



課程轉化實作促進國小師培生 對數學課程理解之研究

陳彥廷 *

摘 要

本研究旨在探究 22 位國小師培生在進行數學課程轉化實作過程中，其對課程理解的轉變，以及促進其課程理解的因素。資料分析則以討論心得、教案、試教語料與評論、總體討論及晤談語料為依據。本研究發現，師培生透過課程轉化，對課程發展過程與課程內涵的理解發展較為豐富；而同儕討論、對實作經驗反思、師培者引導、教師手冊、學生反應及輔導教師回饋是促進師培生發展對數學課程理解的重要因素。最後，本研究提出相關建議以提供未來數學師資培育與後續研究之參考。

關鍵詞：師培生、教科書、教學實務、數學課程轉化

* 陳彥廷，國立臺中教育大學數學教育學系副教授（通訊作者）

電子郵件：ytchen@mail.ntcu.edu.tw

投稿日期：2013 年 11 月 4 日；修正日期：2014 年 1 月 6 日；接受日期：2014 年 5 月 21 日

The Implementation of Curriculum Transformation and the Facilitation of Elementary School Pre-service Teachers' Understanding of Mathematics Course

Yen-Ting Chen*

Abstract

This research aimed to study 22 elementary school pre-service teachers' attitude change of the transformed course and the contributing factors that facilitates their understanding of the transformed course during the process of curriculum transformation. Data analysis was based on group discussions, lesson plans, teaching drills and interview corpus. This research showed that through the process of curriculum transformation, the pre-service teachers acquired more understanding toward course development and curriculum content; in contrast, peer discussions, reflections on practical experiences, pre-service teacher trainings, the uses of teacher's handbook, and feedbacks from students and teacher-counselors were critical factors to facilitate the development of pre-service teachers' understanding of the mathematics curriculum. Finally, the research proposed relevant suggestions for future mathematics teacher education and research references.

Keywords: pre-service teachers, textbooks, teaching practice, mathematics curriculum transformation

* Yen-Ting Chen, Associate Professor, Department of Mathematics Education, National Taichung University of Education
E-mail: ytchen@mail.ntcu.edu.tw (Corresponding Author)
Manuscript received: Nov. 4, 2013; Revised: Jan. 6, 2014; Accepted: May 21, 2014

壹、研究背景與目的

在九年一貫課程改革中，教師被賦予課程設計的權利，但多數教師仍依教科書和教學指引進行教學（游家政，1998）。此現象也常見於美國數學課室中（Grouws & Smith, 2000; Grouws, Smith, & Sztajn, 2004; Seymour & Davidson, 2003）。可見，教科書左右了教師的課程決定，要教師改變原有教學習慣，符合當前改革目標並不容易（Agudelo-Valderrama, 2008）。因此，協助教師培養將教科書內容轉化成適合學生學習活動的能力，也就是培養課程轉化的能力，是師資培育重要工作之一。

然而，相關研究（Melville, Fazio, Bartley, & Jones, 2008; Pugh, Linnenbrink-Garcia, Koskey, Stewart, & Manzey, 2010）指出，初任教師進入教學現場時，由於缺乏實務經驗，對於教學的做法，往往只依據經驗或背景知識。因此，師資培育者應在職前養成階段，培育他們所需的能力，而課程轉化能力便是其中之一。

那麼，該如何培養課程轉化能力呢？簡梅瑩（2007）指出，欲促進教師專業發展，應培養其自我反思能力，以充實專業知能。過去，有許多研究運用反思策略促進教師專業成長（Manouchehri, 2002; Noffke & Brennan, 1991; Schön, 1987）。Howard（2003）提到，將批判反思練習納入師培過程，能幫助教師從不同觀點檢視與修正教學實務。荷蘭 Freudenthal 研究中心（SLO /NVORWO, 1994）在其出版的《小學數學師資培育標準》（*Standards for Primary Mathematics Teacher Education*）中也將反思列為數學師資培育的三大支柱之一。可見，發展教師反思能力，是當前師資培育的重要任務（Darling-Hammond, 1994）。對此，Rodgers（2002）提出促進教師反思教學設計參考指標：一、反思是探討經驗意義的過程，能對經驗進行深入思考與判斷，並進行新舊經驗聯結；二、反思是探究的過程，具備系統性、嚴謹性及訓練

性的思考；三、反思需在公眾團體與他人互動的過程中產生；四、反思需要參與者抱持企圖發展個人專業知識的態度。因此，研究者認為，要培育教師對教學實務的反思能力，不能只靠個體自行思考，應在同儕互動中，對自身與他人的教學相關經驗進行對話，才能達成。

鑑此，研究者在自己任教的「國民小學數學教材教法」課程中，讓修讀本課程的 22 位師培生參與課程轉化，他們在聽完研究者介紹後，也都對此議題有興趣。因此，本研究即讓這群師培生透過實作、經驗分享與反思，提升他們對數學課程的理解。而研究者即從課程理解觀點，審視其在課程轉化歷程中對課程理解內涵的轉變，並探討促進他們對課程理解轉變的因素。此為本研究之目的。據此，提列研究問題如下：

- 一、師培生在數學課程轉化歷程中，對課程理解的轉變為何？
- 二、師培生在數學課程轉化歷程中，所遭遇之困境及促進其課程理解的因素為何？

貳、文獻探討

鑑於前述許多研究指出反思有益於師資專業成長；甚至，在團體中與他人互動過程，也有助於反思能力增加；並且，培養教師課程轉化能力是重要工作之觀點，本研究帶領一群師培生從團體互動中共同轉化課程，讓他們在此歷程中，透過同儕對話、反思促進其對數學課程之理解。以下，將從相關理論進行探討，作為本研究之立論基礎。

一、同儕對話、反思可促進教師專業發展

Lerman（2001）從教師教學的脈絡，建議教師學習理論的研究可從動機的複雜性、目標、知識／能力和在社會實作所形成的身份等四個因素著手（李源順、林福來，2003）。針對促進教師專業成長的因素，陳

美玉（1999）指出，教師對經驗反省是促成其專業成長的動力來源，教師對經驗反省的途徑，包括同儕分享、研究人員與教師間的專業合作、經驗、故事、成長史的描述及札記反省法……等。對此，Manouchehri（2002）認為，教師若能進行同儕對話，將有助於教學知識成長。Solomon（1987）認為，反思是學習者將自己的經驗、行動、個人觀點和所接受的學說進行調和，建構個人知識與意義的過程。Laurillard（1993）也提出，要達成反思學習，應包含「目標—行動—回饋」（goal-action-feedback）批判思考循環程序。讓反思者獲得不同觀點回饋是重要關鍵（Seale & Cann, 2000）。相關研究成果（李源順、林福來，2003；姚如芬，2006；Dicker, 1990；Sardo-Brown, 1992；Schön, 1983）也發現，透過實作與反思過程，確實能讓教師發展教學相關知識。因此，師培者若能在師培生養成過程中，引導其對專業能力培養的重視，提供他們實踐經驗，讓他們分享、反思與修正經驗，應能促進其專業成長。

二、課程轉化可促進教師專業發展

那麼，何謂課程轉化？如何進行？首先，先界定本研究所指「課程」的意涵。Goodlad（1979）提到，「課程」依運作層次，分為理念、正式、知覺、運作與經驗等課程。其中，理念課程是國家進行課程改革的理念與方向，由課程相關學者制定；正式課程是課程及學科領域學者依其對理念課程的理解所制定的課程綱要、教科書；知覺課程是教師閱讀正式課程後，自身產生對正式課程的理解；進而將知覺課程設計成適合自己學生的運作課程；而學生即在運作課程實踐中形塑出自己理解的經驗課程。至於課程轉化，張芬芬、陳麗華與楊國揚（2010：4-5）指出：

課程轉化是指課程發展的層層步驟中，課程理想經逐步轉型變化，最後化為可供師生使用的具體教學材料。其中，教科書是

教學材料中使用最普遍與最重要者，因此，也是課程轉化過程中最主要的發展成品。其各步驟所採取的轉型變化作為，使得理想化為實作，抽象化為具體，宏觀化為微觀，單純化為複雜，上位概念化為下位概念；這些轉型變化之作為，即所謂「課程轉化」。

由此看來，課程轉化是將抽象理念轉變為具體可行方案的歷程，是對原物件進行理解、重新表徵進而形成新物件的過程。也就是理解上位課程而形成下位課程（例如：正式課程→知覺課程）的歷程。再者，張芬芬等人指出，各層次課程轉化中，是由不同層級人員進行轉化，涉及的人、事、物內涵如圖 1 中間主軸所示。

其中，「課程轉化 I」是將國家的課程實施理念轉化為課程綱要與教科書，以學者、專家為主要參與人員；「課程轉化 II」與「課程轉化 III」是教師理解學者、專家編製的教科書，並轉化為教學活動；「課程轉化 IV」是學生將教師傳遞的教學活動轉化為自己理解的內涵。

本研究進行的課程轉化，是研究者帶領師培生從認識當前課程改革精神與理念做起，然後輔導其理解課程綱要、教科書；進而設計可行的教學活動並試行，再針對教學成效進行討論與反思。此作為實踐了圖 1 中「課程轉化 II、III」步驟，也就是「正式課程→知覺課程→運作課程」階段，即為 Goodlad（1979）的「正式課程轉化為運作課程」歷程。

此外，Shulman（1987）在其「教學推理與行動模式」中，提出教師在教學中具有理解、轉化、教學、評鑑、反思與再理解等六個行動循環特性，其中，「轉化」行動包括準備、表徵、選擇、調適與適應學生特質等步驟：

