airiti

Exploring the Development of Pedagogical Expertise Among Master-Level Students in Primary Mathematics Education: A Case Study Within a Practice-Oriented Teacher Education Program

Huo-Hua Gan

OVERVIEW

Grounded in PBTE, this study constructed and examined a training framework integrating the CPR mechanism and ADDIE model to explore PE development among master-level preservice teachers. A qualitative case study of 18 primary mathematics education students in a semester-long practice-oriented course was conducted.

KEY POINTS

- PE is reconceptualized as a dynamic, developmental competence structured by three interrelated capacities: theoretical transformation, reflective reconstruction, and adaptive innovation.
- PE development is driven by the interaction of rational practice and adaptive regulation, following a trajectory from external theoretical reliance to internalized rational awareness, with emerging potential for theory generation.
- The CPR-ADDIE framework provides an integrative and operational model that connects PCK, reflective practice, and instructional design, thereby extending existing approaches to practice-based teacher education.

INTRODUCTION

Research on teacher professional development has shifted from a focus on knowledge structures, such as pedagogical content knowledge (PCK) (Shulman, 1987), toward practice-based and contextually situated approaches (Chen et al., 2017; Kaiser et al., 2017). This shift reflects an increasing consensus that pedagogical expertise (PE) is inherently embedded in authentic teaching practice and cannot be fully developed outside real classroom contexts.

Despite this progress, a persistent gap remains between theoretical preparation and practical enactment. Preservice teachers often experience difficulty in transforming abstract pedagogical concepts into effective instructional actions, resulting in fragmented or superficial teaching practices (Darling-Hammond& Baratz-Snowden, 2007). practice-based teacher education (PBTE) addresses this issue by emphasizing high-leverage practices, structured rehearsals, and engagement in authentic teaching tasks (Grossman, 2018; W.-Y. Liu, 2017; S. Liu et al., 2025; McDonald et al., 2013). However, empirical evidence remains limited regarding how master-level preservice teachers develop PE within structured, practice-oriented programs.

airiti

To address this gap, this paper proposes an integrated CPR-ADDIE framework, in which PCK serves as the cognitive foundation, reflective practice functions as the driving mechanism, and the ADDIE model provides a structured pathway for instructional design and enactment.

FINDINGS

(1) PE development unfolds through four interrelated phases—cognitive expansion, transformational tension, practice reconstruction, and adaptive innovation—while simultaneously progressing through continuous micro-level iterative cycles embedded within the ADDIE instructional design process.

(2) PE development is characterized by increasingly theory-informed teaching decisions, deeper analytical and critical reflection, and greater situational adaptability, with nearly one-third of participants demonstrating early-stage adaptive innovation (Figure 1).

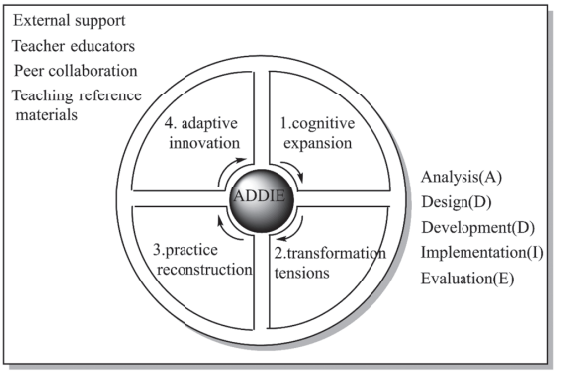


Figure 1. Dual-layer developmental structure

(3) PE development operates through a tension–support–enhancement mechanism, whereby capability limitations and theory–practice gaps generate developmental tensions, structured supports facilitate learning, and their gradual internalization fosters self-regulation and professional agency.

TAKEAWAYS

(1) Reorient teacher education toward the cultivation of high-growth, dynamic professional competence.

(2) Design evidence-informed learning tasks to bridge theory and practice.

(3) Establish structured reflection systems to strengthen self-regulation.

(4) Foster collaborative learning cultures to support professional community development.

(5) Build coherent links between pre-service and in-service teacher education.

Future research may extend this framework across disciplines and educational levels, and employ longitudinal designs to examine the sustained development of PE.

airiti

科學教育學刊
2026, 第三十四卷第一期, 37-69
DOI:10.6173/CJSE.202603_34(1).0002

Contemporary Journal of Science Education
2026, 34(1), 37-69

小學數學碩士生之教學專業性發展探索：基於實踐導向教學培育課程的個案研究

甘火花
閩南師範大學　教育與心理學院

摘要

本研究以跨二屆18名小學數學教育碩士研究生(簡稱碩生)為對象，結合一學期實踐導向教學培育課程的結構化設計，採質性取向，透過課程觀察、教學設計文本、學習週誌與反思總結等多元資料的整合分析，探索教育專業學位碩生在認知—實踐—反思的學習教學歷程中教學專業性(pedagogical expertise, PE)發展之階段特徵與影響機制。研究發現，碩生的PE在宏觀層面呈現「認知擴展期 → 轉化張力期 → 實踐重構期 → 調適創新期」的四階段演進路徑，且在學習教學的結構化教學實作歷程(analysis, design, development, implementation and evaluation, ADDIE)各子環節以微循環方式持續反覆運作，形成「宏觀有階段、微觀有循環」的雙層遞進結構，並受「能力瓶頸—外部支撐—內化提升」的個體差異互構張力影響。從整體分布看，有約三成碩生($n \approx 5$)展現出初步的調適性創新行動與情境化實踐智慧。基於此，提出師培課程設計與未來研究建議。

關鍵詞：小學數學教育、師資生、教學專業性、實踐導向學習、職前教師

壹、研究背景

在全球教育改革不斷深化背景下，教師(以下除特指外均含職前、在職師資)專業發展已成為教育學研究的核心議題之一。大量研究表明，教師專業發展是一個以專業知識與技能／能力(teacher professional knowledge and skills)為核心，涉及知識間的轉化、教學行動的實踐以及反思調適的複雜過程(Avalos, 2011; Ball & Forzani, 2009; Darling-Hammond & Baratz-Snowden, 2007; Gess-Newsome et al., 2019; Grossman, 2018; Karlberg-Granlund & Pastuhov, 2024; Matitaputty et al., 2024; Shulman, 1987; Zeichner, 2010, 2023)，在研究範式上以認知取向與情境取向為主導(程德勝等，2017；Kaiser et al., 2017)。其中，Shulman (1987)提出的學科教學知識(pedagogical content knowledge, PCK)開啟了探討教師如何將學科知識轉化為可教內容的認知傳統。隨後，Ball等(2008)提出的數學教學知識(mathematical knowledge for teaching, MKT)不僅揭示了學科教師在實施教學時的知

*通訊作者：甘火花，hhgan2006@126.com；ORCID：0000-0002-2628-6815
投稿：2025/10/23，修訂：2026/3/2，接受：2026/3/23，線上出版：2026/7/9

airiti

識獨特性，更強調其與教學實作(the work of teaching)間的轉化關係與動態性。

然而，PCK/MPCK (數學學科教學知識，mathematical pedagogical content knowledge)作為一種具身性且高度情境依賴的實踐性知識，其有效性與合理性並不能僅憑實踐經驗自我證成。唯有當此類實踐性知識能與理論性知識持續對話並接受教學原理的規範與檢證時，方能轉化為具備專業正當性的教學行動(夏正江，2020；陳向明，2018；Evans & Guido, 2012)。因此，教師專業性的核心——教學專業性(pedagogical expertise, PE)並非止於經驗積累，而取決於實踐性知識是否能在教學原理的指導與檢證下生成符合教學規律的專業判斷與行動。

在此基礎上，國際研究逐漸將PE從單一能力／素養視角拓展為嵌入實踐情境中的專業表現與生成歷程，形成了兩種具有代表性的研究視角：「結果取向」將PE界定為教師在經驗累積後所展現出的專家型教學特質(Berliner, 2001; Feldon, 2007; Hatano & Inagaki, 1986; Kreber, 2002; Tsui, 2005)；「過程取向」則關注對教學情境的感知、判斷、即時調適與反思能力的動態生成與發展(Bale, 2022; Common, 1991; Hatano & Inagaki, 1986; Menary & Kirchhoff, 2014; Sorensen, 2017)。相應地，MPCK研究亦逐步突破靜態知識結構的理解框架，轉而強調其在培訓與實踐歷程中的動態建構與發展特性(程德勝等，2017)。

21世紀以來，基於對理論與實踐脫節問題的反思，實踐導向教師教育(practiced-based teacher education, PBTE)改革強調透過統整性的課程設計引導師資生在實作中學習教學(簡稱學教)，並發展能有效付諸實踐的高槓桿(high-leverage)教學能力(潘慧玲、洪秋瑋，2020; Zeichner, 2010, 2023)，但師培課程如何在微觀有效連結理論學習與教學實踐，以促進師資生教學品質的提升的相關實證研究仍相對有限。

在PBTE碩士培育體系中，PE多被視為以實踐理性(practical rationality)[1]為核心的專業素養(professional competence)，[2]其發展既依賴系統化的理論學習，亦需透過理性實踐歷程加以建構(車麗娜等，2018；高靜、李森，2023)。然而，現有研究雖已從理論與實證層面揭示了PE的多重內涵與發展取向，並指出PBTE在回應理論與實踐脫節的改革潛力，然於具體培育情境中職前師資如何在結構性課程支持下，於認知、實踐與反思之間逐步建構並運作其PE，仍缺乏歷程性理解，特別是對同時承載較高理論學習要求且正接受實踐導向培育的教育專業學位碩士研究生(簡稱碩生)而言，其PE的生成樣貌與作用機制亟待進一步探究。基於此，本研究聚焦於小學數學教育專業學位碩生之實作導向培育情境，旨在探索其PE的發展歷程與影響機制。

---

1 實踐理性指的是教師能結合理論理據與反思判斷對教學行動進行取捨、修正與調整的能力。

2 為避免讀者混淆與便於理解，特此說明「教學專業素養」、「教學專業性」(PE)和「適應性專業性」等相關但不等同的概念在本文中的意涵與使用原則。本文在論及支撐教學表現的相對穩定能力結構與發展條件時(如知識、技能、信念與反思能力)使用「教學專業素養」；在論及教師能基於教學原理而非僅依據經驗實施專業教學決策與行動時使用PE；在強調基於理論理據與反思判斷進行調整與創新的高階發展表現與情境回應能力時則使用「適應性專業性」。教學專業素養是PE的上位概念，PE是調適性專業性的上位概念，調適性專業性構成PE的高階表現。

airiti

貳、理論基礎與研究架構

基於前述研究背景可知，PE已從早期以知識結構與能力表現為核心的靜態理解，逐步轉向在教學情境中如何透過理性實踐與反思調節動態生成與深化專業能力的發展性視角。然而，對處於專業生成關鍵期的碩生而言，現有研究多停留於概念層次，尚不足以瞭解其在結構化、實作導向培育情境中PE如何被引導、轉化與內化為可行動的專業實踐。因此，本節首先回顧PE內涵之理論演進，然後整合相關研究提出驅動PE發展的三大核心構件；最後，建構一個認知、實踐、反思與核心教學實踐要素的整合模型作為碩生PE發展之指導框架。

一、PE的研究概況與培育挑戰

PE長期以來被視為教師專業發展研究的核心概念，其內涵亦隨研究取向的轉變而不斷深化。早期以「新手－專家」比較為主的研究指出，PE表現在結構化的PCK、穩固的領域專長、教學技能的自動化、課堂事件的辨識力、詮釋力以及對教學結果的預測與反思評價等高階能力上(Berliner, 2001; Gudmundsdottir & Shulman, 1987; Tsui, 2005)。後續研究進一步指出，PE不僅是一種可被描述的「狀態」，更是一個在實踐中持續生成與即時調節的專業實踐歷程(Sorensen, 2017; Tsui, 2005)，其內涵也由個體化的專家能力(individualized expert)轉向在特定文化建構中的延伸性專業性(extended expertise) (Menary & Kirchhoff, 2014)。

就PE發展路徑而言，Hatano與Inagaki (1986)區分了「常規專業性」(routine expertise)與「調適專業性」(adaptive expertise)。前者強調在穩定情境中透過反覆練習所形成的技能自動化，後者強調在複雜情境中基於概念理解進行靈活調整與創新的能力，此一區分開啟了PE多維認知發展的理論視角。延續此觀點，Berliner (2001)提出PE發展需經歷由外部支持逐步過渡到自我調節的歷程。

綜合前述研究發現，PE之發展仰賴兩項核心機制：其一為理性實踐(rational practice)，即教師能以理論理據或專業原則作為行動依據，對情境進行有根據的判斷、修正與調整，並能說明行動選擇之理由與調整邏輯的專業實踐；其二為適應性調節(adaptive regulation)，指能在教學行動中進行自我監控，自我觀察與基於證據動態調整教學行動(車麗娜等，2018；高靜、李森，2023；Bukari & Govender, 2024; Hatano & Inagaki, 1986; Sorensen, 2017; Zimmerman, 2002)。此二機制共同構成PE持續發展的內在動力。

