

教育部教學實踐研究計畫成果報告

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PMS1080043

學門專案分類/Division：數理學門

執行期間/Funding Period：2019.08.01~2020.07.31

小組合作學習應用於微積分之教學實踐研究

Teaching practice research on the small group cooperative learning in
Calculus classroom

配合課程/Course Name：

初等微積分/Elementary Calculus (上學期/Autumn Semester)

商用微積分/Business Calculus (下學期/Spring Semester)

計畫主持人(Principal Investigator)：戴守煌

共同主持人(Co-Principal Investigator)：無

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：南臺科技大學/通識教育中心

成果報告公開日期：☒立即公開 ☐延後公開(統一於 2022 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2020.09.24

一、研究動機

計畫執行人剛到南臺科技大學教書的投兩年，跟過去的老師一樣採用課堂講授法教學。結果發現學生專注力不易持續；學生一旦聽不懂老師講課的某些內容，也沒什麼機會直接在課堂上釐清問題。這些狀況導致學生的課堂投入偏低，影響學習成效。

我們要怎麼幫助學生在課堂上就學會呢？事實上，Edgar Dale 於 1946 年提出的學習金字塔的概念[1]（如圖 1）已經指出問題的關鍵在於學生的學習方式是被動或主動。採用被動方式（聽講、閱讀、視聽、看演示）的學習者，學習留存率較低。而採用主動方式（討論、實做、轉交他人）的學習者，可擁有較高的學習留存率。以此推論，講授教學課堂上學得最多的是老師（轉教他人），學得最少的是學生。這對於付學費來學校學習的學生而言，相當諷刺。

由此可知，幫助學生在課堂上就學會的解方在於採用主動學習法來教學。目前坊間已有許多促進主動學習的教學方式，例如專題導向教學、探究式教學、翻轉教學等。考量計畫執行人授課對象的特性（私立計大學財金系學生）：大一課多、許多人因為經濟壓力在課餘時間打工、對基礎科目如微積分的興趣遠不如實務內容等等，若要實施翻轉教學請學生先回家看上課影片或預習有先天上的困難。最佳策略應該是接納學生的特質，把握學生每次到課的時間，在課堂上安排機會讓學生主動學會，幫助學生將課堂學習成效最大化。於是我們決定採用小組合作學習，作為促進學生主動學習的教學方式。

本計畫的小組合作學習係於課堂上實施，作為講授式教學的輔助。方式為，由教師在課堂上佈題（發放學習單），在講授課程之間穿插進行小組活動。每個活動都有明確的學習目標，時間控制在 5 分鐘到 15 分鐘之間。這個方式除了可以兼顧進度之外，對同學的認知負荷也較為適中。其他優點包括：(1) 小組活動可提供學生在課堂上針對講授內容思考、內化、釐清疑惑的機會，將資訊轉化成知識。(2) 教師課堂講授聽不懂的同學，有機會經由同儕教學獲得立即的回饋與協助，解決疑難問題。(3) 經由小組活動中轉教他人的經驗，可讓已懂的同学變得更懂。

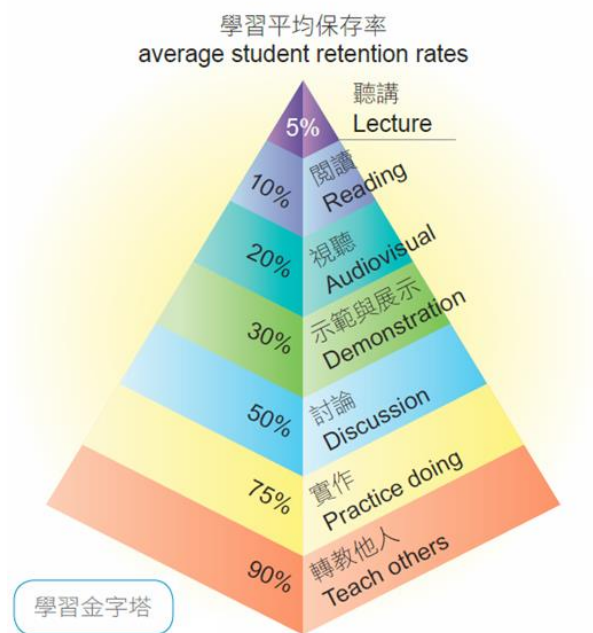


圖 1 學習金字塔，引用自[1]

二、文獻探討

小組合作學習是幾位學生組成一個小組，共同完成學習任務。張子貴[2]對合作學習的定義是：

「合作學習是一種有系統、有結構的教學策略，教師將學生分成若干小組，藉由組員彼此分享想法、互相幫助、資源共享、責任共擔的方式，來提升個人的學習成效並達成共同的學習目標。」

小組合作學習應用於微積分教學最早由 Davidson [3]於 1960 年代末期開始進行，教學對象為數學系大學部學生，三人一組，每組分配一塊教室黑板，在上課介紹完定義、公理與定理之後，由小組在黑板上合作寫出定理的證明，教師在現場提供協助。Davidson 發現這班同學期末考成績略優於別班傳統教學法學生。此方法在 1977 年被 Brechting 等人加以改進運用[4]。爾後小組合作教學的發展益發多元，Springer 等人[5]於 1999 年針對 1980 年後採用合作學習教學的 STEM 學科文獻進行統合分析發現，相較於傳統講授式教學，小組合作學習學生有較佳的學習成就、學習態度與學習堅持度。在[5]附錄所列的歷年文獻中，包含了 13 篇小組合作教學提昇數學科目教學成效的研究報告。

國內過去對微積分科目的合作學習教學成效研究，主要針對一般大學學生[2][6-8]，或國立科技大學學生[9-11]。張子貴[2]發現，學生在課後安排小組合作學習活動，能有效提昇國立大學數學系微積分的課堂講授教學成效。丁慕玉[9]也發現，國立科技大學四技資訊工程系大一微積分課程中，在電腦輔助教學的情況下，與傳統教學法比較，實施合作學習可增進學生的數學能力，提高學習動機。本計畫係針對私立科技大學財金系危機分課程進行小組合作教學實踐研究，對技職教育界將有一定參考價值。

