單後，瞭解學生如何學習並回饋，學生經由回饋調整自己的學習策略。J 教師認為運用概念圖，勾選記錄與自由圖繪「增加提問與溝通的管道，幫助學生釐清想法」可強化與鞏固學生的數學概念或數學知識。學生的概念圖學習單可提供線索，不僅幫助教師了解學生使用策略的類型與反思、父母對子女在數學科的態度與要求；也可知道家庭經濟狀況、受父母關心的程度等。

圖 7 數學學習策略概念圖



如圖 7 右——所示，學生概念圖呈現的內容，每一個策略都有描述與反思，所示，學生概念圖呈現豐富的內容，每一個策略都有描述與反思，經與 J 教師求證，該生數學程度好，父母關心孩子的學習。S31 放學後必須到安親班，父母需顧及夜市攤位的工作，該生在專心經營策略上填寫吃藥、人際求助是問安親班老師、時間安排是在安親班吃晚餐、監控診斷和批判思考都是填寫與安親班的反覆寫考題。

「概念圖的潛在課程是學生說出自己放學後的學習圖像，心中有一種不勝唏噓、五味雜陳」。從訪談了解國七生「剛由小學生的身分轉化至國中生，大部分都持赤子與童稚之心。J 教師態度與話語對學生有影響力。」J 教師協助 S31 用選擇題文字表述以釐清數學學習策略的概念，如勾選人際協助內容：（1）不會的概念我會請教小組內的同學；（2）我會問數學老師問題等。S31 在老師引導下了解是自己需學習使用學數學的方法，以及漸漸改善學習的態度。

2. ME 的融入式教學與教學圖像

（1）教師關注自己的情緒，以引導學生圖繪或書寫情緒札記。從全人的學習觀點來看，情感與認知是不宜分離探討。J 教師過往，較少關注學生的學習情緒。J 教師：「數學講求邏輯與理性思維，我不需要用感性思維來教數學」、「從原本拿起粉筆就可以開始寫黑板教學，不用考慮自己與學生的情緒。現在不同了……我要先注意自己的教學情緒」。

有關寫情緒札記，有些學生認為數學作業已經很多、有些不喜歡還要再寫另一份學習單。本研究尊重學生，不想寫的同學用勾選情緒，並說明為什麼？以 S22 為例「我很生氣，理由是不爽；今天沒有正向情緒」。經過對話後，瞭解「考數學太過緊張，腦中呈現一片空白，會的題目都變不會」，此為學習輔導策略的開始。

經過教學反思，規劃、實踐的歷程，學生情緒札記撰寫的內容與數字有了改善。「上家教時老師也都會有一本講義要我做題目，覺得做這些題目很夠了。每次上完就好累，有時來不及寫每天規定的數學作業，很焦慮。」（S6 札）

學生藉由情緒札記可以抒發情緒，透過分享可以了解他人的情緒。「第一次寫這樣寫，比較會注意學數學的感受。上課前比較不會焦慮，甚至還期待」。「老師會關心我們的數學心情……很特別」、「原來情緒會影響對數學的態度」。

（2）教師的教學投入情形，激發學生的正向情緒。J 教師曾指出：「容易以負面的思維看待學生的程度落差如容易分心、計算容易出錯、程度落差大等，所以在教學時經常感覺到無力與挫折感。」經過 ME 的融入式教學，J 教師從學生的數學情緒札記，瞭解學生的學習心理狀態，這有助於對學生的學習輔導。對於那些在數學學習掙扎的學生記憶深刻的有「分配任務時，老師記住我的名字，我很驚訝」、「老師關心我們，鼓勵我們互相分享」、「會找到我的長處，讓我對小組有貢獻」教師鼓勵、引導、聆聽學生的情緒感受，這種教學態度，激發學生的正向情緒與學習投入。Skilling 等人（2016）指出學生對於數學的態度深受其與教師互動經驗的影響。教師持有積極關懷的信念，讓每位學生具有多元的表現（宋佩芬，2016；Tomlinson, 2003）。事實上，數學教師的良好的社會支持與正向的師生關係有助於提高弱勢學生的學習價值（林素微，2018）。

3. 融入式教學的量化分析，與學生學習表現的探討

（1）數學學習策略的學習狀況。本研究之數學學習策略，行動研究前，先讓學生進行前測，經過 6 週進行後測，以了解學習情形。如表 4 所示，學生在整體學習策略（ $t = 3.05, p < .01$ ）、人際求助（ $t = .60, p < .01$ ）、監控與診斷（ $t = 2.92, p < .01$ ）、批判思考（ $t = 3.22, p < .01$ ）與訊息處理（ $t = 3.09, p < .01$ ），等策略運上略有改善。Aizikovitch 與 Amit（2010）的研究指出，融入式的課程設計可拓展概念與生活經驗連結，增加學生未來運用的機會與提高學生的後設認知思維，或許與本研究之結果有相契合的點。研究對象在專心經營與時間安排的策略運用上，有待加強與進步空間。

表 4
研究對象數學學習策略前後測分析摘要表

	課程實施前後	平均數	標準差	<i>df</i>	<i>t</i> 值
專心經營	課程實施前	3.82	.91	34	0.33
	課程實施後	3.87	.89	34	
人際求助	課程實施前	3.72	.84	34	0.60**
	課程實施後	4.11	.64	34	
監控與診斷	課程實施前	3.61	.89	34	2.92**
	課程實施後	3.93	.68	34	
批判思考	課程實施前	3.60	.75	34	3.22**
	課程實施後	3.94	.71	34	
訊息處理	課程實施前	3.50	.96	34	3.09**
	課程實施後	3.87	.67	34	
時間安排	課程實施前	3.25	.88	34	1.77
	課程實施後	3.49	.90	34	
整體	課程實施前	3.61	.66	34	3.05**
	課程實施後	3.87	.58	34	

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

(2) 學生正、負向學習情緒的轉變。學生在學校的學習、課堂教學以及學業成就都與情緒有關 (Pekrun et al., 2002)，理解學習情境中的情緒是必要的。學業情緒可區分為與任務(作業)相關的情緒，個體從事各項學習工作的情境，其下又細分為在數學任務中所體驗到的情緒(如愉悅)、數學任務前的預期情緒(如焦慮)、和完成數學任務後的回顧情緒(如自豪或羞愧)(Pekrun, 2000)。透過前後測的分析，如表 5 所示，學生的正向平均數都有變化，僅愉悅($t = 3.08, p < .01$)與自豪($t = 3.33, p < .01$)有顯著差異。經訪解有些學生認為一元一次方程式的題目太簡單，Pekrun (2000)指出愉悅是數學任務中所體驗到的情緒，對這些學生而言，數學任務的愉悅感降低。自豪是完成/學任務後的回顧情緒，有些學生認為、任務不具挑戰性，段考或小考成績好，沒有可自誇的。也有同學指出「當老師給予沒做過的題型，沒有勇氣解題，害怕犯錯自豪感降低。」林宴瑛與程炳林(2012)指出國中生的數學情緒多樣性，影響學生的數學學習；特別是愉悅與驕傲的情緒。本研究的 MSE 學習模式，是以自我提升模式觀點所建構，協助學生建立自信心。青少年的情緒起伏相當大，為何會造成目前的現象，有待進一步的研究。