- （一）準備：針對教學文本進行詮釋與分析。
- （二）表徵：將教學文本表徵為可傳遞給學生的形式。

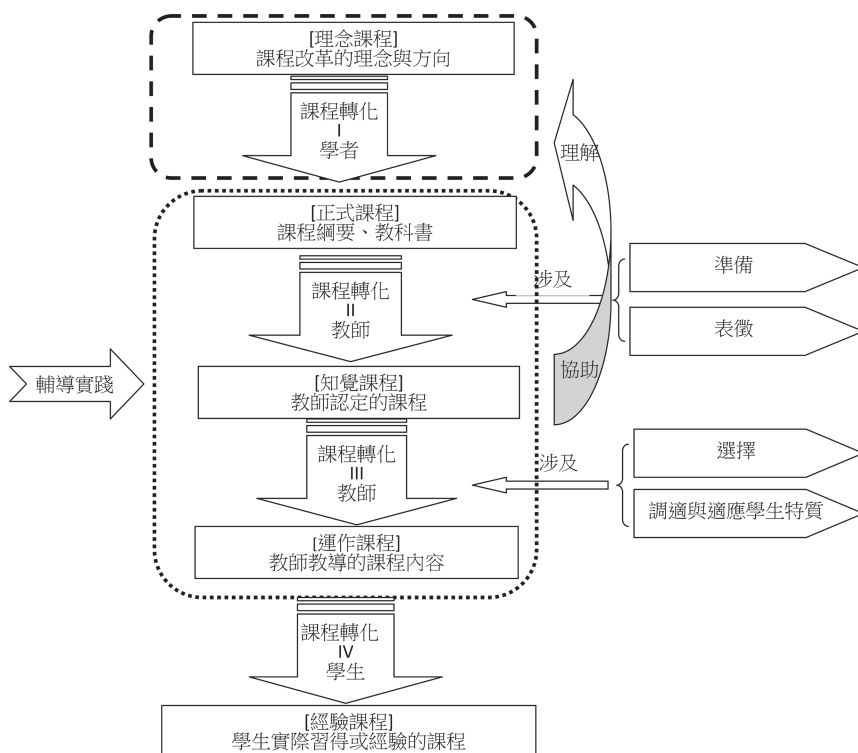


圖 1 不同層次課程轉化涉及之人、事、物與步驟

(三) 選擇：選擇適切教學策略與方法。

(四) 調適與適應學生特質：針對學生不同特性調整或修改教學素材。

研究者認為，若將 Shulman (1987) 轉化步驟融入課程層次間的轉化，那麼，「課程轉化 II」恰涉及準備與表徵步驟；「課程轉化 III」則與選擇、調適與適應學生特質呼應（如圖 1 右側所示）。因此，本研究將在引導師培生進行課程轉化過程中，於「準備」步驟解讀課綱與教科書內容（正式課程）；在「表徵」步驟將教科書內容轉化為教學計畫（知覺課程）；接續，在「選擇」步驟擇取合適教學策略，形成教學行動；並在「調適與適應學生特質」步驟體現教學並反思其合適性（運作課程）。

三、課程理解的意涵

在課程轉化過程中，要探討師培生哪些專業知識面向？從 Shulman（1986, 1987）所提關於教師知識的內涵來看，課程知識（curriculum knowledge）是其中的面向之一，象徵教師必須對課程的基本理論及內涵有所認識。由於本研究是在師培生進行課程轉化的脈絡中進行，因此，本研究將從「師培生對數學課程的理解」觀點進行探討。

關於「對課程的理解」，Park 與 Oliver（2008）綜合文獻（Elbaz, 1983; Grossman, 1990; Leinhardt & Smith, 1985; Tamir, 1988）指出，「對課程的理解」面向應包括對「課程材料」、「課程特點」及「水平課程與垂直課程」的認識（內涵如表 1）。

表 1 Park 與 Oliver（2008）所述教師對課程理解的內涵

編號	名稱	內涵
1	對課程材料的認識	瞭解特定單元、主題相對於整體課程的重要性
2	對課程特點的認識	瞭解特定單元、主題的核心概念
3	對水平課程與垂直課程的認識	瞭解特定單元、主題與整體課程間的關聯，以及與其他學科課程間的關聯

高熏芳與邱瑋芸（2008）整理相關研究（周梅雀，2005；陳美如，2007；甄曉蘭，2004）指出，教師「對課程的理解」可分為對「課程發展過程」、「自我與他人」、「課程發展環境」等面向的理解。其中，對「課程發展過程」的理解包括對「課程材料」、「教學策略」與「課程評鑑」的理解；對「自我與他人」的理解包括對「學生先備知識」、「同儕互動可促進課程修訂的認同」的理解；對「課程發展環境」的理解包括對「課程發展方向」、「學校定位」的理解（內涵如表 2）。

從課程實施涉及的人、事、物觀點來看，高熏芳與邱瑋芸（2008）

表 2 高熏芳與邱瑋芸（2008）所述教師對課程理解的內涵

編號	名稱		內涵
	面向	細項	
1		對課程材料的理解	能選擇適合學生發展的課程內容
2	對課程發展過程的理解	對教學策略的理解	能擬定合適的教學策略，誘發學生的學習興趣
3		對課程評鑑的理解	能做教學成效的評估
4	對自我與他人的理解	對學生先備知識的理解	能知道學生的需求、特性、意圖與背景
5		對同儕互動可促進課程修訂認同的理解	能透過自我反思和他人進行有意義的對話與交流
6	對課程發展環境的理解	對課程發展方向的理解	能瞭解課程存在的教育背景與文化脈絡
7		對學校定位的理解	能在課程發展與實施歷程中，找到課程的定位與目標

對於課程理解的分類可分成教學素材（課程發展過程）、學生（自我與他人）與學校環境（課程發展環境）等三類；Park 與 Oliver（2008）所探討之對課程之理解則聚焦於對教學素材（課程材料、課程特點、水平課程與垂直課程）的認識。因此，研究者認為「課程理解」即是教師對於該層次課程的發展過程、課程實施涉及的人之需求與特性、及課程存在的背景與脈絡能有所認識。是故，綜合上述觀點，本研究將「對課程的理解」分為「理解課程發展的過程」、「理解課程的內涵」與「理解課程的環境脈絡」等面向，而各面向共分為六個細項（如圖 2）。

由圖 2 觀之，「理解課程發展的過程」分為「理解課程修訂」：能瞭解特定單元在歷年課程修訂、演進過程的改變，屬高熏芳與邱瑋芸（2008）所稱「對課程修訂的認同」及「理解課程發展方向」；與「理解課程評鑑」：能針對教學安排、學生學習成效進行評估，屬高熏芳等人所稱「理解課程評鑑」。「理解課程的內涵」分為「理解水平課程」：能將單元概念與其他學科領域連結；與「理解垂直課程」：能將單元概念與其他單元概念連結，屬 Park 與 Oliver（2008）所稱「對水平課程

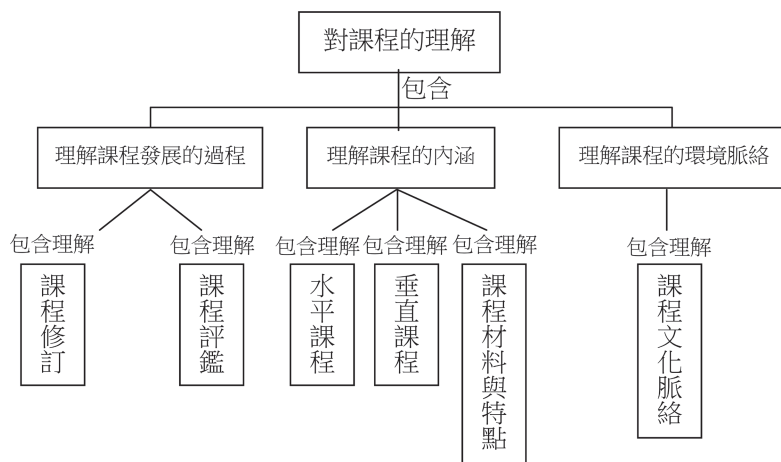


圖 2 本研究的課程理解架構

與垂直課程的理解」；及「理解課程材料與特點」：能掌握該單元概念的特徵，屬高熏芳與邱瑋芸等人及 Park 與 Oliver 所稱「理解課程材料與特點」。「理解課程的環境脈絡」中「理解課程文化脈絡」是指教師能掌握課程教育背景與文化脈絡的關係，屬高熏芳等人所稱「對學校定位的理解」。

綜合來說，本研究所架構課程理解之「理解課程的內涵」面向，與澳洲（The Australian Association of Mathematics Teachers [AAMT], 2006）制定的卓越數學教學標準中的「數學知識」及劉曼麗（2006）所發展的國小職前教師數學專業基準中的「內容知識」一致；而架構中「理解課程的環境脈絡」面向，和 Cochran、DeRuiter 與 King（1993）所提「學科教學獲知模式」（Pedagogical Content Knowing, PCKg）中的「對教學情境的知覺」一致。至於本研究所發展的「理解課程發展過程」之「對課程評鑑的理解」則和林碧珍與蔡文（2007）所建構的輔導教師專業發展指標內涵一致。本研究則依上述架構分析師培生在課程轉化過程中對數學課程理解內涵的轉變。

四、數學課程轉化相關研究

關於「課程轉化」，周珮儀（2005）指出，探討教師課程轉化的過程，是值得探究的方向。無論是數學教育領域（吳滋莉，2011；姚如芬、郭重吉、柳賢，1999；翁愉雅，2009；葉信宏，2002；Shkedi, 2009），或是一般教育領域（周珮儀，2005；徐慶宏，2006；黃上芬，1997；郭至和，2000；張欣儀，2001；葉靜宜，2007）都可見到相關實徵研究，但數量不多。不過，研究者以相同概念「數學課程設計」進行檢索，發現此議題應不陌生。過去，已有許多研究（林碧珍、蔡文煥，2007；連安青，1999；張英傑、張素宜，2008）進行或主張教師進行數學課程設計有助於專業發展。

在數學領域，張英傑與張素宜（2008）提到，教師若能為學生設計情境脈絡串連的課程，應能促進學生數學學習。葉信宏（2002）藉由教案改寫歷程，讓教師將所「知」與所「思」，「行」諸於教案改編設計，發現教師能更深層熟悉教學內容，達成專業成長。連安青（1999）、Shkedi（2009）也發現，教師若能將原訂課程轉化為適合自己學生的教學活動，對學生學習有正向幫助。此外，姚如芬、郭重吉與柳賢（1999）亦讓職前教師在教學研究實作歷程中學習如何教數學，發現模擬教學、課堂分組討論等情境安排，能形塑職前教師對數學教學的看法，建構其數學教學相關知識。可見，教師進行數學課程轉化有助於自身專業發展，也有利於學生數學學習，是促進數學教與學的策略之一。

然而，教師進行數學課程轉化，也未必全然順利。翁愉雅（2009）發現，透過自省與修正，教師能逐漸解讀能力指標內涵，並將真實情境融入課程設計，達成課程轉化；但是，無法完整解讀能力指標、對真實情境認知不足，是教師進行課程轉化遭遇的困境。透過同儕討論，能順利解決此困境。吳滋莉（2011）讓教師透過數學案例討論，發現教師能順利將教科書內容轉化為可行的教學活動；而教師無法掌握學生的迷思

概念，是課程轉化所遇到的困境。但案例討論能解決此困境。上述結果顯示，教師對能力指標不熟悉、無法掌握真實情境、不熟悉學生迷思概念，都是進行課程轉化時曾遭遇的困境，而教師自省及案例討論能促進其數學課程轉化。

因此，本研究將引導師培生進行數學課程轉化，從過程中探究他們對於數學課程理解的轉變與遭遇的困境，並分析促進他們課程轉化的因素。

參、研究方法

一、研究架構與設計

（一）研究架構

鑑此，本研究為師培生佈置一個能進行「課程轉化」實作的情境，讓他們進行三次課程轉化。每次轉化都透過「小組實作→同儕對話→反思」的循環，讓他們將「課程（文本）」轉化為「教學計畫」，再轉化為「教學活動」。研究者則從他們轉化過程中留下的相關資料，分析其對數學課程理解的轉變。圖 3 為研究架構。

（二）研究設計

由於本研究是在「國民小學數學教材教法」課程中進行，本課程的內涵如表 3，共進行 18 週。本研究的課程轉化活動，是讓師培生透過課程（文本）解讀、教學計畫、教學實作，在同儕對話、討論歷程中反思，進而修正、解決課程轉化產生的困境，達成對數學課程理解。

