

張子貴（2018）。

翻轉教室應用在數學系的微積分課程之研究。

臺灣數學教育期刊，5（1），35-64。

doi: 10.6278/tjme.201804\_5(1).003

## 翻轉教室應用在數學系的微積分課程之研究

張子貴

國立東華大學應用數學系

本研究的主要目的乃探討如何將翻轉教室的教學模式應用在應用數學系的微積分課程，並探討翻轉教室的教學模式對學生學習微積分有哪些具體的效益。本研究採用行動研究的方式，在應用數學系的微積分課程中進行一學年的教學行動。用來蒐集研究資料的研究工具包括：學習歷程檔案、學習回饋單、省思札記、訪談紀錄、測驗分數等。研究結果發現：一、本研究所發展的教學策略能發揮翻轉教室的教學模式中自主學習、合作學習、師生互動之核心價值。二、將翻轉教室的教學模式應用在應用數學系的微積分課程，能克服學生個別差異懸殊、課後自行解題困難、缺乏師生互動等困境，能改善學生的微積分學習成效，包括：改善學習態度、增進對教材的理解、提升解題能力與自信心、測驗分數顯著優於接受傳統教學的學生。

**關鍵詞：**行動研究、微積分教學、數學系、翻轉教室

---

通訊作者：張子貴，e-mail：[tzu@gms.ndhu.edu.tw](mailto:tzu@gms.ndhu.edu.tw)

收稿：2017 年 2 月 13 日；

接受刊登：2018 年 3 月 26 日。

Chang, T. K. (2018).

Flipped classroom use in a calculus course.

*Taiwan Journal of Mathematics Education*, 5(1), 35-64.

doi: 10.6278/tjme.201804\_5(1).003

## Flipped Classroom Use in a Calculus Course

Tzu-Kuei Chang

Department of Applied Mathematics, National Dong Hwa University

This study explored how the flipped classroom model could be applied to a calculus course in a department of applied mathematics and what effects it could have on students' calculus learning. It was an action research study of teaching calculus in this department of applied mathematics, and lasted for one academic year. The data resources included learning journals, learning feedback sheets, reflection journals, interview records, and test scores. The findings were as follows: 1) The strategies developed in this research promoted the following core values of the flipped classroom model: self-regulated learning, cooperative learning, and teacher-student interactions. 2) The application of the flipped classroom model in the calculus course helped to overcome students' individual differences, their difficulties solving problem individually after class, and the lack of teacher-student interactions. It also boosted students' learning outcomes: Students exhibited improved learning attitudes, improved understanding of teaching materials, enhanced problem-solving abilities, and higher confidence. In addition, students in the flipped classroom scored significantly higher than those in the traditional classroom.

**Keywords:** action research, calculus teaching, department of mathematics, flipped classroom

## 壹、研究動機與目的

Kember (1997) 曾回顧 13 個西方國家的大學教學方式，發現教學主要分成兩大取向，一種是教師中心取向 (teacher-centered)，即教師的教學以灌輸資訊及傳遞結構性知識為主，另一種是學生中心取向 (student-centered)，即教師的教學以協助學生理解、概念改變及心智發展為主。臺灣各大學的教學是以何種取向為主呢？符碧真 (2007) 曾分析約 11400 名臺灣師生對大學教學方式的看法，結果發現，學生認為教師最常使用的上課方式是「單向解釋」，但學生卻覺得「單向解釋」是較無助於學習的上課方式，而學生認為最有助於學習的上課方式是「師生互動」與「實作、實驗」，卻是教師較不常使用的上課方式。由此可見，臺灣各大學的教學大多還是以灌輸資訊及傳遞結構性知識為主的教師中心取向，教師為了講授學科知識，通常沒有多餘的時間可以讓學生在課堂上進行實作與師生互動。學生學習的過程可以分成兩個階段，第一階段是知識傳授的階段，第二階段是知識吸收與內化的過程。在傳統的講述教學模式下，教師在課堂上的教學通常只進行了「知識傳授」的階段，因限於教學時間，卻把「知識內化的過程」這個比較困難且需要協助的階段留給學生獨自去執行 (鄒景平, 2012)，因此，學習數學最大的挑戰之一，即是學生必須在課後沒有教師與同儕的協助下進行最困難的學習任務--解題 (Aronson & Arfstrom, 2013)。

在微積分教學現場中，通常採用教師中心取向的教學，以傳授及解說知識為主，而將知識內化與解題的活動留給學生在課後進行。由於班級人數眾多，學生的先備知識與思考理解能力之個別差異懸殊，在課堂上教師為了講授知識，通常沒有足夠的時間可以對學習或解題有困難的學生進行個別指導，而缺乏師生互動的機會 (田美雲, 2013; 黃政傑, 2014)。有些學生在課堂上未能及時理解教師的講解，跟不上課堂教學進度，課後就無法自行解題，便抄襲同學的作業，甚至不交作業，在解題上長期受到挫折，而逐漸放棄學習。也有些學生縱使在課堂上聽懂了，回家自行練習解題時，卻因為未完全理解教學內容而在解題過程中遇到困難，又無法立即得到教師或同儕的協助，而產生後續學習的困境。如何在有限的課堂時間內兼顧教學與指導學生解題，正是微積分教師所面臨的挑戰。

有些大學教師試圖透過教學影片來改善學生的學習成效，其研究結果顯示，使用線上教學影片能改善學生的學習態度、學習行為與學習表現 (Alpay & Gulati, 2010; Bolliger, Supanakorn & Boggs, 2010; Chester, Buntine, Hammond & Atkinson, 2011; He, Swenson & Lents, 2012; Herreid & Schiller, 2013; Kay & Kletschin, 2012; Traphagan, Kusera & Kishi, 2010)。此外，張子貴 (2016) 曾嘗試採用翻轉教室的教學模式來改善師資培育生的數學學習，發現對學生學習數學與解題具有良好的效益。

為解決上述微積分教學現場中學生個別差異懸殊、自行解題困難與缺乏師生互動之困境，本研究擬結合網路科技與教學影片，採用新興的翻轉教室之教學模式與張子貴（2016）實驗成功的可行教學策略來幫助應用數學系的學生學習微積分。但由於學科性質與課程難度不同，且學生的特質差異頗大，將之前成功的經驗移植到應用數學系的微積分課程，或許仍會面臨意想不到的困境。

基於上述，本研究的目的乃探討如何將翻轉教室的教學模式應用在應用數學系的微積分課程及其效益，並探討在此教學過程中會面臨哪些困境及尋求改善策略。因此，研究問題如下。

- 一、將翻轉教室的教學模式應用在應用數學系微積分課程之教學行動為何？
- 二、將翻轉教室的教學模式應用在應用數學系微積分課程的教學行動中之反思與修正為何？修正後的成效為何？
- 三、將翻轉教室的教學模式應用在應用數學系的微積分課程，對學生學習微積分有哪些具體的效益？

## 貳、文獻探討

茲將「翻轉教室的意義、內涵與核心精神」、「教學影片對學習的影響」及「翻轉教室的教學模式之學習成效」等相關文獻之評析分述如下。

### 一、翻轉教室的意義、內涵與核心精神

翻轉教室乃藉由網路科技的便利性，教師在上課前先錄製課堂講授知識的教學影片，讓學生在上課前透過網路利用電腦、平板電腦、智慧型手機等載具，觀看教師自行錄製或指定現有且與課程內容相關的多個短篇幅線上教學影片，甚至是預習教材，在課堂上則強調師生之間及同儕之間的互動學習，包括：重點複習，加強說明學生較感到困難或容易誤解的概念、練習、實作、問題解決、小組討論、團體討論、專題研究等面對面且雙向溝通的互動式教學活動（田美雲，2013；張子貴，2016；郭靜姿、何榮桂，2014；劉伊霖，2012；羅志仲，2014；EDUCAUSE Learning Initiative, 2012）。亦即，將傳統教學模式中「教師在課堂上講授知識」與「學生在家自行練習寫作業」顛倒過來變成「學生在家觀看教學影片」與「教師指導學生在課堂上練習、討論或解題」的一種教學模式。

由於在翻轉教室的教學模式中，學生必須在課前規劃時間與方式，主動觀看教學影片，並在課堂上參與練習、討論或解題活動，以達成學習目標，所以翻轉教室的核心精神為自主學習、學生參與、師生互動、合作學習，將學習的主動權回歸給學生，教師從原來主導學習的角色轉為提供學習的引領者與協助者（田美雲，2013；張子貴，2016；郭靜姿、何榮桂，2014；劉伊霖，2012；羅志仲，2014；Winne, 1995）。在本研究中，為了使微積分教學能達到個別化學習的成效，

上課前的學習活動著重在自主學習，課堂活動則著重在由教師指導學生學習微積分的重要概念及解題實作，並帶動學生參與、促進師生互動與同儕互動。

## 二、教學影片對學習的影響

目前已經有一些大學教師試圖透過教學影片來改善學生的學習成效。Bolliger 等人（2010）對修讀 14 門線上課程的 191 位美國大學生所進行的調查結果顯示，使用教學影片能激發學生的學習動機。Chester 等人（2011）對修讀 6 門不同課程的 273 位澳洲大學生所進行的調查結果顯示，看教學影片者的學術自我效能顯著高於沒有看教學影片者。除了使用教學影片外，Alpay 與 Gulati（2010）更進一步指導工程系學生自製工程課程的教學影片，此結果不但能拓展學生的學習經驗，還能促進學生的學習動機與積極參與。

Traphagan 等人（2010）以 364 位美國大學生為研究對象，探討在地質學的課程中採用網路播放教學對學生的出席率與學習的影響，研究結果顯示，有提供網路播放教學的學生之出席率顯著低於沒有提供網路播放教學的學生之出席率，但在成績方面，網路播放教學的方式卻抵消了它對出席率的負面影響，因為 83% 的學生在缺課後會觀看網路播放教學，尤其在考試前會有特別高的觀看率，且觀看網路播放教學愈多與較高的學習成績具有顯著的正相關。整體而言，縱使課堂出席率下降，網路播放教學對學生的學習經驗及學習成績均有正向的影響。

