

# 微積分學習之多元化輔助教材的研發與評量之研究

## 子計畫三：大學教學助教師資訓練發展

### —以淡江大學微積分課程助教訓練為例

淡江大學教育科技系 李世忠

NSC 89-2511-S-032-004

[sclee@mail.tku.edu.tw](mailto:sclee@mail.tku.edu.tw)

## 壹、研究動機與目的

近年來大學教師教育訓練或教師發展(Faculty development)開始受到重視，然而一般的觀念都將其定位在學科專業上的發展與研究，而忽略了教師在教學專業知識、技能與態度等方面的進修。Rice(1991)認為大學教師應能發展知識、整合知識、應用知識及轉變知識等，其中轉變知識則是要能利用教學原理、教學方法等教育專業知能，將專業知識正確有效地傳授給學生(Diamond & Adam, 1993)。由於大學教師教學自主空間相當大，有權力決定教材內容、教學方法、教學媒體和教學評鑑方式，因此大學教師教育訓練的成長更形重要。

「教師訓練」是「課程改革」理念的具體呈現，也是「教學改進」實務落實的應用資源，扮演承先啟後，串連教學歷程，影響學習成效的重要因素，尤其在傳播科技突飛猛進的資訊時代，教師教學呈現的方式也需是多元的。教師的主要功能在提供相關的知識訊息與安排學習活動，以達教學目標。倘教學內容能符合學生的先備知識，教學指引(教師手冊)能提供高品質的教學活動與教學資源，自然可提昇學習成效。

微積分是大學理、工、商、管等學院學生必修的一門專業科目，尤其它在物理、數學、經濟、商管、統計等領域的應用非常廣泛，奠定紮實的微積分基礎對修這些領域的同學必大有幫助。淡江大學選修微積分課程的學生每年有學生近千人，根據本研究需求分析之訪談資料顯示，其學習成績不理想，部分原因來自於定理概念不清與缺乏練習。微積分的學習除了基本定理概念問題要清楚之外，想要將微積分學好，一定要多做熟悉題型，習題多演練；而微積分教師在有限的時間之內，要將微積分所有觀念定理完全地教授給學生，已經有教學內容與時間上的壓力，所以關於如何帶領大一修習微積分的學生熟練微積分的題型與題目，就落在帶實習課的微積分教學助教身上。

以目前國內而言，並沒有相關針對大學的助教做教學訓練之文獻探討。淡江

能給予之前從未受過教學訓練的大學微積分教學助教在教學方面的訓練協助，使其能熟練並勝任其協助教學的相關活動，包括瞭解學生的學習、準備課程教材、教學方法、協助解答學生學科疑難等，對於改善微積分教學品質應有很大的助益；是以期望藉以建立微積分師資訓練系統，為本研究針對微積分教學助教實施教師訓練的研究動機。本研究針對淡江大學數學系教學助教規劃並建構一套適合可行的教學訓練模式，實際實施。在實施之後，評鑑教學助教之訓練成效。

## 貳、文獻探討

數學是科學的語言和工具，在大學中許多科系開設種種數學課程，以培養學生在修習專業科目時所需的閱讀、分析、推理、計算及表達能力，微積分則是大學數學課程的基礎。近年來，由於科技的快速發展，數學在各類科學中的應用愈為廣泛深入，在大學中微積分課程也愈為重要。由於淡江大學微積分教學助教的主要任務是在實習課協助補充教學內容並解答習題的疑難。因此以下將從微積分數學解題歷程與策略、教學助教專業發展、以及師資訓練等三方面探討。

### 一、數學解題歷程與策略

數學有許多基本技能與策略，如數數（counting）數的事實（number facts）運算（algorithms）估計（estimation）心算（mental calculation）與解題（problem solving）...等。解題或問題解決，是指解數學應用問題。歷來有許多探討數學解題歷程和相關策略的研究，如 Polya（1965）將解題分為四個步驟：瞭解問題（包括已知和未知）擬訂計畫（解決問題的一般程序）執行計畫（計畫和操作）與回顧（重新檢查剛才的歷程）（林清山、張景媛，民 82）。Schoenfeld（1985）將解題歷程分為閱讀（注意問題所有條件、目標狀態...等）分析（將問題簡化或重述）探索（所採行動有無方向或重點、有無監視行為...等）計畫（和解題是否有關、適當、有條理...等）執行（是否依計畫有系統進行及評估...等）和驗證（重新檢查、有無考驗、評估...等。他並強調五種解題策略：儘可能畫圖、尋找歸納式論證、利用矛盾法、對換法論證、考慮變數較少的類似問題與試著建立次目標。將這些策略教給學生，發現學生解題能力進步了（Schoenfeld, 1979）。Mayer（1987）對解題歷程也提出四個步驟：