學生的所有負向情緒平均數都有變化，都下降了。但達顯著差異是如焦慮($t = 1.60, p < .01$)、羞愧($t = 0.93, p < .05$)平均數下降，有顯著差異。焦慮是事前預期的心理狀態，表示學生在從事數學任務沒有那麼多的焦慮。羞愧是完成數學任務後的情緒，表示學生在從事數學任務後，即使考不好沒有那麼多的羞愧。有研究指出數學焦慮較低者有較高數學成就；數學焦慮較高者，有較低的數學成就(吳明隆、葛建志，2006；許瑋芷、陳明溥，2010)；負向學業情緒對學業成就亦有影響力(Pekrun et al., 2009)。林宴瑛與程炳林(2012)指出這可能與數學教師的目標有關，教師強調學生只要自己有努力精熟學習就是進步或成功，學生會有較多正面。

表 5
研究對象數學學業情緒前後測分析摘要表

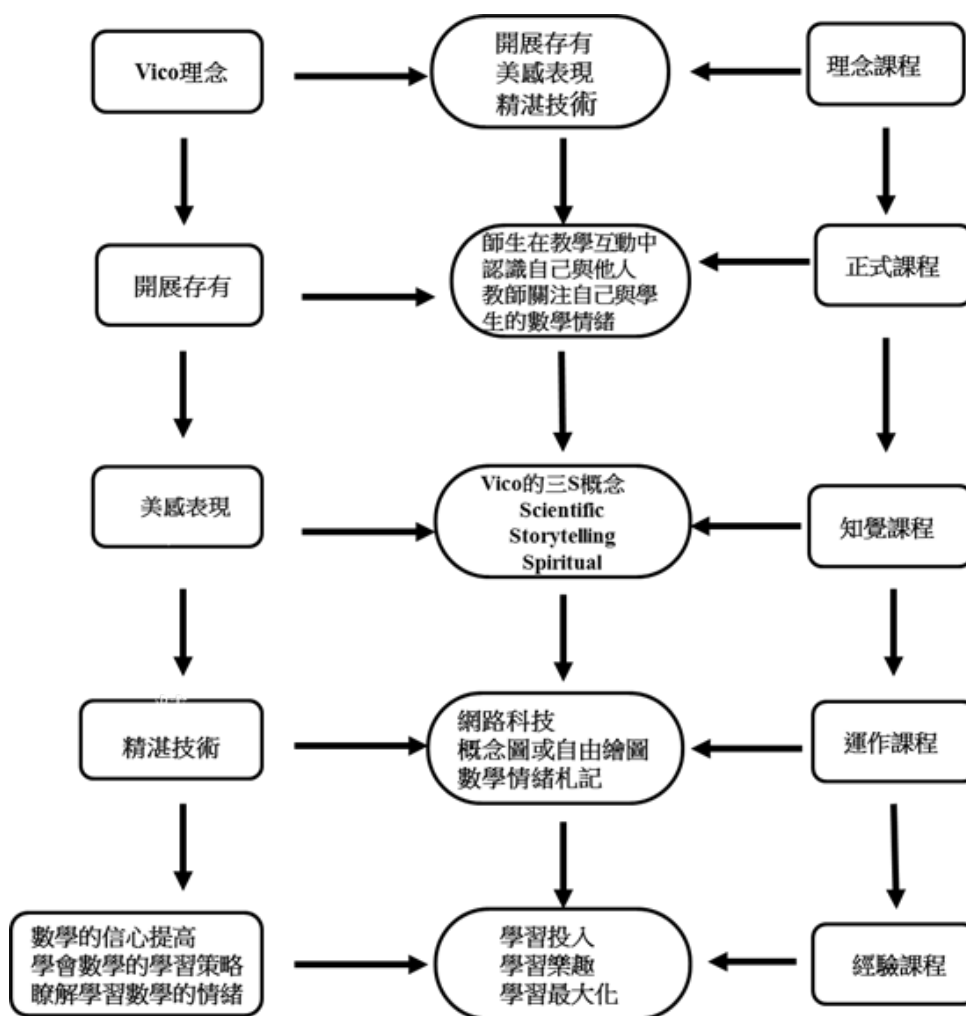
	課程實施前後	平均數	標準差	df	t 值
愉悅	課程實施前	2.43	0.81	34	3.08**
	課程實施後	1.92	0.88	34	
自豪	課程實施前	2.85	1.01	34	3.33**
	課程實施後	2.16	0.99	34	
希望	課程實施前	2.54	0.99	34	1.88
	課程實施後	2.18	1.08	34	
放鬆	課程實施前	2.74	0.93	34	2.29
	課程實施後	2.31	0.98	34	
焦慮	課程實施前	3.01	0.99	34	1.60**
	課程實施後	2.60	0.90	34	
生氣	課程實施前	2.85	1.13	34	1.07
	課程實施後	2.53	1.14	34	
羞愧	課程實施前	2.70	1.15	34	0.93*
	課程實施後	2.42	1.11	34	
無趣	課程實施前	3.27	1.18	34	0.61
	課程實施後	3.11	0.93	34	
無望	課程實施前	2.77	1.03	34	1.12
	課程實施後	2.46	1.00	34	

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

(3) 學生的學習狀況。本研究顯示第一次段考成績的之平均數，分別是低分群 ($M = 38.48$)、中分群 ($M = 60.57$) 與高分群 ($M = 82.65$)，第二次考成績的之平均數，分別是低分群 ($M = 35.21$)、中分群 ($M = 61.05$) 與高分群 ($M = 89.65$)。學生的第三次的段考，平均數是低分群 ($M = 54.25$)、中分群 ($M = 64.30$) 與高分群 ($M = 92.27$)。由上述的分析，學生三次段考，中分群與高分群學生的段考成績都有進步，然而段考並非標準化測驗，每次考試範圍、難度都不相同，雖不適合用來作為學習成果提升的指標，僅能看到低分群的進步幅度較大。本研究對後端的學生提供具結構性的精熟教學且學習目標明確，採用動態評量調整教學活動設計與教材，教學實施針對學生程度提供適性的補救教學。本研究的低分群補救教學的結果顯示和徐偉民與劉曼麗 (2015) 的補救教學觀點契合，教學過程中根據學生需求來進行彈性的調整，可改善學習落後學生的數學學習表現。