Kay 與 Kletschin（2012）以微積分課程所需的先備知能為主軸，包括函數運算、解方程式、線型函數、指數與對數函數、三角函數等五大主題，發展了 59 支以問題為導向的教學影片，放在課程網頁當作學生自學的工具，對 288 位大學生進行三週的實驗教學。由學生的回饋資料顯示，學生覺得教學影片有效用、容易跟上課程進度、對理解新的教材很有幫助。

He 等人（2012）在大學部的分析化學課程中，針對學生在作業及考試中比較有困難的概念與問題，製作家教式的教學影片當作補充教材。由學生的口頭與書面回饋、前後測的成績顯示，線上的家教式教學影片是有價值、有彈性、有經濟效益的學習工具，能改善學生解決化學問題之精熟度。

綜觀相關文獻，無論在學習態度、學習行為與學習表現方面，教學影片對學生的學習均具有正面的影響（Herreid & Schiller, 2013），包括：能激發學生的學習動機、學術自我效能，促進學生積極參與，拓展學習經驗，提升學習成績，改善對教材的理解及問題解決的精熟度。然而，在 Herreid 與 Schiller（2013）的調查結果中，教師們紛紛表示，要找到現成的優質教學影片並不容易，而自製教學影片卻需要耗費大量的時間，而造成許多教師不願意採用教學影片來輔助教學。雖然教學影片有助於學習，但尚未有文獻深入探討在應用數學系微積分課程的實施方式與實施成效，故本研究乃配合應用數學系微積分課程之需求，由研究者自行錄製教學影片，提供給學生學習。

### 三、翻轉教室的教學模式之學習成效

對教師的教學而言，翻轉教室的教學模式可以提供給學生個別化的學習環境，讓學生可以在任何時間與地點，依照自己的步調使用教學影片來學習，也可以重複地播放影片，聆聽教師對教材內容的講解，而不用擔心因為進行補救教學而影響教學進度(Fulton, 2012; Springen, 2013)。此外，課堂中的活動可以讓教師有機會個別地與學生談話及互動(Tucker, 2012)，亦能觀察學生寫作業的情形，瞭解學生的學習困難與學習風格，幫助教師更容易設計與調整課程，甚至將課堂時間運用得更有效率、更有創意，進而提升學生學習的成就、興趣與動力(Fulton, 2012)。

在中小學部分，近年來已迅速引起許多教師的關注與參與，由調查結果顯示，翻轉教室的教學模式能提升學生的測驗分數、降低不及格率、改善學生的學習態度(Finkel, 2012; Flipped Learning Network, 2012)。此外，戴文雄、王裕德、王瑞與陳嘉苓(2016)以準實驗研究法在高二的生活科技課程進行的 11 週(22 節課)翻轉教學式合作學習之研究結果顯示，翻轉教學式的合作學習比傳統講述式的合作學習更能提升學生在科技實作課程的學習成就、課程滿意度、科技態度及合作學習態度。

翻轉教室的教學模式不僅可以運用在中小學的教學，亦可應用在大學的教學，且具有良好的學習成效。例如：美國華盛頓大學的 S. Freeman 教授採用翻轉教室的教學模式來改善生物課 17% 的不及格率，要求學生在課前先閱讀教材及線上測驗，上課時再測驗與訂正，結果不及格率即顯著地下降到 4%，學期成績得到 A 的比例也從 14% 提升到 24%；加拿大哥倫比亞大學在物理課進行翻轉教室的實驗教學，實驗組的學生在課前先閱讀教材及線上測驗，在課堂上則進行小組討論與學習，並可得到教師的回饋，在期末考測驗對教材內容理解的多重選擇題當中，實驗組學生的得分超過控制組學生得分的二倍，採用翻轉教室的學生有 90% 喜歡這種互動式的學習模式，參與實驗的教師均認為翻轉教室中自主學習的方式能改善學生的學習與動力(Aronson & Arfstrom, 2013)；Sahin、Cavlazoglu 與 Zeytuncu (2015)在美國非數學系的微積分課程進行翻轉教室的教學，研究結果顯示，學生比較喜歡觀看教學影片(44%)甚於研讀教科書(17%)來做課前準備，學生在採用翻轉教室教學的單元之測驗成績顯著地高於採用非翻轉教室教學單元的成績，大多數學生(83%)表示翻轉教室的課程讓他們做更好的準備；張子貴(2016)將翻轉教室的教學模式應用在國小教育學程一整個學期的數學課程之研究結果顯示，翻轉教室的教學模式有助於個別化的適性學習與自主學習，能幫助學生克服解題困境，提升學習興趣、解題能力與解題自信心。

綜觀上述，翻轉教室的教學模式能促進師生互動，改善學生的學習態度，提升學生的學習興趣、學習動力、學習成績與解題表現。雖然 Sahin 等人(2015)是在微積分課程進行翻轉教室的教學，但對象是非數學系的學生，且只在 10 個單元中的 3 個單元進行翻轉教室的教學，實驗

教學時間不夠長，而且有高達 22% 的學生在接受翻轉教室的教學時未做任何課前準備，對測驗成績的比較是以同一組學生對不同的教學單元來比較，其結果可能會受到各單元教材難度的影響。此外，Bishop 與 Verleger (2013)、Goodwin 與 Miller (2013) 等學者均認為，雖然由觀察證據顯示，採用翻轉教室的學生之學習表現優於傳統教學的學生，但那些研究的實驗時間都太短，且很少採用客觀的研究方法來探討學生的學習成效。由於相關文獻並未詳細探討學生在學習態度方面有哪些具體的改善及其原因，亦尚未探討翻轉教室的教學模式如何應用在應用數學系微積分的常態性教學，及對微積分解題有哪些助益。因此，本研究持續一學年採用翻轉教室的教學模式來幫助學生學習微積分，期能解決學生學習微積分時個別差異懸殊與自行解題困難之困境，並蒐集較充分的回饋資料，以發展翻轉教室在微積分課程的有效教學策略，並分析學生的學習效益。

## 參、研究方法

本研究採用行動研究法，將研究者所研擬之行動方案實踐於應用數學系 8 學分的微積分課程，在研究過程中，透過文件蒐集、訪談與教學觀察等方法來瞭解實踐翻轉教室教學的困境，並不斷地反思與修正教學策略，期能發展出適合應用數學系微積分課程的翻轉教室之教學模式，改善微積分的教學困境，提升學生的學習成效。

### 一、研究對象

#### (一) 研究者

研究者即為本研究中將翻轉教室的教學模式應用於微積分課程之實踐者，在本研究中負責行動研究的規劃與執行、撰寫教材、錄製教學影片、進行教學、蒐集回饋資料、分析資料及撰寫研究報告。研究者在國立大學數學系已經有二十餘年的數學教學經驗，近十年來致力於從事改善大學數學教學的行動研究，研究主題包括：合作學習、數學文化、翻轉教室等。

#### (二) 參與學生

參與本研究實驗教學的學生為 103 學年度某國立大學應用數學系 B 組修讀微積分（一）的 56 位學生與微積分（二）的 49 位學生，其中有 41 位學生兩學期均修讀，控制組為該系 A 組修讀微積分（一）的 69 位學生與微積分（二）的 57 位學生。

### 二、研究歷程

由於行動研究的歷程乃強調「觀察→計畫→行動→反省與評鑑」的循環特性，以解決教學實務的問題，提升學生的學習成效。茲將本研究之研究歷程說明如下。

### （一）研擬研究內容

包括界定研究主題為「採用翻轉教室的教學模式來幫助應用數學系學生學習微積分」、探討「翻轉教室的意義、內涵與核心精神」、「教學影片對學習的影響」與「翻轉教室的教學模式之學習成效」等相關文獻資料做為研擬行動方案的理論基礎。依據相關文獻對翻轉教室的定義，在本研究中，所謂「翻轉教室」是指將傳統微積分教學中「上課時間教師在教室講授微積分知識」與「下課時間學生在教室外自行學習微積分解題」的教學模式變成「上課前學生在教室外自行觀看教師所錄製的微積分教學影片與教材」及「上課時間教師指導學生在教室進行微積分解題活動」的教學模式，將傳統微積分教學中，「講授微積分知識」與「進行微積分解題活動」的時間、地點與內容都翻轉過來，將「教師是課堂上的主角」翻轉為「學生是課堂上的主角」，亦即將「教師中心取向的教學」翻轉為「學生中心取向的教學」。再依據翻轉教室的核心精神研擬「將翻轉教室的教學模式應用於應用數學系的微積分課程」之行動方案。

### （二）實施行動方案

將所研擬之行動方案實踐於 103 學年度應用數學系一學年 8 學分的微積分課程中，所有的教學單元與教學活動均採用翻轉教室的教學模式。

### （三）蒐集回饋資料

在實踐行動方案的過程中，研究者於每次課堂活動中觀察學生的參與狀況與解題表現，每 4 週請每位學生撰寫學習歷程檔案，並於學期末時請學生填寫學習回饋及訪談重修生，以蒐集回饋資料，做為省思檢討與修正行動方案之依據。

### （四）初步資料分析與修正行動方案

根據前述所蒐集到的回饋資料進行初步整理與分析，不斷發現學生對採用翻轉教室的教學模式學習微積分之困境與學習成效，例如，課前觀看教學影片、撰寫研讀紀錄與合作學習等問題，再對行動方案進行省思，並立即修正。

### （五）實施修正後的行動方案

立即將修正後的行動方案實踐於實驗班級，而非等到新學期才實施，並持續進行資料分析、省思、修正行動方案的循環，直到整個行動方案進行穩定為止，本研究的行動方案在第一個學期即已修正穩定。

### （六）持續蒐集回饋資料

實踐修正的行動方案後，仍持續蒐集回饋資料，尤其在定期的學習歷程檔案中會特別蒐集學生對於修正行動的回饋。



### （七）資料分析

將所蒐集到的回饋資料進行整理與分析，探討採用翻轉教室的教學模式對學生學習微積分有哪些具體的效益。

### （八）撰寫研究報告

將應用翻轉教室的教學模式於應用數學系微積分課程的實踐過程、過程中所觀察到的結果及研究發現撰寫成研究報告。

## 三、研究工具

行動研究最主要的目的是希望透過蒐集研究資料來理解教學現場的特性（Johnson，2005/2006），因此，本研究所使用之研究工具包括：解題學習單、學習歷程檔案、學習回饋單、教學觀察與省思札記、訪談紀錄等質性資料及測驗分數的量化數據，各項研究工具簡述如下。