據此，本研究將PE界定為：在特定情境中基於學科知識與教學理論，教師透過自我監控與調節，於歷程中動態整合理論性與實踐性知識的自適應專業素養，包括三個相互支撐的能力層次：

(一)認知能力層：對教學情境之感知、判斷與理論理解能力；

(二)實踐能力層：教學策略、教學決策與課堂行動之相互轉化能力；

(三)仲介知能層：支撐上述認知與實踐歷程之知識資源與工具性知能，如理論知識、PCK、分析歸納與反思評價知能等。

其中，實踐能力層是PE之外顯表徵，認知能力層與仲介知能層構成認知機制與知能支持。上述區分僅具理論意義，在實踐中則呈現整體運作型態。

就我國教育專業學位碩生而言，其PE發展仍面臨多重結構性挑戰，包括實踐類課

airiti

程設計碎片化、理論學習與實務教學連結不足、體驗式與合作探究式學習機會有限，以及個體條件與綜合實踐能力有待提升等問題(王英傑、喬剛，2024；閆佳坤，2020；鄧磊、鐘穎，2020)。這些結構性限制使得碩生的專業學習往往停留於概念理解或零散操作層次，難以促成其形成可持續運作的專業判斷與行動機制。因此，有必要透過結構性與可操作性的課程設計，系統支援碩生在認知、實踐與反思之間建立穩定銜接的PE發展機制。

二、PE的三大驅動構件

根據Hatano與Inagaki (1986)之觀點，PE的核心不僅在於高階技能的熟練化，更在於能否於不確定情境中基於概念理解進行理性判斷與策略調整。然而，既有PE研究多停留於概念描述或專家教師發展結果的分析，較少闡釋PE如何在職前培育歷程中被系統性地引導與生成。基於此，本研究嘗試將調適專業性之內在機制轉化為可設計與可操作的師培歷程，提出以理論認知(cognition)、反思性實踐(reflective practice, RP)與結構化教學實作歷程(analysis, design, development, implementation and evaluation, ADDIE)為核心的三大驅動構件作為理解與培養PE的理論支點。

(一)PE的認知錨點：PCK

在教師專業性相關研究中，PCK被普遍視為有效教學的核心知識基礎，其關鍵在於將學科內容知識與教學法知識加以整合並轉化，成為可被學生理解且能支持建構學習意義的教學策略與內容表徵(Shulman, 1987)。後續研究進一步拓展並細化了PCK的內涵與結構模型，強調動態性、情境依存性與學科特殊性(Ball et al., 2008; Gess-Newsome, 2015)。在實證研究方面，Suripah等(2021)透過教學內容表徵(content representations)發現數學職前教師的PCK水準存在顯著差異。

近年大量研究顯示，職前教師的PCK發展高度依賴師培課程對學科內容知識與教學實踐之系統連結(Berry et al., 2016)，如核心實踐(Grossman, 2018; McDonald et al., 2013)，結構化反思(劉唯玉，2017；Liu et al., 2025)，課堂研究(Baki & Arslan, 2023)，教師、同伴交流(Evens et al., 2015)以及真實或近真實的實踐練習(Fukaya et al., 2024；Grossman et al., 2009; Lampert et al., 2013)等干預策略，有助於職前教師將抽象教學原理與學科理解轉化為可操作的具體實踐行動。

本研究不僅將PCK視為串聯學科內容、教學理論與反思實踐的整合知識體系，更視為碩生進行學科教學判斷、設計教學行動與詮釋教學決策的重要認知錨點，也是PE由理解走向理性實踐與調適行動的關鍵認知條件。

(二)PE的動力引擎：RP

若PCK為PE提供認知錨點，RP則構成推動PE持續生成與深化的關鍵動力。根據Schön (1992)所提出的「行動中反思」與「行動後反思」，教師的反思並非附加於教學之外的後設活動，而是一種內嵌於教學歷程中的專業認知機制。透過對教學信念、知識基礎與教學行動合理性的即時審查與事後回溯，教師得以在具體情境中修正原有理解，重構理論與經驗之間的關係，並在思考與行動的動態往返中發展更具彈性與判斷力的教學回應能力，從而有助於縮減理論與實踐之間的落差，促進專業判斷與行動調適能力的累積(Korthagen et al., 2011; Loughran, 2002; Zeichner & Liu, 2010)。

airiti

既有實證研究指出，職前教師的RP訓練不僅能產生即時正向影響，且入職後受試者仍持續肯定RP作為循證專業學習機制的價值(Liu et al., 2025)。案例撰寫、引導式框架、行動探究與結構化寫作等反思學習設計(劉世雄，2022；劉唯玉，2017；Bukari & Govender, 2024; Fraser et al., 2024; Husu et al., 2008; Jay & Johnson, 2002; Korthagen & Vasalos, 2005)，可有效協助職前教師將抽象理論知識轉化為可分析、可討論且可檢證的專業理解。在此過程中，教師得以在持續的批判性詮釋與情境調整中逐步澄清教學行動背後的理據，並促進專業判斷能力與專業認同的同步發展(Roberts et al., 2021)。

本研究將RP視為連結PCK與教學實踐的關鍵仲介機制。透過RP，碩生得以將原本停留於經驗回應或直覺判斷的教學行動轉化為具理據、可驗證且可調適的理性實踐，進而推動PE在實作歷程中持續發展。

(三)PE之教學實踐結構：ADDIE

若PCK與RP構成PE發展的內在驅動機制，那麼分析(analysis)—設計(design)—開發(development)—實施(implementation)—評鑑(evaluation)之ADDIE模式則是支撐PE發展的外在實踐結構。ADDIE提供的五要素和穩定教學路徑構成一套具反覆運作修正與支架功能的核心教學實踐歷程，已被廣泛應用於教師專業發展領域(Branch, 2009)。

ADDIE所提供的理論與實務兼備的教學實踐路徑，同PE所涵蓋的多重構面高度契合：「分析」強調對學習資源、學習者特質、教學目標與環境的敏銳覺察，是PE的認知起點；「設計」與「開發」整合學科知識與教學知識，形塑有理據的教學預設；「實施」不僅是檢驗教學預設可行性的實踐場域，更是碩生將理論預設轉化為有理據的教學行動，並在實踐中展現PE的核心素養；「評鑑」則透過多元回饋資料支持深度反思與教學調節，強化專業性的可持續發展。

在本研究中，ADDIE不僅是一套教學設計流程，更是師培課程認知學徒模式(cognitive apprenticeship model)的教學實踐載體，透過師培者示範、共同參與與階段性放手，促進碩生內化專業實踐知能。

(四)PE發展之指導框架：認知實踐反思(cognition practice and reflection, CPR)-ADDIE結構

基於上述三大驅動構件，本研究進一步提出CPR-ADDIE結構作為歷程導向的課程設計框架(圖1)：在分析與開發中，碩生將學科知識與教學理論的理解轉化為具理據的教學設計方案(認知 → 實踐)；在實施中，實踐經驗激發問題意識促發深度反思(實踐 → 反思)；在評鑑中，反思推動認知重構產生新的理解與策略(反思 → 再認知)。如此，構成一個兼具CPR內在認知機制與外在ADDIE教學實作支撐的遞進迴圈系統，協助碩生在理論理解、教學行動與反思調節之間建立可反覆運作的專業發展機制。

CPR-ADDIE結構為實踐導向的教學培育提供了一套可同時支撐「教教學」與「學教學」的整合框架，使課程設計、教學引導與學習歷程得以在同一理論邏輯下展開。藉由此結構化且具操作性的設計，師培者可在循序漸進的實作歷程中引導碩生學教，協助其將理論理解轉化為有依據的理性實踐，並在分析、設計、實施與反思的反覆運作歷程中，系統性地支持和促進其PE的發展。同時，CPR-ADDIE架構亦是本研究後續研究設計、資料分析與結果詮釋之核心理論依據。

airiti

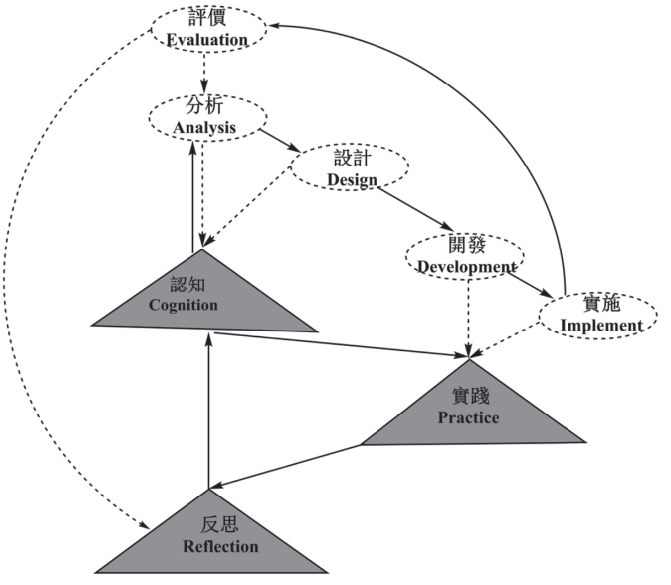


圖1：PE培育的CPR-ADDIE框架

基於前述研究背景與理論架構，本研究旨在探究碩生於實作導向教學培育情境中PE之發展特徵。具體研究問題如下：

1.碩生在結構化、實作導向學教歷程中，其PE發展呈現何種階段性特徵？

2.在上述發展歷程中，哪些關鍵因素影響其PE的發展？

本研究所稱之「發展特徵」，係指碩生的認知層、實踐層與仲介層之PE整體演變歷程，尤以實踐層之理論認知、RP與情境調適能力作為主要判斷指標。

參、研究設計與方法

依據CPR-ADDIE框架，研究採質性研究取向(Merriam, 2002)之個案研究設計(Gerring, 2004)以呈現碩生於實作導向教學培育課程中的PE發展歷程。以下依序說明研究場域與研究對象、教學干預設計、資料蒐集與分析程式，及研究者立場及信實度。

一、研究場域與對象

研究場域為中國大陸東南地區某省屬師範大學的小學教育專業碩士學位專案。該專案自2014～2024學年招收不限學科背景的兩年制碩生，數學方向修課者約占半數。本研究之個案取自該專案中實踐導向小學數學教學培育課程的教學改革試驗，資料來源為2023年春季開設之「小學數學學科專題」(2學分，36學時)與2024年春季開設之「小學數學教學技能」(1學分，18學時)兩門課程。兩門課程之教學主旨皆以《義務教育數學課程標準》(中華人民共和國教育部，2022)所倡導的單元統整教學為主軸，依ADDIE流程，引導碩生從單元層面的教學內容分析與主題、目標規劃，到設計與實作主題一「種子模組」教學方案，核心教學內容、訓練架構與實作任務(數與代數領域低中高年級)保持高度一致，僅依當期教學時數與學生學習狀況進行教學組織順序與反思回饋框架之微調。經比較兩輪試驗資料，學生於各發展向度達

airiti

到相應表現特徵之人數比例存在約5 ~ 10%區間之數值差異，但發展趨勢與生成歷程大致一致，故本研究將兩門課程之教學試驗視為同一實踐導向教學培育改革個案於不同時間之兩輪實施歷程。研究對象為2023屆修習前者的12名與2024屆修習後者的6名共18名碩生(女性17人、男性1人)，平均年齡24.3歲。其中6人具師範學士學位背景，其餘12人為非師背景。課程前測和期末總結資料顯示，絕大多數碩生對小學數學教材不熟悉，對單元統整教學僅停留於認知層次，且非師背景生僅在研究生入學考試或教師資格證準備時學習過教育學與心理學相關內容，小學數學的教學經驗亦非常有限。

二、教學干預設計

教學干預設計旨在於師培課程脈絡中培養碩生的PE知能，促使其在理論與行動的交互歷程中建構可自我調節的專業學習機制。課程的主要內容包括：

(一)小學數學核心素養與深度教學理念：引導碩生掌握素養導向的教學改革目標與基本要求，作為後續教學設計與實作判斷的依據；

(二)統整教學ADDIE模式(甘火花，2025)：作為結構化課程設計的主框架，引導碩生依據五步驟展開學教任務；

(三)主題一探究式5E(引起動機[engage]—探究[explore]—解釋[explain]—精進[elaborate]—評鑑[evaluate])實施流程(Bybee et al., 2006)與合作學習策略(Johnson et al., 1998)；