1. 解題轉譯：將問題的每一個陳述句轉譯為內在表徵。在轉譯的過程中，必須瞭解句子的意義，亦即需要有「語言知識」。
2. 解題整合：將問題的每個陳述句整合而成連貫一致的問題表徵。這種問題整合歷程需要能夠認識問題的類型，亦即需要有「基模知識」。
3. 解題計畫及監控：能想出及監控解題計畫。這種解題計畫歷程需要用到

表一：數學解題中一般認為有用的策略

解題歷程	解題策略
(一) 瞭解問題	再讀問題一次 將你知道的寫出來 尋找關鍵詞語 找出重要訊息 用你自己的話說出來 說出你在試著找什麼
(二) 解決問題	試這個 找一個型態 找一個型態 猜測並核對 寫一個等式 使用推理 這個有幫助嗎？ 畫圖 列一個有組織的表 使用具體物或演出問題 簡化問題 倒推向前
(三) 回答問題	你是否 使用了所有重要訊息？ 檢查了你所做的？ 評估了答案是否合理？ 用完整的句子寫下答案了？

Wickelgren (1974) 也建議數學解題的一些策略：(1) 次目標 (將問題分成許多小的問題)；(2) 倒推法 (從目標開始，往已知條件的方向解題)；(3) 發現有關問題 (使用解題計畫去解有關問題)；(4) 矛盾法 (展示解題目標無法達成)。另外還有一種常用的數學解題策略就是類比法，學生利用舊問題的架構來解決新問題。Silver (1981) 發現優秀解題者比差的解題者擁有較多的問題基模，優秀解題者會根據解題程序來分類問題，而差的解題者卻根據內容 (問題表面敘述) 來分類。Morales 等人 (Morales et al., 1985) 也有類似的研究結果。綜合以上的論點，解決問題時我們需要有一組策略幫助學生建立適當的問題表徵 (急需有語言知識、基模知識等來瞭解)，一組策略幫助學生解決問題，以及一組策略監

的年級和捷思法知識),成功的解題需要計畫、檢查或修正運算、檢查或評估答案、對答案提出合理解釋等控制行為。所以他建議解題教學宜重控制歷程的訓練。

至於有哪些策略可以增進學生解題的監控?上表一所列,也可鼓勵學生檢查或評估答案是否合理...等。Schoenfeld(1985)則建議教學生自問:「這樣奏效嗎?或者我們應該重新考慮?」解題是數學教學最重要的領域,從解題歷程來探討一些重要的解題策略。相信透過教導學生這些策略,學生的解題能力必會增進(Schoenfeld,1979; Charles & Lester, 1984)。但如何教導學生這些策略呢?據促進學生基模發展的教學為例。Gagné等人(Gagné et al., 1993)則指出可藉一些數學課專門讓學生學習歸類問題,而不要求解答。如此學生的注意就轉移至基模,而非解決程序。另外,一個方式則是讓學生小組一起解題。讓學生彼此要求解釋為什麼這樣解題,基模的建立和修正就可能發生。即使在現行的教學方式下,假如能讓學生接觸各種問題類型,對基模的建立也會有幫助。

## 二、大學教學助教教學訓練

由於目前國內並無針對大學助教實施教學技巧訓練,以下就三個國外大學助教教學做說明。美國東華盛頓大學(Eastern Washington University)的助教訓練(TA Training)是一項寫作計畫,訓練開始於每個秋季開學前一週,訓練持續四天,針對新助教提供學校與寫作領域教學的介紹服務。在第一年期間,新任助教小組(約12人)必須參加一個每週二小時的會議討論,彼此分享自己的教學經驗與討論教學相關文章。並藉由助教第一學期第一單元教學的計畫大綱的提供,瞭解其教學的表現(Borrowman,1999)。