#### （一）解題學習單

研究者依照每次上課的教材內容、學生應達成的能力指標（例如，能找出二變數函數在閉集合上的最大值和最小值）與在批閱上回解題學習單的觀察中所發現學生的迷思概念（例如：在求 critical points 的時候沒有注意到求出的解必須在函數的定義域中），挑選適合的課本習題編製成解題學習單。

#### （二）學習歷程檔案

每 4 週每位學生必須撰寫學習歷程檔案，以督促學生對採用翻轉教室的教學模式來學習微積分的學習狀況進行反思，內容包括：各種教學策略的學習狀況、學習困境、學習效益與學習省思等，例如：「老師與助教在課堂上指導解題」對你學習微積分有哪些幫助？能讓你對解題更有自信嗎？為什麼？

#### （三）學習回饋單

研究者自行設計期末學習回饋單，以了解學生對採用翻轉教室的教學模式來學習微積分的學習感受。除了勾選適當選項外，也讓學生在回饋單上自由陳述其理由。列舉如下。

你覺得老師在微積分課程中採用翻轉教室的教學模式能幫助你提升微積分的解題能力嗎？

☐非常有幫助 ☐有一些幫助 ☐不太有幫助 ☐完全沒有幫助

具體的因素是什麼？你有哪些具體的改變？\_\_\_\_\_

#### （四）教學觀察與省思札記

研究者將學生在採用翻轉教室的教學模式來學習微積分的過程中所做的重要觀察加以記錄，包括：課堂活動參與狀況與解題表現等，反省思考後，研擬改善策略，修訂行動方案。

### （五）訪談紀錄

由於重修生在微積分課程具有不同的學習經驗，在每個學期末，研究者對每位重修生進行訪談，請他們反思今年採用翻轉教室的教學模式與以前接受傳統教學方式來學習微積分的學習狀況與學習成效有何差別。第一學期的 15 位重修生均接受訪談，而第二學期的 16 位重修生有 15 位接受訪談。

### （六）測驗分數

由於該校應用數學系有兩組，微積分分兩班開課，兩班學生的上課時間、上課用書、教材內容、教學進度、期中考與期末考之試題及閱卷者均相同，其中研究者所任課的 B 組採用翻轉教室的教學模式，當作實驗組，而 A 組則由另一位具有數學博士學位的資深教師任課，採用傳統的教學模式，當作控制組。每學期均有兩次期中考與一次期末考，試題由兩位任課教師共同命題，具有內容效度與專家效度；試卷由兩位任課教師共同批閱，同一試題由同一位教師批閱，具有相同的給分標準，故研究者將蒐集兩組學生的各次期中考與期末考的測驗分數，以便進行比較。

## 四、資料分析

### （一）質性資料

本研究採用分析歸納法來分析所蒐集的質性資料，並採用三角校正法 (Patton, 2002)，包括：方法的三角校正、資料來源的三角校正及分析者的三角校正等三種方式。

研究者先對學習歷程檔案、學習回饋單、教學觀察與省思札記、訪談紀錄等質性資料加以編碼分類，每一筆資料均註明蒐集日期，並分別以檔案、回饋、省思、訪談等表示上列各項資料，以 S\*\*當作學生代號，例如，「20150419 檔案 2S17」表示此筆資料是由學生 S17 在 2015 年 4 月 19 日的第 2 次學習歷程檔案中所撰寫的內容。編碼後，研究者再將各項研究資料加以分類、彙整，進一步分析、歸納與抽煉資料的特性。

「方法的三角校正」是指研究者採用多種不同方法蒐集研究資料，如：透過由學生撰寫學習歷程檔案與學習回饋單、由研究者觀察學生的學習、訪談等不同方式來蒐集學生採用翻轉教室的教學模式來學習微積分的學習狀況之資料。「資料來源的三角校正」是指研究者透過不同來源的資料，從不同的時間點與不同層面檢驗研究發現的一致性，如：藉由學生的學習歷程檔案與學習回饋單、研究者的觀察紀錄、省思札記、訪談紀錄等不同來源的資料來了解學生採用翻轉教室的教學模式來學習微積分的狀況與成效。「分析者的三角校正」是指藉由不同的分析者來審視研究結果，如：邀請研究助理與教學助理共同觀察研究資料分析歸納的結果，並進行討論及提供意見，藉以修正研究者的主觀看法。

質性資料分析的流程如下。

1. 先將所蒐集到的各項研究資料依次逐題各自彙整，例如：將每一次學習歷程檔案的每一個問題學生所撰寫的內容加以彙整，再分析及歸納對此問題的回饋資料之特性。
2. 將上述各項研究資料依次逐題各自彙整、分析歸納的結果，依照教材與教學影片、研讀紀錄、重點複習、討論解題等主題將相關的資料彙整在一起，再分析及歸納每一個主題研究資料的特性。

## （二）量化資料

1. 對學習回饋單中的量化資料進行次數分析，以了解學生對採用翻轉教室的教學模式學習微積分的整體感受，並輔助說明質性資料分析歸納的結果。
2. 對學生的測驗分數，採用兩組獨立樣本  $t$  檢定的方法來比較實驗組與對照組的平均分數是否具有顯著差異。

## 肆、結果與討論

由於本研究採用行動研究法，且改善教學的行動研究歷程為「察覺教學現場的困境→擬訂解決困境的行動方案→將擬訂的行動方案實踐於教學現場→由回饋資料反省與評鑑成效→發現困境、修正策略→再將修正後的行動方案實踐於教學現場→由回饋資料反省與評鑑成效」，故以下分別說明：為改善微積分教學現場的困境而研擬的行動方案、在實踐行動方案的過程中所發現的問題與解決策略、改善的成效。

因實驗組第二學期的學生中有八成的學生是接受長達一年的翻轉教室之教學模式，故本研究僅就修讀微積分（二）的 49 位實驗組學生與 57 位控制組學生之回饋資料與測驗成績進行分析。

### 一、將翻轉教室的教學模式應用在應用數學系的微積分課程之行動方案

本研究從教材內容、教學影片、教學策略等三個層面來設計教學行動方案，分別說明如下。

#### （一）教材內容

依據應用數學系大一微積分的課程目標，本研究以 Stewart (2012) 的《微積分》當作教材，一學年的實驗教學之主要教材內容包括：單變數函數與多變數函數的極限、微分、積分、微分的應用、積分的應用及無窮級數等，詳細的教材主題請參閱附錄。

## （二）教學影片

研究者先將每一個章節的教材編製成簡報，再使用 EverCam 錄製軟體將講授微積分知識的教學過程錄製成用簡報講授的教學影片，錄製完後將教學影片依該章節之小主題切割成 5~15 分鐘的短篇影片，讓學生比較有足夠的專注力可以學習，再將所錄製的教學影片上傳到課程網頁。

## （三）教學策略

本研究所採用的教學策略以張子貴（2016）在國小教育學程的普通數學課程採用翻轉教室之可行教學策略為主軸，再加以修訂應用在應用數學系的微積分課程，說明如下。

### 1. 課前準備

- （1）教師必須先編寫教材、錄製教學影片、將教學影片上傳到課程網頁、設計並印製研讀紀錄與解題學習單。
- （2）學生必須先研讀教學講義、觀看教學影片、撰寫研讀紀錄，研讀紀錄的內容包括研讀教學講義的情形、觀看教學影片的情形、有困難的概念或主題、教材內容重點等。

### 2. 課堂活動

- （1）學生繳交本次上課內容的研讀紀錄，這份作業占總成績的 10%，以督促學生要在課前觀看教學影片。
- （2）每次一上課，教師即講解學生在上回學習單中解題的迷思概念及學生觀看教學影片時有困難或比較不易理解的概念與內容。
- （3）當學生對本次上課教材都沒有疑問後，提供本次上課的解題學習單，並提示解題思考與策略，每 4 位學生分成一組，由學生進行分組討論與解題，基礎題必須個別解題，進階題則由小組共同解題，並於下課前繳交解題學習單，解題學習單批改後於下次上課時發還給學生。若學生未在課前觀看教學影片，對教材不熟悉，則難以解題，便會影響課堂解題的效率與成績，藉此督促學生在課前觀看教學影片。
- （4）學生在進行分組討論及解題時，教師與助教在組間巡視，瞭解學生解題的狀況。若學生對解題有困難，可以先在小組內討論，尋求協助，若小組成員仍不確定或有困難，則由教師或助教給予個別指導。
- （5）當教師在指導解題時，若發現學生有共同的錯誤、迷思概念（例如， $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = 0 \Rightarrow \sum_{n=1}^{\infty} a_n$  收斂）或解題困境，則在黑板上共同講解、提示或說明。

### 3. 撰寫學習歷程檔案

每 4 週每位學生必須撰寫學習歷程檔案，以督促學生對採用翻轉教室的教學模式來學習微積分的學習狀況進行反思。

### 4. 在 Line 上建立微積分群組

研究者在 Line 上建立微積分群組，學生可以自由參加，透過行動載具的便利性，強化師生互動與協助學生解決問題的時效性。

## 二、教學行動中的反思與修正

茲將翻轉教室的教學模式應用在應用數學系微積分課程的教學行動中之反思、修正與成效分述如下。

### （一）有些學生未能在課前觀看教學影片

#### 1. 反思

有些學生因個人的時間規劃或參加其他活動而未能於課前觀看教學影片。在第一學期第一次期中考完後有 14 位學生為了準備其他科目的期中考試或校慶啦啦隊比賽，而沒有及時看完教學影片，便影響到上課解題的效率。未來在上課時，教師除了針對解題的迷思概念進行補救教學外，應該再加強新教材的重點複習，免得未及時在課前看完教學影片的學生在課堂上完全無法解題（20141104 省思）。