(四)教學物件設計與開發(林碧珍、陳姿靜，2021)，培養碩生運用數位化與實體化媒材開發教學資源，提升教學表徵與互動品質。

CPR-ADDIE各環節、主要教學內容與PE之仲介基礎知能對照如表1所示。

在學教方式上，師培者透過「教教學迴

表1：CPR-ADDIE框架下的主要教學內容與PE之中介基礎知能對照表

CPR階段	ADDIE環節	主要教學內容	PE之中介基礎知能
C認知	原理學習	小學數學核心素養 深度學習理念 統整教學要點 5E探究模式 合作學習策略	理論性知識 PCK
P實踐	分析(A) 設計(D) 開發(D)	單元目標分析 主題規劃 教學活動設計 教學物件開發	分析歸納知能 文本組織知能 調適創新知能
	實施(I)	小組合作仿真試教 合作探究式教學實作	教學能動性 情境調適力
R反思	評量(E)	過程性學習評量 反思週誌撰寫 方案修正	評價知能 批判性反思 自我調適

註：CPR：認知實踐反思(cognition practice and reflection)；ADDIE：結構化教學實作歷程(analysis, design, development, implementation and evaluation)；PE：教學專業性(pedagogical expertise)；PCK：學科教學知識(pedagogical content knowledge)。

airiti

圈」(修訂自Beausoleil-Morrison, 2019)提供外部鷹架，碩生則在「學教學迴圈」(修訂自Chun, 2004)中不斷經歷「學中做—做中思—思促學做」的專業學習歷程。由於ADDIE每要素均涵蓋CPR三維度活動，但每階段所強調之學習重點不盡相同，使得教與學歷程具有階段遞進與動態連續之特徵(圖2)。

碩生依循CPR–ADDIE框架完成小組合作練習與主題模擬試教議課，並以省思框架撰寫週誌，接受師培者與同儕回饋以深化自我覺察與調適。評量專案包含方案設計、教學物件開發、模擬教學演示、反思週誌等。為增進情境真實性，試教時安排同儕和大學部志願者扮演「小學生」與「觀察員」即時互動回饋。

三、資料的蒐集與分析

(一)資料蒐集

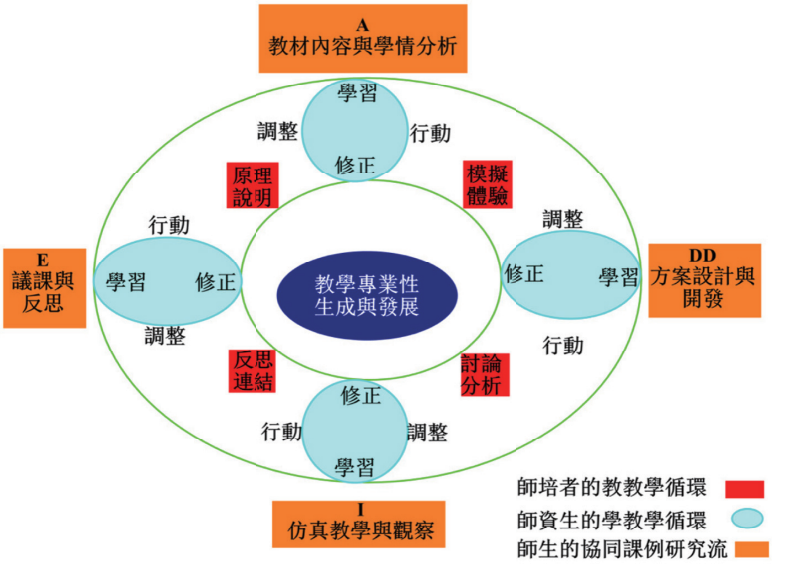
為完整呈現碩生在學教歷程中的PE發展，本研究採用多元資料，總計蒐集八萬多文字檔與多段影音，涵蓋：

1.學習產出：教學單元分析報告與主題1教學設計方案(含修改稿)、教學簡報PPT、學習單；

2.反思調查：反思週誌、期末總結(2023屆)、期末問卷(2024屆)；

3.實作互動：18位碩生模擬試教錄影，6節試教議課錄音(轉譯文字稿)及研究者觀察劄記。

所有資料均依組別(2023屆A、B組；2024屆C組)、組員編號與類別(週誌／總結／討論／劄記／調查／學案(如A01-總結)進行編碼，[3]確保資料的可追溯性。



師資生教學專業性培育的教與學雙滾輪模型

圖2：基於ADDIE模式的教教學—學教學雙環動態框架

[3] 每組編號為01的組員為該組推薦產生之組長。正文中除引用字句特別指名所屬資料類別外，未註明者皆取自週誌。

airiti

(二)資料分析

資料分析依兩個研究問題展開，利用NVivo15管理與編碼資料。方法採用「去語境化－再語境化－分類－整合」流程(Bengtsson, 2016)，並結合Strauss與Corbin(1998)的開放編碼、主軸編碼與選擇性編碼邏輯。其中，反思週誌為核心分析資料，教案、總結、問卷後測、師培者劄記、簡報錄影錄音作為輔助驗證。具體操作如下：

1.去語境化(decontextualization)：逐份檢視週誌，擷取與「發展階段特徵」及「影響因素」相關的「意義單位」進行初級開放編碼並標註來源，同一語句可能對應多個意義單位。

2.再語境化(recontextualization)：將編碼回到原始脈絡檢核，並與其他資料比對，每一關鍵論斷至少需三重來源印證(如不同學生週誌，或週誌＋總結＋討論紀錄)。

3.分類(categorization)：將性質相近的初始編碼歸納為次主題，依研究問題分為「發展階段」與「影響因素」兩大主軸。例如「原有認知不足」與「覺察侷限」歸入認知拓展期；「理論—實踐落差」與「能力不足」歸入轉化張力期和影響因素範疇。

4.整合(compilation)：以跨檔案矩陣與證據門檻為判準，整合出可支援的論述，並基於PCK理論(Shulman, 1987)與轉化學習模式(King, 2007)提出理論意涵。資料分析歷程示例如表2所示。

四、研究者立場與信實度

本研究作者同時身兼課程設計者、授課者與資料分析者，雖具深入理解課程脈絡優勢，亦存在先入為主分析偏差。為確保研究信實度，採取以下措施：

(一)所有資料於蒐集後立即去識別化處理，僅保留編碼以降低既有人際印象影響；

(二)採用時間間隔法進行分析一致性檢核，即在初次編碼後間隔1 ~ 2週再次複核同一資料，對出現差異之處回溯脈絡並修正，同時輔以同行審議與專家審查以降低主觀偏差；

表2：資料分析歷程示例表

原始語句	初始編碼	意義單位	再語境檢核	分類	整合結論
1.在學習之前，我對大單元教學還只有比較淺的瞭解，而通過老師……才知道可以將5E融入統整教學。	已有認知同化；外部講解支持；認知延伸。	認知拓展之證據，顯示師培者講解觸發認知覺察外部→內化。	同其他週誌比對，確認前後認知變化脈絡：（前期：經驗依憑→後期：生成性理解）。	認知依憑與延伸。	認知拓展期；外部支撐（師培者）。
2.雖然老師講解了方法，但實際操作仍困難……三版本內容挑選後如何統整是大問題。	教師講解；操作困難；內容統整難。	「知易行難」：理論可得但轉化受制於設計複雜性與編寫能力。	與仿真教學錄影、教案草稿核對，發現設計—實施落差存在。	理論—實踐落差。	轉化張力期；課程複雜性、能力瓶頸。
3.本週學的原理提供方法，但在轉化時有分歧：到底把一課時歸為種子還是生長？	理論提供方法；轉化困難；合作分歧。	轉化過程中的問題驅動學習，從困境探索策略。	討論紀錄顯示分歧在主題層級與知識點整合。	問題驅動探索。	轉化張力期；同儕互動+能力瓶頸。
4.一致同意將各版本相關小數內容做邏輯關聯與優化，形成小組主張。	多版本整合小組共識方案創新。	「調適—創新」的實證，外部資源經同儕協作被內化為設計產出。	教案最終稿與試教錄影顯示設計被實作，並做小幅調整。	內容創新與共建。	調適創新期；同儕支持、範本內化。

airiti

(三)厚實描述研究背景、課程設計與分析步驟以提升可追溯性與透明性；

(四)三角驗證：交叉比對多元資料來源，並邀請三位修課者進行參與者檢核，確保詮釋的合理性與一致性。

肆、研究結果與分析

基於紮根理論的多元資料分析顯示，絕大多數碩生在一學期結構化、實作導向學教歷程中可逐步發展出初級的PE意識，僅約三成碩生表現出調適性專業性傾向。整體而言，PE並非可立即獲得的靜態能力，而是一種結合認知建構、批判反思與實踐重構的高成長型素養，在專業學習歷程中大致經歷認知拓展期、轉化張力期、實踐重構期與調適創新期的交錯發展與持續精進歷程，各時期深受個體差異與外在支持等多重因素影響。

一、PE發展的階段性特徵

研究顯示，碩生的PE發展是一個由結構性慣習解構與理性實踐重構相互交織形塑的動態過程，呈現出階段性融合與逐步遞進的發展特徵。本節在整體分析基礎上選取C02作為縱貫性個案作為辨識個別學習者之PE發展的階段性表現。選擇C02主要基於以下考量：首先，C02為非師背景，其PE發展歷程之表現代表了多數碩生的典型樣貌；其次她擔任副組長，學習主動性較高，且保留了相對完整的課程學習資料。

(一)認知拓展期：以舊經驗為支點的理論覺察

在理論學習之初，18位碩生普遍處於認知拓展期。此一時期的關鍵特徵是：以既有學習經驗與直觀教學印象作為理解新知的主要框架，歷經舊知侷限覺察、新知再現性重述，生成性與批判性理解萌生的「以舊識新」交錯歷程。

1.舊知依憑與局限性覺察：阻力與動力

在開始學習單元統整、合作學習、探究式5E模式等理論時，碩生普遍以學生時期的經驗或實習中的教學印象作為參照起點，使用既有認知去同化新知(Piaget, 1976)。當新知無法被既有圖式同化時，碩生普遍出現「迷失困境」(King, 2007; Mezirow, 2009)並引發「反思性覺察」(Schön, 1992)。在週誌中常使用「習慣按照」、「停留」、「之前沒有深入瞭解」與「更新」之類的語詞來描述此類認知衝擊。

> 在沒上研究生之前對小學數學的認識大部分停留在以老師講授、布置作業的傳統授課方式上……當接觸到深度學習、數學核心素養等概念時，才知道對小學數學的認識有多淺顯。(B06)

此類資料顯示，碩生的專業性並不始於理論的熟練，而是始於對自身舊有認知局限的覺察。舊知依憑造成新知理解阻力，亦成為促使碩生啟動轉化學習(transformative learning)(King, 2007)的內在動力。這種先解構再建構的歷程構成PE發展的重要起點。

2.新學原理的平鋪式重述：再現性理解

在初步產生認知衝擊後，18位碩生對新學理論的掌握多呈平鋪直敘式重述，傾向於依循講授內容對理論要點進行再現性表徵：

> 教學觀念的統整指的是在解讀教材內容過程中，通過類聯、尋異、架構、建系、研策以「類」的思想進行統攝……(A01; B02; C06)

此類表述看似完整，卻多以課堂講述內容再

airiti

述理論要點，缺乏自我詮釋與情境化應用，整體而言尚處於接受狀態。

3.認知深化與批判萌芽：生成性理解

隨著理論的不斷強化與實作任務的交織，在第2 ~ 4次課後，八成多($n \approx 15$)碩生在週誌與小組教學設計修訂稿中開始同步出現「重述理論」與「生成式理解」(generative understanding)[4]的交織現象，常以「增加了」、「進一步理解」與「剛開始時……現在」等語句描述認知變化，具體表現在以下三個面向：

(1) 理論回看舊經驗：約六成碩生($n \approx 13$)開始運用新理論審視並重構舊經驗，尤其集中在課時教學與單元教學、探究教學與講述教學、合作學習與聽講模式之間的比較與思考。

> 要學會轉變傳統的教學模式，不能再是老師滿堂灌(填鴨式教學)，而是要把主動權放到學生手上……老師更多的是作為引導者讓學生之間相互學習，同時老師也能從學生身上學到東西。(B07)

(2) 嘗試將理論作為行動依據：約五成($n \approx 10$)碩生在學習了合作學習運作規範、單元統整教學的ADDIE原理後，嘗試將所學原理運用於教學設計與小組實作中：「我們在小組合作時進行角色分配及任務劃分，面對意見點採投票表決共同討論參與」(A04; B01; C04)。在分析教材時嘗試「將知識點依種子模組、生長模組、果實模組進行分層規劃」(B01-討論；C06)。至於教學策略，「我們以學生角度不斷提出新意見不斷修改，思考怎樣的形式才能讓學生接受」(C01; B03)。此一系列轉變顯示，部分碩生開始將新學理論作為實踐的依據而不再止於被動接受。