整體來說，本研究共佔此課程總時數 15 小時（約 41.7%）。首先，研究者將參與本研究的 22 位師培生隨機分為 A（7 人）、B（7 人）、C（8 人）三組，各組必須針對低、中、高年級各擇取一個單元進行課程轉

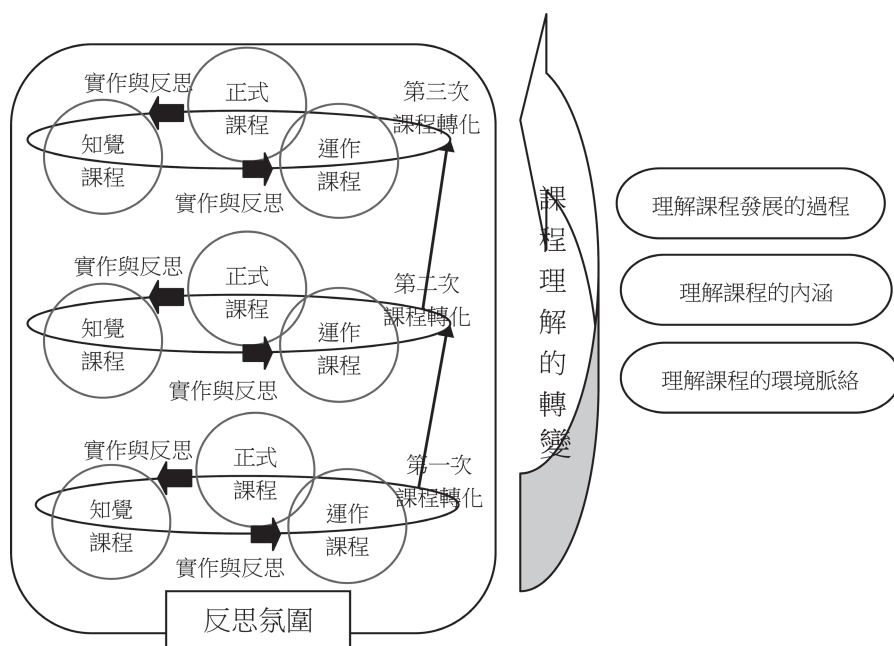


圖 3 研究架構圖

化。如此安排的原因有二：一、有些研究（黃文吟、張惠博，1994；Geddis, Onslow, Beynon, & Oesch, 1993）指出，許多初任教師多依賴自己的經驗與教科書進行教學，無法真正掌握、理解課程真正意涵。因此，研究者期望提供他們多次課程轉化經驗，發展其對不同年段課程的轉化能力；二、依課程難易度而言，從低、中至高年級由簡而繁的課程轉化練習，應是合理設計。因此，圖 4 課程轉化 II、III 歷程共循環三次（即三個階段）。

至於師培生試教的場域則安排在大學附近的國小。研究者在學期初便商請該國小協助安排低、中、高年級的班級，提供「彈性課程」時間讓師培生進行試教。每次試教時間為 1 節課，試教人員是由該組組員自行分派，依該節課的課程段落，由一人負責一段落的方式進行。試教後，隨即於該校會議室由師培生、任教該班之數學教師（輔導教師）針對試

表 3 本研究於「國民小學數學教材教法」課程之比重分析

週次 節次	第一週	第二週	第三週	第四週	第五週	第六週	第七週	第八週	第九週
第一節	課程介紹 九年一貫課程綱要介紹詮釋				教學法介紹 課程轉化 II：課程轉化單元討論、教案撰寫與分享		學生數學概念發展 課程轉化 II：課程轉化 II：課程轉化 II：單元討論、教案撰寫與分享		
第二節	課程轉化 II：課程轉化 II：課程轉化 II：單元討論、教案撰寫與分享				課程轉化 III：試教評論		課程轉化 II：課程轉化 II：課程轉化 II：單元討論、教案撰寫與分享		
週次 節次	第十週	第十一週	第十二週	第十三週	第十四週	第十五週	第十六週	第十七週	第十八週
第一節	學生數學概念發展		數學解題		提問技巧				
第二節	課程轉化 III：試教評論		課程轉化 II：課程轉化 II：課程轉化 II：單元討論、教案撰寫與分享		課程轉化 III：試教評論				

教內容進行討論，以作為下次課程轉化與總體討論參考。試教過程採全程錄影，以利後續分析。而晤談目的則在於瞭解師培生參與本課程後的感想。圖 4 為研究進行週次、流程與蒐集的資料類型：

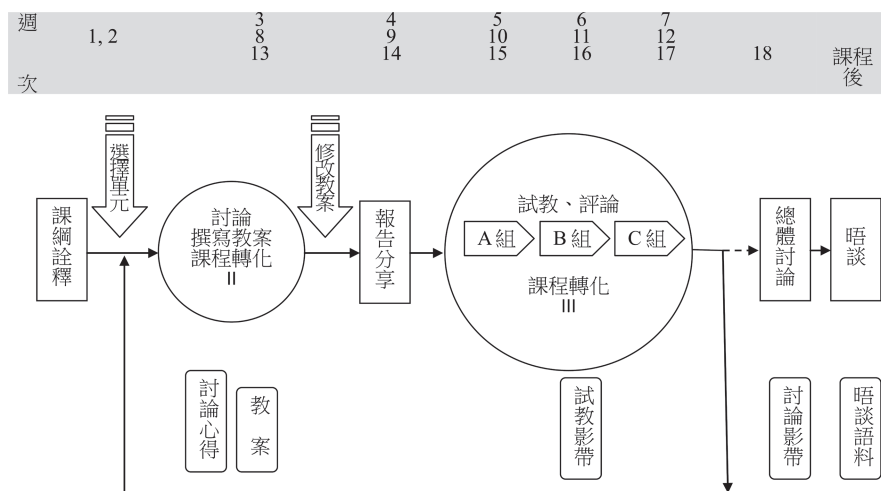


圖 4 研究流程圖

研究者則在過程中扮演引導課程進行的角色，依據師培生出現的課程理解困境提供相關建議與引導，而同儕間的試教評論、輔導教師的建議也在過程中激發師培生反思，促進師培生對數學課程的理解。

二、研究參與者

參與本研究的 22 位師培生，為修讀國小教育學程，來自各系的非數理科系大學部學生，屬立意取樣。研究進行前，他們沒有正式數學教學經驗，僅有 3 位具家教經驗。研究期間，研究者除觀察、蒐集相關資料外，亦參與課程轉化討論，屬參與式觀察。

三、研究範圍

（一）正式課程中教科書選定

本研究考量師培生取得教科書的方便性，乃以教育部（2003）頒佈之「九年一貫數學學習領域課程綱要」及「康軒文教事業公司（2011）」教科書作為課程轉化的文本。

（二）課程轉化單元選定

參與本研究的 3 組師培生必須從低、中、高年級教科書中各選定一個單元，將之轉化為教案（知覺課程）；進而進行試教（運作課程）。

表 4 為本研究涉及的單元內容：

表 4 課程轉化單元內涵

組別	A 組	B 組	C 組
人員	S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7	S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14	S15, S16, S17, S18, S19, S21, S21, S22
低年級	單元 乘法（二上） 概念 1. 2、5 的乘法 2. 4、8 的乘法 3. 擬題	幾月幾日星期幾（二下） 1. 年月日關係 2. 計數日期和日數 3. 一星期	幾點鐘（一上） 1. 先和後 2. 認識鐘 3. 幾點鐘 4. 幾點半
中年級	單元 容量（三上） 概念 1. 容量比較 2. 認識毫公升 3. 認識公升 4. 容量計算	公里（四下） 1. 認識公里 2. 公里和公尺加減計算 3. 公里和公尺乘除計算	分數（三上） 1. 分數加減應用 2. 經驗連續量等值分數 3. 內容物為多個個物的分數
高年級	單元 線對稱圖形（五下） 概念 1. 認識線對稱圖形 2. 對稱點、對稱邊和對稱角 3. 繪製線對稱圖形	表面積（五上） 1. 正方體表面積 2. 長方體表面積 3. 複合形體表面積	統計圖（五上） 1. 繪製長條圖 2. 繪製折線圖

四、資料蒐集與分析

(一) 資料蒐集

Guba (1981) 指出，使用不同方法蒐集不同來源的資料解釋同一個現象，可增加研究信、效度。因此，本研究蒐集師培生在轉化期間的相關資料進行分析。其類別包括小組討論「九年一貫課程綱要」與「教科書」時撰寫的「小組討論心得」（共 3 次，每次每人撰寫 1 份，共 66 份）及「教案」（共 3 次，每次每組撰寫 1 份，共 9 份）；試教的「錄影語料」（共 9 份）；試教後評論（共 3 次，3 份）；總體討論的「總體討論錄影語料」（共 1 份）；及研究者為瞭解參與者感受的「晤談語料」（共 22 份）。其中，試教、總體討論的錄影（音），目的在重建現場以記錄特殊事件的歷程，除作為資料分析證據外，亦能在對事件有疑義時提供回顧與佐證。各類資料編碼原則表 5。

表 5 資料編碼原則

編號	資料類別	編碼原則	意義
1	小組討論心得 (D)	D-S1-1-001	編號 1 號參與者 (S1) 在針對低年級單元 (1) 小組討論 (D) 後所撰寫的心得中第 1 句 (001) 陳述
2	教案 (P)	P-A1	A 組參與者設計的低年級 (1) 教案
		P-B2	B 組參與者設計的中年級 (2) 教案
		P-C3	C 組參與者設計的高年級 (3) 教案
3	試教影帶語料 (T)	T-B2-001	B 組於中年級 (2) 試教時所轉錄的影帶第 1 句 (001) 語料
4	試教後的評論 (C)	C-1-002	第一階段課程轉化試教後的評論第 2 句語料
	總體討論影帶語料 (A)	A-001	總體討論所轉錄的影帶第 1 句 (001) 語料
5	晤談語料 (I)	I-S1-001	與 1 號參與者 (S1) 晤談時的第 1 句 (001) 對話

(二) 資料分析

在資料分析上，本研究以文獻探討獲得的課程理解架構進行資料分析（如表 6）。首先，以「小組討論心得」、「試教後的評論」與「總體討論影帶語料」為基礎，透過對文件持續閱讀，經持續比較、歸納，而獲得師培生對課程理解轉變的主張。接續，再從其他類別資料進行分析，結果的主張才逐漸呈現。換言之，本研究期望在「多方資料檢視」及「不同主體呈現」相同樣態下，逐步形成研究主張，希望在質性分析中符合經驗科學方法中「互為主體性」的可複製期待。