#### 2. 修正的策略

為協助未及時在課前看完教學影片的學生也能在課堂上參與解題活動，在教學上的修正策略為：（1）每次一上課均進行新教材的重點複習，幫助已經看過教學影片的學生統整概念，亦可幫助未及時看完教學影片的學生有基本能力可以進行解題；（2）將學習單的習題採螺旋式設計，除了解新教材的習題外，再練習前面章節較不熟練的習題與進階題，讓學生有更長的時間可以精熟教材內容，也不會因為未及時看完教學影片而完全無法參與課堂解題，讓未及時看完教學影片的學生有機會再補看教學影片與複習，而不致於跟不上教學進度（20141120 省思）。

#### 3. 修正後的成效

##### （1）課堂上的重點複習可以幫助學生釐清迷思概念及統整相關概念

49 位學生中，除了三位程度比較好的學生認為不需要外，絕大多數的學生都認為有需要教師在課堂上幫大家做教材的重點複習，而且幫助很大。在課堂解題前教師複習教材重點可以幫助學生釐清不清楚的概念、統整相關概念、掌握該章節教材的重點（S03、S08、S11、S12、S15、S17、S19、S20、S21、S24、S29、S32、S34、S35、S37、S38、S42、S44、S45、S49、S53、S54、

S55、S56)，S17 表示：「透過老師的概念統整，可以再次複習每個章節的主要概念（20150419 檔案 2S17）。」尤其是少數學生因故未及時在課前看完教學影片時，重點複習就顯得更重要，雖然解題效率仍不理想，但至少讓學生仍然可以在課堂上解題，而不致於跟不上教學進度（S15、S30、S31、S56），S56 表示：「重點複習能夠把該單元核心重點再一次的複習，對有時候來不及看影片的我有極大的幫助（20150419 檔案 2S56）。」

## （2）解題學習單的內容採螺旋式設計能幫助學生深入理解教材內容與解題方法

解題學習單的內容調整為螺旋式設計，在每次的學習單中，新教材的每一種題型只出一至二題，再加上前面章節的複習題與進階題，可以讓學生有複習的機會及較充裕的時間逐漸深入理解教材內容與解題方法，有助於提升學生的解題理解與解題能力。S23 就表示：「透過這種方式不斷反覆的練習，很多觀念都融會貫通了！（20150627 回饋 S23）」此外，學生也不會因為未及時看完教學影片而無法參與課堂解題，讓未及時看完教學影片的學生有機會再補看教學影片與複習，而不致於跟不上教學進度。

## （二）撰寫研讀紀錄的成效不彰

### 1. 反思

為了督促學生能切實在課前先觀看教學影片，每次上課都會發給學生一張下次上課內容的研讀紀錄，其中必須記錄該次教材的重點及自由記錄有困難的地方，但是大部分學生通常不寫研讀有何困難，有些學生則隨便抄一些定義或定理當作該節的重點，縱使學生沒有觀看教學影片，也能敷衍撰寫研讀紀錄，因而不易發揮研讀紀錄的功能。未來應該在研讀紀錄裡設計一些簡單的題目讓學生作答，以督促學生用心觀看教學影片（20141104 省思）。

### 2. 修正的策略

為督促學生觀看教學影片並檢視學生是否理解該章節教材的基本概念與解題方法，從第 4 章開始，研讀紀錄中會提問幾個簡單的問題，包括：定義、概念、定理、計算題等，例如，「若函數  $f$  在閉區間  $[a, b]$  上的值含有正數與負數，則  $\int_a^b f(x)dx$  的幾何意義為何？」、「令  $a_n = \frac{2n}{3n+1}$ 。

（1）判斷數列  $\{a_n\}$  是否收斂；（2）判斷級數  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$  是否收斂。」。藉由這些簡單的問題幫助學生在觀看教學影片及研讀教材時要注意基本概念與解題方法，也可以從中讓教師發現學生的迷思概念（20141202 省思）。

### 3. 修正後的成效

由於修正後的研讀紀錄之題目簡單且切中教材重點，在看完教學影片後，撰寫研讀紀錄能幫助學生快速掌握該章節的重點（S04、S08、S11、S13、S16、S21、S22、S25、S30、S31、S32、S40、S43、S45、S46、S47、S48、S51、S53、S54、S58），並檢視自己對教材的基本概念是否理

解 (S02、S03、S10、S14、S19、S20、S23、S24、S28、S31、S33、S34、S35、S38、S40、S42、S44、S52)，發現概念不清楚的地方之後，再進一步去釐清。S34 表示「在看完教學影片時會順便寫研讀紀錄，裡面的問題都有助於讓我重新審視自己對於這次內容的理解是否足以清晰地寫出這些題目的答案 (20150322 檔案 1S34)。」有些學生看到與研讀紀錄中所提問的問題有相關的影片內容，會更仔細觀看 (S07、S17)，S17 就表示：「剛看完教學影片時，常常認為自己已經理解，但透過寫研讀紀錄，可以立即清楚知道還有哪些地方是需要重複閱讀 (20150322 檔案 1S17)。」大部分的學生都覺得在課前看完教學影片後，撰寫研讀紀錄的題目，對掌握該章節的基本概念非常有幫助、對重要概念印象深刻 (S29、S32、S38、S45)，亦可督促學生用心觀看教學影片。

### (三) 學生不習慣在課堂上合作學習與討論

#### 1. 反思

學生在課堂上進行分組討論與解題時，基礎題是必須個別解題，進階題則由小組共同解題。由於學生過去沒有合作學習的經驗，而使得討論的技能與習慣較不足，且小組成員的解題速度各不相同，便造成進階題經常由解題速度較快的組員獨自完成，而未能發揮合作學習的功能。此現象與劉伊霖 (2012)、羅志仲 (2014) 所提到在翻轉教室的教學中學生在課堂活動時不願意或不知道如何與他人互動、討論、合作的困境雷同。未來應該再調整合作學習的策略，以提升合作學習的成效 (20141211 省思)。

#### 2. 修正的策略

為改善合作學習的成效，自 2014 年 12 月 23 日起，上課指導學生解題時，對每一個習題教師或助教都會主動先批改每一組的一位組員，儘量每題都改不同的組員，使得每一題都有組員已經寫好並確認正確，其他組員若有疑問即可請教已經被批閱的組員，以促使組員之間進行討論與合作學習 (20141223 省思)。第二學期並加強透過小考來促進合作學習與討論，以小組的平均分數當作每位組員的分數，將課堂上解過但學生有迷思概念或不熟練的題目當作小考試題，考前先小組討論 10 分鐘，由於學生對此題型已經有解題經驗，而較有能力可以共同討論。

#### 3. 修正後的成效

##### (1) 課堂解題指導的方式能有效促進合作學習與解題討論

因為每一個習題每組都會有一位組員已經被教師或助教確認過解題結果，其他組員若有困難便會請教這位組員，寫完後也會向這位組員核對解題結果，而使得學生除了個別請教教師與助教外，更主動地與組員討論解題，之前只有 4~5 組 (共 15 組) 比較會常討論，採用這個修正策略後，已有 10~12 組會積極的討論，甚至還會從小組內的討論擴展到小組與小組間的討論

(20141231 觀察)，由此可見，學生討論解題的意願已顯著地提升。從批閱學生的解題學習單中可以發現，學生因經過小組討論解題而使得同組學生的寫法較接近，但各組會有不同的寫法(20150617 觀察)，顯示學生已積極的進行合作學習與小組討論解題。

## (2) 先討論再小考的方式能有效促進小組解題討論與同儕互動

由於小考的成績是取小組平均，學生會擔心拖累組員，而促進學生討論的意願。由於小考的試題都是課堂解過但學生較有迷思概念或較不熟練的題目，學生有些基礎，也有些疑惑，在考前小組討論時，學生會盡其所能地分享自己的解題想法，而使得討論相當熱烈，甚至比課堂解題時更加熱烈(20150616 觀察)。在討論中，學生能彼此澄清概念、彼此分享解題技巧與思考方式(S01、S08、S11、S15、S34、S42、S53、S54、S55)，發現一些自己沒有注意到的重要概念或解題技巧(S07、S10、S20、S21)，即使是教別人也會讓自己的概念更融會貫通(S19、S23、S49、S55)，因而提升解題的速度，這些學習上的助益便促使學生逐漸養成討論解題的習慣。S34 分享道：「我覺得小組討論蠻有趣的，藉由小組討論可以分享彼此不同的解題技巧與解題想法，而且都可以解出答案，覺得非常好。(20150419 檔案 2S34)」。在討論解題的過程中，彼此互相分享、互相教導、互相幫助，能增進學生之間的互動。

## 三、翻轉教室對應用數學系學生學習微積分的具體效益

本研究參酌相關文獻中教學影片與翻轉教室的學習成效，從學習態度、教材理解、解題表現、測驗分數、師生互動與同儕互動等五方面來分析學生的學習效益。

### (一) 學習態度

#### 1. 絕大多數學生喜歡採用翻轉教室的教學模式來學習微積分

有 98.0% (48/49) 的學生在學習回饋單中表示喜歡翻轉教室的教學模式，學生喜歡翻轉教室的教學模式之主要原因是：(1) 課前看教學影片很自由，不受時間或地點的限制，可以配合自己在身心狀態最佳時研讀；(2) 教學影片講解詳盡，可以暫停或重播，重複看到懂為止，方便預習與複習；(3) 學生喜歡在課堂上與同學一起解題，有疑惑可以立即得到教師或助教的協助。此結果比 Aronson 與 Arfstrom (2013) 的研究結果「在物理課採用翻轉教室的學生有 90% 喜歡這種互動式的學習模式」有更高的接受度。

#### 2. 能提升學生學習微積分的興趣

在採用翻轉教室的教學模式學習微積分之前，有 10 位重修生與 4 位大一生對數學不感興趣，經過一學年或一學期採用翻轉教室的教學模式學習微積分後，這 14 位學生當中有 13 位 (93%) 在學習回饋單中表示翻轉教室的教學模式能幫助自己提升學習微積分的興趣，另一位大一生則因長期缺課而未改善。這 10 位重修生是因為在在大一修課時都聽不懂，長期受挫而失去對