(3) 批判性檢視新理論的適用性：也有近三成碩生($n \approx 5$)對新學理論提出條件式評估與限制性反思。有碩生指出：

> 單元統整、合作探究雖有理念價值，但對教師素養要求高，也受家長支持與學生參與度影響，短期難以推廣。(B07; A04; A01)

顯示少數碩生已開始超越理念正當性的單一判準而進入情境化評估的認知層次。

在第1至第2週，C02多以「學習之前／現在更瞭解了」、「提供思路」與「給我啟發」來描述學習收穫，並以個人疑惑如「學生能否參與」與「教學是否可操作」作為理論理解的思考點，透過列舉課堂操作策略(如角色分配、建立規範、發言策略)來重述理論重點。同時，開始嘗試將個人疑惑轉化為初步的解決構想，如實施合作學習從組長培訓開始，並意識到傳統單課時教學(聚焦某節課知識點)在知識遷移上的限制。

綜合論之，18位碩生在認知拓展期呈現出理論認知向度上的「多任務、跨時點、層級交錯」發展樣貌：他們通常以既有教學觀念或學習經驗作為理解新理論的起點，能以較完整的專業術語重述新學理論，並開始嘗試運用所學回看既有經驗，或初步作為教學設計與決策的參照依據，亦出現對原有觀念之不足、侷限或不適切性的自覺性反思，但理論理解尚不能連結具體情境，亦未形成清晰的行動判準，展現出PE萌芽似的生成跡象。

[4] 生成性理解指的是能根據理論要點解釋現象或能在具體情境中產生新意義，區別於單純的複製或轉換。

airiti

(二)轉化張力期：理論套用與實作拉鋸

當碩生開始將抽象理論落地為具體教學行動時，普遍進入轉化張力期。此時期的核心特徵是：一方面肯定理論價值，另一方面卻在實際情境中遭遇多層的不確定性與行動困難。部分碩生認識到「把前沿教學理念應用到實際教學是讀研究生的意義所在」(A01; A02; B04)，強調「教學活動必須有理論支撐」(A04)，但同時亦體悟到「這些事情我們聽起來不會覺得很難，但要真正比較完美地將理論、將設想落實到實踐還是挺有挑戰」的認知焦慮與壓力感(A01; B06; C04)。

1.從「知道」到「做到」：知易行難的結構性挑戰

資料顯示，雖然多數碩生能完整重述核心素養、單元統整、ADDIE、5E探究與合作學習等理論要點，但在真正進入單元統整分析和教學設計等具體操作時仍面臨轉化落差帶來的現實震撼，普遍出現「很難」、「不知如何下手」與「差強人意」(A03; B04; C05)的表述。

再者，在單元統整任務中，碩生需同時處理教材與學情 → 單元目標 → 主題 → 主題目標 → 主題任務—主題活動 → 評量準則等多項互依的工作，他們雖能復述理論，卻難以把抽象原則立即轉化成可執行的教學行動，學科知識與教學法知識轉化為可運用的MPCK需要時間。

> 我們大部分同學是跨專業的，沒有經過本科專門的教學設計寫作訓練，可以說大部分同學包括我自己可能連一份清晰、完整、不錯的教案都寫不出來。而我們一下子就被要求做單元統整，可以說有種還沒學會走路，就先學飛的味道。但是，事到臨頭，只能硬著頭皮做下去……在老師的指導下，我們又再一次次修改和完善，才成為最後的樣子。(A01)

這段週誌形象地揭示了碩生「學教」歷程的真實狀態。在初始能力不足與任務驅動雙重壓力下，被動實踐的反覆運作歷程如何倒逼碩生將知曉但未完全內化的理論要點轉化為符應要求的實踐行動，也因隱性啟動了RP而鬆動了能力不足而不敢實踐的經驗邏輯。

知易行難的關鍵癥結在於，認知階段培育的正式理論本質是知道「是什麼」與「為什麼」的理論知識，而實踐階段要求的是MPCK，是「如何做」的操作型知能——兩類知能分屬不同層次，需要「多次操作才能總結經驗」(A02; B06)。因此，實踐知能的MPCK形成需依賴多個CPR循環。若實踐機會不足、反思回饋不及時，理論向實踐的轉化便會陷入停滯，知易行難的困境便會持續存在，從而帶來一定程度的認知焦慮與情緒負荷。

2.轉化過程的學習性(learningness)：[5]每一次都是新挑戰和進步

在持續的分析、設計、撰寫、修正的學教歷程中，有碩生意識到，理論到實踐的轉化本身就是一種學習。

首先，學習性體現在具體化的操作嘗試中。從統整理念到單元知識點的提煉整合、目標分解、主題劃分、物件開發與流程規劃等操作，均需要將理論性知識轉化成可實作的程式才能跨越從理解到生成的行動門檻：

[5] 學習性即具有學習的特性，指某一歷程、活動或能力結構中是否內嵌能夠引發、承載並推動理解與行動轉變的特徵。

airiti

> 分析不同版本教材以及統整的過程本身就是一種有意義的學習，我們要秉持批判與創新精神。(A01; B05; C01)

這類記述顯示，部分碩生已將實作任務視為重新建構概念的觸發點。

同時，「學習—練習—反思—修正」的學教歷程使碩生逐漸察覺反思對行動品質的影響。多位碩生描述，雖然反復的修改讓他們感到「頭大」，但「透過一遍遍討論、持續修改與課中課後的反思總結，自己也在不斷進步」(A04; B02-總結；B05-總結)。此時反思已非被動行動，而是推動其從表層理解邁向更具判斷性的核心轉化動力。

更為關鍵的是，轉化歷程本身成為促進生成性內化的核心機制。在持續的比較、分析與反思歷程中逐步構建起單元統整教學的初步整體理解與概念輪廓。

> 我們從不是很熟悉的知識內容到能夠理清知識重難點，從剛開始不能很好地分析對比教材到能夠逐漸地看到各自優缺點，進而體認到對單元統整教學的認識是逐漸清晰的。(C01; B02; B03; B07)

上述歷程顯示，部分碩生在「學中做」的學教歷程中，實際上經歷了一個具探究取向的循環性行動歷程：透過問題辨識、比較分析與反思修正，專業理解由零散與模糊逐步轉向結構化與可言說，深化了所學理論的初步整體理解。

3.在張力中探索：問題驅動的策略尋找

張力不僅帶來實作壓力，也成為問題察覺與策略探索的觸發機制。多位碩生($n \approx 23$人次)在週誌中明確記錄了自己在轉化歷程中遇到的多重困難，主要集中於單元統整教學中理論向實踐轉化的關鍵環節，包括：單元內容的整合邏輯、學情與目標的提煉，三個主題的設計依據與內容取捨、任務開發與時間配置，以及小組合作中教師介入的時機與方式、導學案(以指導學生如何學習為主的教學方案)撰寫等(A01; A02; A04; B01; B03; B04; B06; C01; C02; C05; C06)。這些困難不僅反映了單元統整教學本身的高度複雜性，也凸顯理論理解若要轉化為可操作的教學行動，必須經歷具體而情境化的判斷與取捨。值得注意的是，儘管部分碩生的因應策略仍處於萌生階段，但其回應已逐漸呈現出由被動應對轉向主動建構傾向。

進入第2 ~ 3週，隨著單元設計的實際投入與小組協作，C02積極參與教材比較與單元模組劃分，並提出用「學起來—聯起來—用起來」定位三個主題的功能。同時，其週誌頻繁出現「有分歧」、「仍有困惑」與「不確定」等語句，特別是在算理理解、評價操作、內容歸屬、組內不同題目對討論的影響等問題上多以反覆討論、修正與折中方式回應，而非直接以理論做出決斷，反思也多集中於「哪裡卡住」與「有何困難」，較少出現理性解釋。

整體而言，18位碩生在轉化張力期呈現出由「理論理解」邁向「行動生成」的過渡性專業發展樣貌：他們在面對教材分析、主題規劃與流程設計等具體化任務時普遍能辨識自身在操作層面的困難，並嘗試在張力中啟動策略探索。但其行動依據與操作框架仍呈現建構狀態，顯示專業性正由外在引導逐步朝向自我建構的生成狀態發展，與King (2007)所描述成人轉化學習歷程的「嘗試與探索」(testing and exploring)第二階段具有相似性，特別體現在不確定性覺察、策略性嘗試與專業行動尚未穩定整合等面向。

airiti

(三)實踐重構期：以理論檢視並修正行動

在歷經轉化張力期的壓力與助力後，部分碩生的PE發展逐漸由「被動行動」走向「理據行動」。此階段的核心特徵在於：相較於前期依循經驗直覺、教師指導或範本模仿，他們嘗試透過概念框架、行動修正與反思提煉組織實踐經驗，理論與實踐開始形成互為支撐的回饋系統，實踐理性開始浮現。

1.理論與實踐的再連結：從「標準答案」到「工具箱」

Korthagen (2001)認為，教師教育的核心任務在於把抽象的教學原理或理念轉譯並落實到實踐中而不只是停留在理論學習本身。本研究發現，碩生在課程初期多將理論視為靜態規範，「照著理論去做」以避免出錯。然而，隨著多次教學設計修訂與實作回饋(約在第五次課或第三版修稿後)，部分碩生逐漸將理論理解為可選擇、比較與調整的「專業工具箱」。正如一位碩生所言：

> 讀書時以為理論是標準答案……到了工作時，理論就像工具箱裏的工具，有人嶄新、鋒利，有人陳舊、滯鈍……懂得製作和保養工具，明白如何使用，才能將理論與實踐結合起來。(A04)

碩生理論與實踐再連結的認知轉向主要體現在三個面向：

(1)教材的再理解：在早期，碩生多將教材分析理解為釐清「要講哪些內容」，分析焦點以知識點的羅列與順序安排為主。而在至少四次課的實作與回饋循環後，約八成的碩生($n \approx 15$)開始轉向以學生學習為導向的學習機會與教材背後的設計邏輯分析，「要拋開教材內容思考學生真正會學到什麼」(討論-230118；A01; A03; B02; C01)。而跨版本比較促使碩生意識到教材並非標準答案，而是可供教學決策的資源，「教材不是萬般好，但也不是萬般休」、「不同的版本可以讓我們看到教學的更多可能性」(課堂討論，B07)。此一從「教學內容取向」轉向「學習機會取向」的教材觀念轉換，顯示部分碩生開始以學生學習為核心重構教材意義，也可視為PE發展的關鍵條件與具代表性的表徵。

(2)學習策略的再詮釋：合作學習在初期多被簡單化為分組討論，但在實際體驗與反思後，部分碩生(如A01; B04; C01; C03)逐漸意識到策略背後的條件性，理論因此轉變為支持其判斷的行動依據。

(3)教學模式的深化理解：少數碩生不再把5E模式視為線性流程。而是理解為「引導學生自主構建、探究與深化的完整學習歷程」，也是「教師進行自主構建、不斷探究的歷程」，還意識到「吸引階段(engagement)不只是有趣，而是為探究做鋪墊」(B01-總結；A01；A05-總結)。

這類對教材、教學、學習的認知轉向，顯示出部分碩生已開始將理論視為動態資源與思考工具，在實踐中推動了理論的再解釋與深化。

2.行動中的理據意識：從經驗導向到理性反思

隨著理論逐步轉化為可調用的專業資源，部分碩生的教學實踐亦從經驗導向邁向理據驅動。他們不再僅關注「怎麼做」，而是開始自覺追問「為何這樣做」，並嘗試利用理論對教學決策進行支持、解釋與檢證，展現出初步的「以理論看教學」的理性實踐視角。

同時，多角色的實作經驗使碩生得以從不同視角檢視自身行動的合理性，促進其教學理據由單一經驗合理化逐漸走向多重觀點

airiti

下的理性審視：「要想上好一門課不僅要站在講課老師的角度去看，還要站在學生的角度去看……」(A02)。

另外，師培者與同儕的集體討論經常出現「你的依據是什麼？」與「為什麼這麼做」等追問，持續強化了碩生以理論檢核行動選擇的反思習慣：

> 我們在設計教學的每一步都會詢問自己：這一步是否必要？目的為何？能否體現教學目標？(C組紀錄)

進一步分析顯示，碩生之理據意識滲透在三個層次的反思向度：在信念層，開始檢視自身對教學、學生與知識的隱含假設與立場；在概念層，開始將具體行動經驗與理論性知識進行對照與檢證，萃取可循證的教學理據；在行動層，則根據實踐中出現的問題即時調整教學理解與策略。三層反思交織構成PE生成的理性驅動機制，使碩生在部分情境中逐步從「可行的教學」邁向「較具可解釋與可檢證的教學」。