小組合作學習具有的優點包括：是一種主動學習方法、運用同儕教學、具有社會建構性質等。以下針對這些優點進行文獻回顧：

（一）主動學習

Meyers 與 Jones [12]定義主動學習教學法是教師在課堂上：

「……提供機會讓學生進行有意義的對話、聆聽、書寫和閱讀，並對學科內容、構想、議題和關注重點進行反思。」

小組合作學習給予學生在課堂上思考、聆聽、討論、解決問題的機會，因此學生可以進行生主動式學習。小組合作只是主動學習教學法其中之一，其他還有探究式教學、討論式教學、翻轉教學等。

研究顯示，在大學部 STEM 課程中，促進學生主動學習的教學法可使教學更有效。Hake [13]在 1998 年針對 62 門實施「參與式互動教學」(interactive-engagement) 的大學物理入門課程 6542 位修課學生進行研究，發現他們在概念建立與問題解決能力上顯著超越傳統講授式教學的學生。Deslaurier 等人[14]在 2011 年將 600 位學生分為兩班進行物理課程授課。兩班學生原本在課業表現、出席率與上課投入程度都相近。在進行比較研究的 3 小時教學中（授課主題為電磁波），兩班分別實

施傳統式投影片講授教學（控制組），與問題導向小組合作主動學習法（實驗組）。結果發現：控制組的學生出席率與課堂投入程度維持不變，而實驗組的出席率由 57% 提高到 75%，上課投入程度由 45% 提高到 85%，而且實驗組學生的學習進度平均達控制組的兩倍之多。此外，Freeman 等人[15]在 2014 年統合分析 225 份大學部 STEM 類科目教學法的研究資料後發現，傳統講授式教學法課程的學生，不及格率是運用主動學習教學法課程修課學生的 1.5 倍，在標準化的觀念評量測驗（concept inventory）中的得分也較低。

綜上所述，我們可預期學生若能在微積分課程中採用主動學習，將超越傳統講授教學法成效。

（二）同儕教學

同儕教學是由同儕進行教學的一種互動式學習。由於教師在教學過程中往往以專家的角度來思考，忘記從學生的觀點來看待初學的過程，難以重新體驗「初學」過程的困難，難免因而陷入「專家盲點」。相反地，同儕反而比較能同理初學者的困難，再加同儕間的語言比教師更容易讓接受教者接受，受教者也比较願意向教學者提問，因此同儕教學的成效常常超越教師講授 [16,17]。在同儕教學中，除了受教者受益之外，轉教他人者在過程中需要對教學內容重新憶起、思考、組織再表達，可深化對教學內容的理解[16]，讓懂的人更懂。因此這是一種三贏（同儕雙方、教師）的教學策略。

Mazur 發現[18]在物理課中，講授教學完成後請同學線上解題，全班多數人答錯的題目，教師若要求學生對臨座同學說明自己答案，答對的學生通常能說服答錯的學生。此即為同儕教學的效力。

（三）社會建構論

小組合作學習法之所以有助學習，理論基礎之一是 Vygotsky 的社會建構論[19]。他認為兒童的知識系統是透過與他人互動過程建構起來的，是一種社會過程。他也用「近側發展區」（縮寫為 ZPD，Zone of Proximal development）概念來描述一個小孩「在成人或有能力的同儕協助下所表現的能力水準」超出其原本「獨立作業所表現的能力水準」的部份[20]。ZPD 強調在適當協助下，孩童可以發展出獨立作業情境下無法達到的能力，這種協助就是學習鷹架（scaffolding）。學習的內容一旦完成內化，學習鷹架就可以移除，兒童便能將原本需要他人協助才能達到的能力水準轉變為獨立作業可達成。透過學習鷹架，兒童不斷習得新的知識，獲得新的技能。

小組合作學習活動內容必須落在學生的 ZPD 內才為學生能力所及，而小組討論問題的架構即為學習鷹架的設計，對合作學習的成敗至關重要。為了成功進行合作學習，教師還必須在活動進行前提供良好的範例與示範供學生觀摩[21]。本計畫課程中小組活動進行前的講授式教學，正好具有詳細示範供學生觀摩的功能。

三、研究問題與研究方法

(一) 研究問題

本計畫希望探討，在微積分科目課堂中加入小組合作學習與小組討論輔助教學，是否可提昇同學的總結性評量成績、提高學習動機、以及促使數學態度與認知更接近專家。

(二) 研究對象與科目：

本計畫研究對象為私立南臺科技大學財務金融系一年級乙班，共 45 位學生（不計外系生及重修生）。研究科目為初等微積分（上學期課程，3 學分）及商用微積分（下學期課程，3 學分）。上學期授課內容為：微分的概念、冪函數微分法則、微分的應用等；下學期授課內容為：指數與對數函數及其微分、積分的概念、積分法則與積分技巧等。這兩門課內容連貫，共同組成財金系大一微積分課程。微積分授課內容將應用於大二至大四專業課程，是財金系非常重要的基礎必修科目。

(三) 授課教材與授課方式：

本計畫研究課程之授課教材為：

1. 教科書：

書名：商用微積分：觀念與應用（第九版，2013）(Applied Calculus for the Managerial, Life, and Social Sciences 9/E)

作者：Soo T. Tan 原著/馬淑瑩譯

出版社：高立圖書

ISBN：9789865840020

2. 課堂小組合作學習輔助教材（學習單）：教師自行參考教科書製作，共計上學期 9 單元，下學期 8 單元。討論題目設計方式請參考本報告第四部份第（一）小節。

課程主要授課方式為講授式教學。輔助授課方式為小組討論合作學習，上學期共計進行 9 次（每實施 1 單元小組學習教材計 1 次），下學期共計進行 8 次。小組合作學習實施方式為教師在課堂上現場發給輔助教材學習單進行佈題，並在課堂講授中穿插數次小組討論，以解決輔助教材學習單中的問題。每次小組討論的時間為 5~15 分鐘不等。