數學的學習興趣。學生對學習變得比較有興趣的原因是：(1) 教學影片可以看得懂，不懂的地方可以重複看到懂；(2) 教師在課堂上指導解題，使得對解題比較有概念，較能成功解題，對解題比較有成就感與信心；(3) 成績明顯進步。

### 3. 能促進學生自主學習

在 49 位學生中，有 55.1% (27/49) 的學生幾乎都看完教學影片，有 38.8% (19/49) 的學生大約看完四分之三的教學影片，合計有 93.9% 的學生會看完大部分的教學影片，此結果比 Sahin 等人 (2015) 在微積分課程進行翻轉教室的教學時有高達 22% 的學生未做任何課前準備的情況好很多。學生未能在課前及時看完教學影片的原因是遇到其他科目考試或參加其他活動而沒有充裕的時間可以看。學生會在課前觀看教學影片的主要原因是：若課前沒有看教學影片，則上課解題就會有困難或解題時間變得很長。

由於研究者已經提供教學講義給學生，講義內容與教學影片上的文字和圖片內容相同，學生會安排在自己學習狀態較佳的時間觀看教學影片，大部分的學生會搭配教學講義觀看教學影片 (S01、S04、S08、S17、S20、S29、S34、S35、S40、S43、S45、S54、S57)，甚至將影片講解中強調的重點註記在講義上 (S08、S17、S19、S35、S38、S40、S54)，若遇到不懂的地方先暫停播放並思考，或與同學討論 (S21、S33、S49、S58)，或重播影片 (S05、S08、S12、S15、S54、S55)，再不懂，就在課堂上詢問教師或助教，甚至有些學生 (S27、S49、S56) 就立即用 Line 詢問教師。有些學生是先看講義，再看教學影片，講義看不太懂的地方會多看幾遍教學影片 (S17、S31、S34、S38、S52)，S17 就是「在假日或是上課前一天觀看教學影片，並配合講義做上筆記，平時複習以講義為主，若有不懂會重複看影片內容 (20150419 檔案 2S17)」；有些學生是先看教學影片，再看講義，講義看不太懂的地方再回去看教學影片 (S11、S12、S22、S24、S55)；少數程度比較好的學生是以看書與講義為主，看不懂的地方才看教學影片 (S23、S48)。有時候學生因故未能在課前先看完教學影片，但至少一定會先讀過講義 (S08、S20)，否則，上課解題會有困難。由此可見，學生會評估並選擇較適合自己的學習時間與學習方式，以獲得學習成效及達成學習目標，依據 Winne (1995) 對自主學習的觀點，此教學模式可以促進學生的自主學習。

### 4. 能幫助學生更主動學習

有 85.7% (42/49) 的學生在學習回饋單中表示，採用翻轉教室的教學模式能幫助自己更主動學習，因為必須主動在課前看教學影片，上課解題才會有效率。S14 在訪談時表示：「我剛開始都不習慣看教學影片，後來發現不看教學影片上課解題速度會很慢，就只好去看教學影片，看了以後，發現上課解題速度變很快，以後就都會在上課前主動看教學影片 (20150604 訪談 S14)」在課堂上主動要求協助解題及在課後主動到教師研究室問問題的學生人數也愈來愈多，

也有些學生會主動在自己解題有困難的地方再回去看教學影片。S09 在回饋單中分享：「我變得更常去圖書館溫習微積分、回去也會挪出時間來看微積分下次的上課內容，比較不會像以前是有作業才會去讀書（20150627 回饋 S09）。」重修的 S16 表示：「跟上一學年比起來，學習上主動很多，預習與複習是上學年很少做的事情（20150627 回饋 S16）。」S17 也表示：「除了考試的成績明顯進步外，對於學習數學的態度也有相當大的幫助，包含主動、積極等（20150627 回饋 S17）。」

## （二）教材理解

### 1. 教學影片暫停與重播的功能可以幫助學生理解較困難的教材、發揮個別化學習的成效

大多數學生認為教學影片的內容講解得非常清楚、詳盡，影片長度都不會太長，影片播放的時間、地點與速度都可以配合學生個別的狀況來調整，影片暫停與重播的功能可以幫助學生理解較困難的教材內容，尤其對於上課專注力較不足或理解力較慢的學生幫助更大，可以克服傳統講述教學中學生跟不上課堂講授進度的問題，發揮個別化學習的成效。S29 表示：

老師的教學影片講解很詳細，有不懂的地方可以暫停下來慢慢看，也可以按照自己的速度快轉或倒帶再看一次影片，通常只要認真看，看一次就能夠看懂這次進度的主要概念，剩下的就是如何將所學到的概念靈活運用在解題。（20150322 檔案 1S29）

教學影片亦能發揮補救教學的功能，讓有些學生在學習有困難時，可以隨時再觀看前面章節的教學影片，以加強自己不足的基礎（20150116 回饋 S35、20150116 回饋 S51、20141204 訪談 S53）。

### 2. 教學講義有助於觀看教學影片、預習、複習與熟悉教材內容

大多數學生認為教學講義的內容很詳盡、有條理，還附上專有名詞的中文，對研讀教材與複習很有幫助。搭配教學講義看教學影片，可以比較容易看懂教學影片，還可以邊做筆記，萬一課前無法看完教學影片，也可以透過講義讀完教材。S35 表示：「因為有講義，在觀看影片時可以邊做筆記，還可以在旁邊做計算，動手跟影片一起思考（20150322 檔案 1S35）。」多數學生通常只看一遍教學影片，只有在比較不懂的地方才會重複觀看影片，但在複習教材內容時，就會反覆研讀講義，加強對教材內容的理解。S29 表示：「講義寫得很清楚，看教學影片搭配講義或是之後複習看講義都很方便，而且還有解題策略概念圖（20150322 檔案 1S29）。」由此可見，教學講義有助於觀看教學影片、預習、複習與理解教材內容。

### 3. 教學活動設計有助於學生對教材的理解

絕大多數的學生都認為在課堂解題前教師複習教材重點，可以幫助自己釐清概念、統整並掌握教材中的重要核心概念；教師在課堂上的解題指導可以幫助自己釐清解題迷思概念，對教材有更正確的理解；學習單採用螺旋式設計，讓學生有更充裕的時間與機會逐漸深入理解教材內容。

整體而言，有 98% (48/49) 的學生在學習回饋單中表示，採用翻轉教室的教學模式能幫助自己更理解微積分的概念與內容，主要原因為：(1) 教學影片講解詳細，容易理解；(2) 看到影片中不太懂的地方可以先停下來思考或跟同學討論，不會受到講課進度的影響，也可以重複觀看；(3) 上課時教師的教材重點複習與解題指導能釐清原本不太清楚的概念。

### (三) 解題表現

#### 1. 能幫助學生克服解題困境

在微積分採用翻轉教室的教學模式中，由於學生已經在課前自行觀看教學影片，在課堂上有較充裕的時間可以讓學生進行解題實作，當學生解題遇到瓶頸時，隨時都可以與同儕討論，請教教師或助教，教師也會主動檢視學生的解題狀況，釐清學生的解題迷思概念或解題錯誤，甚至提示解題思考。因此，學生的解題困境幾乎都可以在課堂上得到解決。此外，學生在課堂解題時發現自己較不理解的概念，還可以再看教學影片的講解。

整體而言，有 89.8% (44/49) 的學生在學習回饋單中表示，採用翻轉教室的教學模式能幫助自己解決微積分的解題困境；有 10.2% (5/49) 的學生覺得幫助不大，其中二位學生覺得自己沒有困難，在解題上不需要協助，而其中三位學生則因微積分（一）基礎不足而在修讀微積分（二）時已經力不從心。

#### 2. 能幫助學生提升解題能力

有 87.7% (43/49) 的學生在學習回饋單中表示，採用翻轉教室的教學模式能幫助自己提升微積分的解題能力，主要原因是：在課堂上必須自己動手解題，有困難可以立即得到教師或助教的協助，對題意與解題概念都比較清楚，加上解題數量豐富，解題能力明顯提升。其他 12.3% (6/49) 的學生因微積分（一）基礎不足或課後未再複習而使得解題能力沒有明顯的進步。

#### 3. 能幫助學生提升解題成就感與自信心

有 81.6% (40/49) 的學生在學習回饋單中表示，採用翻轉教室的教學模式能提升自己微積分的解題成就感與自信心，主要原因是：在教師與助教的協助下，解題困境逐一被克服，成功解題的經驗愈來愈豐富，對微積分解題愈來愈有成就感與自信心。此外，在小組討論解題中的分享亦能建立成就感與自信心。

許多學生分享了他們於其他數學課程在課後自行解題的困境，及翻轉教室的教學模式幫助他們在克服解題困境的經驗。摘錄 S19 的分享如下。

在寫習題方面，傳統教學的數學課程通常習題是當作作業或自由練習，但這樣的方法在面臨不會寫的題目時，就不知道要怎麼解決，就算想去尋求幫助，也需要等待一些時間，但在這段時間中不會的問題還是會增加，因此，久而久之不會寫的題目越積越多，最後挫折感也就越來越大，導致最後不是放棄就是對該科目失去信心，但微積分的翻轉教室則是在上課中解習題，在解題過程中還有老師與助教的幫助，遇到不會的題目可以立即解決，而且在課堂中有充裕的時間解許多習題，所以在解題方面就會越來越熟練，解題能力也顯著提升，最後對微積分也越來越有信心，成就感也因此增加。

(20150616 檔案 4S19)

#### (四) 測驗分數

接受翻轉教室教學模式之實驗組與接受傳統教學之控制組在兩個學期的各兩次期中考與期末考中，實驗組的平均分數皆高於控制組的平均分數，尤其第一學期的第一次期中考、第二學期的第一次期中考與期末考，實驗組的平均分數顯著高於控制組的平均分數，第二學期各次的測驗分數如表 1 所示。