美國亞歷桑那大學(University of Arizona)的助教訓練與美國東華盛頓大學是類似的,其新任助教訓練始於每學年開學前二週,並且在新任助教第一年期間,必須參與每週二小時的教學討論會議,有別於EWU的是UA每年的新任助教均超過40人。因此UA提供教學諮詢者(TEADs—Teaching Advisors),每五至六位的新任助教即與近乎十二位的資深助教一組,彼此分享教學經驗(Borrowman,1999)。

亞歷桑那州立大學(Arizona State University)發展出一場研習會以訓練外國研究生成為助教。課程以每週三小時,重點放在語言改善、文化議題與教學策略等三大課題。每個學生至少要準備四場試講試教(microteaching)演練,並且錄製起來,提供同儕、教學者、外部專家作評量。但是這項研習會僅針對這群新任助教作技能上訓練,其目的僅是加強教學技巧,並不能替代各系別的專業知能訓練。此活動強調不同系別間群體的合作。這項計畫在對於跨系間助教的口語溝通與教學技巧上的訓練助益很大(Jain et al.,1988)。

由以上幾個國外助教教學訓練案例可知國外大學針對其新任助教的訓練其模式不外乎於新學期開學前一週舉行一項研習會,並於初任一年期間,利

督者)以及自我評鑑(Hendrix,1995)。

目前一般國內大學教學助教大都是由研究生兼任，而研究生仍以培養做研究的能力為主，故任期並不長，因此過去學校與系所等，也均未曾考慮針對教學助教之需求作訓練。本研究參酌國外助教之教學訓練，以及本校微積分教學之需求，本校微積分教學助教之師資訓練應從改進教學技巧開始著手，發展實施以增進教學助教教學技能為目標之訓練系統。

## 參、教學訓練方法規劃

### 一、訓練方法選擇

在訓練方式選擇上，本研究依研究之需求，以及時間與場地的限制，綜合文獻探討之資料選擇運用微型教學訓練法 (Micro teaching)，其原因有下列幾點：

#### 1. 研究對象為微積分教學助教

本校之微積分教學助教都是由研究生兼任，其個人本業仍以培養做研究的能力為主，故任期並不長，再者，過去學校與系所，也未曾考慮針對教學助教之需求作訓練，所以，必須尋求一種能在短時間有顯著成效的訓練方式。

#### 2. 訓練目標主要是以改進教學技巧為主

微型教學 (Micro teaching) 是一種發展教師的教學技術之特殊訓練模式，其最大的特色是將教學技術分解成小單位的技術，如發問、增強、重複等技能。此方法被認為是師資養成教育中，對教學認識的重要方法。此微型教學可用來訓練教學技巧，同時也可以就教學行為分析成具體要素。

#### 3. 「模仿一試講試教」模式，適合未曾參與過師資培育的微積分教學助教。

透過專家教師示範後，便由助教實際演練，直到助教對目標技術精熟為止。反覆練習的目的，在求熟練。其技能經過正確的模仿以後，再透過反覆的練習，並進行試講試教之教學演練，並使專家教師給予回饋，使教學技能以臻熟練。

#### 4. 時空環境的限制

沒有任何師資訓練資歷的微積分教學助教，可透過本研究微型教學訓練，可在短期間內增進其教學技巧，是以，教學助教師資訓練發展是屬於一種工作崗位訓練 (on the job training)，大學教學助教經由該學期實際課堂帶實習機會，實施教學技巧改進訓練。

### 二、微型教學法之實施

在師資培訓中，微型教學 (Micro teaching) 是用以訓練學生基本教學技能，

微型教學是一種發展教師的教學技術之特殊訓練模式，其最大的特色是將教學技術分解成小單位的技術，如發問、增強、重複，訓練時僅以少數一、二個技術為目標，以五至八名學生組成模擬班級，實施五至二十分鐘的教學，透過特殊的程序，直到學習者對目標技術精熟為止。在上完課此課程後，教學者與其指導者加以討論教學之優缺點，如果課程安排許可，則由該教學者再針對所提建議重複教一次，一般皆著眼於特定教學技巧之練習（Allen, 1967; Borg, Kelley, Langer, & Gall, 1970; Cuickshank, 1984）。除此之外，並常以錄影機將教學過程拍攝下來，Wragg（1971）曾提出在微型教學進行時，配合錄影及互動式分析（interaction analysis）可以有效地改變教學行為。