分組方式在上學期因為學生剛入學，採用教師指定組別，6 人一組，依學生的選課名單順序固定跳號分組。之後依同學在小組訪談的建議，到了下學期改採同學自行分組，4 人一組。教室中安排各組位置，上課時同學依組別就坐以利小組討論進行，各組位置每週輪換。

(四) 教學目標與評量方式：

課程有三大教學目標：

1. 理解微積分的概念與算法，具備充分運算熟悉度，以建立進階課程所需的微積分基礎。

2. 提昇學生的學習動機。
3. 幫助學生在數學態度與認知上變得更接近專家。

課程目標 1 的學習成果評量方式包括：

- (1) 形成性評量－課堂練習、課後作業：教師每週會指派課堂練習（下課繳交）或課後作業並批改評分。學生收到批改後的作業或課堂練習後，可訂正寫錯的部份再交回給教師批改，若訂正正確則可拿回因寫錯被扣掉的分數。學生可自由決定是否訂正作業並交回。
- (2) 總結性評量－期中考、期末考：期中考與期末考為不可攜帶任何參考資料的紙筆測驗。

課程目標 2 的成果評量方式為 ARCS 學習動機問卷，課程目標 3 的成果評量方式為 MAPS 數學態度與認知問卷。這兩種問卷詳細說明如下。

（五）資料收集與分析方法：

1. 量化資料：

本計畫採用之量化資料除包括

- (1) 總結性評量成績：包括每學期的期中考、期末考成績。考試方式為紙筆測驗，不可使用參考資料、書籍與計算機。本學年度的測驗題目與前一學年度相同，測驗成績將與前一學年度測驗結果比較是否有差異。
- (2) ARCS 學習動機問卷（ARCS Learning Motivation Survey，分為前中後測）：本問卷出自[22]第 279~280 頁，自行譯為中文，並根據前、中、後測的需要修改科目名稱。Keller[22]認為，學生對某一科目的學習動機受到 4 大因子左右，分別是課堂投入度(Attendance，縮寫為 A)、授課內容切身相關度(Relevance，縮寫為 R)、自信心(Confidence，縮寫為 C)、滿足感(Satisfaction，縮寫為 S)。問卷共 34 題，為五點式量表，得分愈高愈正向，用來評量學生在這四個向度上對初等微積分和商用微積分課程的學習動機。
- (3) MAPS 數學態度與認知問卷（Mathematics Attitudes and Perceptions Survey，分為前中後測）：本問卷出自[23]，自行譯為中文。本問卷係評量學生在數學態度與認知方面的專業度（MAPS Expertise），或者在此方面與專家的落差。問卷共 32 題，為五點式量表。問卷從以下七大向度評估受測者的數學態度與認知專業度：成長型思維(Growth Mindset)、數學的真實情境應用(Real World)、數學自信(Confidence)、數學興趣(Interest)、解題堅持度(Persistence)、數學理解深刻度(Sense Making)、數學解答本質(Answers)。

MAPS 問卷計分方式並非直接計算五點式量表得分，而是依據各題答案是否符合專家共識（僅有同意、不同意兩種共識），若符合則得 1 分，不符合得 0 分。例如某一題的專家共識答案為同意，受試者若答「同意」或「非常同意」都可得 1 分，若答「沒意見」、「不同意」或「非常不同意」則得 0 分。反之若另一題的專家共識答案為不同意，那麼受試者答「不同意」或「非常不同意」都可得 1

分，答「沒意見」、「同意」或「非常同意」則得 0 分。各題得分加總（第 19、22、31 題除外）後除以題數即為 MAPS 專家程度分數；各向度分數為該向度得分總和除以該向度題數。依此分數計算方式，MAPS 專業度 1 分代表受測者為 100%專家，0 分表示受測者為 100%新手。

量化資料的分析以 SPSS 統計軟體進行。本學年度與前學年度班級的總結性評量成績以獨立樣本 t 檢定來分析是否有顯著差異。受測學生的 ARCS 與 MAPS 問卷資料採用相依樣本 one-way ANOVA (RM-ANOVA)分析前、中、後測的統計差異性。為了驗證 MAPS 區分專家與新手的能力，我們也收集了少量本校財金系教師與數學專長教師（碩士或博士為數學相關研究所畢業）的 MAPS 問卷填答資料。學生的 MAPS 問卷前測資料與教師的問卷資料採用獨立樣本 t 檢定分析兩個族群間的統計差異性。最後我們將學生分為「參與形成性評量」與「未參與形成性評量」兩組，並以成對樣本 t 檢定來分析兩組之間每學期 ARCS、MAPS 分數進步多寡的差異。

2. 質化資料

(1) 學習歷程與課堂回饋：

每次進行小組合作學習當週課後請學生填答學習歷程與課堂回饋，共計上學期 9 次，下學期 8 次。授課教師在學習歷程與課堂回饋中請學生回答的問題為：

1. 本週課程主題？
2. 我這禮拜學到什麼？
3. 自評本週小組討論參與度；
4. 本週小組討論對學習課程內容有什麼幫助？
5. 本週小組討論是否碰到任何困難？如何解決？是否需要老師協助？
6. 請問您對老師本週課堂講授內容的感受與回饋？

下學期最後 6 次填答再加入一題：

7. 您覺得本週教學進度：5 太慢/4 有點慢/3 適中/2 有點快/1 太快

(2) 學生訪談：

每學期的後半學期從學習成就高、中、低三個族群中各隨機選取 3~4 位同學進行訪談。上學期共計訪談 9 位同學，下學期訪談 10 位。訪談內容包括：對小組合作學習的感受與回饋、同儕教學是否有助於理解上課內容、轉教他人是否能讓自己變得更懂、小組合作學習對學習成效的影響、對小組合作學習及教師課堂講授方式的改進建議等。