表 6 課程理解之分析架構

編號	名稱		理論依據		內涵
	面向	細項／ 編碼	Park 與 Oliver (2008)	高薰芳、邱瑋芸 (2008)	
1	理解課程 發展的過程	理解課程 修訂		對同儕互動可促進課程修訂的認同 理解課程發展方向	此概念在過去課程演進過程中的改變為何？
2		理解課程 評鑑		理解課程評鑑	對本次課程安排、實施、成效的批判為何？ 學生在此能力指標的表現為何？
3	理解課程 內涵	理解水平 課程	理解水平課程與垂直課程		這個概念與其他學科的連結為何？
4		理解垂直 課程			這個概念與其他數學概念間的連結為何？
5		理解課程 材料與特點	理解課程材料 理解課程特點	理解課程材料	課程綱要中的能力指標的意涵為何？ 這個概念的特徵是什麼？
6	理解課程的 環境脈絡	理解課程 文化脈絡		理解學校定位	本課程存在的教育背景與文化脈絡為何？

此外，本研究亦進行描述性統計，希望透過數據與質性證據獲知整體樣貌。

五、研究信實度檢核

本研究分析的信度是建立在「不同資料來源」與「不同人員」三角校正。其中，以不同類別資料（表 5）進行比對，檢視師培生對數學課程理解的內涵；也邀請另一位科學教育（數學教育組）博士（R2），依據編碼原則，隨機抽取資料之十分之一進行歸類，相互同意度達 .94。

肆、研究結果與討論

以下，首先報導師培生進行課程轉化時對數學課程的理解轉變；其次，再統整性分析他們進行課程轉化所遇的困境與數進課程理解的因素。

一、課程轉化中課程理解的轉變

以下，首先呈現師培生在課程理解各面向的轉變內涵（如表 7）；接續，再依序闡釋其內容。

（一）對「課程發展過程」理解的轉變

1. 課程修訂面向：課程沿革覺察

在轉化的前二個階段，師培生並未注意到現行課程與過去課程在課程沿革的趨勢與內涵具有差異。在第一階段，輔導教師說：「你可以去看 82 年版課程標準下的教科書和現在九年一貫課程綱要的教科書，去比較它們之間是否有差別？再去想想，你會怎麼安排課程……」（C-1-124），第二階段研究者也提醒：「你們在閱讀課綱或教科書時，可以

表 7 課程轉化中課程理解內涵的轉變

課程理解面向	實作表現與困境	反思後的行動	促進反思的因素
對課程發展過程的理解	對課程修訂的理解	1. 未注意課程的沿革趨勢與內涵	1. 針對不同年代版本教師手冊、課程標準進行比較
	對課程評鑑的理解	2-1. 高估學生能力 2-2. 無法適切評估學生先備經驗 2-3. 未能準確評估學習時間而造成進度落後	2. 能連結適當能力指標並適切評估學習進度 3. 逐漸掌握教學進度
	對垂直課程的理解	1. 錯置概念的順序 ※ 以學生的先備知識作為教學起點 2-1. 不熟悉概念間的邏輯關係 2-2. 無法用精確語言闡釋保留概念	1. 認同教科書編排順序的合理性 2. 拓展對數學概念架構的認識
對課程內涵的理解	對水平課程的理解	※ 能列舉與生活相關的經驗與實例作為連結 3. 匆忙引入生活實例	3. 引用合適例子作為教學素材
	對課程材料與特點的理解	4. 簡化課綱中能力指標的內涵 5. 未完整詮釋概念的特點與內涵 6. 未完全掌握學生迷思概念	4. 逐漸理解能力指標的意義 5. 真正理解概念內涵 6. 從不同管道獲得學生的迷思概念，並納入課程設計的考量
	對課程環境脈絡的理解	※ 適當安排學習情境	※ 適當安排學習情境

註：1. 實作表現加底線者，代表該項表現在研究中未能完全改善。

2. 實作表現前加「※」者，代表該項表現初期即已出現。

找一些以前的課程標準來對照，看看以前教什麼？現在教什麼？其實，課程內容會隨時代而有變化……」（C-2-158）。因此，他們在第三階段轉化時，就有 4 位（18.2%）師培生發現課程內涵會隨時代而有轉變：「我們到圖書館查了一下九年一貫以前的課本，發現以前教材有提到點對稱，現在版本就沒有了……」（D-S4-3-018）。也有人提到，「對稱

這個單元，以前小學好像沒上過，所以讓我想到要和以前課程做比較」
(D-S6-3-012)：

D-S6-3-010：……老師上次提到課程內容會因時代改變，所以
我就回想我以前的小學經驗，也看看過去不同年
代的教師手冊……。

D-S7-3-008：我記得小學好像有上過點對稱，但同學說教師手
冊有提到這個概念已拿掉了，我們也發現教科書
裡面沒有……。

因此，師培生反思：「我們發現，課程準備時，應先瞭解這單元和
過去的差別，作為課程設計時補充資料的參考」(D-S5-3-007)，讓他
們體會在正式與知覺課程轉化時，應瞭解歷年課程沿革。

2. 課程評鑑面向：學生能力、先備經驗與進度掌握

在轉化初期，有許多師培生(12位，54.5%)高估了學生能力：

A-012：這幾次經驗讓我感受到，我們很容易誤認學生好像都
會了。其實，我們都參雜了自己的學習經驗，但這些
經驗何時發生？我們都沒仔細去想……。

I-S21-004：我之前覺得，看時鐘的能力，在幼稚園已經教過了。
和學生分享及看完教師手冊後，才知道多數小朋友
還不懂……。

這顯示他們在正式與知覺課程轉化時，無法適切評估學生先備經
驗。認為「學生已能認識數字並判讀時鐘的整點與半點」(P-C1)，而
且，「我原先以為有些概念已在幼稚園教過，所以認為他們應具備這些

經驗……」（A-027），可見，這些師培生無法在正式與知覺課程轉化時，適切掌握單元中涉及的能力指標內涵及準確預測學生的先備經驗。因此，輔導教師建議：「……你可從教科書單元的編排順序，去掌握學生學過什麼？從學生的習作、學習單、作業，瞭解學生會什麼？不會什麼？」（C-2-095）。但是，此現象經過三階段轉化後，他們似乎仍無法準確評估學生的能力，仍會高估學生能力：

A-085：我覺得三次課程設計，還是無法讓我完全掌握學生的能力。我認為累積教學經驗、和學生接觸，才能讓我們慢慢掌握教學起點。

A-086：我認同小林（化名）的看法。由於我們都缺乏和學生相處的經驗，所以都從自己的經驗去思考他們的能力，因此產生落差……。

I-S17-029：這三次課程設計，我覺得很難掌握學生的能力。它需要經驗累積才能做到。

由於無法準確評估學生能力，3組師培生在知覺與運作課程轉化初期都產生未能準確評估學習時間而造成進度落後的現象：「同學，由於時間關係，下面這題留給你們回家做」（T-B1-327），此顯示他們對課程評鑑的能力需加強。他們也在總體討論時反思：

A-115：……試教時，由於無法準確預估每個活動的時間，所以導致時間落後。

A-116：雖然我們在設計教案時已實際操作過，但還是出現問題。

A-118：以後如果要再設計教案，我會把預估的時間再加上一
些，作為緩衝的預備。

透過轉化經驗，他們逐漸學到掌握時間，作為未來教學的基礎。在後續中、高年級單元轉化時，已有 2 組師培生自覺已能連結適當能力指標並適切評估進度，並且從試教結果也看見他們逐漸掌握教學進度：

A-135：有了第一次經驗後，再重新對設計單元與教學時，就比較不會出現教學進度落後的情形。

A-138：我第一次看課本和能力指標時，都會把這個單元的所
有能力指標放進來。後來才知道，一條能力指標可能
包含多個概念，需要搭配課本去思考，才能連結得合
理。

C-2-022：從這次試教狀況來看，大家的時間掌控上已比上次
精準……。

C-3-019：三組同學都能夠順利在預定時間教完課程，顯示大
家時間控管已經愈來愈成熟。

（二）對「課程內涵」理解的轉變

1. 垂直課程面向：概念教學順序、先備知識反思

第一階段轉化時，師培生對「垂直課程」理解顯現較多困境。在理解正式課程時，3 組師培生都表示，他們會錯置概念的順序：

D-S14-1-004：我認為日、月、年概念，應先教年；再教月；

再教日。奇怪的是，課本先教日；再教月；再教年。課綱好像也沒提到。

D-S21-1-009：我們設計的是時鐘的單元，別組設計的是幾月幾日星期幾。我們想，既然大家都是教時間，他們先教大單位再教小單位，也算合理，於是我們也用這種原則設計。而這種想法也和課本的順序一樣。

I-S5-018：……我的問題在於我不清楚數學觀念哪個先教？哪個後教？像之前時間單元，年月日要先教大單位，時鐘就要先教小單位，換成容量又要先教大單位再教小單位。我都搞混了。……瞭解知識的先後順序，有助於教案設計和教學。

此現象也在第二階段轉化時發生：

D-S5-2-013：……平時我們喝的飲料，都是標幾 cc，所以應該先教毫公升。但是，課本卻先教公升；再教毫公升。這和我們的想法不一樣。

可見，他們對於概念安排的順序，大多緣於直覺及同儕經驗分享。但是，透過教師手冊，瞭解概念安排的理念，他們逐漸改變想法：

D-S14-1-005：……我們去看教師手冊後才知道，依照認知發展程序，日曆單元應先教小單位再教大單位，和我們的想法相反！真是大收穫！

D-S19-1-015：我們去看教師手冊才發現，同樣是時間概念，
年月日是由小單位介紹到大單位，但時鐘卻是由大單位教到小單位！

由於自身想法與教科書衝突，讓他們體悟：「……用教科書內容去檢視自己想法是否有錯，是不錯的方式」（I-S13-037），並意識到：「依教科書順序去教，比較安全」（A-127），因此，「我們設計教案時，會依照課本順序去安排題目……」（I-S15-021）。後來，有 15 位（68.2%）師培生認同教科書編排順序是合理的。

此外，有 1 組師培生表示，由於經驗不足，他們在轉化初期會連結較低階的先備概念：「我們設計的單元是介紹九九乘法中 2 和 5 的乘法。學生在這之前，計數方式都是加法，一個一個數的方式」（D-S5-1-009），顯示他們並未理解學生計數策略包括數全部（counting all）與往上數（counting on）策略。這表示他們不熟悉概念間的順序。甚至，他們也無法用精確語言去闡釋保留概念：「……你們知不知道，怎麼比較不同形狀杯子容量的大小呢？」（T-A2-022）、「……像這樣，它們量出來後，容量一樣，這就是保留概念」（T-A2-031）。此顯示他們還無法精準掌握數學概念內涵。

透過研究者引導、闡釋及輔導老師建議：「……你們可參考教師手冊，它在每個單元，都有課程地位圖，這有助你們理解小學數學概念順序……」（C-1-141），到了後期，有 8 位（36.4%）師培生表示，「……老師會引導我們回顧這個單元的概念，和之前哪些單元的概念有關，這有助我們掌握課程的連貫性……」（A-057），他們逐漸掌握單元概念與先備概念的連結。並且，有 2 組師培生（68.2%）表示，他們開始探索概念與延伸概念的關係：