本研究將 Vico (1990) 理念課程實施至正式課程，教師藉由 Vico 三S (科學的、故事的與精神的) 的策略作為知覺課程，透過概念圖、繪圖與情緒札記作為運作課程，教師教學轉化的目標是，學生學會數學學習策略、調適自己的數學情緒。易言之，本研究轉化 Vico 理念至數學課室中，將三者應用於教學歷程中，進而呈現出教師透過教學活動而希望達成的三項要點，分別是所展現的三項要點：(1) 透過教學目標開展學生內在的可能性 (彰顯存有)；(2) 藉由教學技能表現精湛的教學技術；(3) 經由教學歷程教學藝術展現，獲得具有美感的教學經驗，如圖 8 所示。在實務運作上，數學學習策略與學業情緒融入式的數學是學生日常可經歷與扣緊生活經驗的議題。Burghardt 等人 (2015) 的研究顯示融入式的數學課程可提高低學習成就者的數學成績。

圖 8
理念課程轉化至經驗課程



結論與建議

(一) 個案教師與學生的成長

1. 從 Vico (1990) 觀點檢視個人的教育理念和教學信念——教學乃是對存有的開展

Vico (1990) 教學的「存有觀」強調教學是一種精湛的技術，是一種美感的展現；教學的藝術性讓各種可能性得以開展學生潛能。J 教師跳出原本、習以為常的教學觀，「過去考試引導教學忽略對學生的想像力、創造力、批判性思考能力的培養」。以 Vico 理念作為教師信念的參考後，J 教師漸能透過一種「超越利害」的心境，「畢竟養成好的學習習慣或態度，勝過一時的成績」。J 教師開展 MS 融入式教學，教學方法和作為是經過精心設計與規劃，配合學生的不同需求，在目標、內容、方法等各方面進行彈性的調整，呈現出多元且適性的教學歷程讓不同程度的學生，學會數學

學習策略，開展學習數學的潛能，顯現出教學是一種精湛的創作表現。數學課室中，經由人際之間（師生、生生）或透過教學經歷事件，或許能為學生開啟另一種可能性（即對「存有」的彰顯）。S16：「我害怕上台算錯，老師說沒有關係」。

2. 教師發揮想像力與創造力給予學生完整的學習經驗——美感表現

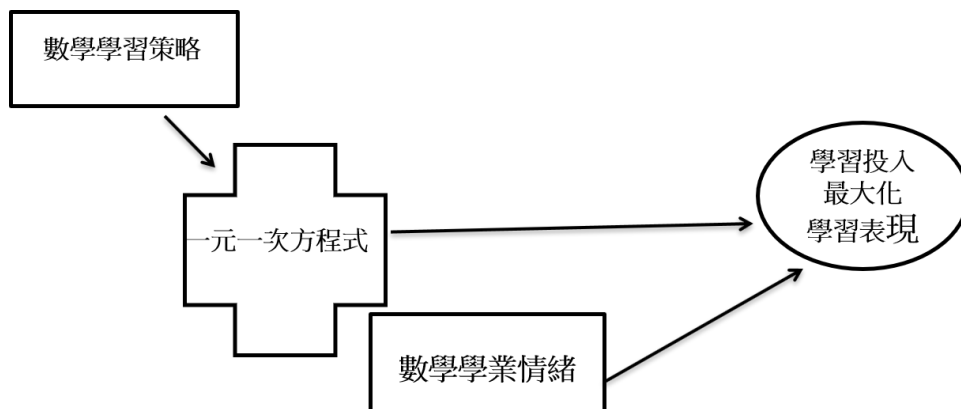
J 教師一開始對美感表現有所遲疑，「數學情意層面的教學藝術不容易」、「美感表現相當困擾我」、「技術層面的操作有困難」。本研究透過教學實踐（teaching practice）、教學想像力（pedagogical imagination）與批判性反省（critical reflection）尋得解決的方法是，J 教師透過觀看自己的教學與師生互動的錄影情形後，覺察自己的教學情緒、關注自己的情緒表達、說話的語氣、肢體動作表現。其次，J 教師透過網路科技，運用影片或動漫卡通作為數學情境脈絡與生活產生連結；或設計有趣的題目，讓學生對數學有感。教師教學情緒在學生學習歷程中扮演重要角色，影響教師和學生的關係、班級經營與教學品質，與相關研究是契合的如國外的研究指出當今的數學老師必須努力消除和防止學生可能產生的數學焦慮（Furner & Duffy, 2002; Furner et al., 2005）。

本研究利用 TomoNews 台灣（2010）飛機失去動能迫降紐約哈德遜河，機長拯救 155 人，短暫的新聞時事內容進行數學佈題，提問與數學情緒輔導與提問。課室的情境，可藉由不同故事情節營造學習氛圍，教師可以是機長、教練，學生可以是不同航空公司的機組人員或是籃球選手。「要冷靜、不慌亂，找出解決問題的方法」，讓學生從真實案例中經驗生活中的數學。

有關美感經驗，乃是某個「秩序」對於人生命整體的吸引或「照亮」（吳靖國，2009），師生共同沉浸於教學活動之中，師生從中領略出「道理」而讓彼此有所「感悟」這種心靈間的交會將促使彼此的可能性獲得了支持和表現，是一種教學美感。MSE 融入式教學包含了理智的活動與美感的體驗，是理性與感性的結合的完整經驗。J 教師絞盡腦汁思索如何讓數學知識與生活事物結合，學生努力學習與運用生活中的數學。J 教師與學生認真的深入思索一個問題，從困惑、混沌不明，到逐漸的抽絲剝繭，思維融會貫通，那麼整個思考的經驗，形成了一種統合的經歷過程。不論是師生、生生經由人際之間或透過「沉浸其中」。當進入「感悟」過程之時，內心產生一種美感經驗，它牽動了每個人不同的情感（感受），成為每一個人的特殊經歷，即可獲致美感的體驗。師生在數學課室中，由師生共同交織而成的教學活動，其實也可以是一種具有美感的完整經驗。

綜上所述，本研究以 Vico（1990）「詩」在教學藝術上所展現的三項功能——彰顯存有、精湛技術、美感表現應用於教學歷程中，用意是在於深化課程喚醒個人內在意義與從事社會行動的轉化任務，而不是學生表面行為的改變或數學成績進步。學習是透過一連串人際心理（interpsychology）和自我心理心智運作歷程。

圖 9
建構不同的學習鷹架促進學習最大化



理論上，Vygotsky（1981）主張人類因創造了符號，讓思考與溝通進入「以符號為中介」的形式，數學需透過各種符號系統為中介協助個體運思。從特教實務觀點，Feuerstein 等人（2015）認為藉由中介學習經驗（mediated learning experience, MLE）的方法可改善學習者的認知結構，可增進智能障礙或低學習成就者的學習表現（Feuerstein et al., 2015; Feuerstein et al., 1979）。本研究藉由 MSE 融入式教學，建構不同的學習鷹架如圖 9 所示，進行原班級補救教學，發展多元適性的「數學任務」影響學生學習數學的方式和結果，也影響學生對於數學本質和學習的觀點。

（二）研究建議與限制

1. 鼓勵不同領域的大學教師與國中數學教師攜手協作建立「夥伴關係」，協助教師進行教學轉化以利不同議題的融入式教學

林素微（2018）的 PISA 研究發現臺灣高數學學習成就的國中生較能感受教師的高支持與教學投入，中高或低學習成就的學生則相反。由是觀之，若能提供教師「教學投入」的方法，或許能改善目前數學學習扶助的困境。