本計畫收集的質化資料主要作為了解小組合作學習實施成效及回饋、教學策略最佳化以及改善合作學習教材之用，依據資料內容對輔助教材與實施方式進行滾動式修正。

（六）研究設計：

教師首先製作小組合作學習輔助教材（學習單）。上學期課程開始時請研究對象填寫 ARCS 學習動機問卷、MAPS 數學態度與認知問卷，作為問卷前測。教師在學期中實施小組合作學習輔助教學，並於上學期期末請同學再填寫一次問卷，作為問卷中測。下學期的小組合作學習輔助教學實施完成後，於期末再請同學填寫問卷，作為問卷後測。

小組合作學習實施當週課後請同學填寫學習歷程與課堂回饋。每學期的後半學期從學習成就高、中、低三個族群中各隨機選取 3~4 位同學進行訪談。小組合作學習實施方式及輔助教材內容依據同學的學習歷程回饋以及訪談內容進行動態調整。

本計畫研究架構如圖 2 所示。

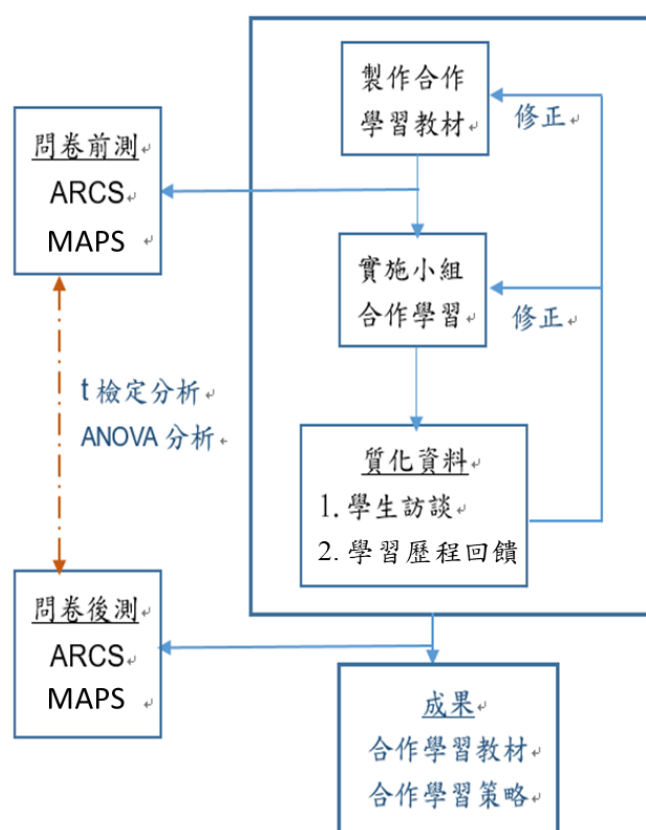


圖 2 108 學年度每學期研究架構圖。下學期的問卷前測為上學期期末的問卷填答結果。

四、研究成果

（一）小組合作學習輔助教材

小組合作學習輔助教材內容以課程使用的教科書為基準，因此討論題目與圖形大部分取自或改編自馬淑瑩《商用微積分》一書。小組討論問題的設計包括以下數類問題：

1. 啟動背景知識的問題：

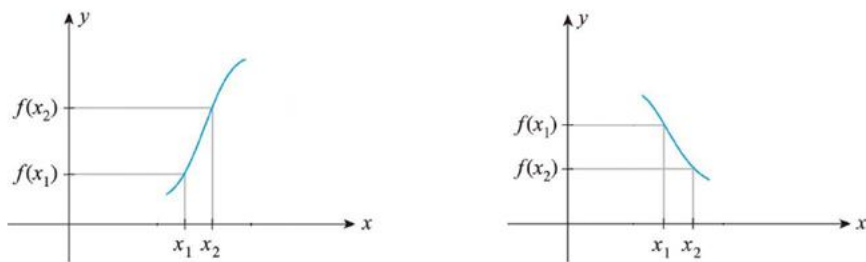
這類問題的目的是協助學生回憶起原本已具備的背景知識，並協助基礎沒打好的學生再學一次微積分教學所需的基本知識。例如：

1. 請問，得知以下何種資訊，可以讓你畫出一條獨一無二的直線？（複選）
(A)直線通過一點 (x_0, y_0) (B)直線的斜率為 m_0
(C)直線通過兩點 (x_0, y_0) 和 (x_1, y_1) (D)直線通過一點 (x_0, y_0) ，且直線斜率為 m_0
2. 承1.，如何寫下這條獨一無二直線的方程式？

2. 觀念建構問題：

這類問題協助學生以建構的方式，由具體而抽象逐步學會數學概念。例如：

1. 兩個函數圖形：



- (1) 請以簡單的日常用語描述這兩個圖中所示區間函數圖形的走向。
- (2) 請將(1)的敘述轉換為數學語言。
- (3) 請問這兩個函數圖形的斜率有什麼特性？
- (4) 請用一階導數描述(3)的結果。

（函數圖形改編自馬淑瑩《商用微積分》第四章，圖 2(a)(b)。）

(1)小題要求學生以簡單的日常生活語言來描述遞增及遞減函數（向右向上/向右向下）。(2)小題請學生運用大於、小於的數學語言來描述(1)中觀察到的現象（曲線上右邊的點函數值 $>$ 左邊的點函數值/曲線上右邊的點函數值 $<$ 左邊的點函數值）。(3)小題引入斜率的概念（遞增函數斜率為正/遞減函數斜率為負）。(4)小題進一步引入導函數的值即為函數在該點斜率的概念，此為本題的學習目標。

3. 促進「目的性學習」的問題：

學生在開始學習之前如果能帶著一個特定目的，有助於引導學生專注。這類題目的設計目的不見得要讓學生答得出來（類似教學法中的 rhetoric question），而是要激起學生的好奇心，誘發其專注力。例如：