D-S10-3-032：這單元是教正方體、長方體表面積。過去的面

積單元是學生的先備知識。但教師手冊也提到，這單元未來會銜接圓柱、圓錐表面積單元……。

P-A1：請同學回家思考，接下來的單元，3 和 6 的乘法如何計算。



圖 5 師培生報告分享舉隅 (P-B3)

從繪製的概念圖（圖 5）顯示，他們對數學概念的認識，已從單點概念上下延伸，逐漸拓展成對數學概念架構的認識。

2. 水平課程面向：其他領域與生活經驗連結

除了對概念連貫性逐漸理解外，他們也思考與其它領域連結：

D-S1-3-041：我們設計的是線對稱圖形單元，我想到用達文西畫作為例子（圖6）。它應該能讓學生理解對稱的觀念。……我發現數學和其他科目也有關聯。

P-B2：……運動會接力賽、馬拉松跑步的距離，可讓學生認識長度單位間（公里與公尺）的換算。

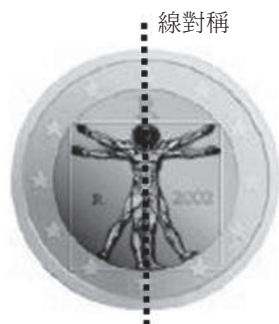


圖 6 以達文西「Vitruvian man」圖作對稱的例子

此外，他們還試圖融入生活實例。但是，有 2 組師培生（68.2%）仍在知覺與運作課程轉化中出現問題：

T-B1-017：……像這個（手指月曆）和這個（手指日曆）都是我們家裡常見看日期的東西。

T-B1-018：還有這個（手指農民曆）也是。

T-C1-013：這（手指沙漏圖片）是古時候用來計時的器具，這個也是（手指日晷圖片）。

雖然他們企圖舉生活的例子作為教學起點，但卻匆忙引入而未詳細介紹。並且，他們所舉的實例也和接下來要進行的概念產生落差：

A-311：我記得教容量單元時，想要讓學生從實際操作去體會

保留概念，但學生只知道玩水，而我們也沒有解釋清楚……。

A-314：那一次是由我主教，我覺得那個保留概念的例子沒有和要教的單元接得很好。

I-S9-022：我在教表面積時，我們用的例子沒有和正式課程契合，讓學生覺得不知道在幹麻。

這顯示師培生企圖引入生活實例作為教學的素材，但由於未在例子引入後補充說明，導致學生未能理解例子與課程間的關係。學生的反應，讓他們反思例子的合適性。到了後期，他們自覺已較能引用合適例子作為教學的素材：

I-S3-047：……我認為教學前用學生的經驗當作起點是不錯的方法。因為它會讓學生想要聽老師講解……。

A-419：……當我們要用生活實例引起學生動機時，會先請家裡有弟弟妹妹的同學去問他們的經驗，看他們是否瞭解……。

A-420：從試教時學生的表情，也能看出學生是否瞭解我們教的東西。到了高年級的時候，學生的反應好像比較正常了……。

並且，從第三階段試教發現，他們已能適當引用生活實例發展數學概念：

T-B3-007：……請你看看教室四週，有哪些東西是正方體？哪些是長方體？

T-B3-022：……說說看，這個長方體（手指粉筆盒）的表面積怎麼算？

T-A3-109：請大家看看黑板上的這些字（春、囍、寶），哪些是線對稱？對稱軸在哪？

可見，他們逐漸能列舉與生活相關的實例作為連結，並以學生的先備知識作為教學起點：

P-C2：……首先，從切蛋糕的經驗複習學生的分數概念。

P-A3：由「春」和「囍」引入，讓學生體驗生活中有線對稱的材料。

T-A3-018：……回想看看，生活周遭有沒有甚麼東西是對稱的？

T-B3-124：如果我們要計算這個肥皂盒的表面積，應該怎麼算？

T-B3-157：如果要算出學校圍牆的表面積，應該怎麼算？

3. 課程材料與特點面向：能力指標、概念內涵與迷思概念掌握

師培生在初期轉化過程中，有 7 位（32%）師培生出現簡化課綱中能力指標內涵的現象：

P-A1：教學目標：讓學生理解並學會2、5、4、8的乘法。

我們討論的單元是乘法，這個單元主要介紹2、5、4、8的乘法。我們討論後，認為這個單元包含的能力指標有N-1-03及N-1-06（N-1-03：能理解乘法的意義，解決生活中簡單整數倍的問題；N-1-06：能理解九九乘法）。原先，我們認為這只是要學生學會九九乘法而已。但是，和同學討論並對照課本後，發現「乘法的意義」的內容還有被乘數、乘數、積的介紹；符號的意義；發現交換律……。（D-S3-1-001）

我們要設計幾月幾日星期幾單元。本來，我覺得相關的能力指標是N-1-13（N-1-13：能報讀時刻，認識常用的時間單位，並做時或分同單位的加減計算），學生只要會看日曆就行。後來發現，雖然此單元只和能力指標的「報讀時刻」有關，但是日曆種類很多，而且學生還要從日曆中發現7天循環的規律及日期、星期幾的一些關係。這是我沒想到的……。（D-S12-1-003）

也有人覺察自己對能力指標的理解不足：

A-038：……我們對課綱的能力指標非常陌生。所以，從指標的字面意思，其實無法真正瞭解它的涵義。

I-S4-031：當我要把課本、課程綱要的內容轉成教案時，我發現我無法從課本的內容找到合適的能力指標去對應。我會和同學討論、參考教師手冊慢慢去瞭解。

同儕討論讓他們開始反思，並重新對照課綱的能力指標與教科書內容，發現課綱對能力指標的詮釋：

學習九九乘法應考慮學生可能的經驗，分階段的教學。另一方面要深化學生學習乘法的意義、「倍」的使用、認識不同乘數在乘法表的模式差異、交換律的觀察等。這些都是完整數感的部分。（教育部，2008）

「從這次經驗，我才知道乘法不只是背九九乘法，為什麼 2×5 和 5×2 相同？意義有何不同？其實有必要透過教學才能讓學生瞭解」（D-S4-1-021）。師培生逐漸理解能力指標的意義。

此外，當師培生進行概念闡釋時，實際的教學行動卻又和知覺課程產生落差。有 2 組師培生在 2 個單元教學中，沒有完整詮釋概念特點與內涵：

A-217：我在試教幾點鐘單元時，教案已經設計好怎麼教，但實際教就會漏掉一些內容。

I-S15-058：……我沒有把等值分數的觀念講得很完整，我覺得很沮喪。

A-221：……像幾月幾日星期幾單元，直覺上，它好像很簡單。但是，如果沒有從一星期有 7 天引入，讓學生看出 7 天的規律性，以及如何從日期判斷星期幾，那就沒有教到其中的精髓了。

A-222：因為我們還無法理解每個觀念的內容，以及怎麼教這個觀念，所以，雖然設計出教案，但卻無法教得清楚。

「每一次試教後和原班老師座談時，我覺得從老師的回饋可得到很多該怎麼教、怎麼講解的想法，會讓我重新思考下次怎麼改進，對我幫

助很大」(A-244)，換言之，從輔導教師回饋，「……像等值分數，你可從連續量、離散量舉不同的例子去讓學生瞭解分數，離散量又有細分，這些例子目的在完整建構學生對分數的瞭解……」(C-2-109)，讓師培生知道如何將概念詮釋得更清楚，真正理解概念內涵。

再者，有 12 位 (54.5%) 師培生覺知，由於他們無法完全掌握學生的迷思概念，因此在正式與知覺課程轉化過程中產生困難：

I-S6-026：我認為學生應該太懂對稱概念，但我們又不知道他們懂甚麼？不懂甚麼？他們的先備知識對我們來說，太陌生了！

D-S16-2-023：教師手冊會提到一些關於學生的迷思概念，能讓我對學生有些認識。

透過教師手冊閱讀及研究者引導，他們獲得學生的迷思概念，因而在後續教案設計中將學生的迷思概念納入佈題考量：

C-1-158：……建議各位可參考一些期刊論文、教材教法的書籍，裡面會介紹學生在某些單元的迷思，這些可作為你未來設計教案佈題的參考。

D-S18-2-022：……我們從老師提供的資料發現，學生常有「將整數的計算法則用在分數運算」的迷思……。

D-S18-2-024：……我們會用一些題目，例如： $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = \frac{2}{4}$ 提供學生反思、討論……。

（三）對「課程環境脈絡」理解的轉變：情境佈置與教材延伸、活化的開展

師培生對「課程環境脈絡」的理解，一開始即呈現較佳的現況。「由於學程其他門課會提到，教學應多利用學校資源、教具、數位教材等作為教學輔助工具，所以在教案設計過程，我就會運用這些東西」（I-S2-025），有 8 位（36.4%）師培生表示，源於其他師培課程影響，使他們能將生活實例（報章雜誌的統計圖）、學校資源（實際計算校園物件面積、統計數量）、坊間與教材相關的器材（以七巧板複習面積、以剪紙熟悉線對稱概念）充實知覺課程，並將這些補充資料設計成學習單（圖 7），以利於運作課程的落實，讓學生以動手做建構概念。甚至，「因為現在教科書會提供一些數位教材，像電子白板、動畫，讓我聯想到有些網站，像 YouTube，都可用來引起動機、設計題目」（A-183），因此，他們讓原先紙本式的正式課程活化為可引起學生動機的運作課程。

此外，透過研讀「教師手冊」，他們也從數學史的角度引入數學概念：

D-S11-2-018：從教師手冊發現，原來長度的公制單位是在數百年前，大家為了要讓不同民族間的計量方式統一而制定出來的。

D-S11-2-019：它（公里）是由通過赤道、格林威治、北極的地球經線長度去規定一公尺的長度，進而產生其他單位。

A-174：我覺得那一組（B 組）介紹公尺的由來時，讓我震驚！原來數學概念背後有它的歷史。

4
下

公里

學習單

年 月 日
 姓名: _____

一、認識公里

1. 你看仔細右邊的交通標誌嗎?

換你試試看
(1)2公里是多少公尺?3公里呢?4公里呢?

1公里就是1000公尺,「公里」也稱「千米」,在國際上通稱的記法為「KM」。

(2)5000公尺是5公里,6000公尺是多少公里?7000公尺呢?

2. 右圖是國道一號里程圖,看圖說說看。

(1)兩個相鄰的城市中,距離最短的哪一段?有多長?

(2)兩個相鄰的城市中距離最長的是哪一段?有多長?

(3)根據(1)、(2)題,距離最長和最短的兩段相差多少公里?

(4)國道一號從基隆到高雄大約長多少公里?