微型教學可分為四個步驟（Allen, 1967; Borg, Kelley, Langer, & Gall, 1970; Cuickshank, 1984）：

- } 學習者被告知特定之教學技巧。
- } 進行五至二十分鐘該技巧之教學。
- } 教學者與指導者加以批判教學之優缺點。
- } 教學者根據回饋再進行教學。

## 肆、教學訓練之發展

淡江大學微積分助教之教學訓練乃本研究之目的，本研究先針對助教教學專業發展以及微積分教學訓練之相關理論與研究加以分析、整理，並配合本校微積分教學助教之實際帶課情形，以歸納出適合本校微積分助教訓練模式。

### 一、分析階段：

首先針對從事微積分教學多年的資深優良教師作深度訪談，協助本研究更明確瞭解目前修習微積分大一學生的學習困難，與微積分教學助教在教學上的問題；並決定與分析示範教學的單元內容「積分應用—求體積」。

### 二、設計階段：

確立訓練目標；並選擇 Microteaching 為教學訓練方式；以及在設計階段即規劃設計教學訓練流程。其訓練重點摘要如下：

#### 1. 引起動機

在指導助教之前，必須先設法引起其學習的動機，有了強烈的學習興趣，學生才能集中注意，專心致志的學習。引起動機的方法很多，例如在練習之前，使助教瞭解練習的目標及教材內容的重要性，而知自動學習；練習的材料一定要適合助教的程度。若在初次練習時，即能產生滿意的

教學示範的步驟十分重要。在教師做動作示範時，可以錄影機將教學過程拍攝下來，製成影片，以供做技能教學的示範作用。

### 3. 實際演練、試講試教

教師示範後，將與助教共同討論其教學示範內容，助教可就懷疑或示範教學不清楚的地方提出問題，由教師解答後，便由助教實際演練，直到助教對目標技術精熟為止。反覆練習的目的，再求熟練。無論技能、習慣或記憶訓練，經過正確的模仿以後，還要反覆的練習，以臻熟練。並協助教學助教寫作教案，進行試講試教。

### 4. 評量結果，回饋討論

在進行試講試教過程中，輔以錄影拍攝，並邀請教學設計專家一同進行觀察與評量，在透過相關回饋資料與討論，使助教能對其目標技術更加純熟。

## 三、發展並實施階段：

在發展微積分教學助教微型教學訓練與實施，其步驟為（1）觀賞「為人師表」錄影帶，引發其接受訓練的動機；（2）邀請三位微積分課程教學專家做「積分應用—一定積分」單元示範教學；（3）並與助教共同討論其教學示範內容，助教可就懷疑或示範教學不清楚的地方提出問題，請教專家；（4）助教自行發展該教學單元的教案寫作；（5）進行試講試教。

針對三位教學專家於「積分應用—求體積」之教學單元示範，本研究整合教學專家與微積分教學助教的意見，綜整本教學單元之教學策略與方法如下所示：

- } 複習舊概念：從架構「求和」重點（以長方形面積複習說明公式與累積概念）開始，再以圓柱體積開始講解再帶公式，一開始若即以一塊面積旋轉求體積，學生可能不懂，且認為公式更複雜；能善用板書與色筆清楚架構題目重點與解題要點（如：第一種求法、第二種求法...）。
- } 在講解公式時，可先不寫公式，邊解釋邊寫出公式；或邊寫邊講出所寫的，或寫完覆誦一遍；寫出公式時，需解釋每公式內符號意義；此外，在解釋英文應用題時，可先以中文講解清楚；公式或英文可先作講義，不需花太多時間在翻譯。
- } 擅舉實例並配合適當的圖形：如：以麵包（吐司）舉例切割方法；以冰淇淋 cone 或用紙捲成角錐狀舉例；蘋果削皮求體積（剝殼法）；亦可準備一些實物，可讓同學能更清楚，如以 CD 作實例，手勢作旋轉。
- } 以合宜講解速度將觀念及名詞陳述清楚，讓學生作深一層記憶；邊寫板書宜邊唸出，解釋公式時，宜先講解其代表意義，可擅用問句（如 Y 為何要改成 X）。讓學生想一下再講：講解公式速度要放慢：概念重要。