3. 定積分的代換法： $\int_0^4 x\sqrt{9+x^2}dx=?$

這題需要用代換積分法才能算。但是如果照以下方法進行代換積分：

$$\text{令 } u = 9 + x^2, \quad du = u' dx = 2x dx, \quad dx = du/2x$$

$$\begin{aligned} \text{則 } \int_0^4 x\sqrt{9+x^2} dx &= \int_0^4 x\sqrt{u} dx = \int_0^4 x\sqrt{u} \frac{1}{2x} du = \int_0^4 \frac{1}{2}\sqrt{u} du = \\ &= \int_0^4 \frac{1}{2} u^{1/2} du = \left[\frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} u^{3/2} \right]_0^4 = \left[\frac{1}{3} (9+x^2)^{3/2} \right]_0^4 = \frac{1}{3} (25^{3/2} - 9^{3/2}) = \frac{98}{3} \end{aligned}$$

答案是對的，計算過程卻錯了。你能找出計算過程寫錯的地方嗎？

正確的算法是什麼？

在題目中故意寫錯某個小地方，代換法求定積分未將積分上下界代換成新變數的上下界，請學生找出錯誤的地方。學生不一定找得出來（在本計畫教學現場中，沒有學生找出錯誤的地方），但開始講解之後，學生會專注聽講，可減少過去學生計算代換法求定積分時經常忘記代換積分上下界的錯誤。

4. 素養導向問題：

以實務問題來幫助學生學習數學概念，例如：

1. 複利問題：若銀行年利率(名目利率) $r = 8\%$ ，每年計息1次。將本金 $P = 1000$ 元存入銀行：
 - (a) 1年後本利和 A_1 （本金+利息）是多少錢？
 - (b) 若第二年的計息方式為：將第一年末的本金加利息作為第2年開始的本金，再依同樣的年利率計息，第2年結束時的本利和 A_2 是多少錢？
 - (c) 以相同方式計息，第3年結束時的本利和 A_3 是多少錢？
 - (d) 以相同方式計息，第 x 年結束時的本利和 A_x 是多少錢？

此問題最後會得到 $A_x = 1.08^x$ ，引出指數函數，幫助學生了解指數函數其來有自，並不是憑空出現的，可大幅提昇學生對指數函數的接受度。

5. 課堂練習

在課堂佈題讓學生當場回答，當作課堂上的個人作業，下課時繳交由教師批改評分。若答題遭遇困難可與同組同學討論（但不可抄襲別人解答）。這類問題的目的是在課堂上儘可能給予同學反思和練習的機會，遭遇困難也可以得到立即的同儕回饋，提高學生在課堂上就學會的機會。

（二）小組合作學習對總結性評量成績的影響

實施課堂小組合作學習輔助教學的108學年度，在刪除非財金一乙同學及缺考同學的成績後，各次總結性評量成績全班平均與107學年度比較結果如下表1。其中上學期的期中考、期末考全班平均成績，108學年度（ $N=43$ ）都較107學年度（ $N=43$ ）高，但都未達到統計顯著標準（ $p < 0.05$ ）。

108 學年度下學期期中考 (N=43) 成績幾乎與 107 學年度下學期期中考 (N=42) 相同，但下學期期末考 108 學年度 (N=42) 較 107 學年度 (N=40) 降低，唯亦未達統計顯著標準 ($p < 0.05$)。

	上學期期中考	上學期期末考	下學期期中考	下學期期末考
108 學年度	62.45	65.62	49.23	53.24
107 學年度	60.74	54.96	49.42	57.4

表 1 108 學年度實施課堂小組合作學習輔助教學各次總結性評量平均成績與 107 學年度比較。

因此實施課堂小組合作學習輔助教學對於同學的總結性評量成績，全班總體而言並無顯著影響。

(二) 小組合作學習對全班學習動機及數學態度與認知的影響

本計畫係研究小組合作學習實施一學年的成效，因重修生及外系生只修一學期的課，故不納入研究對象。財金一乙修課人數為 45 人，扣除無效資料（問卷前、中、後測有任一次未填或亂填者）之後，問卷有效樣本數為 41 人。

1. ARCS 學習動機

我們發現，實施小組合作學習輔助教學後，上學期期末的 ARCS 整體學習動機中測分數較期初前測顯著提昇 ($p=0.023$)，顯見小組合作學習可有效提昇學生對微積分的學習動機。下學期持續進行相同教學法，期末後測的 ARCS 整體學習動機分數較中測略降，但與前測分數相較仍維持顯著差異 ($p=0.026$)。

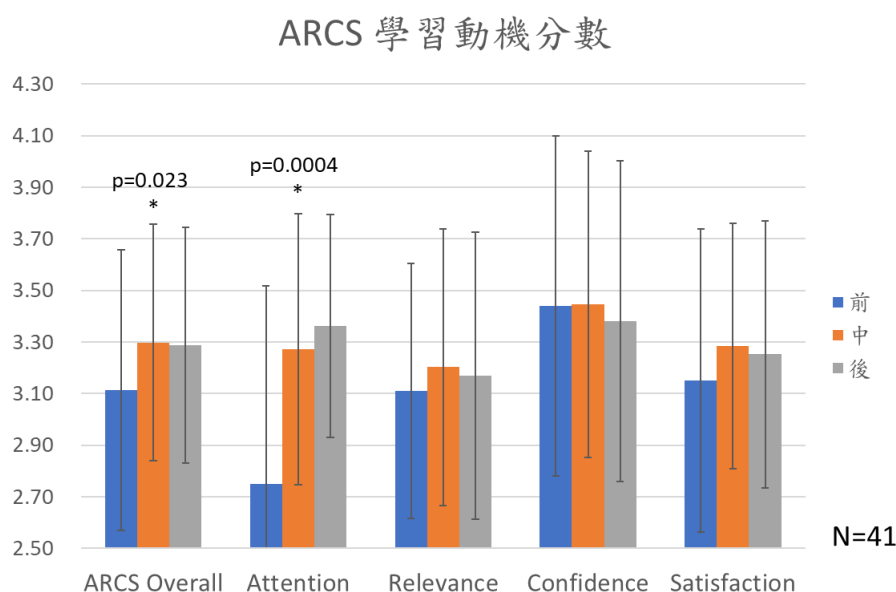


圖 3 學生 ARCS 整體學習動機及其四大向度的前、中、後測結果。

ARCS 整體學習動機包含課堂投入(A)、切身相關(R)、自信心(C)、滿足感(S)四個向度。我們發現雖然這四個向度的中測分數都有幅度不一的提昇，但整體學習動機中測分數的進步主要是來自課堂投入(A)因子大幅改善的貢獻 ($p=0.0004$)。到了下學期末的後測，課堂投入(A)分數相較於中測依然持續小幅進步，與前測相較顯著性進一步提昇 ($p=0.000022$)。切身相關(R)、自信心(C)、滿足感(S)這三個向度分數則較中測微幅減少。ARCS 問卷分數前、中、後測變化詳如圖 3。