圖 7 師培生設計的學習單舉隅

可見，師培生修讀的師培相關課程及教科書的配套資源，讓他們更理解課程環境脈絡的內涵。

二、課程轉化過程的困境與促進課程理解的因素

(一) 師培生在課程轉化歷程中對課程理解的困境

從師培生三次課程轉化過程發現，在轉化初期，他們除了對「課程環境脈絡」的理解較佳外，對其餘兩個面向的理解均出現一些困境。在

「課程發展過程」面向，多數師培生初期並未注意課程沿革的趨勢與內涵；無法掌握學生的先備經驗；也無法準確評估活動所需時間，因而產生進度落後的情形。在「課程內涵」面向，師培生則無法掌握概念發展順序，以致不熟悉整體數學概念間的順序；也無法掌握學生的迷思概念；甚至無法精準闡釋課綱中的能力指標及概念內涵。此外，他們也無法完整銜接生活實例與概念間的關係。綜合來說，當他們面對課綱與教科書等正式課程時，他們對此教材內涵的解讀及文本中概念間的結構是生疏的；再者，當他們要把這些素材轉化成為教學活動時，亦無法掌握學習者的相關能力。可見，他們的學科內容知識（Content knowledge）、學科教學知識（Pedagogical content knowledge）及學習者的知識（Knowledge of learners and their characteristics）較為不足。而這些知識的整合，恰為一位教師在教學過程中應具備的知識（Shulman, 1987）。

過去，相關學者（李源順、楊綦雅、何佳恩，2007；林碧珍，2000；Fennema & Franke, 1992）指出，數學知識、對學生認知的知識及教學法知識，是數學教師不可或缺的三個知識。而陳松靖（2001）也指出，教師的教學概念包括瞭解學生背景與需求、熟知教材內容，並善用合適的教學法、有耐心地鼓勵學生發問和激發學生思考、教學時要營造活潑的氣氛，以引發學習興趣、瞭解數學知識與其他學科和生活上的連結、瞭解教學單元的數學知識等 6 項。而參與本研究的師培生呈現的結果，顯示他們在數學知識、對學生認知的知識及教學法知識較為缺乏。然而，反觀當前師培政策，以教育部（2003）所訂國民小學師資職前教育課程所需修讀的學分數來看，參與本研究的師培生未必修讀「普通數學」及「數學教材教法」課程，因此，他們產生上述課程轉化的困境有其原因。此現象提供師培者一個思考方向：或許我們該在師培過程中，強化師培生的數學知識、對學生認知的知識以及適合進行數學課程的教學法知識。

（二）促進師培生在課程轉化中對數學課程理解的因素

雖然參與本研究的師培生初期在各層次課程轉化歷程中產生許多困境，但透過「師培者引導」、「對實作經驗反思」、「學生反應」、「同儕討論」、「教師手冊閱讀」、「輔導教師回饋」及「師培及其他專業課程」等相關因素激盪，促發他們反思，逐漸對數學課程產生理解。而這些對數學課程理解的轉變，都是在不斷「實作—反思」的歷程中達成。對此，陳淑敏與張玉倫（2004）及 Duit（1995）提到，初任教師所持有的教學觀點須長期的累積而逐漸養成，要促發教師對教學觀點的轉變，必須透過反思的經驗，才能使其體會自身教學的不足或與實務教學間的衝突，因而達到正向發展。且 Fennema 與 Franke（1992）也指出，教師的數學知識、對學習者數學認知的知識與教學法知識等三類知識，需在特定脈絡中交互作用，進而形成教師的教學知能。這些觀點，都呼應本研究設計以「行動—反思」促進師培生對數學課程理解的適當性。

研究者認為，「對實作經驗反思」、「學生反應」與「輔導教師回饋」是教學現場中獨有的特色，無法在職前師培課程中直接獲得。因此，若要让師培生對數學課程獲得較完整的理解，從實作與反思中進行有其必要性。其中，輔導教師也影響了師培生對課程的理解。因為，輔導教師的經驗，可促進師培生從中獲得實務經驗。此結果與過去研究（朱苑瑜，2000；黃凱旻，2002；溫家男，2002；Maynard, 2001）所提輔導教師對於實習教師在教學實務具有影響力相似。

此外，「教師手冊」也是促進師培生反思的影響因素。過去，無論是職前師培課程或是第一線教師，鮮少有人願意花時間去閱讀教師手冊，但本研究發現，「教師手冊」應能補充師培生對單元中概念內涵及相關迷思概念的不足。因此，在師培過程開設關於課綱、教學素材等文本解析的課程，是值得思考的方向。

伍、結論與建議

本研究引導 22 位國小師培生透過「實作、反思」，將正式課程轉化為知覺課程與運作課程，促進其對於數學課程理解。對此，研究者提出以下結論與建議：

一、師培生可透過課程轉化建立對數學課程的理解

依據研究結果，茲將師培生在課程轉化歷程產生的課程理解轉變內涵繪製成圖 8。由圖觀之，師培生在課程轉化時，隨時間發展與實作、反思經驗的積累，他們正向發展對數學課程的理解。其中，以對「課程發展過程」與對「課程內涵」的理解發展較為豐富，而對「課程環境脈絡」面向的理解，則因其他師培課程已建立相關知識，因此，他們也能把歷史脈絡引入教學、結合生活及當代數位科技的趨勢或動手做的理念佈置學習環境，豐富了對課程實施環境的認識。

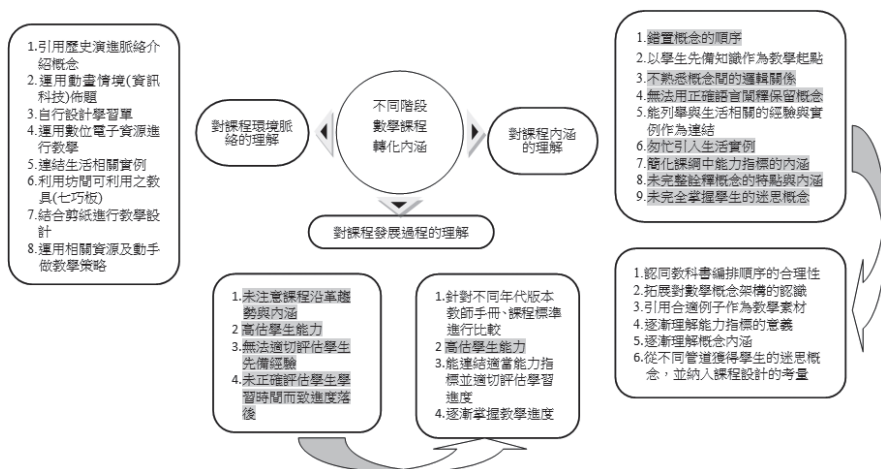


圖 8 不同階段課程轉化內涵的轉變

註：灰色代表尚待改進之表現

透過課程轉化，在對「課程內涵」的理解部分，師培生逐漸掌握學生的先備概念；熟稔概念內涵；並安排以生活經驗為基礎的教學活動；適時結合其他領域進行教學設計；而在對「課程發展過程」的理解部分，師培生初期大多未注意課程沿革的趨勢及對學生當前能力的評估，此面向應是未來數學師培課程應加強的部分。

雖然師培生對於數學課程理解上多呈現正向發展，但這並不代表他們已展現精熟的理解，而只是在上述面向中發展出一部分對數學課程理解的轉變。

二、反思在課程轉化時作中扮演重要的角色

本研究也發現，「同儕討論」、「對實作經驗反思」、「師培者引導」、「教師手冊」、「學生反應」及「輔導教師回饋」等因素是促進師培生發展對數學課程理解的重要因素。過去研究（余新富，2005；林旭霞，2004；許雅貞，2002）指出，教師間的對話、反思與行動，會讓教師聚焦於數學教學相關議題，進而擴充專業經驗。黃一峰（2004）亦發現，透過實作、反思歷程可改變職前教師對數學教學的看法。而本研究所發現的「同儕討論」、「師培者引導」、「對實作經驗反思」與「輔導教師回饋」正呼應過去相關研究的論點，也確立「在實作中反思」對於教師專業知識養成的重要性。此外，對於師培生而言，依據教科書進行教學似乎是最直接且唯一的方式。但是，僅依賴教科書從事教學是不足的（Elliott, Nagel, & Woodward, 1987）。因此，本研究亦發現，「教師手冊」可促進師培生對數學課程的理解。

三、對未來師資培育課程的建議

由於本研究是在研究者所開設的「國民小學數學教材教法」課程中

進行，在研究設計上，礙於上課週數的影響，只能以 18 週為設計單位。研究者反思，如果將課程時間延長，是否師培生對於數學課程的理解會更佳？內涵是否更為豐富？建議未來可考慮延長研究的時程，以提供師培生更多實作經驗與對話機會。

再者，這是一門數學教材教法的課程，若從培育師培生數學教材教法能力的觀點來看，雖深化他們課程轉化的能力，但似乎也可能窄化了他們吸取相關經驗的廣度。因此，建議未來可思考如何在豐富性與深度兩面向尋求平衡，讓師培生有更多收穫。

四、對未來研究的建議

近年來，關於教師專業發展的研究已如火如荼展開（呂鍾卿、林生傳，2001）。但是探討教師專業發展的途徑卻包羅萬象（潘慧玲等，2004）。其中，從實作中反思，即是其中一種途徑（Schön, 1983）。本研究即植基於此理念而孕育課程轉化的思維。在將課程轉化為教學活動過程中，涉及的專業內涵其實很多元。本研究只從「課程理解」的觀點去檢視師培生的表現，尚無法展現專業發展的全貌。建議未來可從其他面向進行檢視，以獲得更全面關於課程轉化的圖像。另外，本研究只提供師培生一個版本的教科書及九年一貫課程綱要作為課程轉化的依據，在教材本身似乎侷限了師培生進行課程轉化的廣度與可能性。建議未來可提供師培生更多元的素材，以開拓豐富的課程理解風貌，也讓描述師培生對課程理解的報導更客觀。最後，研究者亦建議未來可從較少個案進行探討，以更細緻分析影響教師課程理解的因素與其成長間的關聯。

再者，研究者認為，師培生對數學課程的理解，似乎有層次上的差異。舉例來說，在對「課程發展過程」的理解部分，本研究雖然看見師培生已能比較不同年代版本的教師手冊、課程標準，但是，「出現」、「經常出現」、「每次都會」似乎有不同的意義。因此，建議未來可植

基於本研究的發現，去細分不同層次的理解，以更精緻地描述師培生對數學概念理解的轉變。

誌謝

本研究蒙科技部專題計畫補助，計畫編號 NSC 101-2511-S-656-001-MY2，特致申謝；文中所提論點純屬作者個人意見，並不代表科技部之立場。作者衷心感謝三位審查委員及編輯委員會對本文所提供之寶貴建議，由於您們的協助，方能使本文能夠修改得更加完善。

The Implementation of Curriculum Transformation and the Facilitation of Elementary School Pre-service Teachers' Understanding of Mathematics Course

Summary

Introduction

In Taiwan, Grade 1 to 9 Curriculum Reform teachers are empowered to design their own curriculum, but most teachers still adhere to textbooks and teacher's handbooks when teaching. This is also a common phenomenon in mathematics classroom in the United States (Grouws & Smith, 2000; Grouws, Smith, & Sztajn, 2004; Seymour & Davidson, 2003). Clearly, it is an important goal in teacher's education to foster teachers' ability to adopt textbook content into learning activities suitable for students. In the researcher "Elementary School Mathematics Teaching" course, 22 teacher education students underwent mathematics curriculum transformation through experiments, experience sharing, and reflection. The researchers studied the students' understanding of the curriculum, and examined their curriculum concept transition in the process of curriculum transformation.