表 1

第二學期期中考與期末考成績

|     | 人數 | 第二學期第一次期中考 |       |            | 第二學期第二次期中考 |       |            | 第二學期期末考 |       |            |
|-----|----|------------|-------|------------|------------|-------|------------|---------|-------|------------|
|     |    | 平均數        | 標準差   | <i>t</i> 值 | 平均數        | 標準差   | <i>t</i> 值 | 平均數     | 標準差   | <i>t</i> 值 |
| 實驗組 | 49 | 62.63      | 18.45 | 1.935*     | 56.18      | 22.70 | 1.401      | 73.78   | 25.21 | 5.345***   |
| 對照組 | 57 | 54.72      | 23.60 |            | 50.25      | 20.92 |            | 49.86   | 20.04 |            |

\* $p < .05$  \*\* $p < .01$  \*\*\* $p < .001$

由於實驗組學生在第一學期第一次期中考的平均分數比控制組顯著地高了 14 分，許多學生因為成績不錯，便很放心地去準備其他科目的期中考或校慶啦啦隊比賽，而疏於看教學影片，以致於第一學期第二次期中考的成績便大幅退步，但仍高於控制組，之後又有起色。第二學期的第一次期中考後，又同樣的因準備其他科目的期中考而疏於看教學影片，成績又有退步的情形。由於研究者在教學策略上不斷的反思與修正，學生的學習成效也持續在改善，雖然第二學期期末考的教材難度已加深許多，但實驗組在第二學期的期末考之平均分數比對照組顯著地高了 24 分。

### (五) 師生互動與同儕互動

#### 1. 課堂解題可以促進師生之間及同儕之間的互動

在課堂解題活動中，學生經常與組員討論解題、問教師或助教問題，而教師與助教也會主動了解學生的解題狀況而提供協助。長期下來，讓學生變得較勇於主動與同學討論問題，且養成討論的習慣，喜歡一起討論出結果的感覺，當小組討論仍有問題時，學生也變得更主動請教教師或助教，使得師生之間及同儕之間的互動都比其他課程更加熱絡，不但解決了解題困境，也促進學生之間及師生之間的良好互動 (S03、S04、S06、S07、S09、S15、S19、S20、S21、S24、S32、S34、S46、S53、S54)，除了極少數學生因個人特質而較少主動與人互動外，有 89.8% (44/49) 的學生在學習回饋單中均表示，翻轉教室的教學模式能增進師生之間及同儕之間的互動。S20 表示：「我覺得向助教與老師問問題，不但不會的地方可以馬上解決，還可以增進與老師或助教之間的互動 (20150419 檔案 2S20)。」

#### 2. 在 Line 上建立群組可以協助學生解決問題並能促進師生之間的互動

研究者在 Line 上建立微積分群組，學生可以自由參加，透過行動載具的便利性強化師生互動與協助學生解決問題的時效性。除了在課程網頁上公告教學影片與課程資訊外，並在此群組中公告課程訊息，當教師在批閱研讀紀錄與解題學習單時，若發現學生有共同的迷思概念，可以立即在學習單上寫下說明，再拍照上傳到 Line 上的群組，及時釐清學生的迷思概念，甚至當某位學生解題過程寫得很完善而其他學生大多疏忽時，亦可將其寫法拍照上傳到 Line 上的群組給大家參考。此外，學生可以不受時空限制隨時問問題，教師可以立即協助解決，例如，有些學生 (S27、S49、S56) 在看教學影片或考前複習時，遇到不懂的概念或問題，就會將教師加入好友，在 Line 上個別提問，教師可以立即在 Line 上打字或傳送圖片、錄音檔案以解答學生的疑惑。如圖 1 所示。

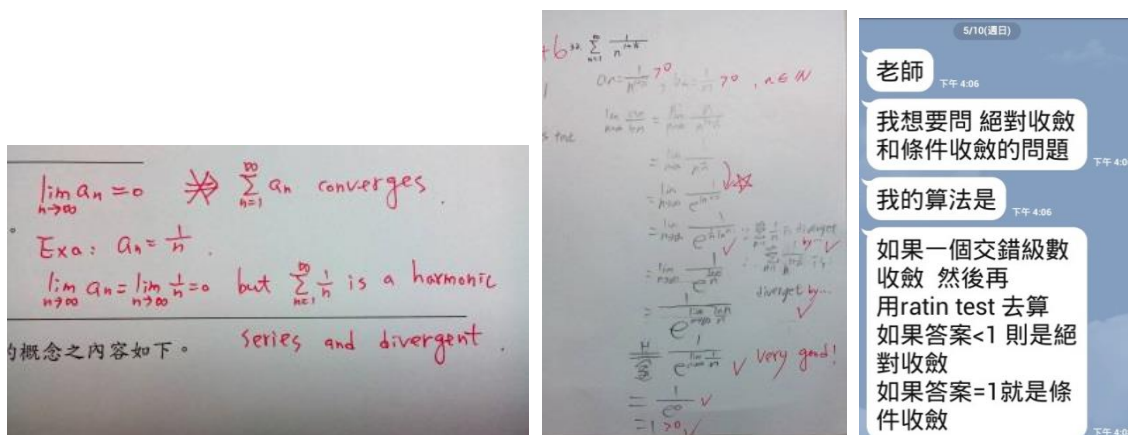


圖 1 在 Line 上的師生互動

整體而言，有 91.9%（45/49）的學生在學習回饋單中表示，翻轉教室的教學模式能幫助自己提升微積分的學習成效，包括：比較能看得懂題意、能成功解題、解題的速度愈來愈快、考試成績有顯著的進步，其中絕大部分的重修生都覺得自己的解題能力與考試成績均比前一年有明顯的進步。S03 分享說：「我的微分方程與傅氏分析期中考都不及格，應該要被當，因為微積分的計算能力進步很多之後，期末考該算出來的題目都能拿到分數，分別考了七十幾分、八十幾分。」（20150627 回饋 S03）。同樣是三年級的重修生 S01 在訪談時也分享了類似的經驗，S01 表示在前二年的各科數學課程中都很難考上 30 分，但在經過一年翻轉教室的學習方式後，已經將自己的學習目標訂在 80 分以上，最後一次微積分期末考還進步到 107 分（滿分 120 分），甚至連微分方程與傅氏分析也進步到八十幾分，而覺得讀數學系其實也蠻簡單的，其分享內容如下。

以前上微積分課的時候，有些高中教過的教材，老師認為我們都會了，就沒有仔細講，我是學測考上的，高三數學很多都沒學好，想問又不知從何問起，現在搭配講義看影片，講得很詳細，上課演練習題，解決了大半問題，真的不會，就近有老師、助教可以問，沒學好的一下就補齊了！以前看到題目連第一步都不會，老師的影片有完整的步驟教學，做題目時都有完整步驟解法。以前（前兩年）想考 30 分都很難，現在成績明顯的進步，目標也訂 80 分以上。看了老師的影片與講義，了解讀書的方法及方向，按照老師寫的講義分類和影片的解說方式，應用在別科（傅氏分析）之後，原本微分方程與傅氏分析的期中考都不及格，後來期末考都進步到八十幾分，開始覺得讀數學系其實也蠻簡單的。（20150623 訪談 S01）

#### 四、討論

茲將本研究的各項結果與相關文獻之研究結果進行討論如下。

- （一）本研究經過一學年的教學行動、反思與修正，而發展出具體可行的行動方案，將翻轉教室的教學模式應用在應用數學系的微積分課程，克服了微積分教學現場中學生個別差異懸殊、課後自行解題困難、缺乏師生互動等困境，而此具體可行之行動方案鮮少在相關文獻中發現。
- （二）雖然相關文獻顯示翻轉教室的教學模式已有一些初步的成效，但 Bishop 與 Verleger（2013）、Goodwin 與 Miller（2013）等學者均認為，雖然由觀察證據顯示，採用翻轉教室的學生之學習表現優於傳統教學的學生，但那些研究的實驗時間都太短，且很少採用客觀的研究方法來探討學生的學習成效。本研究結果顯示，翻轉教室的教學模式能改善學生的學習態度、增進學生對教材的理解、提升學生的解題能力、自信心與測驗分數，並促進師生互動與同儕互動。雖然這些研究結果與相關文獻的研究結果看似雷同，但本研究進行

了長達一學年的教學行動，且以嚴謹的研究方法蒐集了豐富的質性資料與量化資料，呈現學生的學習成效，證實翻轉教室的教學模式可以應用在微積分的常態性教學，且重建學生課前預習的自主學習模式，此結果將有助於目前翻轉教室的發展。

- (三) Flipped Learning Network (2012) 所做的調查結果顯示，接受翻轉教室的教學模式之學生的測驗分數有提升，但未必有顯著差異。而在本研究中，接受翻轉教室的教學模式之學生的微積分測驗分數顯著高於接受傳統教學的學生，顯示本研究修正後的翻轉教室之教學模式確實能有效改善學生的學習成效。雖然因行政上的限制，在進行本研究之初，無法對實驗組與控制組的學生進行前測，造成本研究在推論上的瑕疵，所幸兩組學生的入學成績並無顯著差異。
- (四) 本研究雖參酌張子貴 (2016) 在國小教育學程的普通數學課程實驗成功的可行教學策略來幫助應用數學系學生學習微積分，但由於微積分的課程難度較普通數學高，學生較需要教師在課堂解題之前先對教材內容做重點複習，以統整相關概念。此外，師資培育生在其他教育課程有較多小組合作學習的經驗，比較懂得如何與同儕進行合作學習，而數學系的學生在其他課程幾乎沒有小組合作學習的經驗，對合作學習的意願與技能較不足，教師必須花費較多的時間與心力引導學生進行合作學習。

## 伍、結論與建議

綜合各項研究資料之討論，提出下列之結論與建議。

### 一、結論

- (一) 本研究所發展的教學策略能發揮翻轉教室的教學模式中自主學習、合作學習、師生互動之核心價值。

有效的教學策略如下。

1. 教師必須錄製優質的教學影片，提供教學講義搭配觀看教學影片，並設計教學策略督促學生在課前觀看教學影片，才能發揮教學影片的功能。
2. 教師應設計一些簡單的概念題與計算題，讓學生在觀看教學影片後可以檢視自己是否理解重要的基本概念與解題方法。
3. 在課堂解題之前，教師仍有必要先主動幫助學生釐清迷思概念，並對當日的教材內容做重點複習、概念統整與解題提示，讓學生具備足夠的基礎可以解題。
4. 解題學習單的內容採用螺旋式設計，可以讓學生有複習的機會及較充裕的時間逐漸深入理解教材內容與解題方法。