#### 四、評鑑階段：

本研究在訓練發展過程中，其評鑑階段除了針對由教學設計專家、教學內容專家及學科專家給予本研究訓練過程之形成性評鑑與修正；另在實施階段即針對微積分助教在試講試教期間實施，專家評鑑、同儕評鑑與自評，以提供其即時的回饋評量；並於訓練實施後旋即對微積分助教與專家等，施以整體教學訓練成效意見調查。本階段評鑑均以問卷調查與訪談為其評鑑方式。

### 伍、 評鑑結果

在針對整體訓練成效上，本研究以（1）觀賞「為人師表」錄影帶；（2）觀察分析三位教師教學示範；（3）教學前之教案撰寫；（4）試講試教活動；（5）填寫自我評分表；（6）教學專家的評鑑意見；（7）同儕之間互評給予的意見等七項實施問卷與深入訪談，以瞭解微積分助教意見。在問卷部分，各題計分方式則採五等量表，由5至1分別代表程度由非常同意、同意、普通、不同意與非常不同意。其結果如下表列：

整體訓練成效效標	平均數
一、觀賞「為人師表」錄影帶	3.73
二、觀察分析三位教師教學示範	4.40
三、教學前之撰寫教學教案	3.80
四、試講試教活動	4.33
五、自我評鑑	4.13
六、教學專家評鑑	4.80
七、同儕評鑑	3.86

從上表可得知，其各項滿意度均介於普通、滿意與非常滿意之間。其中（1）觀賞「為人師表」錄影帶、（3）教學前之撰寫教學教案與（7）同儕評鑑的平均分數介於普通與滿意之間；（2）觀察分析三位教師教學示範、（4）試講試教活動、（5）自我評鑑與（6）教學專家評鑑的平均分數則介於滿意與非常滿意之間。以下為訪談後歸納之意見。

#### 一、觀賞「為人師表」錄影帶

針對這項企圖引起助教參與培訓動機的「為人師表」錄影帶欣賞，曾引起助教們的熱烈討論。有人認為該影帶在教學內容上助益不大，在培養助教的教學態度上能激勵怎麼當一個好老師，但實際上在教學上，怎麼教卻沒有講；亦有助教



場觀摩，非觀看事後教學示範帶，然後討論教學方式，其認為透過觀看經剪輯過之教學示範帶無法產生現場真實感，也無法馬上獲得回饋。

### 三、教學前之撰寫教學教案

關於教案撰寫部分，部分助教囿於時間的關係，在試教前教案撰寫並沒有事先完成。助教亦普遍認為其教案撰寫均應加強訓練。

### 四、試講試教活動

助教們均對於此部分活動持高度肯定。許多人先前以為個人自己整體的試講試教是很不錯，認為自己在教學過程中沒有問題，但在事後看到自己的錄影帶時，卻發現了一些小失誤，便在實習課時將這些失誤改正過來了，所以試講試教是很有幫助的。此外，助教們亦希望在做試講試教時，能請一位教師在旁，能立即將專家意見回饋給學生，改正助教在教學上的缺失。

### 五、自我評鑑、專家評鑑與同儕評鑑

助教們均認為專家、同儕互評使其得以瞭解自己的優缺點，並且可藉機見習觀摩他人的優點，重要的是可以明確知道自己在教學上哪一方面需要注意。但有時小組同儕間互評意見不一致時，則無法瞭解其程度差異，但仍會參考他人意見做教學上的修正。或有同儕間互評時，會有不好意思批評的情況發生。