Method

In this qualitative study, the researcher analyzed the collected data based on the course understanding structure (including the understanding of curriculum development process understanding and curriculum content understanding, and curriculum context. The researcher first used "group discussion," "teaching drill review," and "general discussion videotapes corpus" as the basis to review documents through constant comparison and

induction, and obtain a claim on the curriculum transformation of teacher education students.

Results

1. The Understanding Transformation of “Curriculum Development Process”

- (1) Curriculum revision aspect: in the early stage of curriculum transformation, the teacher education students did not notice the differences between past and current curriculum evolution. However, in the later stage, four students (18.2%) realized that the course contents would change through time.
- (2) Curriculum assessment aspect: in the early stage of curriculum transformation, 12 teacher education students (54.5%) showed an overestimation of their students’ ability. Clearly, they were unable to appropriately assess their students’ prior experience. In the later stage, they were still unable to accurately assess their students’ ability. In addition, in the early stage of the curriculum transformation, some students were unable to accurately predict the length of learning time, which resulted in their falling behind schedule, though later they were able to assess their progress more accurately.

2. The Understanding Transformation of “Curriculum Content”

- (1) Vertical curriculum aspect: in the early stage of curriculum transformation, they would disarrange the order of concept teaching. Later, they gradually grasped the connection between the concepts of each unit and prior concepts.
- (2) Horizontal curriculum aspect: in the early stage of curriculum transformation, the teacher education students attempted to integrate

real-life examples into their teaching materials, but failed to give supplement any explanations, which caused problems for their students to understand the relationship between the examples and curriculum content. In the later stage, they were able to draw on more appropriate examples as their teaching materials.

- (3) Curriculum materials and characteristics aspect: in the early stage of curriculum transformation, 7 teacher education students (32%) tried to simplify the content of the ability indicator in the syllabus. Clearly, they lack the understanding of the importance of the ability indicator. In addition, the other 12 students (54.5%) were aware that they could not fully grasp their students' misconceptions, leading to difficulties in curriculum transformation. But after studying the teachers' manual and receiving guidance of the researchers, they gradually mastered these concepts and later integrated students' misconceptions into their lesson plans.

3. The "Curriculum Environmental Context"

In this aspect, the teacher education students showed a better understanding of "Curriculum Environmental Context." In relevant teacher education courses, the textbooks they studied helped them to better understand the implications of curriculum environmental context.

Conclusion and Suggestion

1. Conclusion

- (1) In the process of curriculum transformation of the development, the teacher education students accumulated, over the course of time, experiences from practices and reflection; they positively developed their understanding of the mathematics curriculum. Among these, they showed a better understanding toward "curriculum development process" and "curriculum content;" as for the aspect of "curriculum environmental context," they had previously established relevant

knowledge in other teacher education courses. They, therefore, were able to combine real life experiences, modern digital technology, and DIY learning exercises to design the learning environment and fulfilled the awareness of implementing the curriculum environmental concept.

- (2) The study showed that “peer discussion,” “teacher’s guidance,” “reflection of hand-on experience,” and “teacher assistant feedbacks” are important elements to facilitate teacher education students’ mathematics curriculum understanding. It also confirmed the importance of “reflection in implementations” for fostering teachers’ professional knowledge.

2. Suggestions

- (1) The researcher proposes that research time needs to be longer for the further studies. It may give the teacher education students more opportunities for hands-on experience and dialogue, and therefore have a better understanding of the mathematics curriculum.
- (2) This study only examined the performances of the teacher education students from the perspective of “curriculum understanding,” which cannot be interpreted as the whole picture of their professional development. It is suggested that future studies need to observe from other perspectives to obtain a panorama of the curriculum transformation.

參考文獻

- 朱苑瑜（2000）。國中實習教師之教師信念改變與其影響因素之關係。國立中山大學教育研究所碩士論文，未出版，高雄市。
- [Chu, Y.-Y. (2009). *The Relationships between belief change and its influential factors for student teachers in junior high schools*. Unpublished master’s thesis, National Sun Yat-sen University, Kaohsiung, Taiwan.]
- 余新富（2005）。國小代理教師透過同儕對話對數學教學專業成長之個案研究。臺北市立師範學院數學暨資訊教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。

[Yu, H. F. (2005). *A Case study on the professional growth of substitute teacher's mathematic teaching by means of peer dialogue*. Unpublished master's thesis, National Taipei University of Education, Taipei, Taiwan.]

吳滋莉（2011）。數學教學案例討論如何支持國小教師轉化教科書之研究。國立新竹教育大學數理教育研究所碩士論文，未出版，新竹市。

[Wu, T.-L. (2011). *The Study of mathematic case discussions which support elementary teachers transform textbooks*. Unpublished master's thesis, National Hsinchu University of Education, Hsinchu, Taiwan.]

呂鍾卿、林生傳（2001）。國民小學教師專業成長指標及現況之研究。《教育學刊》，17，45-64。

[Lu, C.-C., & Lin, S.-C. (2001). A Study on criteria of professional growth for elementary school teachers. *Educational Review*, 17, 45-64.]

李源順、林福來（2003）。實習教師的學習：動機、身份與反思互動下的成長。《科學教育學刊》，11（1），1-25。

[Lee, Y.-S., & Lin, F.-L. (2003). The learning of a probationary teacher: Growth in the interaction of motives, identities, and reflections. *Chinese Journal of Science Education*, 11(1), 1-25.]

李源順、楊茱雅、何佳恩（2007）。一位實習教師學習國小數學教學之個案研究。《科學教育研究與發展季刊》，47，89-122。

[Lee, Y.-S., Yang, F.-Y., & Ho, C.-E. (2007). The Case study of a student teacher to learn elementary mathematics teaching. *Research and Development in Science Education Quarterly*, 47, 89-122.]

周珮儀（2005）。我國教科書研究的分析：1979-2004。《課程與教學季刊》，8（4），91-116。

[Chou, P. Y. (2005). A critical study of textbook research in taiwan 1979-2004. *Curriculum & Instruction Quarterly*, 8(4), 91-116.]

周梅雀（2005）。課程改革的成功要素：以敘事探究提昇教師的課程意識。《當代教育研究》，13（2），177-202。

[Chou, M. C. (2005). The Key of curriculum reform: To highlight teacher's curricular consciousness through narrative inquiry. *Contemporary Educational Research Quarterly*, 13(2), 177-202.]

林旭霓（2004）。校園中的數學研究社群——一所國小的個案研究。國立臺北師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。

[Lin, H. N. (2004). *The mathematics study community at school -- A case study at an elementary school*. Unpublished master's thesis, National Taipei University of Education, Taipei, Taiwan.]

林碧珍（2000）。在職教師數學專業發展方案的協同行動研究。新竹師範學院學報，**13**，115-148。

[Lin, P. J. (2000). A Collaborative action research of a teacher education program for enhancing teachers professional development in mathematics teaching. *Journal of National HsinChu Teachers College*, 13, 115-148.]

林碧珍、蔡文煥（2007）。數學領域實習輔導教師專業標準指標的發展與建立之初探。新竹教育大學教育學報，**24**（2），61-92。

[Lin, P. J., & Tsai, W. H. (2007). Exploring in establishment and development of professional standards of mentors. *Educational Journal of NHCUE*, 24(2), 61-92.]

姚如芬（2006）。成長團體之「成長」——小學教師數學教學專業之探究。科學教育學刊，**14**，309-331。

[Yau, R. F. (2006). Investigation of elementary teachers' professional development in mathematics instruction through -- A community "MTGG". *Chinese Journal of Science Education*, 14, 309-331.]

姚如芬、郭重吉、柳賢（1999）。從教學研究實作中學習教學——以數學科職前教師為例。科學教育學刊，**9**，1-20。

[Yau, R. F., Guo, C. J., & Leou, S. (1999). Learning to teach by doing research in instructional setting: A method of mathematics teacher preparation. *Journal of Science Education*, 9, 1-20.]

徐慶宏（2006）。國小社會學習領域教師課程轉化之研究——以苗栗縣五年級教師為例。國立新竹教育大學區域人文社會學系碩士班碩士論文，未出版，新竹市。

[Hsu, C. H. (2006). *The research for curriculum transformation for social studies teacher of elementary school -- A case study for the fifth grade teacher of Miaoli County*. Unpublished master's thesis, National Hsinchu University of Education, Hsinchu, Taiwan.]

翁愉雅（2009）。真實情境融入國小數學課程設計的轉化與實施之行動研究。國立臺北教育大學數學教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。

[Weng, Y. Y. (2009). *An action research on the transformation and implementation of real situation incorporating with mathematics course design in elementary schools*. Unpublished master's thesis, National Taipei University of Education, Taipei, Taiwan.]

高熏芳、邱瑋芸（2008）。教師理解與課程發展：另類高中科學課程評鑑之個案研究。課程研究，3（2），1-25。

[Kao, H. F., & Chiu, W. Y. (2008). Teacher understanding and curriculum development: An alternative approach of curriculum evaluation of a science high school. *Journal of Curriculum Studies*, 3(2), 1-25.]

康軒文教事業公司（2011）。國小數學第一～十二冊。臺北市：作者。

[Kang Hsuan Educational Publishing Group. (2011). *Elementary school mathematics 1st ~ 12th booklet*. Taipei, Taiwan: Author.]

張欣儀（2001）。生活領域中社會課程轉化之研究——以兩位九年一貫課程試辦學校之教師為例。國立臺北師範學院課程與教學研究所碩士論文，未出版，臺北市。

[Chang, H. Y. (2001). *How teachers interpret and transform the social studies curriculum becomes critical to the success of the nine-year integrated curriculum*. Unpublished master's thesis, National Taipei University of Education, Taipei, Taiwan.]

張芬芬、陳麗華、楊國揚（2010）。臺灣九年一貫課程轉化之議題與因應。教科書研究，3（1），1-40。

[Chang, F.-F., Chen, L.-H., & Yang, K.-Y. (2010). Transformational Issues of Grades 1-9 Curriculum Reform in Taiwan. *Journal of Textbook Research*, 3(1), 1-40.]

張英傑、張素宜（2008）。小寶貝，我把數學變簡單了！從情境學習理論談數學課程設計。科學教育，313，9-17。

[Chang, Y. J., & Chang, S. Y. (2008). My baby, mathematics is so simple! To Design mathematics curriculum from the situation theory. *Science Education Monthly*, 313, 9-17.]

教育部（2003）。九年一貫數學學習領域課程綱要。臺北市：作者。

[Ministry of Education. (2003). *Grade 1-9 curriculum guidelines of mathematics*. Taipei, Taiwan: Author.]

教育部（2008）。九年一貫數學學習領域課程綱要。臺北市：作者。

[Ministry of Education. (2008). *Grade 1-9 curriculum guidelines of mathematics*. Taipei, Taiwan: Author.]

許雅貞（2002）。教師團隊的對話，反思與行動歷程。國立臺灣師範大學社會教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。

[Hsu, Y. J. (2002). *The Team of teachers on the process of dialogue, reflection and action*. Unpublished master's thesis, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan.]