Handelsman 等人（2005）從教學觀點探究學生投入的研究發現數學投入高的學生，會有效刺激教師的教學及持續投入。學生在學習過程中的高度投入不僅有益於其學習成果，更能提昇教師教學效能。

李孟峰與連廷嘉（2010）認為補救教學的實施需要跨領域整合專業與技術，教師的專業知能與經驗乃影響實施成效之關鍵。教師轉化是一個複雜動態的歷程，研究顯示以理性的方式由教室外的學者專家告訴教室內的老師要如何做，無法有效提升教師專業成長造成教學轉化（Duncan-Howell, 2010; Flint et al., 2011）。教師需要時間發展及運用新知識，必須經過一段持續接觸的長時間。McKernan（2013）指出教學現場的教師主要的時間都在實行知識，不在於描述這些知識，大學教師需與現場教師合作（Eick & Dias, 2005; McKernan, 2013）。因此，鼓勵大學教師與國中數學教師攜手協作建立「夥伴關係」，協助教師檢視自己的知識、信念、以及外在的教學環境進行詮釋和轉換課程的內容進行反思。一方面解決國中實際教學問題，另一方面亦解決大學過度偏重理論而忽略實踐的問題。

2. 可考量 MSE 融入式教學，利用鷹架、多元教材與師生互動進行原班級差異化或補救教學

MSE 融入式教學模式，可以提供師生對話與討論的話題，讓後端學生可以有表達的機會。教師可以結合學生的先備知識、利用多元教材呈現數學問題的類型與表徵，協助學生達成理解。相關研究顯示，將學生的生活背景融入數學問題的設計，並在互動、討論的學習環境下，提升學習落後學生的數學學習表（徐偉民、劉曼麗，2015；Gutstein, 2003）。此外，程度不錯的學生藉由概念圖、情緒札記於「經驗中的反思」（reflection in experience），將活動中的實踐經驗轉化成具有意義的學習經驗，學生經由反思內化的歷程，才能對產生深刻的意義及長遠的影響。

3. 教師可加強多元評量與動態評量的知能，教學後更應持續進行事後評鑑

學習者的表現是學生與整個生態系統交互運作後的結果，每位學生的學校表現都有其背後的脈絡（Bronfenbrenner, 1992）。教師藉由「教學——診斷——教學」循環與回饋的歷程，分析每位學生的能力所及，進行更個人化的教學以開展個體不同層次數學解題學習潛能。因此，教師透過多元評量與動態評量，可協助學生察覺學習某數學概念之理解能力、策略與解題困難等認知，彈性調整教學方法，增進學習者學對數學任務。

4. 研究限制

個體在環境中藉著不斷的調適來維持其平衡狀態，影響個體發展的環境系統與時間系統間彼此相互依存、相互影響。每位教師身處的教學場域不同，受到不同的教育生態系統所影響（Bronfenbrenner, 1992）。J 教師的實踐經驗是否可複製？教師身兼行動研究者、教學設計者和實

施者，需具備多種能力，在這樣的脈絡中，每位教師與學生有關的教師知識，和一般課堂教學差異大，教師需要調整教學方式，教學負擔也較多，可能會造成教師教學實踐的困難與壓力。對其他的教育工作者而言，若無法獲得這些有利條件，是否就難以進行 MSE 融入式教學實施呢？雖說教學環境不同，經驗無法複製，但特定脈絡下產出的課程實踐知識或能成為另一個實踐歷程的基礎。

參考文獻

- Muse 木棉花一闔家歡 (2021 年 9 月 9 日) : <《花家の故事》004 媽媽的減肥作戰>〔影片〕。YouTube。 <https://www.youtube.com/watch?v=QANGNvJqFos> [Muse family. (2021, September 9). "Huajia de gushi" 004 Mama de jianfei zuozhan [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=QANGNvJqFos>]
- TomoNews 台灣 (2010 年 9 月 28 日) : <機輪卡住迫降落紐約 機長救全機 2010.09.28>〔影片〕。 https://www.youtube.com/watch?v=IfXd_FM10BI [TomoNews Taiwan. (2010, September 28). *Jilun kazhu pojiangluo niuyue jizhang jiu quanji 2010.09.28* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=IfXd_FM10BI]
- 江民瑜 (2013) : <學業情緒為中介的自我調整學習模式之檢驗：以數學領域為例>。《當代教育研究》，21 (3) , 113–150。 [Chiang, M.-Y. (2013). An examination of the mediating role of academic emotion to self-regulated: Taking math as example. *Contemporary Educational Research Quarterly*, 21(3), 113–150.] <https://doi.org/10.6151/CERQ.2013.2103.04>
- 呂玉琴、溫世展 (2001) : <國小、國中與高中教師的數學教學相關信念之探討>。《國立臺北師範學院學報》，14 , 459–490。 [Leu, Y.-C., & Wen, S.-C. (2001). A study on the related beliefs of mathematical teaching among mathematics teachers in elementary schools. *Journal of National Taipei Teachers College*, 14, 459–490.]
- 余民寧、李昭瑩 (2018) : <補救教學中個別化教學對學生學習成效之影響分析>。《教育科學研究期刊》，63 (1) , 247–271。 [Yu, M.-N., & Li, C.-Y. (2018). Impact of individualized instruction on the learning outcomes of low-achieving students who received remedial instruction. *Journal of Research in Education Sciences*, 63(1), 247–271.] [https://doi.org/10.6209/JORIES.2018.63\(1\).08](https://doi.org/10.6209/JORIES.2018.63(1).08)
- 宋佩芬 (2016) : <扶助弱勢學生學習：教師教學信念與教學取向之探究>。《嘉大教育研究學刊》，37 , 149–180。 [Sung, P.-F. (2016). Helping disadvantaged students learn: An exploration of teacher beliefs and teaching. *National Chiayi University Journal of the Educational Research*, 37, 149–180.]
- 李孟峰、連廷嘉 (2010) : <攜手計畫一課後扶助方案：實施歷程與成效之研究>。《教育實踐與研究》，23 (1) , 115–143。 [Li, M.-F., & Lien, T.-C. (2010). A study of implementation process and results of the "hand-in-hand project: Education support for disadvantaged child". *Journal of Educational Practice and Research*, 23(1), 115–143.] <https://doi.org/10.6776/JEPR.201006.0115>
- 吳明隆、陳火城 (2007) : <高雄市國小教師數學教學信念與自我知覺教學效能關係之研究>。《學校行政》，48 , 113–132。 [Wu, M.-L., & Chen, H.-C. (2007). A study of relationship between teachers' mathematical beliefs and teaching efficacy at elementary school in Kaohsiung. *Journal of*