3.CPR迴圈的自我調用

更關鍵的是，進入實踐重構期後，近八成碩生($n \approx 14$)在反思文本和課堂討論中，基本能主動將CPR串聯為反覆往返的循環歷程。理論不再只是先行學習的認知輸入，而是成為行動前的判斷依據；實踐生成體驗素材與情境回饋用以檢驗理論預設；反思則成為連結認知與行動的仲介機制，承擔經驗意義化與行動再設計的功能。三者循環互動，使理論逐步由外在規範性知識內化為行動中的判斷資源與修正準則。正如A05於週誌中所述：「經過多次設計修改，我發現沒有理論支撐的實踐結果是差強人意的，所以一定要先用理論打基礎，用理論去指導實踐，實踐過後再反思」。

自第4週起，C02不再僅描述上課要點，而是能以「核心概念」「大概念統領」作為設計依據，並透過多版本教材比較形成「我們的主張」。小組實作也提出了「使用統一情境」貫穿主題一，也理解了組內不同題目旨在「為造例與歸納提供更多數據」。其反思亦從描述性轉為分析性與比較性為主(Jay & Johnson, 2002)，並能說明「問題為何產生」及「如何調整較為合理」，理論、實作與反思開始形成相互支撐的循環結構。

綜合而言，實踐重構期的主要徵象在於：約八成碩生已不再僅止於被動修補設計細節，而能初步運用理論概念對教材與教學模式進行再理解，並嘗試將CPR串聯為具循環性的有意識行動歷程，顯示其PE正由「被引導的修正」逐步邁向「可自我啟動的理性修正」，開始展現出行動的可解釋性與初步的理性調適能力。在發展特徵上，呈現出與King(2007)之第三階段「確認與連結」(affirming and connecting)相近的學習樣貌。

(四)調適—創新期：情境化理解下的初步專業能動

在經歷實踐重構期的內化歷程中，約八成碩生已初步展現出具實踐理性的運作跡象。然而，專業學習的關鍵不僅在於理論能否支撐實踐，更在於行動如何生成新視角(King, 2007)。此階段的核心特徵在於，透過備課思維的拓展、理性實踐的深化以及情境中的調適性創新逐漸孕育出調適專業性。儘管這些創新是零星的，但正是這些零星的嘗試使PE發展邁向了調適—創新期。

1.備課思維的突破與系統觀的出現

碩生PE的創新首先體現在備課思維的突破。不同於早期依賴單一教材或教學參考資料的線性備課，約八成碩生不再將教材視為

airiti

「權威」的教學依據，而是能辨識其設計邏輯、可能侷限與可調整之處(如A01; A03; B02-討論)。標誌著部分碩生的備課思維正從「資源依賴」走向「資源統整」。

更進一步地，教材觀的調整引發了角色觀與教學觀的重構(期末調查)。部分碩生意識到，教師不僅是「教材的使用者」，也是「課程的設計者與參與者」(期末總結)。備課行動已不再侷限於教材的忠實執行，而是開始形成連結學生、教材、教師的「系統觀」。系統觀的形成不僅為後續的調適性設計提供了結構性條件，也反映了專業能動性的初步生成。

2.反思性洞察與理性實踐的深化

若說系統觀的出現標誌著碩生開始具備整合性思考的可能，那麼反思性洞察的浮現則進一步顯示其已不再僅止於經驗矯正或錯誤修補，而是逐步呈現出理論與情境之間的創生性「雙向轉化」：一方面，部分碩生開始以理論視角重新理解其行動經驗，使經驗獲得概念支撐與方法意識；另一方面，透過調整、質疑與重組，使理論在具體實踐中獲得再生。

從C組組長撰寫的四次小組合作紀錄可見，組內共備歷程呈現出由新知引發反思、由反思觸發洞察、並進一步導向理性實踐深化的行動模式。C組每次作業除依據課堂教師所提的意見和要求外，還於小組討論前要求組員先嘗試自主理解並重構教學設計的內在邏輯，顯示小組反思已自發轉向對教學判斷依據本身的探究。在實作層面，她們通過線上線下形式將「難點探索」與「疑點討論」制度化為常規討論項目，並在合作學習運作、課時安排、教材版本取捨與教學目標定位等決策中，自覺透過「主題討論—問題探索—疑點聚焦—問題再議」的歷程使集體判斷獲得理據支撐與共用理解。此種在反思中辨識「為何某一選擇在特定情境中更具合理性」的歷程，正是反思性洞察的具體展現(Schön, 1992)，也是PE由技術性操作邁向創新性行動的重要跡象。

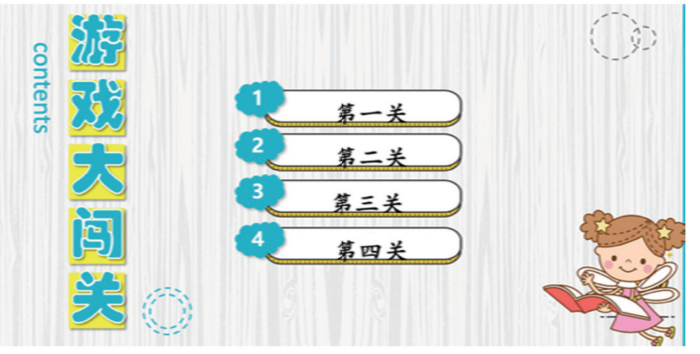
3.情境中的教學創新與實踐智慧

伴隨備課思維與理性實踐的逐漸深化，大約在課程後期近三成碩生($n \approx 5$)開始在具體行動中展現出可見的「調適創新」。他們不再僅修補既有設計，而是能部分超越教材生成可被觀察的實踐智慧：例如，在單元與主題的關係上生成「單元—主題—知識點邏輯關係」的細化勾連策略(A01; B06; C01; C04)，以「學起來—聯起來—用起來」界定三個主題模組「由扶到放」的功能定位(C02)，並據此再細化調整三個主題活動的層次，使教學「更具結構性與整體性」(C02; B06)。然而，這些策略並非一蹴而就，而是在多次感知經歷的事件後方能找到解決問題的新方法(魏戈，2020)。

A組在《20以內的退位減法》主題一中，以「遊戲大闖關」串聯5E教學流程，設計兼具趣味與挑戰的組內不同個人學習單(圖3)。試教時，當「小學生」提出課本未涉及的「多減再加法」策略，試教者即時將其納入教學，並反思「教師永遠不要想著能預設所有回答，需能捕捉並運用學生帶來的意外資源」(A04; B03)。

同樣的，B組依據「真實性」、「挑戰性」、「相關性」與「可接近性」的任務設計原則，將生活情境、數據調查與排列組合整合為單元「異分母分數加減法」主題一的數學任務(圖4)，展現了以理論支撐情境轉化的能力。

airiti



(a) A組教學PPT首頁


个人解题单
组号：第____组 座号：____ 时间：_____
买铅笔
有15支铅笔，
我买9支铅笔，
还剩几支铅笔？
文具店有 15 只铅笔，兔妹妹要买 9 支铅笔。请问还剩几支铅笔？
我的列式是：15-9
画一画（我会用画图来表示）
列式计算（我会在式子上画一画帮助理解）
方法命名（我会给这个方法取名字）

(b) A組個人解題單初稿


个人学习单
组号：第____组 座号：____ 时间：_____
草地上还有多少只？
草地原来上有 12 只小鸭，7 只小鸭到河里游泳了，草地上还有几只小鸭？
画一画
算一算

(c) A組個人學習單修改稿

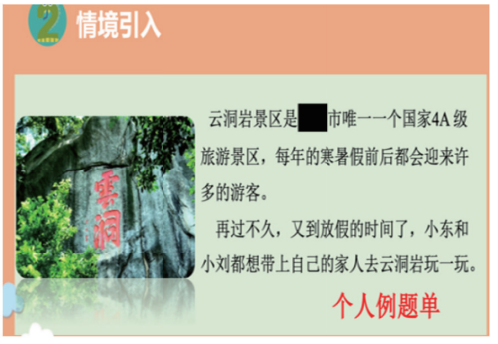
圖3：A組主題一的教學PPT首頁與組間不同個人解題單示例

C組聯想超市購物場景設計小數乘小數筆算任務(圖5)。透過不同價格與數量結合構建出「由經驗到知識」的探究鏈條，反映了少數碩生在理論、經驗與情境交互作用下，將日常生活經驗轉化並提升為具教學意圖與數學指向性的教學素材，體現其PE在創新層面的初步生成。

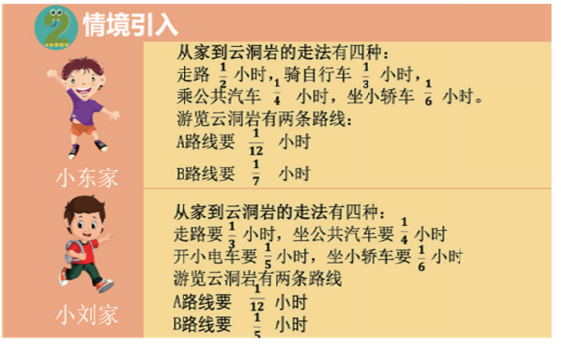
然而，課堂教學實踐同樣伴隨張力。在C組試教後的議課中，觀察者批評「這堂課有點被學生帶著走……教師缺乏總結、歸納和提煉」，而試教者則回應自己刻意「裝作不懂」以營造「學生教老師」的探究氛圍。這段對話揭示了碩生的有意識創新，但同時也凸顯了「探究式學習」中「放手」與「收斂」的平衡難題，呼應了Vygotsky(1980)對「支架」動態調適的強調。

至於C02在6 ~ 7週的後續課程中，她能夠主動預判學生在任務情境中的可能學習反應，並思考如何透過情境貫穿、學習單問題串設計來引導學生逐步深化理解。其反思也不再回應當前困難，而開始指向「若再實施將如何優化」的未來行動，關注點開始由完成設計轉向教學運作機制，但C02並未進入自主創新或自發設計階段，其調適仍多依附於小組合作等外力支持。

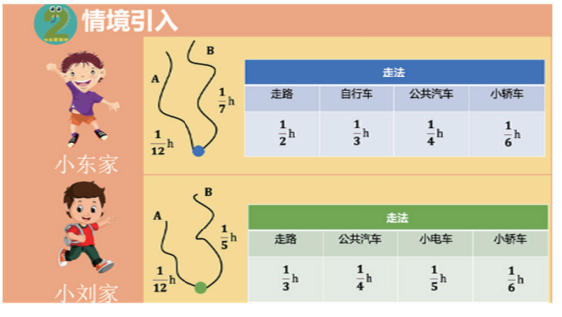
airiti



(a)創設的假期遊玩情景



(b) B組在情景中設計的兩組資料



(c)師生整理後的資料表徵

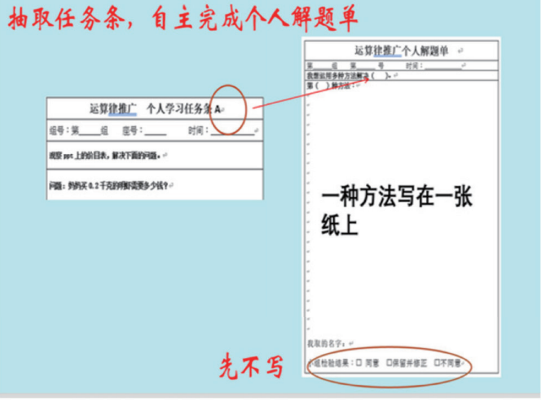
圖4：B組創設的綜合性任務與畫圖、列表數據整理



(a)創設的購物情境與數據



(b)個人學習任務條



(c)完成任務條的課件演示

圖5：C組設計的生活性任務情景與個人學習條及其操作方式演示PPT

總體而言，小學數學教育專業碩生的PE發展可區分為四個相對連續的歷程階段：

(1)認知拓展期：以理論理解為主，尚未出現實質性運用；

(2)轉化張力期：開始嘗試理論運用但行動易受既有經驗直覺牽引，呈現運用不符或高度不確定狀況；

airiti

(3) 實踐重構期：能依理論理據或情境回饋對設計作實質修正，且反思逐步展現有意識的理性分析與比較特徵；

(4) 調適創新期：能在行動中做出具理據的調整與創新嘗試。

總體呈現出由「他律」走向「自律」、由「模仿」邁向「創生」的漸進式螺旋特徵。四個階段的核心意涵、CPR各層表現對比如表3所示。

從整體分布看，絕大多數碩生可完成由再現式理解走向問題意識生成的前兩個階段，約近八成($n \approx 14$)能較為主動地串連CPR循環，也有約三成($n \approx 5$)展現出調適性創新行動與情境化實踐智慧。另外，發展歷程呈現顯著個體差異，與專業背景並無直接影響。此一結果與Suripah等(2021)對數學職前教師PCK水準僅18.8%達到優良等級並存在差異的發現相呼應。進一步分析和觀察顯示，具備較高綜合素養與自我要求者(如組長、副組長)更能主動實踐新模式並生成創新，而學習主動性較弱者其專業成長步伐相對緩慢。惟亦觀察到個別參與者，雖於課程歷程中表現並不主動，卻在後期教學實作中展現出意外的專業表現。