5. 教師與助教在課堂上應主動指導及協助學生解題，再由成功解題的學生協助指導有困難的學生，發揮同儕輔導的功效，克服大班級教學中個別指導時人力不足的問題。
6. 在 Line 上建立群組可以立即協助學生解決問題，並能促進師生之間的互動。

**(二) 將翻轉教室的教學模式應用在應用數學系的微積分課程，能克服學生個別差異懸殊、課後自行解題困難、缺乏師生互動等困境。**

1. 由於教學影片播放的時間、地點與速度都能配合學生個別的狀況來調整，且影片暫停與重播的功能可以讓學生依照個別的需要而停下來思考、跟同學討論或重複觀看，甚至快轉，能克服學生在學習上個別差異懸殊的問題，而達到個別化的學習成效。
2. 由於學生在課堂上進行解題實作時，隨時都可以跟同儕討論，請教教師或助教，使得學生的解題困境、解題迷思概念或解題錯誤幾乎都可以在課堂上解決，克服了學生在課後自行解題的困境。
3. 由於教師在課堂上指導及協助學生解題，使得教師有更多機會可以與學生個別談話及互動，讓教師更深入瞭解學生的學習狀況與困境。此外，在 Line 上建立微積分群組，更可以打破時空限制，透過行動載具立即協助學生解決問題，成為師生互動的平臺。因此，課堂解題指導與透過網路在 Line 上解答學生的疑惑，可以克服傳統教學中缺乏師生互動的困境。

**(三) 將翻轉教室的教學模式應用在應用數學系的微積分課程，能改善學生的學習成效。**  
具體效益如下。

**1. 能改善學習態度**

98%的學生喜歡採用翻轉教室的教學模式來學習微積分，翻轉教室的教學模式能提升學生學習微積分的興趣，幫助學生自主學習、更主動學習。

**2. 能增進對教材的理解**

教學影片暫停與重播的功能可以幫助學生理解較困難的教材內容，教學講義有助於觀看教學影片、預習、複習與熟悉教材內容，課堂上的教材重點複習與解題指導能幫助學生釐清迷思概念及統整相關概念。

**3. 能提升解題能力與自信心**

翻轉教室的教學模式能幫助學生立即克服微積分的解題困境，更理解微積分的概念與內容，提升微積分的解題成就感、解題自信心與解題能力。

**4. 能提升測驗分數**

接受翻轉教室的教學模式之學生的微積分測驗分數顯著優於接受傳統教學的學生。



## 二、建議

### （一）在教學策略方面

1. 為避免占用太多課堂的解題時間，建議研讀紀錄與課堂小考可以合併成隨堂測驗，利用正課前一小時的演習課進行，以督促學生在課前預習。
2. 學生的測驗分數顯示，每學期在兩次期中考之間，部分學生為了準備其他課程的期中考試，而無法及時在課前觀看教學影片，影響學習成效，使得每學期第二次期中考試的分數均顯著地退步。建議未來與學校的考試期程一致，每學期只舉行一次期中考與一次期末考，以避免學生在學校的期中考週無法觀看教學影片。
3. 依據本研究將翻轉教室的教學模式應用在微積分課程一學年的實踐經驗，建議微積分翻轉教室的實施流程如圖 2，提供讀者參考。

### （二）在未來的研究方面

1. 在本研究採用翻轉教室的教學模式下，重修生具有良好的學習表現，未來研究可以再深入聚焦於探討翻轉教室的教學模式是否能有效協助微積分重修生克服學習困境、提升學習成效。
2. 由於微積分課程的內容以計算偏多，對於數學系的高等微積分或其他較抽象的課程，如何調整本研究所發展的有效教學策略，透過翻轉教室的教學模式來改善學習成效，值得未來的研究再繼續探討。

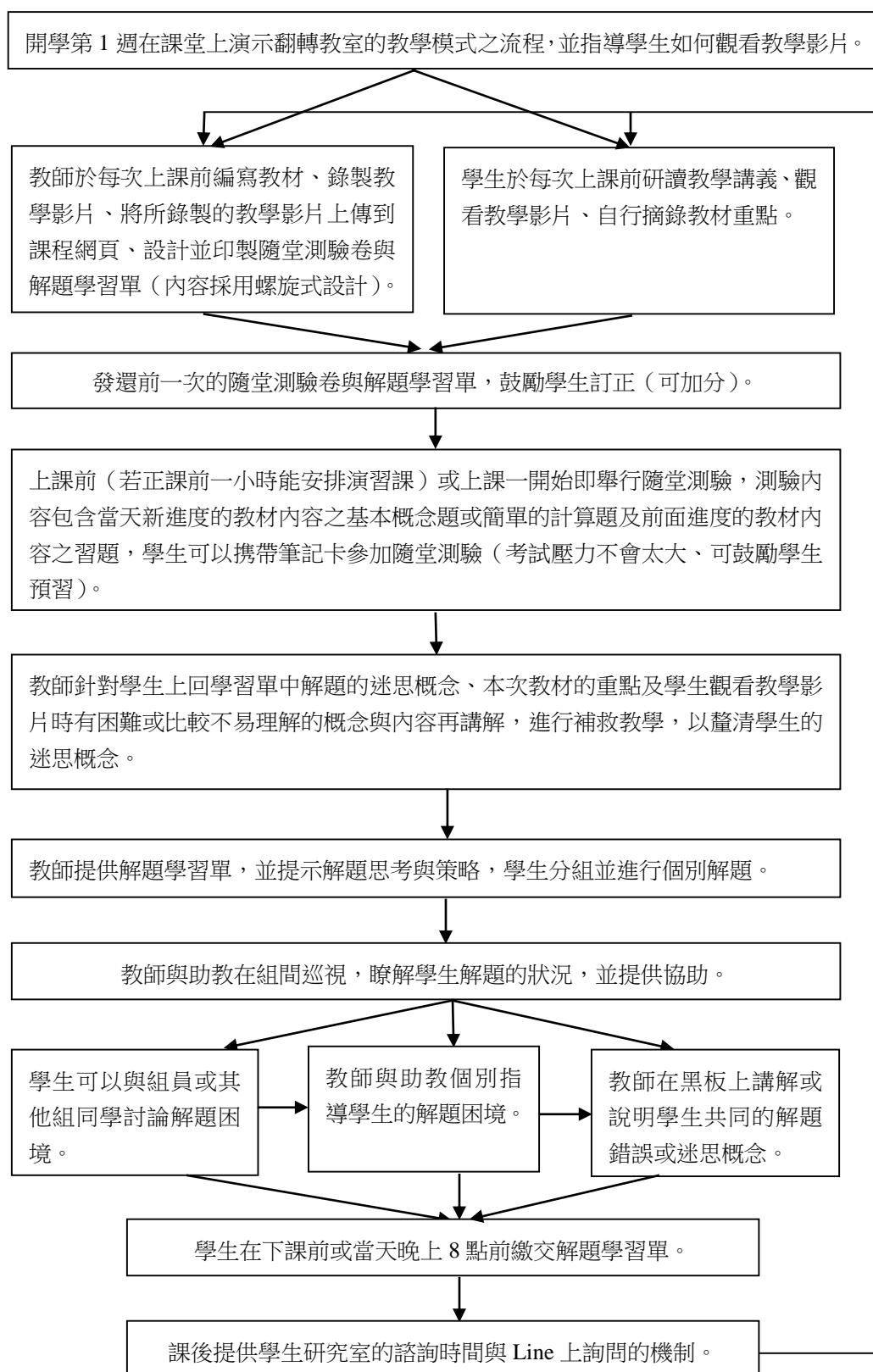


圖 2 微積分翻轉教室的實施流程

## 誌謝

本研究為科技部專題研究計畫之成果，感謝科技部科教發展及國際合作司提供研究經費(計畫編號：MOST 103-2511-S-259-008 -)，使得本研究得以順利完成。

## 參考文獻

- 田美雲 (2013 年 6 月 22 日)。「翻轉教室」(Flipped Classroom) 介紹。國立臺灣大學教學發展中心電子報，71。取自 [http://ctld.ntu.edu.tw/\\_epaper/news\\_detail.php?f\\_s\\_num=452](http://ctld.ntu.edu.tw/_epaper/news_detail.php?f_s_num=452) 【Tian, Mei-Yun (2013, June 22). Introduction of flipped classroom. *National Taiwan University Teaching Development Center e-Newsletter*, 71. Retrived from [http://ctld.ntu.edu.tw/\\_epaper/news\\_detail.php?f\\_s\\_num=452](http://ctld.ntu.edu.tw/_epaper/news_detail.php?f_s_num=452) (in Chinese)】
- 張子貴 (2016)。翻轉教室應用在國小教育學程的數學課程之研究。教育與多元文化研究，14，81-122。doi: 10.3966/207802222016110014003 【Chang, Tzu-Kuei (2016). A study on the application of the flipped classroom in the mathematics curriculum of the primary teacher education program. *Journal of Educational and Multicultural Research*, 14, 81-122. doi: 10.3966/207802222016110014003 (in Chinese)】
- 符碧真 (2007)。大學教學與評量方式之研究。臺灣高等教育研究電子報，10。取自 <http://www.cute.edu.tw/sc/tt/cc/d64.pdf> 【Fwu, Bih-Jen (2007). Study of university teaching and assessment. *Taiwan Higher Education Research e-Newsletter*, 1. Retrived from <http://www.cute.edu.tw/sc/tt/cc/d64.pdf> (in Chinese)】
- 郭靜姿、何榮桂 (2014)。翻轉吧教學。台灣教育，686，9-15。【Kuo, Ching-Chih & Ho, Rong-Guey (2014). Flipping the teaching. *Taiwan Education Review*, 686, 9-15. (in Chinese)】
- 黃政傑 (2014)。翻轉教室的理念、問題與展望。臺灣教育評論月刊，3 (12)，161-186。【Hwang, Jenq-Jye (2014). The flipped classroom and its concepts, problems, and perspectives. *Taiwan Educational Review Monthly*, 3(12), 161-186. (in Chinese)】
- 鄒景平 (2012 年 7 月 25 日)。教育趨勢—翻轉課堂是教學模式的創新。總裁學苑電子報。取自 <http://blog.xuite.net/masterenglish2018/twblog/100369089-%E6%95%99%E8%82%B2%E8> 【Chou, Jean (2012, July 25). Education trends - Flipping classroom is the innovation of teaching model. *President Academy e-Newsletter*. Retrived from <http://blog.xuite.net/masterenglish2018/twblog/100369089-%E6%95%99%E8%82%B2%E8> (in Chinese)】
- 劉伊霖 (2012 年 4 月 15 日)。Flipped classroom 徹底顛覆你的思維。數位典藏與學習電子報，11(4)。取自 <http://newsletter.teldap.tw/news/HaveYourSayContent.php?nid=5557&lid=640> 【Liu, Yi-Lin (2012, April 15). Flipped classroom completely subvert your thinking. *TELDAP e-Newsletter*, 11(4). Retrived from <http://newsletter.teldap.tw/news/HaveYourSayContent.php?nid=5557&lid=640> (in Chinese)】