- School Administration*, 48, 113–132.] <https://doi.org/10.6423/HHHC.200703.0113>
- 吳明隆、葛建志（2006）：〈國民小學學生數學歸因信念、數學態度、數學焦慮與數學成就之相關研究〉。《高雄師大學報》，21，1–18。[Wu, M. L., & Ge, J. H. (2006). A correlation study on the math attribution, math attitude, math anxiety and math achievement of elementary school students. *Kahosiung University Journal*, 21, 1–18.] <https://doi.org/10.7060/KNUJST.200612.0001>
- 吳靖國（2005）：〈G. Vico 與 H.-G. Gadamer 的「共通感」在課室中的蘊義〉。《教育研究集刊》，51（4），117–149。[Wu, C.-K. (2005). The implications of G. Vico and H.-G. Gadamer's "sensus communis" in the classroom. *Bulletin of Educational Research*, 51(4), 117–149.] [https://doi.org/10.6910/BER.200512_\(51-4\).0005](https://doi.org/10.6910/BER.200512_(51-4).0005)
- 吳靖國（2009）：〈「詩」對教學藝術的啟示：G. Vico 的觀點〉。《當代教育研究季刊》，17（4），27–60。[Wu, C.-K. (2009). On teaching art inspired from G. Vico's poetics. *Contemporary Educational Research Quarterly*, 17(4), 27–60.] <https://doi.org/10.6151/CERQ.2009.1704.02>
- 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。[Lin, S.-W. (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.] [https://doi.org/10.6610/TJMT.201804_39\(1\).0001](https://doi.org/10.6610/TJMT.201804_39(1).0001)
- 林宴瑛、程炳林（2012）：〈環境目標結構與控制—價值信念對學業情緒之效果〉。《教育心理學報》，44（1），49–72。[Lin, Y.-Y., & Cheng, B.-L. (2012). The effects of environmental goal structures and control-value beliefs on academic emotions. *Bulletin of Educational Psychology*, 44(1), 49–72.] <https://doi.org/10.6251/BEP.20110711>
- 洪儷瑜（2012）：〈由補救教學到三層級學習支援〉。《教育研究月刊》，221，13–24。[Hong, L.-Y. (2012). From remedial teaching to three-level learning support. *Journal of Education Research*, 221, 13–24.]
- 徐偉民、劉曼麗（2015）：〈國小攜手計畫數學補救教學課程決定與教學實施之探究〉。《當代教育研究季刊》，23（1），113–147。[Hsu, W.-M., & Liu, M.-L. (2015). Investigation on curriculum decision and instruction implementation of mathematics remedial instruction at after-school alternative program in elementary schools. *Contemporary Educational Research Quarterly*, 23(1), 113–147.] <https://doi.org/10.6151/CERQ.2015.2301.04>
- 徐敏雄（2008）：〈融入式課程設計的操作策略—以社區大學為例〉。《當代教育研究季刊》，16（3），59–95。[Hsu, M.-H. (2008). The practical strategies for infusion curricula at community colleges. *Contemporary Educational Research Quarterly*, 16(3), 59–95.] <https://doi.org/10.6151/CERQ.2008.1603.03>
- 唐淑華（2013）：〈帶著希望的羽翼飛翔—談補救教學在十二年國教的定位與方向〉。《教育人力與專業發展》，30（1），1–11。[Tang, S.-H. (2013). Flying with wings of hope: The position and method of remedial instruction in the 12-year Basic Education. *Educators and Professional Development*, 30(1), 1–11.]

- 教育部 (2011) : 〈國民小學及國民中學補救教學實施方案〉。 <https://priori.moe.gov.tw/download/2014-2-5-10-15-30-nf1.pdf> [Ministry of Education. (2011). *Implementation plan for remedial teaching in national elementary schools and national middle schools*. <https://priori.moe.gov.tw/download/2014-2-5-10-15-30-nf1.pdf>]
- 教育部國民及學前教育署補助國民中小學弱勢學生實施要點 (2020 年 1 月 22 日) 修正公布。 <https://edu.law.moe.gov.tw/LawContent.aspx?id=FL047648> [Implementation Points Ministry of Education K-12 Education Administration Subsidies for Disadvantaged Students in National Primary and Secondary Schools. (2020, January 22). Amendment to Articles. <https://edu.law.moe.gov.tw/LawContent.aspx?id=FL047648>]
- 陳彥廷、柳賢 (2009) : 〈中學生對代數式中文字符號之語意理解研究：不同管道的探討〉。《科學教育學刊》, 17 (1), 1–25。 [Chen, Y.-T., & Leou, S. (2009). Using different approaches to discuss junior high school students' semantics understanding of algebra letters. *Chinese Journal of Science Education*, 17(1), 1–25.] <https://doi.org/10.6173/CJSE.2009.1701.01>
- 陳嘉成、陳柏霖、洪兆祥、薛人華 (2018) : 〈劍的雙面刃—國中數學科不同成就學生學習組型差異之分析〉。《教育科學研究期刊》, 63 (3), 105–130。 [Chen, C.-C., Chen, P.-L., Hung, C.-H., & Hsueh, J.-H. (2018). Double-edged sword: Different learning behavior patterns for junior high school mathematics. *Journal of Research in Education Sciences*, 63(3), 105–130.] [https://doi.org/10.6209/JORIES.201809_63\(3\).0004](https://doi.org/10.6209/JORIES.201809_63(3).0004)
- 許家驊 (2008) : 〈不同策略教學及鷹架中介設計對個體數學文字題解題學習潛能開展效益影響之動態評量研究〉。《教育心理學報》, 39 (4), 114–146。 [Hsu, C.-H. (2008). The effects of strategy instruction and scaffolding mediation in dynamic assessment for facilitating first graders' learning potential on mathematical problem solving. *Bulletin of Educational Psychology*, 39(4), 114–146.] <https://doi.org/10.6251/BEP.20070926>
- 許家驊 (2011) : 〈歷程導向設計及學習策略中介教導對個體不同層次數學解題學習潛能開展效益影響之動態評量研究〉。《教育心理學報》, 43 (1), 127–154。 [Hsu, C.-H. (2011). Differentiated effects of process-oriented design and learning strategy instruction dynamic assessment for first graders' learning on word problem solutions. *Bulletin of Educational Psychology*, 43(1), 127–154.] <https://doi.org/10.6251/BEP.20100512>
- 許瑋芷、陳明溥 (2010) : 〈數學表徵及數學自我效能對國小學生樣式推理學習成效之影響〉。《數位學習科技期刊》, 2 (3), 42–60。 [Hsu, W.-C., & Chen, M.-P. (2010). The effects of type of mathematical representation and mathematics self-efficacy on fifth-graders' pattern reasoning. *International Journal on Digital Learning Technology*, 2(3), 42–60.]
- 黃志賢 (2006) : 〈結合可能發展區與鷹架之教學方案於原住民高職學生數學文字符號概念改變之研究〉。《科學教育學刊》, 14 (4), 467–491。 [Huang, C.-H. (2006). Combining ZPD and scaffolding teaching strategies on aboriginal students' concept of literal symbol. *Chinese Journal of Science Education*, 14(4), 467–491.] <https://doi.org/10.6173/CJSE.2006.1404.05>
- 楊宏珩、段曉林 (2001) : 〈合作學習—高中化學教學之行動研究〉。《科學教育學刊》, 9