二、影響機制：「張力—支撐—提升」的互動循環

前述以四個時期勾勒出碩生PE之實踐—行動層之動態發展軌跡。若僅從歷程視角觀察，此發展似呈線性遞進；然而，若從影響機制角度審視，專業性生成實則源於多重內外因素的交織驅動，形成「張力—支撐—提升」的循環結構。

(一)能力瓶頸：PE發展的內在張力源

研究顯示，碩生的學教歷程普遍遭遇「能力不足」引發的內在張力：

> 我們感到分析功力不夠深厚，語言表達能力有待加強，常常有種辭不達意的感覺，因此呈現出來的結果我們自己也不甚滿意。(A01)

表3：碩士級職前小學數學教師PE之發展歷程特徵與CPR表現對照表

階段	核心意涵	C(認知層表現)	P(實踐層表現)	R(反思層表現)	PE發展特徵
認知拓展期	建構初步教學理解與行動意識。	以理論學習為主，PCK處於分散狀態。	受既有學習與經驗習慣影響，設計依賴範例與指引。	反思以經驗描述與感受回顧為主，較少涉及理性分析。	PE處于萌發狀態，理論認知偏向概念層次。
轉化張力期	理解理論但難以轉化為理據行動。	開始覺察理論與實務落差，PCK進入生成初期。	嘗試套用理論，但行動仍易受經驗牽引。	反思聚焦問題辨識與困惑描述，並伴隨高度不確定感。	由理解走向問題生成，開始嘗試理性解釋。
實踐重構期	理論開始成為修正行動的理據來源，理性實踐逐步生成。	能結合理論與回饋資料檢視原有設計，出現具方向性的PCK整合。	能根據理論或即時回饋對教學設計與行動進行實質修正。	反思開始出現分析性與理性解釋特徵。	CPR迴圈逐步內化，形成初步調節能力。
調適創新期	開始展現情境回應導向的專業能動性。	能主動統整理論與經驗，轉化生成個人教學理解與判準。	能依理論理據創生教學策略，並依情境變化進行方向性調整。	反思具系統性與前瞻性，能回饋並啟動後續教學決策。	呈現初步的調適專業性與情境化實踐智慧。

airiti

此類張力並非零星現象，而是貫穿ADDIE各環節，制約PE發展的重要結構性因素。

其一，理論與概念轉化受限：碩生多以既有經驗為認知錨點，對新理論的理解常停留在同化式重述，缺乏系統性分析與重組能力，在產生認知不協調(King, 2007; Mezirow, 2009; Piaget, 1976)後，由於「分析與概括能力不足」難以形成理論與概念重構。

其二，MPCK發展存在延滯現象：碩生由CK向PCK的轉化需依託師培者啟發、任務範例等仲介表徵，但即便提供了程式化工具與操作框架，仍需時間內化，導致MPCK從「知道」走向「能做」的歷程難以一蹴而就。

其三，元認知與話語工具不足制約RP的深化：批判性思考、專業對話與問題意識有助於教師建構教學理據並發展RP (Korthagen, 2010; Schön, 1992)，但部分碩生在討論與反思歷程中表現相對被動，缺乏質疑、論證與表達意願，其語言組織與反思表述能力亦相對薄弱，甚至出現「沒有思考」或「不會思考」(A01; A03; A04; B04)的原認知困境，使反思難以形成可檢驗的理據。期末問卷結果亦顯示，儘管認同反思的重要性，但對反思寫作支援的評價與自我效能皆偏低，顯示真正落實RP仍有相當距離。

整體而言，碩生在分析與概括、批判性思維與理論轉化等方面所面臨的能力瓶頸並非單純的技能不足，而是影響PE發展的仲介性資源層。當碩生在理論與實踐的轉化、整合或表達歷程中受阻時，相關張力將在「能力—支撐—提升」循環中被放大，進而削弱外部鷹架的介入效能，使任何一環節的薄弱皆可能制約整體轉化效率。

然而，一學期結束後的期末問卷與總結資料顯示，碩生在理論指導實踐意識、反思知能、教材解讀能力及批判性思考等認知與實踐向度的自評提升最為顯著，而在任務設計、文本撰寫和創新知能等偏向產出與創作的能力發展則相對有限。此一結果表明，該培育歷程既有效啟動了PE的認知基礎與反思機制，亦影響了PE之仲介能力層之發展，但尚未在短期內充分轉化為高水準的產出型或創新型專業表現。

(二)外力支持：PE發展的關鍵驅動

研究結果表明，師培者引導、範例範本示範、同儕協作與結構化反思任務等多元外部鷹架，能共同促進碩生從能力瓶頸走向專業內化。

其一，師培者支持：師培者透過明確任務結構、階段性範例展示與即時回饋，引導碩生聚焦理論內涵與策略應用，從而有效降低認知負荷。「老師有時候的一句話就讓我們受益匪淺。」B04的回饋，反映出師培者在認知與情感雙層面的關鍵協助者功能。

其二，範例範本作為仲介表徵：在PE發展初期，範例範本為碩生提供可觀察、可操作的學習參照，協助其建構導學案、學習單與單元統整邏輯框架，進而促進MPCK的轉化與實際運用。

其三，同儕合作與集體互動：透過小組共備、集體討論與即時回饋，不僅形成學習者參與的「實踐社群」，更促使碩生在實際互動中經歷認知衝突與觀點交換，進而辨識知識盲點、澄清教學理據並深化實踐性理解(Green et al., 2025; Lave & Wenger, 1991)。

其四，反思任務與結構化寫作框架：方案修訂、週誌與總結等結構化寫作框架與反思任務可促使學習者進行行動回溯與決策檢

airiti

驗，並透過理論與經驗的對照使個人經驗逐步轉化為可被檢驗的專業理據(Fraser et al., 2024; Schön, 1992)。

總體而言，能力瓶頸所引發的內在張力成為反思與求助的動力來源，外部鷹架提供化解張力的工具與情境。經由反覆實踐與反思，外在支持逐漸內化為個人化的決策依據與教學理據，「張力激發—鷹架介入—知識重組—能力提升」的循環動態形塑著碩生的PE發展歷程。此一影響機制不僅印證了Clarke與Hollingsworth (2002)所提出的「個人領域—實踐領域—結果領域—外在領域」的多向互動因素，也呼應了教師專業成長的社會文化屬性與情境依存性。

伍、研究省思與啟發

本研究透過兩輪一學期實踐導向教學培育課程，追蹤18位小學數學教育專業碩生的PE如何在理論理解、實踐行動與反思修正的交互作用中發展。結果顯示，PE的發展關鍵不僅在於理論是否被理解，更在於是否能在理論與實踐的往返互動中逐步形成可自我檢證和可持續調適的專業行動理據。以下從發展邏輯、內在動力與社會文化條件提出主要省思與啟發。

一、PE的發展邏輯：從理論依附到理論創化

研究顯示，碩生的PE發展呈現出從外在理論依附逐步轉向內在理據自覺，並部分顯現出理論創化傾向的發展脈絡。發展初期，多數碩生主要依賴師培者提供的理論框架與範例範本進行教學設計，專業行動多以模仿和再現為主。隨著理論理解與反思歷程的累積，部分碩生逐漸領悟到理論並非可套用的規範，而是需經由情境理解與再詮釋方能發揮作用的分析工具。當碩生能在實踐中檢驗理論、在反思中修正並重構理論時，理論開始轉化為具行動意義的專業理據。此一歷程顯示，PE的生成並非單向的理論實踐化或實踐理論化，而是理論與實踐之間的雙向轉化與相互塑造。本研究所揭示的轉化張力、實踐重構與調適創新，具體呈現了碩生如何在行動受挫、反思修正與理據重組中逐步形成可解釋、可調適的PE，為近年將PCK視為生成性專業知能的觀點提供了歷程層面的實證補充。就本研究而言，理論創化並非指教師產出全新的理論體系，而是指在行動與反思中賦予理論以新的脈絡意義，使教學實踐成為理論得以被再詮釋與深化的場域。

二、PE的雙核動力：理性實踐與適應性調節

依本研究之分析，PE的發展仰賴理性實踐與適應性調節兩項相互交織的核心動力。理性實踐並非僅在於正確運用理論概念，更在於能否在特定脈絡中依據理論進行具理據性的判斷與行動調整。研究顯示，隨著學習進度的推進，部分碩生開始嘗試以理論作為檢視自身教學理念與行動決策的分析框架，並在抽象原理與具體情境之間建立可解釋、可驗證的連結。此一歷程顯示，理性實踐的生成更接近於對理論的再詮釋而非對理論的再現。從發展歷程看，理性實踐的逐步浮現標誌著碩生從「知道如何教」邁向「知道如何依據理論去改變教」，其價值在於使實踐不再僅憑經驗直覺，而是啟動了以理據驅動實踐修正的專業思維模式。

另一方面，適應性調節則反映教師在不確定情境中進行自我觀察、自我監控與動態

airiti

調整的能力。傳統觀點常將適應視為對情境的反應，但本研究認為，真正的專業適應是一種建構性調節，涉及三個層次的變化：從模式化教學轉向動態應對，從外部要求轉向內在監控，從結果修正轉向過程生成。正是理性實踐與適應性調節的交互運作使教師在反思與行動之間建立雙向生成的動態平衡：理性實踐賦予調節以方向與邏輯，適應性調節則使理性實踐免於僵化，兩者的交互運作使得PE在行動中得以持續發展。

三、 從個體學習到文化共構：專業成長的社會文化省思

研究亦顯示，碩生的PE並非孤立於個體內部，而是在師培者引導、同儕互動與課程文化中逐步形塑，與Matitaputty等(2024)組織師資生參與線上學習社群營造協作學習可以提升教學成效的研究結果相似。

在本研究中，「學教共同體」構成了專業學習的重要生成場域：師培者提供理論鷹架與行動範例，同儕協作促成多元觀點碰撞與理據澄清，而結構化反思任務進一步將經驗轉化為可被分析與再思的專業文本。「指導—對話—表達」的動態共構機制使碩生的專業學習逐漸呈現社群性特徵。

更重要的是，碩生的專業學習在社群互動中實現了由「共同參與」到「理據共構」的遞進。初期的互動以任務分工為主，但隨著學習內容深度的提升，合作逐步轉向以教學理據與理念為核心的對話與辯證。在集體備課與教案修訂過程中，碩生開始嘗試以理據進行討論，並在觀點交換中生成新理解。這種「理據共構」的過程不僅是知識分享，更形塑了專業判斷的文化基礎。

此外，此社群化過程亦凸顯了師培文化的隱性力量。課程中的開放性討論、容錯氛圍與反思任務的常態化使碩生逐步從「為完成任務而學」轉向「為理解而學」。這種文化支持使反思不再是個體任務，而成為集體實踐的日常節奏。當以理據為核心的共學文化逐漸成形，碩生便能在共用的語言與價值框架中內化專業規範，並以此作為自我成長的長期支撐。唯有師培課程成為促進這種文化生成的共同體場域，教師專業性才可能實現生成性、持續性與文化性兼具的發展。

四、 PE作為高成長型素養的再思考

綜合本研究之發現，PE可被理解為一種高成長型素養而非固定能力或知識的集合，其運作以理論思維作為認知基底，以實踐歷程作為生成動力，並在反思歷程中不斷調適與重構。碩生在此歷程中不斷地「在理論與實踐之間學」，在「張力與反思之間長」，並逐步形成具有自我調節潛能的「初階生成態」，展現出可持續發展的開放性結構。此一結果與Darling-Hammond等(2017)及Feiman-Nemser (2001)將教師專業發展視為長期、持續學習歷程的觀點相呼應，亦提示職前師資培育的關鍵或不在於形塑「完成態」的專業者，而在於為其後續專業成長奠定可生成、可延續的學習基礎。

在此基礎上，本研究進一步提出，「高成長型素養」可具體表現為三項彼此交織的能力傾向：理論轉化力、反思重構力與適應創新力。三者並非線性發展，而是在CPR循環中相互牽動，構成PE持續成長的運作邏輯。

因此，師資培育的核心目標或不僅在於培養「合格的教學執行者」，而在於孕育「能持續生成的專業學習者」。當職前教師教育被視為專業生成的起點而非專業準備的終點，教師專業性方能從外在依附走向內在自覺的長期發展。

airiti

陸、研究結論與建議

一、研究結論

(一)從理論依附到創化實踐：PE的整體四階段發展模式

研究顯示，碩士級職前小學數學教師的PE發展是一個伴隨張力、解構與重構的階段性生成歷程。研究所辨識之四階段歷程，反映出碩生的PE由外在理論依附逐步走向以理據為核心的專業行動。值得注意的是，多數碩生的PE發展停留於「實踐重構期」，僅有約三成初步展現出跨情境調適與策略創生的專業能動性。整體而言，本研究補充並具體化了King (2007)所提出之成人學習發展階段觀，指出碩士級職前教師在專業學習情境中PE所呈現出的「認知拓展」、「轉化張力」、「實踐重構」與「調適創新」的整體階段性發展特徵。