## 陸、結論與建議

就整體而言，全體接受訓練的微積分助教對於本訓練活動對其之助益，給予極大肯定。從執行過程中，研究者發現微積分助教最重視專家評鑑給予的教學改正意見，該項給予的評分也最高；相較於其他訓練內容，觀賞「為人師表」錄影帶的評分是最低的；是以研究者將建議往後本校數學系若持續進行微積分助教教學訓練時，錄影帶是否觀賞則可視其受訓時間上的安排而予以調整或保留。

此外，在教學前撰寫教學教案部分，研究者也發現大部分微積分助教並無教學前撰寫教案的經驗，雖然經由此次的撰寫教案，讓助教們理解其對於教學內容的順序與教學時間上的安排有其助益，但因為撰寫經驗不足，也希望往後能加強此部分的撰寫訓練。

本訓練針對試講試教所設定之教學單元，曾邀請三位微積分教學專家做示範教學，因囿於微積分助教因教學與修課的關係，以及時間上安排全員到齊不易，所以以拍攝錄影，供向隅助教參考觀摩及存檔用。此次也有助教反應希望能在現場立即與老師作互動與經驗交流，此一意見亦可納入往後的微積分教學助教訓練

## 參考書目

- 大學教育改革促進會編著(民82)。台灣高等教育白皮書。台北：時報文化。
- 吳清山(民83)。美國教育組織與行政。台北：五南。
- 李世忠(民88)。教學科技—評鑑與應用。台北：五南。
- 李世忠(民89)。大學教學資源中心的研究與發展。未出版。
- 李永吟、單文經(民86)。教學原理。台北：遠流。
- 林清山、張景媛(民82)。國中生後設認知、動機信念與數學解題策略之關係研究。教育心理學報, 53-74 頁。
- 劉幸義(民85)。大學助教的性質與法律定位問題。師說, 94 期。
- 劉錫麒(民78)。國小高年級學生數學解題歷程及其相關因素的研究。花蓮師院學報, 3, 1-68 頁。
- 鄭麗玉(民82)。認知心理學—理論與應用。台北：五南。
- 鄭麗玉(民89)。認知與教學。台北：五南。
- Allen, D.(1967). Preface. In D. Allen (Ed.), *Micro-teaching: A description*(pp.2-3). Palo Alto, CA: Stanford University.
- Allen, D., & Ryan, K.(1969). *Microteaching*. Reading, Mass:Addison-Wesley.
- Bergquist, W. H. & Phillips, S.R.(1981). *A handbook for faculty development*, vo.3. Washington, D.C.: Council of Independent Colleges.
- Borg, W.R., Kelly, M.L., Langer, P. and Gall, M.(1970). *The Minicourse: A microteaching Approach to Teacher Training*. Macmillan, London.
- Borrowman, Shane(1999).First-Tear Training for First-Year Composition:TA Training from the Inside. Project Description(141); Conference Paper(150).
- Charles, R. I., & Lester, F. K. (1984). An evaluation of a process-oriented instructional program in mathematical problem solving in grades 5 and 7. *Journal for Research in Mathematics Education*, 15, 15-34.
- Gagné, E. D., Yekovich, C. W., & Yekovich, F. R.(1993). *The cognitive psychology of school learning*. New Tork, NY: Harper Collins.
- Hendrix, K.G.(1995). Preparing Graduate Teaching Assistants(GTAs) to Effectively Teach the Basic Course. Conference Paper(150); Historical Material(060); Project Description(141).
- Jain, N. C.; and other(1988). International Teaching Assistant Training Seminar at Arizona State University. Paper presented at the Annual Meeting of the Western Speech Communication Association (San Diego, CA, February 1988).
- Mayer, R.E. (1987). *Educational psychology: A cognitive approach*. Boston: Little, Brown and Company.
- Maver. R.E. (1987). *Educational psychology: A cognitive approach*. Boston: Little.

- Schoenfeld, A. H. (1985). Mathematical problem solving. Orlando, FL: Academic Press.
- Schoenfeld, A. H. (1979). Explicit heuristic training as a variable in problem solving performance. Journal for Research in Mathematics Education, 10, 173-187.
- Silver, E. A.(1981). Recall of mathematical problem information: Solving related problems. Journal for Research in Mathematics Education, 12,54-64.
- Wickelgren, W.A.(1974).How to solve problems. New York: Freeman.