- (1) , 55–77。[Yang, H.-H., & Tuan, H.-L. (2001). Cooperative learning: Action research of senior high school chemistry teaching. *Chinese Journal of Science Education*, 9(1), 55–77.] <https://doi.org/10.6173/CJSE.2001.0901.04>
- 劉玉玲 (2016) : 〈國中生數學學業情緒及數學學習策略與數學學業成就之研究〉。《課程與教學》, 19 (2) , 161–192。[Liu, Y.-L. (2016). Emotions and learning strategies on mathematics academic achievement. *Curriculum & Instruction Quarterly*, 19(2), 161–192.] [https://doi.org/10.6384/CIQ.201604_19\(2\).0007](https://doi.org/10.6384/CIQ.201604_19(2).0007)
- 劉玉玲 (2017) : 〈運用舞蹈治療概念提升國中生情緒知能之研究—Vico 理念的實踐〉。《中華輔導與諮商學報》, 48 , 137–171。[Liu, Y.-L. (2017). The Application of dance therapy concept to enhancing the emotional intelligence of 8th grade junior high school students -The G. Vico approach. *Chinese Journal of Guidance and Counseling*, 48, 137–171.] <https://doi.org/10.3966/172851862017040048005>
- 劉玉玲、沈淑芬 (2015) : 〈數學自我概念、數學學習策略、數學學業情緒與數學學業成就之研究—自我提升模式觀點〉。《教育心理學報》, 46 (4) , 491–516。[Liu, Y.-L., & Shen, S.-F. (2015). Relations among mathematics self-concept, mathematics learning strategy, mathematics emotion, and mathematics academic achievement: The self-enhancement model. *Bulletin of Educational Psychology*, 46(4), 491–516.] <https://doi.org/10.6251/BEP.20140716>
- 劉玉玲、沈淑芬 (2019) : 〈國中生數學自我概念、數學學習策略與數學學業成就之模式建構〉。《課程與教學》, 22 (3) , 187–214。[Liu, Y.-L., & Shen, S.-F. (2019). Exploring a model for junior high school students' learning strategies and achievements for mathematics. *Curriculum & Instruction Quarterly*, 22(3), 187–214.] [https://doi.org/10.6384/CIQ.201907_22\(3\).0008](https://doi.org/10.6384/CIQ.201907_22(3).0008)
- 劉玉玲、薛岳 (2013) : 〈國中生數學學業自我概念及數學學習策略與數學學業成就之研究—自我提升模式觀點〉。《課程與教學季刊》, 16 (1) , 159–178。[Liu, Y.-L., & Hsueh, Y. (2013). The effects of mathematics self-concept, and learning strategies on academic achievement—A self-enhancement model. *Curriculum & Instruction Quarterly*, 16(1), 159–178.] [https://doi.org/10.6384/CIQ.201301_16\(1\).0008](https://doi.org/10.6384/CIQ.201301_16(1).0008)
- 謝琬如 (2011) : 《亞洲五國 (地區) 國中生偏差行為與校園安全觀感對數學學習成就的影響：以 TIMSS 2007 資料庫為例》 (未出版碩士論文) , 國立暨南國際大學。[Hsieh, W.-R. (2011). *Eighth grade students' deviate behaviors, perception on school safety and their achievement in mathematics: A comparative study of five asian countries/area using TIMSS 2007 data* (Unpublished master's thesis). National Chi Nan University.]
- 觸電網—電影情報入口網 (2016 年 1 月 6 日) : 〈絕命救援〉〔影片〕。YouTube。 <https://www.youtube.com/watch?v=zZjfpPcDhs0> [Chudian wang. (2016, January 6). *The Finest Hours* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=zZjfpPcDhs0>]
- Aizikovitsh, E., & Amit, M. (2010). Evaluating an infusion approach to the teaching of critical thinking skills through mathematics. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 3818–3822. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.596>

- Ball, D. L., & Bass, H. (2000). Interweaving content and pedagogy in teaching and learning to teach: Knowing and using mathematics. In J. Boaler (Ed.), *Multiple Perspectives on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 83–104). Ablex Publishing.
- Bronfenbrenner, U. (1992). Ecological systems theory. In R. Vasta (Ed.), *Six theories of child development: Revised formulations and current issues* (pp. 187–249). Jessica Kingsley Publishers.
- Bruce, C. D., McPherson, R., Sabeti, F. M., & Flynn, T. (2011). Revealing significant learning moments with interactive whiteboards in mathematics. *Journal of Educational Computing Research*, 45(4), 433–454. <https://doi.org/10.2190/EC.45.4.d>
- Burghardt, M. D., Lauckhardt, J., Kennedy, M., Hecht, D., & McHugh, L. (2015). The effects of a mathematics infusion curriculum on middle school student mathematics achievement. *School Science and Mathematics*, 115(5), 204–215. <https://doi.org/10.1111/ssm.12123>
- Butterworth, B., Varma, S., & Laurillard, D. (2011). Dyscalculia: From brain to education. *Science*, 332(6033), 1049–1053. <https://doi.org/10.1126/science.1201536>
- Chin, C. (1995). *Mathematics teachers' beliefs, their classroom practices and influences on student learning: four case studies* [Unpublished doctoral dissertation]. University of Cambridge.
- Chin, C. (2006). Classroom interaction in science: Teacher questioning and feedback to students' responses. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1315–1346. <https://doi.org/10.1080/09500690600621100>
- Clarke, D., & Hollingsworth, H. (2002). Elaborating a model of teacher professional growth. *Teaching and Teacher Education*, 18(8), 947–967. [https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(02\)00053-7](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(02)00053-7)
- Collins, A., Brown, J. S., & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 453–494). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Daniels, L. M., Perry, P. P., Stupnisky, R. H., Stewart, T. L., Newall, N. E. G., & Clifton, R. A. (2014). The longitudinal effects of achievement goals and perceived control on university student achievement. *European Journal of Psychology of Education*, 29, 175–194. <https://doi.org/10.1007/s10212-013-0193-2>
- Dewey, J. (1934). *How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process* (Revised edn.). Heath.
- Duncan-Howell, J. (2010). Teachers making connections: online communities as a source of professional learning. *British Journal of Educational Technology*, 41(2), 324–340. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.00953.x>
- Dyson, B. (2005). Integrating cooperative learning and the tactical games models: Focusing on social interactions and decision making. In L. L. Griffin & J. I. Butler (Eds.), *Teaching games for understanding: Theory, research and practice* (pp. 149–168). Human Kinetics.
- Eick, C., & Dias, M. (2005). Building the authority of experience in communities of practice: The development of preservice teachers' practical knowledge through coteaching in inquiry classrooms.