(二)整體進階與局部循環並行：雙層遞進循環模型

本研究在整體階段分析基礎上進一步提出「雙層遞進循環模型」作為碩生PE發展機制的綜合理解(圖6)。此模型整合了研究所辨識的四個發展時期與ADDIE架構中的實踐循環。從縱向宏觀層面，碩生的PE由初期的認知拓展逐步邁向能動調適與情境創新的專業行動。在橫向微觀層面，每一時期又內嵌於ADDIE各子任務中，呈現「宏觀有階段、微觀有循環」的雙層結構，為理解師資培育中PE發展的非線性與情境性提供整合性視角。

(三)PE發展的動力鏈條：張力—支撐—提升的互動機制

研究發現，PE並非由單一因素推動，而是在「張力—支撐—提升」的互構循環中生成：張力源於能力瓶頸與理論落差，是觸發問題與策略探索的內在驅力；支撐來自師培者的鷹架引導、範例示範、同儕協作與反思任務，構成外部中介力量；提升體現在碩生將外部支援逐步內化為自我監控與調節機制，最終轉化為專業能動性。

(四)碩生的初階專業性：高成長素養的起點

一學期的結構化課程雖不足以促成成熟的專業水準，但能有效促進碩生形成以理

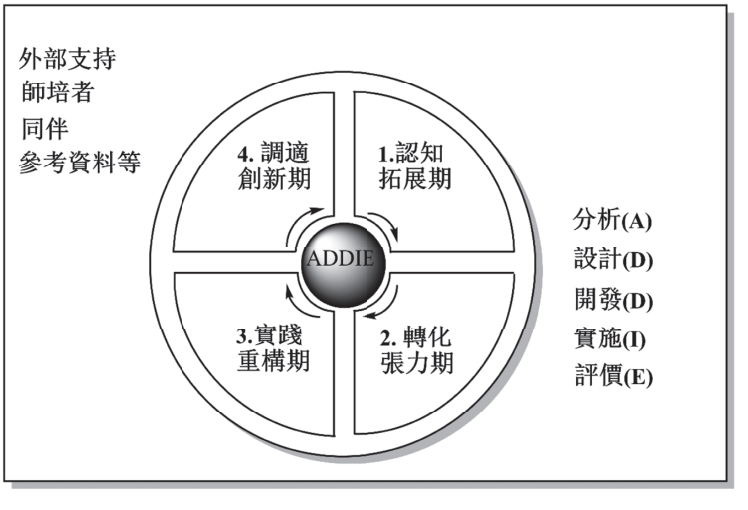


圖6：碩生PE發展的雙層遞進循環模型

airiti

據為核心的初級專業性意識，具體表現在：以學生為主體的敏感度提升，對理論應用與行動理據的自我覺察以及理性思維的萌芽。這一初級專業性雖屬生成性起點，卻蘊含高度的發展潛能。若能在職後階段持續獲得文化支持與專業回饋，初級的專業性將成為推動終身專業成長的「認知種子」與「創化動能」。

二、研究建議

(一)對師培課程設計的建議

1.以高成長型素養為導向重構師培課程

建議將PE視為可塑、可發展的高成長型素養，師培課程的設計宜強化「長程遞進」與「階段鷹架」結構，使碩生能在多輪CPR循環中逐步整合理論與行動，培養自我調適能力。

2.強化理據導向的學習任務設計

建議在師培課程設計中融入理據闡述、案例辯證與決策說理等活動，引導碩生從操作層面上升至理論層面，促進「能說理，會行理」的專業思維和理性實踐。

3.建構反思支援系統，提升自我監控能力

建議結合書面和口頭、省思範本等多模態工具，協助碩生從描述性反思轉向分析性與批判性反思，逐步形成可持續的自我監控與策略調整機制。

4.發展共學文化，營造專業社群氛圍

師培課程還應強化社群學習的制度設計，透過集體備課、案例研討與專題互構，建立以理據對話為核心的專業學習文化，使反思成為共同實踐。

5.建立職前職後銜接支持機制

建議建立「碩—職銜接」導師制度與職後學習社群，促進碩士畢業生在教學現場延續RP，將初級專業性轉化為成熟的專業能動性。

(二)對後續研究的建議

1.擴展樣本與課程情境

後續研究可納入師培課程的不同學科和教育階段，檢驗本研究所提出的「雙層遞進循環模型」之普遍性與跨情境應用價值。

2.發展長期縱貫追蹤研究

建議延伸追蹤至入職後的教學實踐，探討職前職後教師如何持續運用CPR迴圈於真實教學中，並分析PE在職業發展不同階段的持續演化。

3.使用混合研究方法

將PE的四個發展時期操作化為量表或採用混合研究方法，或引入AI賦能碩生教學學習的比較研究。

綜合而言，小學數學碩生的PE發展是一個在「知與行」、「理與情」與「自我與情境」之間不斷協商的建構過程。初級專業性雖仍顯稚嫩，但其內含的理據意識與反思能力正是專業成長的起點。唯有在持續的鷹架支持、反思文化與真實情境的共同滋養下，這一「星星之火」也可呈「燎原之勢」，推動職前教師由理論使用者轉化為理論生成者，最終發展成能以理性引導行動、以行動孕育創新的專業教師。

誌謝

感謝參與本研究的所有熱愛小學數學教育的師資生。感謝編輯與審查委員提出的寶貴意見與建議。

airiti

參考文獻

王英傑、喬剛(2024)。**全日制教育碩士研究生教學能力提升路徑研究**。未出版之碩士論文。延安大學。https://doi.org/10.27438/d.cnki.gyadu.2024.000284

[Wang, Y. J., & Qiao, G. (2024). *Research on the path of improving teaching ability of full-time master of education graduate students: Taking provincial universities in S Province as an example* [Unpublished master thesis]. Yan'an University https://doi.org/10.27438/d.cnki.gyadu.2024.000284]

中華人民共和國教育部(2022)。**義務教育數學課程標準(2022年版)**。北京師範大學出版社。

[Ministry of Education of the People's Republic of China. (2022). *Yiwu jiaoyu shuxue kecheng biaozhun*. Beijing Normal University Press.]

甘火花(2025)。論單元統整教學的設計取向、要素與模型。**紹興文理學院學報**，**45**(6)，19-29。https://doi.org/10.16169/j.issn.1008-293X.2025.06.003

[Gan, H.-H. (2025).Unit-integrating instruction design: Orientation, elements and models. *Journal of Shaoxing University*, *45*(6), 19-29. https://doi.org/ 10.16169/j.issn.1008-293X.2025.06.003]

車麗娜、徐繼存、王敬政(2018)。基於經驗學習圈的實踐理性培養——論全日制教育碩士生「三段互動式」實踐教學模式的建構。**學位與研究生教育**，**3**，13-18。https://doi.org/10.16750/j.adge.2018.03.003

[Che, L. N., Xu, J. C., & Wang, J. Z. (2018). Cultivating practical rationality based on the experiential learning circle——On the construction of a three-stage interactive practical teaching model for full-time master of education students. *Academic Degrees & Graduate Education*, *3*, 13-18. https://doi.org/10.16750/j.adge.2018.03.003]

林碧珍、陳姿靜(2021)。**數學臆測教學模式教戰手冊**。師大書苑。

[Lin, P. J., & Chen, Z. J. (2021). *Shuxue yice jiaoxue moshi jiaozhan shouce*. Shitabook.]

夏正江(2020)。不宜過分誇大實踐性知識在教師專業發展中的作用。**中國教育學刊**，**2**，72-77。

[Xia, Z. J. (2020). Role of practical knowledge in teachers's professional development should not be overstated. *Journal of the Chinese Education*, *2*, 72-77.]

高靜、李森(2023)。教師教學實踐理性的內涵、特點及表徵。**教育學報**，**19**(4)，51-62。https://doi.org/10.14082/j.cnki.1673-1298.2023.04.005

[Gao, J., & Li, S. (2023). Teaching practice rationality of teachers: Connotation, characteristics and representation. *Journal of Educational Studies*, *19*(4), 51-62. https://doi.org/10.14082/j.cnki.1673-1298.2023.04.005]

陳向明(2018)。教師實踐性知識再審視——對若干疑問的回應。**北京大學教育評論**，

airiti

16(4)，19-33。

[Chen, X. (2018). Revisiting teacher practical knowledge: A response to some queries. *Peking University Education Review*, *16*(4), 19-33.]

閆佳坤(2020)。普通高校小學教育專業型碩士人才培養模式現狀及對策研究。**教育現代化**，**7**(18)，19-21。https://doi.org/10.16541/j.cnki.2095-8420.2020.18.007

[Yan, J. (2020). Research on the current situation and countermeasures of the cultivation mode of specialized master's degree students in primary school education. *Education Modernization*, *7*(18), 19-21. https://doi.org/10.16541/j.cnki.2095-8420.2020.18.007]

程德勝、武晨、莊國華、羅今超(2017)。數學教學內容知識(MPCK)實證研究綜述與啟示。**數學教育學報**，**26**(4)，65-71。

[Cheng, D., Wu, C., Zhuang, G., & Luo, J. (2017). Analysis and enlightenment of empirical research on mathematics teaching content knowledge (MPCK). *Journal of Mathematics Education*, *26*(4), 65-71.]

劉世雄(2022)。提升師資生批判思考能力的師培課程設計之研究。**師資培育與教師專業發展期刊**，**15**(1)，29-56。https://doi.org/10.53106/20713649202204150100 2

[Liu, S.-H.(2022). Teacher education course design for improving pre-service teachers' critical thinking ability. *Journal of Teacher Education and Professional Development*, *15*(1), 29-56. https://doi.org/10.53106/20713649202204150100 2]

劉唯玉(2017)。案例撰寫與討論引導架構促進實習教師反省思考層次之研究。**教育實踐與研究期刊**，**30**(1)，71-104。

[Liu, W.-Y. (2017). A study of using the case writing and discussion guide framework to promote student teachers' reflective thinking. *Journal of Educational Practice and Research*, *30*(1), 71-104.]

鄧磊、鐘穎(2020)。「強基計畫」何以促進教師教育振興 —— 論職前教師專業素養的融合發展。**湖南師範大學教育科學學報**，**19**(6)，59-67。https://doi.org/10.19503/j.cnki.1671-6124.2020.06.007

[Deng, L., & Zhong, Y. (2020). How does "Strong Foundation Plan" promote the revitalization of teacher education—On the integrated development of preservice teachers' professional quality. *Journal of Educational Science of Hunan Normal University*, *19*(6), 59-67. https://doi.org/10.19503/j.cnki.1671-6124.2020.06.007]

潘慧玲、洪秋瑋(2020)。標準本位政策脈絡下師資培育改革成效之評估：應用「行動模式／改變模式圖式」分析師資培育學程。**教育科學研究期刊**，**65**(2)，73-104。https://doi.org/10.6209/JORIES.202006_65(2).0003

airiti

[Pan, H.-L. W., & Hung, C.-W. (2020). Effects of teacher education reform in the standard-based policy context: Analysis of a teacher education program by applying the action model/change model schema. *Journal of Research in Education Sciences*, *65*(2), 73-104. https://doi.org/10.6209/JORIES.202006_65(2).0003]

魏戈(2020)。**教師實踐性知識的生成**。教育科學出版社。

[Wei, G. (2020). *Generation of teachers practical knowledge*. Education Science Press.]