2. MAPS 數學態度與認知

圖 4 顯示，不論本校財金系教師或數學專長教師，MAPS 專業度 (Expertise) 分數皆顯著優於學生 (前測)，表示這份問卷的問題專家共識度高，能有效區分專家與新手在數學態度與認知上的差異。若比較學生 MAPS 專業度三次測驗分數，可發現實施小組合作學期一學期後，上學期期末的中測分數僅略低於前測。但下學期期末後測卻顯著低於前測($p=0.03$)。

MAPS 專業度包含七個向度：成長型思維(Growth Mindset)、數學的真實情境應用(Real World)、數學自信(Confidence)、數學興趣(Interest)、解題堅持度(Persistence)、數學理解深刻度(Sense Making)、數學解答本質(Answers)。圖 5 顯示，雖然 MAPS 專業度後測分數較前測顯著降低，但各向度的後測分數相較於前測並未達到顯著差異。這個結果反應了 MAPS 問卷的信度特

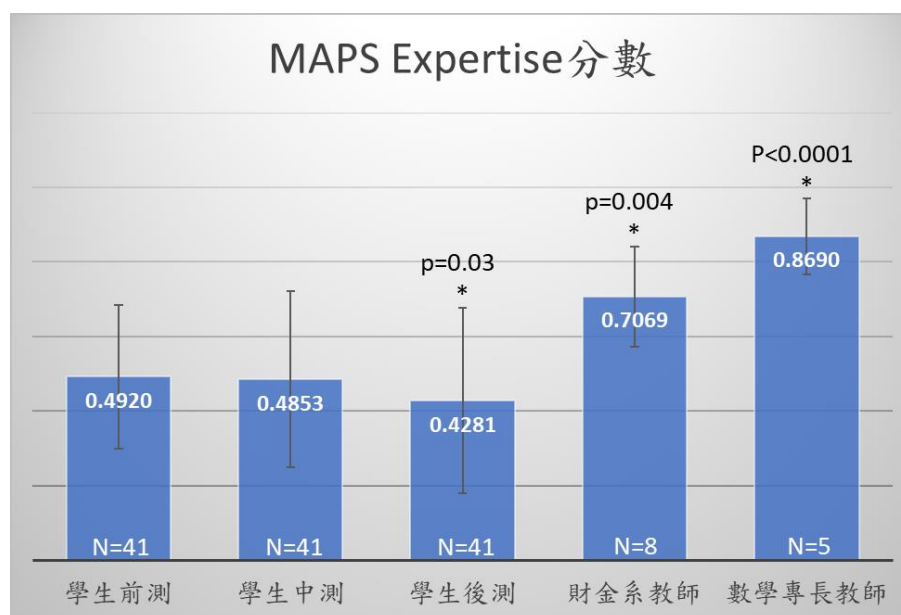


圖 4 數學態度與認知(MAPS)專業度分數比較。各組資料與學生前測分數比較，學生後測顯著低於前測，財金系教師與數學專長教師顯著優於學生前測。

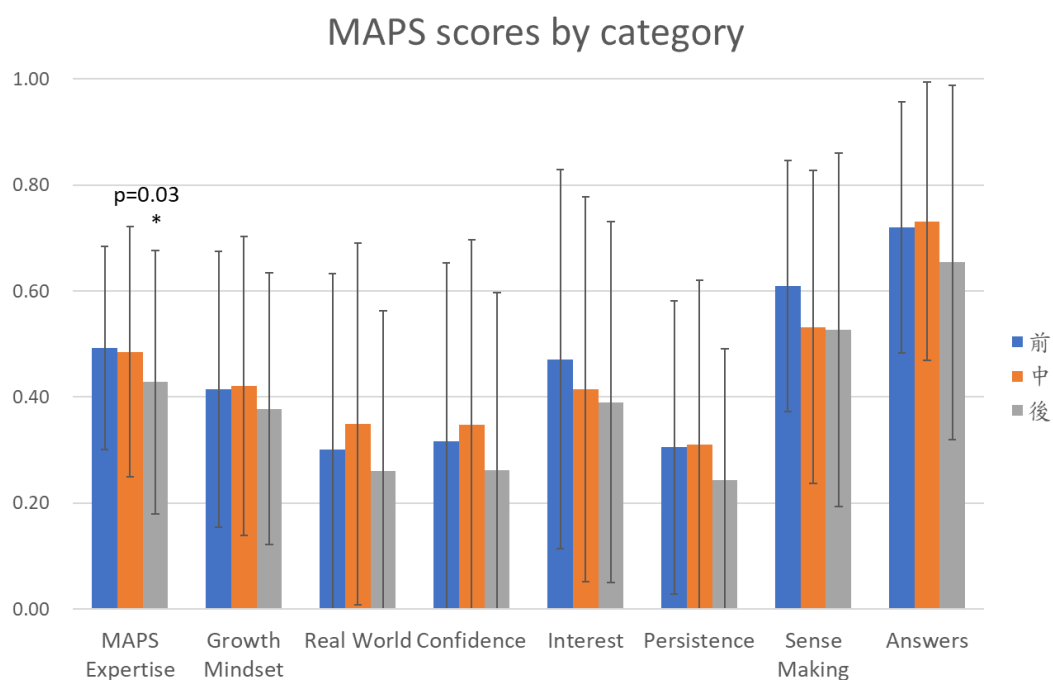


圖 5 學生的數學態度與認知(MAPS)專業度及其各向度前、中、後測結果。

性：整份 MAPS 問卷的 Cronbach's alpha 值為 0.87，但各向度的 alpha 值介於 0.55 到 0.70 之間，低於整份問卷的 alpha 值[23]。