- Science Education*, 89(3), 470–491. <https://doi.org/10.1002/sce.20036>
- Feuerstein, R., Falik, L. H., & Feuerstein, R. S. (2015). *Changing minds and brains—The legacy of Reuven Feuerstein: Higher thinking and cognition through mediated learning*. Teachers College Press.
- Feuerstein, R., Rand, Y. A., & Hoffman, M. B. (1979). *The dynamic assessment of retarded performers: The learning potential assessment device, theory, instruments, and techniques*. Scott Foresman.
- Flint, A. S., Zisook, K., & Fisher, T. R. (2011). Not a one-shot deal: Generative professional development among experienced teachers. *Teaching and Teacher Education*, 27(8), 1163–1169. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.05.009>
- Fuchs, L. S., Powell, S. R., Seethaler, P. M., Fuchs, D., Hamlett, C. L., Cirino, P. T., & Flecher, J. M. (2010). A framework for remediating number combination deficits. *Exceptional Children*, 76(2), 135–156. <https://doi.org/10.1177/001440291007600201>
- Furner, J. M., Yahya, N., & Duffy, M. L. (2005). Teach mathematics: Strategies to reach all students. *Intervention in School and Clinic*, 41(1), 16–23. <https://doi.org/10.1177/10534512050410010501>
- Geary, D. C. (2013). Early foundations for mathematics learning and their relations to learning disabilities. *Current Directions in Psychological Science*, 22(1), 23–27. <https://doi.org/10.1177/0963721412469398>
- Goetz, T., Frenzel, A. C., Pekrun, R., Hall, N. C., & Lüdtke, O. (2007). Between-and within-domain relations of students' academic emotions. *Journal of Educational Psychology*, 99(4), 715–733. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.99.4.715>
- Gutstein, E. (2003). Teaching and learning mathematics for social justice in an urban Latino school. *Journal for Research in Mathematics Education*, 34(1), 37–73. <https://doi.org/10.2307/30034699>
- Handelsman, M. M., Briggs, W. L., Sullivan, N., & Towler, A. (2005). A measure of college student course engagement. *The Journal of Educational Research*, 98(3), 184–192. <https://doi.org/10.3200/JOER.98.3.184-192>
- Hougham, P. (1992). *Improving student teachers' strategies for asking a range of both high and low level questions through math evaluation* (ED349309). ERIC. <https://eric.ed.gov/?id=ED349309>
- Krapp, A. (2005). Basic needs and the development of interest intrinsic motivational orientations. *Learning and Instruction*, 15, 381–395. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2005.07.007>
- Marsh, H. W., Craven, R. G., & McInerney, D. M. (Eds.). (2006). *New frontiers for self research*. Information Age Publishing.
- McKernan, J. (2013). *Curriculum action research: A handbook of methods and resources for the reflective practitioner*. Routledge.
- Meinhardt, J., & Pekrun, R. (2003). Attentional resource allocation to emotional events: An ERP study. *Cognition and Emotion*, 17(3), 477–500. <https://doi.org/10.1080/02699930244000039>
- Nelson, J. R., & Roberts, M. L. (2000). Ongoing reciprocal teacher-student interactions involving disruptive behaviors in general education classrooms. *Journal of Emotional and Behavioral Disorders*, 8(1), 27–37. <https://doi.org/10.1177/106342660000800104>

- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2015). *Universal basic skills: What countries stand to gain*. <https://doi.org/10.1787/9789264234833-en>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2019). *PISA 2018 assessment and analytical framework*. <https://doi.org/10.1787/7fda7869-en>
- Parrish, P. E. (2005). Embracing the aesthetics of instructional design. *Educational Technology*, 45(2), 16–25.
- Parrish, P. E. (2009). Aesthetic principles for instructional design. *Educational Technology Research and Development*, 57(4), 511–528. <https://doi.org/10.1007/s11423-007-9060-7>
- Pekrun, R. (2000). A social-cognitive, control-value theory of achievement emotions. In J. Heckhausen (Ed.), *Advances in psychology, 131. Motivational psychology of human development: Developing motivation and motivating development* (pp. 143–163). Elsevier Science. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(00\)80010-2](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(00)80010-2)
- Pekrun, R., Elliot, A. J., & Maier, M. A. (2009). Achievement goals and achievement emotions: Testing a model of their joint relations with academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 101(1), 115–135. <https://doi.org/10.1037/a0013383>
- Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W., & Perry, R. P. (2002). Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: A program of qualitative and quantitative research. *Educational Psychologist*, 37(2), 91–105. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3702_4
- Perše, T. V., Kozina, A., & Leban, T. R. (2011). Negative school factors and their influence on math and science achievement in TIMSS 2003. *Educational Studies*, 37(3), 265–276. <https://doi.org/10.1080/03055698.2010.506343>
- Pinar, W. F., Reynolds, W. M., Slattery, P., & Taubman, P. M. (1995). *Understanding curriculum: An introduction to the study of historical and contemporary curriculum discourses* (Vol. 17). Peter Lang.
- Prenzel, M. (2007). *Studies on the educational quality of schools*. Waxmann.
- 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). Springer Publishing Company.
- Puntambekar, S., & Kolodner, J. L. (2005). Toward implementing distributed scaffolding: Helping students learn science from design. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(2), 185–217. <https://doi.org/10.1002/tea.20048>
- Richland, L. E., Zur, O., & Holyoak, K. J. (2007). Cognitive supports for analogies in the mathematics classroom. *Science*, 316(5828), 1128–1129. <https://doi.org/10.1126/Science.1142103>
- Sälzer, C., & Prenzel, M. (2014). Looking back at five rounds of PISA: Impacts on teaching and learning in Germany. *Šolsko Polje [School Field Journal]*, 25(5/6), 53–72.
- Simsek, A., & Sales, G. C. (1993). The effects of instructional control on achievement, confidence, and attitudes in computer-based cooperative and individual learning. *Journal of Computer-Based*

- Instruction*, 20(3), 81–86.
- Skemp, R. R. (1989). *Structured activities for primary mathematics: How to enjoy real mathematics* (Vol. 2). Taylor & Francis.
- Skilling, K., Bobis, J., Martin, A. J., Anderson, J., & Way, J. (2016). What secondary teachers think and do about student engagement in mathematics. *Mathematics Education Research Journal*, 28(4), 545–566. <https://doi.org/10.1007/s13394-016-0179-x>
- Tabak, I. (2005). Synergy: A complement to emerging patterns of distributed scaffolding. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 305–335. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1303_3
- Tomlinson, C. A., Brighton, C., Hertberg, H., Callahan, C. M., Moon, T. R., Brimijoin, K., & Reynolds, T. (2003). Differentiating instruction in response to student readiness, interest, and learning profile in academically diverse classrooms: A review of literature. *Journal for the Education of the Gifted*, 27(2-3), 119–145. <https://doi.org/10.1177/016235320302700203>
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89–100. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>
- Wyatt, T. D. (2010). Pheromones and signature mixtures: Defining species-wide signals and variable cues for identity in both invertebrates and vertebrates. *Journal of Comparative Physiology A*, 196(10), 685–700. <https://doi.org/10.1007/s00359-010-0564-y>
- Vico, G. (1990). *On the study methods of our time*. Cornell University Press.
- Vico, G. (1999). *The new science of giambattista vico: Unabridged translation of the third edition (1744) with the addition of "practic of the new science"*. Cornell University Press.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Vygotsky, L. S. (1981). The instrumental method in psychology. In J. V. Wertsch (Ed.), *The concept of activity in soviet psychology* (pp. 33–35). Routledge.