Avalos, B. (2011). Teacher professional development in teaching and teacher education over ten years. *Teaching and Teacher Education*, *27*(1), 10-20. https://doi.org/10.1016/j.tate.2010.08.007

Baki, M., & Arslan, S. (2023). Impact of lesson study on pre-service primary teachers' mathematical pedagogical content knowledge. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *54*(10), 1994-2012. https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.2022225

Bale, R. (2022). Developing adaptive expertise: What can we learn from improvisation and the performing arts? In H. King (Ed.), *Developing expertise for teaching in higher education* (pp. 203-217). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003198772-19

Ball, D. L., & Forzani, F. M. (2009). The work of teaching and the challenge for teacher education. *Journal of Teacher Education*, *60*(5), 497-511. https://doi.org/10.1177/0022487109348479

Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, *59*(5), 389-407. https://doi.org/10.1177/0022487108324554

Beausoleil-Morrison, I. (2019). Learning the fundamentals of building performance simulation through an experiential teaching approach. *Journal of Building Performance Simulation*, *12*(3), 308-325. https://doi.org/10.1080/19401493.2018.1479773

Bengtsson, M. (2016). How to plan and perform a qualitative study using content analysis. *NursingPlus Open*, *2*, 8-14. https://doi.org/10.1016/j.npls.2016.01.001

Berliner, D. C. (2001). Learning about and learning from expert teachers. *International Journal of Educational Research*, *35*(5), 463-482. https://doi.org/10.1016/S0883-0355(02)00004-6

Berry, A., Depaepe, F., & van Driel, J. (2016). Pedagogical content knowledge in teacher education. In J. Loughran & M. Hamilton (Eds.), *International handbook of teacher education* (pp. 347-386). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0366-0_9

Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6

Bukari, H. I., & Govender, R. (2024). Developing modelling competencies in pre-service mathematics teachers through reflective thinking skills. *African Journal of Teacher Education and*

airiti

Development, *3*(1), Article a54. https://doi.org/10.4102/ajoted.v3i1.54

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Biological Sciences Curriculum Study. https://reurl.cc/mpWDo9

Chun, A. H. W. (2004). The agile teaching/learning methodology and its e-learning platform. In W. Liu, Y. Shi, & Q. Li (Eds.), *Advances in Web-Based Learning—ICWL 2004* (pp. 11-18). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-27859-7_2

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

Common, D. L. (1991). In search of expertise in teaching. *Canadian Journal of Education*, *16*(2), 184-197. https://doi.org/10.2307/1494970

Darling-Hammond, L., & Baratz-Snowden, J. (2007). A good teacher in every classroom: Preparing the highly qualified teachers our children deserve. *Educational Horizons*, *85*(2), 111-132.

Darling-Hammond, L., Hyler, M. E., & Gardner, M. (2017). *Effective teacher professional development*. Learning Policy Institute.

Evans, N. J., & Guido, F. M. (2012). Response to Patrick Love's "informal theory": A rejoinder. *Journal of College Student Development*, *53*(2), 192-200. https://doi.org/10.1353/csd.2012.0022

Evens, M., Elen, J., & Depaepe, F. (2015). Developing pedagogical content knowledge: Lessons learned from intervention studies. *Education Research International*, *2015*, Article 790417. https://doi.org/10.1155/2015/790417

Feiman-Nemser, S. (2001). From preparation to practice: Designing a continuum to strengthen and sustain teaching. *Teachers College Record*, *103*(6), 1013-1055. https://doi.org/10.1111/0161-4681.00141

Feldon, D. F. (2007). The implications of research on expertise for curriculum and pedagogy. *Educational Psychology Review*, *19*(2), 91-110. https://doi.org/10.1007/s10648-006-9009-0

Fraser, M., Wotring, A., Green, C. A., & Eady, M. J. (2024). Designing a framework to improve critical reflection writing in teacher education using action research. *Educational Action Research*, *32*(1), 43-59. https://doi.org/10.1080/09650792.2022.2038226

Fukaya, T., Nakamura, D., Kitayama, Y., & Nakagoshi, T. (2024). A systematic review and meta-analysis of intervention studies on mathematics and science pedagogical content knowledge. *Frontiers in Education*, *9*, Article 1435758. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1435758

Gerring, J. (2004). What is a case study and what is it good for? *American Political Science Review*,

airiti

98(2), 341-354. https://doi.org/10.1017/S0003055404001182

Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (pp. 28-42). Routledge.

Gess-Newsome, J., Taylor, J. A., Carlson, J., Gardner, A. L., Wilson, C. D., & Stuhlsatz, M. A. M. (2019). Teacher pedagogical content knowledge, practice, and student achievement. *International Journal of Science Education*, *41*(7), 944-963. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1265158

Green, E., Penman, M., & Brentnall, J. (2025). Peer-assisted learning. In E. Green, A. Volkert, E. N. Opoku, & K. Bannigan (Eds.), *New practice-based learning in the allied health professions: A toolkit for innovation and excellence* (pp. 44-66). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003411765-4

Grossman, P. (Ed.). (2018). *Teaching core practices in teacher education*. Harvard Education Press.

Grossman, P., Compton, C., Igra, D., Ronfeldt, M., Shahan, E., & Williamson, P. W. (2009). Teaching practice: A cross-professional perspective. *Teachers College Record*, *111*(9), 2055-2100. https://doi.org/10.1177/016146810911100905

Gudmundsdottir, S., & Shulman, L. (1987). Pedagogical content knowledge in social studies. *Scandinavian Journal of Educational Research*, *31*(2), 59-70. https://doi.org/10.1080/0031383870310201

Hatano, G., & Inagaki, K. (1986). Two courses of expertise. In H. Stevenson, H. Azuma, & K. Hakuta (Eds.), *Child development and education in Japan* (pp. 262-272). Freeman.

Husu, J., Toom, A., & Patrikainen, S. (2008). Guided reflection as a means to demonstrate and develop student teachers' reflective competencies. *Reflective Practice*, *9*(1), 37-51. https://doi.org/10.1080/14623940701816642

Jay, J. K., & Johnson, K. L. (2002). Capturing complexity: A typology of reflective practice for teacher education. *Teaching and Teacher Education*, *18*(1), 73-85. https://doi.org/10.1016/S0742-051X(01)00051-8

Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Holubec, E. (1998). *Cooperation in the classroom* (7th ed.). Interaction Book.

Kaiser, G., Blömeke, S., König, J., Busse, A., Döhrmann, M., & Hoth, J. (2017). Professional competencies of (prospective) mathematics teachers—Cognitive versus situated approaches. *Educational Studies in Mathematics*, *94*(2), 161-182. https://doi.org/10.1007/s10649-016-9713-8

airiti

Karlberg-Granlund, G., & Pastuhov, A. (2024). Being, becoming and sustaining: Learning professional learning in teacher education. *Professional Development in Education*, *50*(2), 372-385. https://doi.org/10.1080/19415257.2023.2291360

King, K. P. (2007). The transformation model. *International Journal of Information and Communication Technology Education*, *3*(2), 26-31. https://doi.org/10.4018/jicte.2007040103

Korthagen, F. A. J. (2001, April). *Linking practice and theory: The pedagogy of realistic teacher education*. Annual Meeting of the American Educational Research Association, Seattle, WA.

Korthagen, F. A. J. (2010). How teacher education can make a difference. *Journal of Education for Teaching*, *36*(4), 407-423. https://doi.org/10.1080/02607476.2010.513854

Korthagen, F. A. J., Kessels, B., Koster, B. Lagerwerf, & Wubbels T. (Eds.). (2001). *Linking practice and theory: The pedagogy of realistic teacher education*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781410600523

Korthagen, F. A. J., & Vasalos, A. (2005). Levels in reflection: Core reflection as a means to enhance professional growth. *Teachers and Teaching*, *11*(1), 47-71. https://doi.org/10.1080/13540600420000337093

Kreber, C. (2002). Teaching excellence, pedagogical expertise, and the scholarship of teaching. *Innovative Higher Education*, *27*(1), 5-23. https://doi.org/10.1023/A:1020464222360

Lampert, M., Franke, M. L., Kazemi, E., Ghousseini, H., Turrou, A. C., Beasley, H., Cunard, A., & Crowe, K. (2013). Keeping it complex: Using rehearsals to support novice teacher learning. *Journal of Teacher Education*, *64*(3), 226-243. https://doi.org/10.1177/0022487112473837

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge University Press.

Liu, S., Yuan, R., & Wang, K. (2025). Explicit teaching of reflective practice (RP) in pre-service teacher education: Probing the immediate and long-term influence. *Teachers and Teaching*, *31*(1), 86-103. https://doi.org/10.1080/13540602.2024.2383363

Loughran, J. J. (2002). Effective reflective practice: In search of meaning in learning about teaching. *Journal of Teacher Educatio*n, *53*(1), 33-43. https://doi.org/10.1177/0022487102053001004

Matitaputty, C., Nusantara, T., Hidayanto, E., & Sukoriyanto. (2024). How mathematics teacher' special knowledge changing: A case study in the professional teacher education program. *Journal on Mathematics Education*, *15*(2), 545-574. https://doi.org/10.22342/jme.v15i2.pp545-574

McDonald, M., Kazemi, E., & Kavanagh, S. S. (2013). Core practices and pedagogies of teacher education: A call for a common language and collective activity. *Journal of Teacher Education*, *64*(5), 378-386. https://doi.org/10.1177/0022487113493807

airiti

Menary, R., & Kirchhoff, M. (2014). Cognitive transformations and extended expertise. *Educational Philosophy and Theory*, *46*(6), 610-623. https://doi.org/10.1080/00131857.2013.779209

Merriam, S. B. (2002). Introduction to qualitative research. In S. B. Merriam & R. S. Grenier (Eds.), *Qualitative research in practice: Examples for discussion and analysis* (pp. 3-17). Jossey-Bass.

Mezirow, J. (2009). An overview on transformative learning. In K. Illeris (Ed.), *Contemporary theories of learning: Learning theorists… in their own words* (pp.90-105). Routledge.

Piaget, J. (1976). Piaget's theory. In B. Inhelder, H. H. Chipman, & C. Zwingmann (Eds.), *Piaget and his school: A reader in developmental psychology* (pp. 11-23). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-46323-5_2

Roberts, P., Barblett, L., Boylan, F., & Knaus, M. (2021). Revitalising reflective practice in pre-service teacher education: Developing and practicing an effective framework. *Reflective Practice*, *22*(3), 331-344. https://doi.org/10.1080/14623943.2021.1881888

Schön, D. A. (1992). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315237473

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, *57*(1), 1-23. https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411

Sorensen, N. (2017). Improvisation and teacher expertise: Implications for the professional development of outstanding teachers. *Professional Development in Education*, *43*(1), 6-22. https://doi.org/10.1080/19415257.2015.1127854

Strauss, A., & Corbin, J. (1998). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory*. Sage.

Suripah, S., Suyata, S., & Retnawati, H. (2021). Pedagogical content knowledge (PCK) mathematics pre-service teachers in developing content representations (CoRes). *International Journal on Emerging Mathematics Education*, *5*(1), 41-50. https://doi.org/10.12928/ijeme.v5i1.19954

Tsui, A. B. M. (2005). Expertise in teaching: Perspectives and issues. In K. Johnson (Ed.), *Expertise in second language learning and teaching* (pp. 167-189). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1057/9780230523470_9

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman, Eds.). Harvard University Press. https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4

Zeichner, K. (2010). Rethinking the connections between campus courses and field experiences in college- and university-based teacher education. *Journal of Teacher Education*, *61*(1-2), 89-

airiti

99. https://doi.org/10.1177/0022487109347671

Zeichner, K. (2023). The “turn once again toward practice-based teacher education” revisited. *Journal of Teacher Education*, *74*(2), 178-180. https://doi.org/10.1177/00224871231160401

Zeichner, K., & Liu, K. Y. (2010). A critical analysis of reflection as a goal for teacher education. In N. Lyons (Ed.), *Handbook of reflection and reflective inquiry: Mapping a way of knowing for professional reflective inquiry* (pp. 67-84). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-85744-2_4

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice*, *41*(2), 64-70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2

airiti

科學教育學刊
2026, 第三十四卷第一期, 37-69
DOI:10.6173/CJSE.202603_34(1).0002

Contemporary Journal of Science Education
2026, 34(1), 37-69

Exploring the Development of Pedagogical Expertise Among Master-Level Students in Primary Mathematics Education: A Case Study Within a Practice-Oriented Teacher Education Program

Huo-Hua Gan

College of Education and Psychology, Minnan Normal University

Abstract

This study explored the developmental characteristics and influencing mechanisms of pedagogical expertise among master-level pre-service primary mathematics teachers. Eighteen students from two cohorts participated in a one-semester, practice-oriented teacher education course with a structured design. Adopting a qualitative approach, the study integrated multiple sources of data, including classroom observations, instructional design artifacts, learning journals, and reflective summaries, to examine participants' learning-to-teach trajectories within a cognition practice and reflection (CPR) framework. The findings indicate that pedagogical expertise develops through four macro-level stages—cognitive expansion, transformational tension, practice reconstruction, and adaptive innovation—while simultaneously undergoing continuous micro-level iterations across the ADDIE (analysis, design, development, implementation, and evaluation) phases of instruction model. The results in a dual-layer progressive structure, character-ized by staged development at the macro level and cyclical refinement at the micro level. The development of pedagogical expertise is shaped by the dynamic interplay of ability bottlenecks, external support, and internalization processes, with notable individual dif-ferences. Overall, only about 30% ($n \approx 5$) demonstrated adaptive innovative actions and contextsensitive practical wisdom. Based on these findings, the study proposes suggestions for the design of teacher education curricula and future research.

Key words: Primary Mathematics Education, Pre-Service Teachers, Pedagogical Expertise, Practice-Oriented Learning, Teacher Education.

* Corresponding author: Huo-Hua Gan, hhgan2006@126.com; ORCID: 0000-0002-2628-6815
Received: 2025/10/23, Revised: 2026/3/2, Accepted: 2026/3/23, Available Online: 2026/7/9