圖 4 與圖 5 的結果並不意謂小組合作學習是失敗的。事實上，[23]指出 MAPS 問卷設計驗證的結果顯示，在所有施測過的一整年份非數學系大一微積分課程（上學期教微分，下學期教積分）中，上學期初（九月）的前測分數都一致地顯著高於下學期中（四月）的後測分數，不論 MAPS 專業度或其所包含各項度皆如此。唯一一門例外課程是美國某社區學院開設的翻轉教學微積分課程，下學

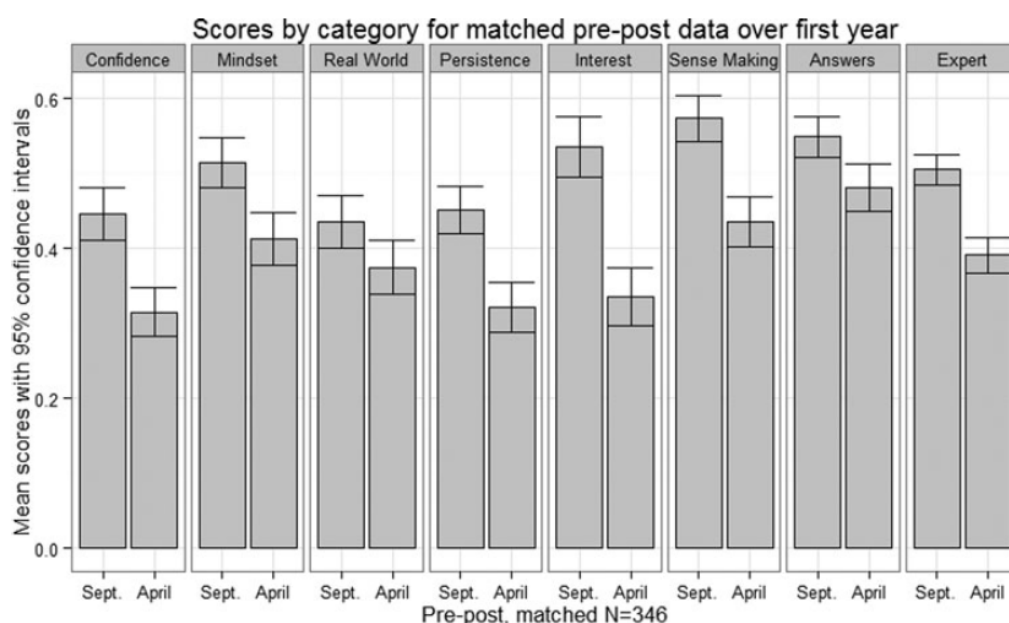


圖 6 MAPS 問卷設計團隊在他們的研究中發現，在非數學科系為期一學年的大一微積分課程中，不論 MAPS 專業度或 MAPS 各向度下學期期中的後測成績都顯著低於上學期期初的前測成績 [23]。本圖直接引用自[23]圖 4。

期後測分數在真實情境應用(Real World)與解答本質(Answers)兩個向度呈現進步，其餘向度和 MAPS 專業度則是比上學期前測退步，而除了成長型思維(Growth Mindset)與數學自信(Confidence)之外，MAPS 專業度和另外 5 個向度前後測變化比其他微積分課程退步得少或者進步，且達到顯著標準（可參考[23]的圖 5）。

我們的微積分課程，上學期末的 MAPS 專業度中測分數僅較期初前測略低，在成長型思維(Growth Mindset)、真實情境應用(Real World)、數學自信(Confidence)、解題堅持度(Persistence)、解答本質(Answers)這五個向度甚至出現微幅提昇。下學期末的後測也儘有 MAPS 專業度比前測顯著降低，各項度分數的減少則未達統計顯著標準。比照[23]的結果來看，小組合作學習在學生數學態度與認知方面的成效確實優於傳統的課堂講授教學法。

綜上所述，小組合作學習可藉由有效提昇學生課堂投入(Attendance)的方式來提高同學對微積分的學習動機，並獲得優於傳統課堂講授教學的數學態度與認知（MAPS）分數變化。

（三）形成性評量的效應

兩門微積分課程針對作業與課堂練習實施形成性評量，學生可在領取作業後訂正寫作的部份並交回給老師批改，若訂正正確則可獲得因寫錯被扣掉的分數。此為課程中的形成性評量措施。每位同學都要交作業和課堂練習，但形成性評量措施並不具強制性，學生可自行決定是否訂正作業並交回給老師再批改（亦即可自行決定是否參與形成性評量）。