收稿日期：2020年08月20日

一稿修訂日期：2020年08月21日

二稿修訂日期：2020年11月10日

三稿修訂日期：2021年01月18日

四稿修訂日期：2021年02月20日

五稿修訂日期：2021年03月19日

接受刊登日期：2021年03月20日

Bulletin of Educational Psychology, 2021, 53(2), 407–436
National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan, R. O. C.

Applying Collaborative Action Research through MSE Infused Curriculum on Mathematics Remedial Teaching in Middle School Classroom

Yu-Ling Liu

Teacher Education Center,
Ming Chuan University

The Program for International Student Assessment (PISA) and the Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) results have revealed that students' mathematics performance in Taiwan indicated a lack of student interest and a lack of student confidence and that students in Taiwan did not view skills in mathematics as valuable. Although high performance was noted in a substantial minority of the lowest performing students, the government launched many programs out of concern for disadvantaged and underperforming students, and these programs have been implemented for many years. After several years of efforts to conduct supplemental instruction for low-achieving students in mathematics (without satisfactory results), a new approach has emerged and is the fundamental theme of the present study, namely that teachers' own beliefs about teaching are an important factor that influences the effectiveness of student learning. Empirical research has indicated that those teachers who contribute to effective student learning share similar teaching beliefs. Their teaching beliefs influence the relationship between learning techniques and culture and help students build on prior learning. Additionally, such teachers devise and present curricula that are relevant to students and that are aligned with their learning needs and cultures.

The aim of this study is twofold. First, although teaching beliefs have been studied in detail in many contexts, this is the first study of aesthetic knowledge in remedial mathematics teaching. This study provides a crucial practical basis for remedial mathematics teaching in middle school classrooms. Second, the findings of this study should motivate future research in this area by providing a basis for action research. The paper is structured as follows. First, we briefly define Vico's ideals and methods for transferring those ideals into the regular classroom. Second, our conceptual framework highlights how mathematics learning strategies and mathematics learning emotions influence motivational processes within student learning. Third, we present our conclusions resulting from this framework. Questions and implications for future research arising from the analyses then follow. Finally, we discuss how teachers can apply Vico's ideals and MSE to actual classroom teaching.

A central issue in this study is how teachers apply Vico's ideals and MSE to actual classroom teaching. Providing teachers an opportunity to learn how to teach mathematics while engaging in authentic learning activities which combine both key mathematical and pedagogical concepts is one way to determine how teachers apply those concepts to their own teaching. According to recent studies, *The New Science* is the major work of Italian philosopher Giambattista Vico (1990), who posited that science without aesthetic knowledge results in a world devoid of imagination and creativity. Vico reasoned that without ontological knowledge of reality, the exact science of mathematics has limited insight into the creation of the objects in the world. Based on this theory, we applied Vico's ideals (1990) as key mathematics teaching concepts to guide the core values underlying the teaching of mathematics. Vico's ideals contain three layers of aesthetic imagery: (1) the development of being to know the self and understand others, (2) the development of superior technical capabilities, and (3) the development of aesthetic

performance skills. Vico's ideals provide a path to transform teaching from the ideal to the realities of the regular classroom through the three S's: the spiritual, the scientific, and storytelling; these are all conceptual teaching strategies that can support teachers and ensure effective learning for students.

From 2013 to 2016, our research team constructed an MSE teaching module for supporting low-achieving students who were learning mathematics with the aid of a mathematics learning strategy (MS). Additionally, the module was designed to improve negative mathematics learning emotions and promote positive mathematics learning emotions (MEs). The question of how researchers and teachers can develop interventions in the mathematics classroom to address the learning needs of students. To achieve these purposes, we conducted collaborative action research focused on qualitative research methods and supplemented by quantitative research methods. To summarize, we focused on two classes and Vico's ideals were applied to the optimization of one class, and MSE was applied to the optimization of the other class.

Empirical research material was collected by combining different methods such as questionnaires, recorded interviews, video recordings of lessons in mathematics, and classroom observations. We used the Learning Strategy Scale and the Academic Emotion Scale for before and after testing. Qualitative data collection and analysis.

The optimization process through Vico's ideals was accomplished through the three S's, comprising the spiritual, the scientific, and storytelling. First, a spiritual teaching task provided the opportunity for greater self-awareness through reflection and critical questioning in collaboration with research group members and the observing teacher. In addition, teaching-by-doing and learning-by-doing activities clarified that changes in teachers' beliefs precede changes in their teaching practices. Second, in the scientific teaching task, the teacher changed the usual textbooks and paper-based evaluations to employ (1) group cooperation with tabletop games (Pagamo) and line and peer teaching to increase communicative opportunities for mathematics learning, (2) evaluation combined online platforms and multiple evaluation methodologies to cater to students with different learning needs. Third, the storytelling task used (1) digital technology to select the plot of a story, create a context, and provide examples of solving problems with mathematics and (2) anime cartoons from YouTube and story solitaire and test questions to increase student opportunities for using their mathematics knowledge.

In the optimization process for the model of math self-concept, math learning strategies and math academic emotion (MSE), MSE's infused teaching and teaching images guided teachers in the teaching of mathematics emotions by careful consideration of his or her own emotions before and after class. Students are highly impressionable and are seeking out role models whose actions they will adopt and mirror. Teachers should therefore attempt to lead by example and inspire students to perform at their best. In the MSE optimization class, students drew or wrote emotions notes to increase their awareness of their mathematics learning emotions and then shared these with others.

The results revealed that, first, this program provided teachers with a variety of learning experiences and with an opportunity to reconsider the underlying assumptions of their approaches to teaching and may serve as a foundation to strengthen and facilitate communication between teachers and students. Awareness and reflection of issues that affected learning and professional development also increased. Second, the MSE program not only enhanced students' mathematics learning strategies and awareness of mathematics emotions but also improved the personal growth of teachers. Third, collaborative action research helped teachers interpret the process of teacher inquiry and teaching optimization from Vico's ideals and MSE teaching models and to implement and experience an optimized curriculum. Through Vico's ideals and the 3 S's, practical strategies were provided in different teaching contexts, offering teachers and students different learning experiences and allowing them to engage their imaginations and express their creativity. The research recommendations can be used for reference by mathematics teaching or educational psychology researchers and middle school remedial mathematics teachers.

Keywords: mathematics learning strategies, mathematics learning emotions, mediating effects, remedial teaching, Vico's ideals