連安青（1999）。小學數學新課程之實施——一位小學教師的實作與反省。課程與教學，2(1)，35-48。

[Lien, A. C. (1999). Implementation of new mathematics course in elementary schools -- A Teacher's experience and reflection. *Curriculum & Instruction Quarterly*, 2(1), 35-48.]

郭至和（2000）。國小鄉土教學活動課程轉化之個案研究。課程與教學季刊，3(3)，49-72。

[Kuo, C. H. (2000). A Case study of the homeland education activities curriculum transition of elementary schools. *Curriculum & Instruction Quarterly*, 3(3), 49-72.]

陳松靖（2001）。三位學生教師數學教學概念轉變歷程的個案研究。國立臺灣師範大學數學系碩士論文，未出版，臺北市。

[Chen, S.-J. (2001). *A Case study on three student teachers' conceptions of mathematics teaching change*. Unpublished master's thesis, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan.]

陳美玉（1999）。教師專業發展途徑之探討——以教師專業經驗合作反省為例。教育研究資訊，7(2)，80-99。

[Chen, M. Y. (1999). The approaches of teacher professional development: A case study on the collaborative reflection of teacher's professional experiences. *Educational Research & Information*, 7(2), 80-99.]

陳美如（2007）。從「理解」看見「課程理解」。教育研究月刊，7，126-132。

[Chen, M. R. (2007). From “comprehension” to “curriculum understanding”. *Journal of Education Research*, 7, 126-132.]

陳淑敏、張玉倫（2004）。幼兒教師教學信念與教學行為之探究。屏東教育大學學報，21，1-36。

[Chen, S.-M., & Chang, Y.-L. (2004). Beliefs and practices of kindergarten teachers. *Journal of Pingtung University of Education*, 21, 1-36.]

游家政（1999）。再造「國民教育九年一貫課程」的圖像——課程綱要的規劃構想與可能問題。教育資料與研究，26，4-18。

[Yu, C.-C. (1999). Reform the picture of grade 1-9 curriculum. *Educational Resources and Research*, 26, 4-18.]

黃一峰（2004）。探討職前教師數學教學的學習歷程及其教學實踐。國立臺北教育大學數理教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。

[Huang, Y. F. (2004). *Investigate the preservice teachers' learning process of mathematics education and their teaching practice*. Unpublished master's thesis, National Taipei University of Education, Taipei, Taiwan.]

黃上芬（1997）。國中理化課程轉化之研究。國立臺灣師範大學數學研究所，未出版，臺北市。

[Huang, S. F. (1997). *The study of junior high school's physics-and-chemistry curriculum translation*. Unpublished master's thesis, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan.]

黃文吟、張惠博（1994）。職前物理教師對於實驗教學認知的研究。科學教育，5，183-207。

[Hwang, W. Y., & Chang, H. P. (1994). What do preservice teachers think about laboratory instruction. *Science Education*, 5, 183-207.]

黃凱旻（2002）。一個輔導中學數學實習教師教學概念轉變的行動研究。國立臺灣師範大學數學研究所，未出版，臺北市。

[Huang, K. M. (2002). *The effect of mentoring on the development of a secondary mathematics probationary teacher's conception(s) of mathematics teaching: An Action research*. Unpublished master's thesis, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan.]

溫家男（2002）。高中生物科資深與實習教師發問策略之個案研究。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版，高雄市。

[Wen, C.-N. (2002). *A Case study on questioning strategies of an experienced senior high school biology teacher and his student teacher*. Unpublished master's thesis, National Kaohsiung Normal University, Kaohsiung, Taiwan.]

葉信宏（2002）。教案編修之行動研究：以九年一貫一年級數學學習領域為例。國立屏東師範學院數理教育研究所，未出版，屏東縣。

[Yeh, H. H. (2002). *Teaching plan compilation study: An Example of mathematics education for first year of junior high*. Unpublished master's thesis, National Pingtung University of Education, Pingtung, Taiwan.]

葉靜宜（2007）。打破層級觀點看國小教師課程轉化之個案研究。國立臺北教育大學課程與教學研究所碩士論文，未出版，臺北市。

[Yeh, C. I. (2007). *The Case study of elementary teachers' curriculum transformation during ideal curriculum, formal curriculum and operational curriculum*. Unpublished master's thesis, National Taipei University of Education, Taipei, Taiwan.]

甄曉（2004）。課程理論與實務：解構與重建。臺北市：高等教育。

[Chen, H. L. (2004). *Curriculum theory and practice*. Taipei, Taiwan: Higher Education Press.]

劉曼麗（2006）。國小職前教師數學專業基準與發展之研究〈含實習〉(II) (NSC94-2522-S-153- 004-)。臺北市：行政院國家科學委員會。

[Liu, M. L. (2006). *The Standards for development in elementary mathematics pre-service teacher(II)* (NSC94-2522-S-153- 004-). Taipei, Taiwan: National Science Council.]

潘慧玲、王麗雲、簡茂發、孫志麟、張素貞、張錫勳等（2004）。教師基本教學專業能力指標。教育部委託專案研究。臺北市：國立臺灣師範大學教育研究中心。

[Pan, H. L., Wang, L. Y., Chien, M. F., Sun, C. L., Chang, S. C., Chang, H. H., et al. (2004). *The Basic standards of teaching*. Research Project consigned by Ministry of Education. Taipei, Taiwan: Center for Education Research, National Taiwan Normal University.]

簡梅瑩（2007）。運用反思於國小文化教學之探討與教師專業發展。屏東教育大學學報：教育類，29，67-88。

[Chien, M.-Y. (2007). Using reflection in exploring the cultural teaching in the elementary schools and developing teachers' profession. *Journal of Pingtung University of Education. Education*, 29, 67-88.]

Agudelo-Valderrama, C. (2008). The power of Colombian mathematics teachers' conceptions of social/institutional factors of teaching. *Educational Studies in Mathematics*, 68(1), 37-54.

Australian Association of Mathematics Teachers (AAMT). (2006). *Standards for excellence in teaching mathematics in Australian schools*. Retrieved October 22, 2013, from <http://www.aamt.edu.au/Activities-and-projects/Standards>

Cochran, K. F., DeRuiter, J. A., & King, R. A. (1993). Pedagogical content knowledge: An integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44, 263-272.

Darling-Hammond, L. (1994). *Professional development schools: School for developing a profession*. New York: Teachers College Press.

Dicker, M. (1990). Using action research to navigate an unfamiliar teaching assignment. *Theory into Practice*, 29, 203-208.

Duit, R. (1995). The constructivist view: A fashionable and fruitful paradigm for science education research and practice. In L. P. Steffe & J. Gale (Eds.), *Constructivism in education* (pp. 271-285). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Elbaz, F. (1983). *Teacher thinking: A study of practical knowledge*. London, UK: Croom Helm.

Elliott, D., Nagel, K., & Woodward, A. (1987). Scientific illiteracy in elementary school science textbook programmes. *Journal of Curriculum Studies*, 19(1), 73-76.

Fennema, E., & Franke, M. L. (1992). Teachers' knowledge and its impact. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. New York: Macmillan.

Geddis, A. N., Onslow, B., Beynon, C., & Oesch, J. (1993). Transforming content knowledge: Learning to teach about isotopes. *Science Education*, 77, 575-591.

- Goodlad, J. I. (1979). The scope of curriculum field. In J. I. Goodlad (Ed.), *Curriculum inquiry* (pp. 58-64). New York: McGraw-Hill.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Grouws, D., & Smith, M. (2000). Findings from NAEP on the preparation and practices of mathematics teachers. In P. Kenney & E. Silver (Eds.), *Results from the seventh mathematics assessment of the National Assessment of Educational Progress* (pp. 107-140). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Grouws, D., Smith, M., & Sztajn, P. (2004). The preparation and teaching practices of United States mathematics teachers: Grades 4 and 8. In P. Kloosterman & F. Lester (Eds.), *Results and interpretations of the 1990 through 2000 Mathematics Assessments of the National Assessment of Educational Progress*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Guba, E. G. (1981). Criteria for assessing the trustworthiness of naturalistic inquiries. *Educational Communication and Technology Journal*, 29(2), 75-92.
- Howard, T. G. (2003). Culturally relevant pedagogy: Ingredients for critical teacher education. *Theory and Practice*, 42, 195-202.
- Laurillard, D. M. (1993). *Rethinking university teaching: A framework for the effective use of educational technology*. London, UK: Routledge.
- Leinhardt, G., & Smith, D. (1985). Expertise in mathematics instruction: Subject matter knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 77, 247-271.
- Lerman, S. (2001). A review of research perspectives on mathematics teacher education. In F. L. Lin & T. Cooney (Eds.), *Making sense of mathematics teacher education* (pp. 33-52). Dordrecht, NL: Kluwer Academic.
- Manouchehri, A. (2002). Developing teaching knowledge through peer discourse. *Teaching and Teacher Education*, 18, 715-737.
- Maynard, T. (2001). The student teacher and the school community of practice: a consideration of "learning as participation". *Cambridge Journal of Education*, 31(1), 39-52.
- Melville, W., Fazio, X., Bartley, A., & Jones, D. (2008). Experience and reflection: Pre-service science teachers' capacity for teaching inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 19, 477-494.

- Noffke, S. E., & Brennan, M. (1991). Student teachers use action research: Issues and examples. In B. R. Tabachnick & K. M. Zeichner (Eds.), *Issues and practices in inquiry-oriented teacher education* (pp. 186-201). New York: Falmer Press.
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38, 261-284.
- Pugh, K. J., Linnenbrink-Garcia, L., Koskey, K. L. K., Stewart, V. C., & Manzey, C. (2010). Motivation, learning, and transformative experience: A study of deep engagement in science. *Science Education*, 94, 1-28.
- Rodgers, C. (2002). Defining reflective teaching: Another look at John Dewey and reflective teaching. *Teachers College Record*, 104, 842-866.
- Sardo-Brown, D. (1992). Elementary teachers' perceptions of action research. *Action in Teacher Education*, 14(2), 55-59.
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioners: How professionals think in action*. New York: Basic Books.
- Schön, D. A. (1987). *Educating the reflective practitioner*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Seale, J. K., & Cann, A. J. (2000). Reflection on-line or off-line: The role of learning technologies in encouraging students to reflect. *Computer & Education*, 34, 309-320.
- Seymour, D., & Davidson, P. (2003). A history of non-textbook materials. In G. Stanic & J. Kilpatrick (Eds.), *A history of mathematics education* (Vol. 2, pp. 989-1035). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Shkedi, A. (2009). From curriculum guide to classroom practice: Teachers' narratives of curriculum application. *Journal of Curriculum Studies*, 4, 833-854.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-22.
- SLO/NVORWO (1994). *Standards for primary mathematics teacher education*. Utrecht, The Netherlands: Freudenthal Institute.

Solomon, J. (1987). New thoughts on teacher education. *Oxford Review of Education*, 13, 267-274.

Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 4, 99-110.