- 戴文雄、王裕德、王瑞、陳嘉苓 (2016)。翻轉教學式合作學習對生活科技實作課程學習成效影響之研究。《科學教育學刊》，24 (1)，57-88。doi: 10.6173/CJSE.2016.2401.03 【Tai, David W. S., Wang, Yu-Te, Wang, Ray, & Chen, Jia-Ling (2016). Cooperative flipped teaching supported living technology hands-on curriculum. *Chinese Journal of Science Education*, 24(1), 57-88. doi: 10.6173/CJSE.2016.2401.03 (in Chinese)】
- 羅志仲 (2014)。翻轉教室翻轉學習。《師友月刊》，563，20-24。【Lo, Chih-Chung (2014). The flipped classroom to flip learning. *The Educator Monthly*, 563, 20-24. (in Chinese)】
- Johnson, A. P. (2006)。《行動研究導論》(朱仲謀譯)。臺北：五南。(原作出版於 2005 年)【Johnson, A. P. (2006). *A short guide to action research* (2nd ed.; Chong-Mou Chu, Trans.). Taipei, Taiwan: Wunan. (Original work published 2005) (in Chinese)】
- Alpay, E., & Gulati, S. (2010). Student-led podcasting for engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 35(4), 415-427. doi: 10.1080/03043797.2010.487557
- Aronson, N., & Arfstrom, K. M. (2013). *Flipped learning in higher education*. Retrieved from <https://flippedlearning.org/wp-content/uploads/2016/07/HigherEdWhitePaper-FINAL.pdf>
- Bishop, J., & Verleger, M. (2013, June). *The flipped classroom: A survey of the research*. Paper presented at 120th ASEE Annual Conference & Exposition, Atlanta, GA.
- Bolliger, D. U., Supanakorn, S., & Boggs, C. (2010). Impact of podcasting on student motivation in the online learning environment. *Computers & Education*, 55(2), 714-722. doi: 10.1016/j.compedu.2010.03.004
- Chester, A., Buntine, A., Hammond, K., & Atkinson, L. (2011). Podcasting in education: Student attitudes, behaviour and self-efficacy. *Educational Technology & Society*, 14(2), 236-247.
- EDUCAUSE Learning Initiative (2012, February). *7 things you should know about flipped classrooms*. Retrieved from <https://library.educause.edu/~media/files/library/2012/2/eli7081-pdf.pdf>
- Finkel, E. (2012, November). Flipping the script in K12. *District Administration*. Retrieved from [www.districtadministration.com/article/flipping-script-k12](http://www.districtadministration.com/article/flipping-script-k12)
- Flipped Learning Network. (2012). *Improve student learning and teacher satisfaction in one flip of the classroom*. Retrieved from <http://caite.fed.cuhk.edu.hk/projects/wp2016/?p=1132>
- Fulton, K. (2012). Upside down and inside out: Flip your classroom to improve student learning. *Learning & Leading with Technology*, 39(8), 12-17.
- Goodwin, B., & Miller, K. (2013). Evidence on flipped classrooms is still coming in. *Technology Leadership*, 70(6), 78-80.
- He, Y., Swenson, S., & Lents, N. (2012). Online video tutorials increase learning of difficult concepts in an undergraduate analytical chemistry course. *Journal of Chemical Education*, 89(9), 1128-1132. doi: 10.1021/ed200685p
- Herreid, C. F., & Schiller, N. A. (2013). Case studies and the flipped classroom. *Journal of College Science Teaching*, 42(5), 62-66.
- Kay, R., & Kletskin, I. (2012). Evaluating the use of problem-based video podcasts to teach mathematics in higher education. *Computers & Education*, 59(2), 619-627. doi: 10.1016/j.compedu.2012.03.007
- Kember, D. (1997). A reconceptualisation of the research into university academics' conceptions of teaching. *Learning and Instruction*, 7(3), 255-275. doi: 10.1016/S0959-4752(96)00028-X

- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative evaluation and research methods* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Sahin A., Cavlazoglu, B., & Zeytuncu, Y. E. (2015). Flipping a college calculus course: A case study. *Educational Technology & Society*, 18(3), 142-152.
- Springen, K. (2013). *Flipping the classroom: A revolutionary approach to learning presents some pros and cons*. Retrieved from <https://www.slj.com/2013/04/standards/flipping-the-classroom-a-revolutionary-approach-to-learning-presents-some-pros-and-cons/>
- Stewart, J. (2012). *Calculus* (7th ed.). Belmont, CA: Brooks Cole.
- Traphagan, T., Kusera, J. V., & Kishi, K. (2010). Impact of class lecture webcasting on attendance and learning. *Educational Technology Research and Development*, 58(1), 19-37. doi: 10.1007/s11423-009-9128-7
- Tucker, B. (2012). The flipped classroom. *Education Next*, 12(1), 82-83.
- Winne, P. H. (1995). Inherent details in self-regulated learning. *Educational Psychologist*, 30(4), 173-187. doi: 10.1207/s15326985ep3004\_2

## 附錄：一學年實驗教學的教材主題與教學進度

| 週次 | 上學期的教材主題   | 週次 | 下學期的教材主題   |
|----|--|----|--|
| 1  | 課程介紹<br>1.1 Four Ways to Represent a Function<br>1.2 Mathematical Models: A Catalog of Essential Functions<br>1.3 New Functions from old Functions | 1  | 課程介紹<br>7.1 Integration by Parts<br>7.2 Trigonometric Integrals                            |
| 2  | 1.5 The Limit of a Function<br>1.6 Calculating Limits Using the Limit Laws   | 2  | 7.3 Trigonometric Substitution<br>7.4 Integrals of Rational Functions by Partial Fractions |
| 3  | 1.7 The Precise Definition of a Limit<br>1.8 Continuity  | 3  | 7.5 Strategy for Integration<br>7.8 Improper Integrals                                     |
| 4  | 2.1 Derivatives and Rates of Change<br>2.2 The Derivative as a Function<br>2.3 Differentiation Formulas  | 4  | 8.1 Arc Length<br>8.2 Area of a Surface of Revolution                                      |
| 5  | 2.4 Derivatives of Trigonometric Functions<br>2.5 The Chain Rule   | 5  | 11.1 Sequence  |
| 6  | 2.6 Implicit Differentiation<br>2.9 Linear Approximations and Differential   | 6  | 第一次期中考試<br>11.2 Series   |
| 7  | 第一次期中考試<br>3.1 Maximum and Minimum Values<br>3.2 The Mean Value Theorem  | 7  | 11.3 The Integral Test<br>11.4 The Comparison Test   |
| 8  | 3.3 How Derivatives Affect the Shape of a Graph<br>3.4 Limit at Infinity ; Horizontal Asymptotes<br>3.5 Summary of Curve Sketching                 | 8  | 11.5 Alternating Series<br>11.6 Absolute Convergence and the Ratio and Root Test           |
| 9  | 3.8 Newton's Method<br>3.9 Antiderivatives   | 9  | 11.7 Strategy for Testing Series<br>11.8 Power Series                                      |
| 10 | 4.1 Area and Distances<br>4.2 The Definite Integral<br>4.3 The Fundamental Theorem of Calculus   | 10 | 11.9 Representation of Function as Power Series  |
| 11 | 4.4 Indefinite Integrals<br>4.5 The Substitution Rule<br>5.1 Area between curves   | 11 | 11.10 Taylor and Maclaurin Series  |
| 12 | 5.2 Volumes<br>5.3 Volumes by Cylindrical Shells<br>5.5 Average Value of a Function  | 12 | 第二次期中考試<br>14.1 Functions of Several Variables<br>14.2 Limit and Continuity                |
| 13 | 第二次期中考試<br>6.1 Inverse Functions   | 13 | 14.3 Partial Derivatives<br>14.4 Tangent Planes and Linear Approximations                  |
| 14 | 6.2 Exponential Functions and Their Derivatives<br>6.3 Logarithmic Functions   | 14 | 14.5 The Chain Rule<br>14.6 Directional Derivatives and the Gradient Vector                |
| 15 | 6.4 Derivatives of Logarithmic Functions   | 15 | 14.7 Maximum and Minimum Values<br>14.8 Lagrange Multipliers                               |
| 16 | 6.6 Inverse Trigonometric Functions<br>6.8 Indeterminate Forms and L'Hospital Rule   | 16 | 15.1 Double Integrals over Rectangles<br>15.2 Iterated Integrals                           |
| 17 | 7.1 Integration by Parts   | 17 | 15.3 Double Integrals over General Regions<br>15.4 Double Integrals in Polar Coordinates   |
| 18 | 期末考試   | 18 | 期末考試   |