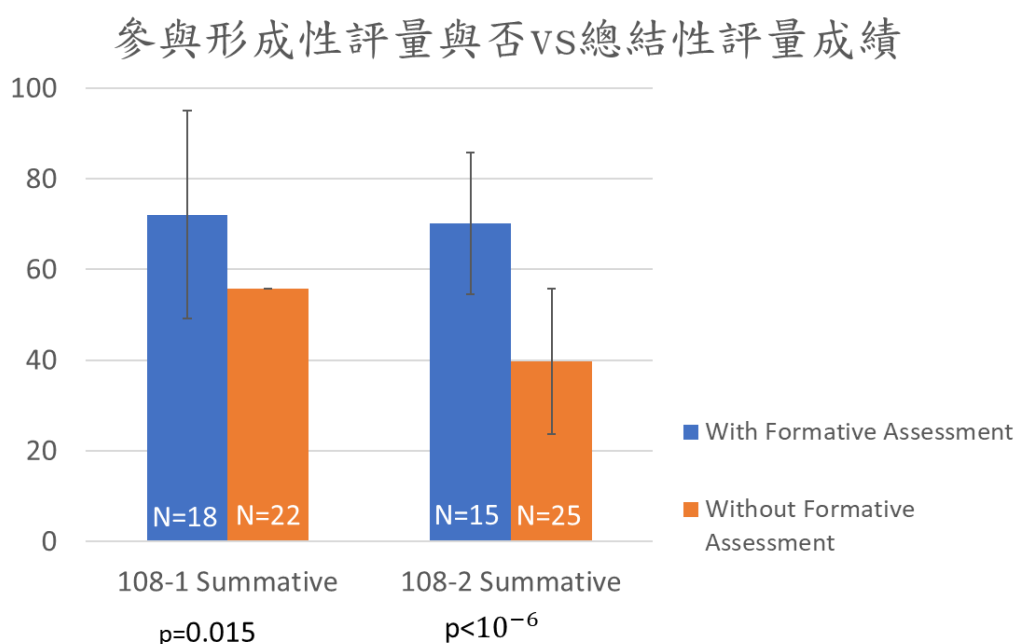


圖 7 參與形成性評量(F 組)同學的總結性評量成績兩學期皆顯著高於未參與(N 組)同學

我們將全班學生分成兩個族群，作業訂正次數比率 20%以上者納入「參與形成性評量」組（簡稱 F 組），作業訂正次數比率未達 20%者納入「未參與形成性評量」組（簡稱 N 組）。結果發現兩組在總結性評量成績（期中考、期末考成績平均）上出現顯著差異，參與形成性評量（F 組）同學各學期的總結性評量成績都顯著高於未參與形成性評量（簡稱 N 組）的同學，在課程內容難度較高的下學期差異更是明顯。

在 ARCS 總體學習動機方面，分析 F 組和 N 組同學在上學期和下學期的分數進步幅度（計算方式分別為中測－前測、後測－中測，以下探討 ARCS 各向度時計算方式亦同），發現上學期兩組都是進步的，但 F 組進步程度顯著超越僅有些微進步的 N 組。F 組在下學期持續進步，但 N 組在下學期卻退步了，兩組的差異也達到顯著程度（ $p<0.05$ ），如圖 8 所示。進一步探究 ARCS 各向度，可發現上、下學期 F 組在課堂投入(A)、切身相關(R)、自信心(C)、滿足感(S)四個向度的得分都持續進步，而 N 組上學期的自信心(C)和滿足感(S)是退步的，下學期的切身相關(R)、自信心(C)、滿足感(S)都退步。兩組上下學期在自信心(C)和滿足感(S)的變化幅度皆達到顯著差異。

在數學態度與認知(MAPS)分數方面（圖 9），上學期 F 組同學的 MAPS 專業度提昇，N 組退步，兩組有顯著差異。下學期 F 組微幅退步，N 組退步較多但統計上未達顯著標準。若細究 MAPS 各向度的表現，我們發現 F 組同學在上學期除了真實情境應用(Real World)和數學理解深刻度(Sense Making)之外，其他五個向度都是提昇的；下學期卻正好相反，在真實情境應用和數學理解深刻度方面進步，但其他五個向度退步。N 組同學在上學期僅有真實情境應用進步，其餘向度皆退步；到了下學期則所有向度都呈現退步狀態。

綜上所述，參與形成性評量（F 組）同學在總結性評量成績、ARCS 分數和 MAPS 分數上的表現都優於未參與形成性評量（簡稱 N 組）同學。

（四）質化資料

1. 小組討論參與度

在同學填寫的學習歷程與課堂回饋中，第 3 個問題為「自評本週小組討論參與度」，共有五個選項，分別是 0%~20%、20%~40%、40%~60%、60%~80%、80%~100%。全學期平均下來，各程度參與度人數為：（部份同學未填學習歷程與課堂回饋，因此總人數少於 40 人）

小組討論參與度	108 學年度上學期	108 學年度下學期
0%~20%	13	17
20%~40%	12	10
40%~60%	9	5
60%~80%	5	3
80%~100%	0	1

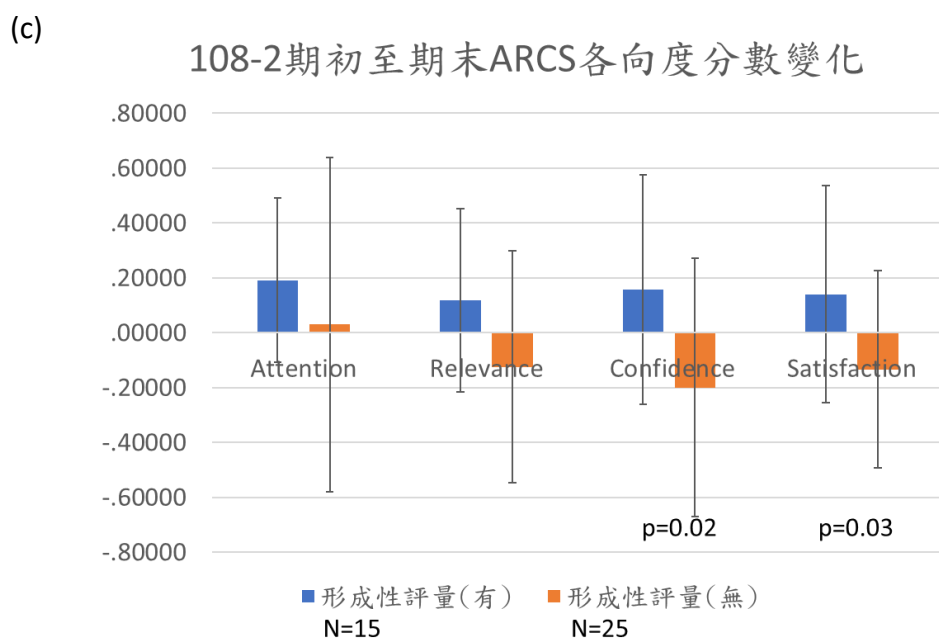
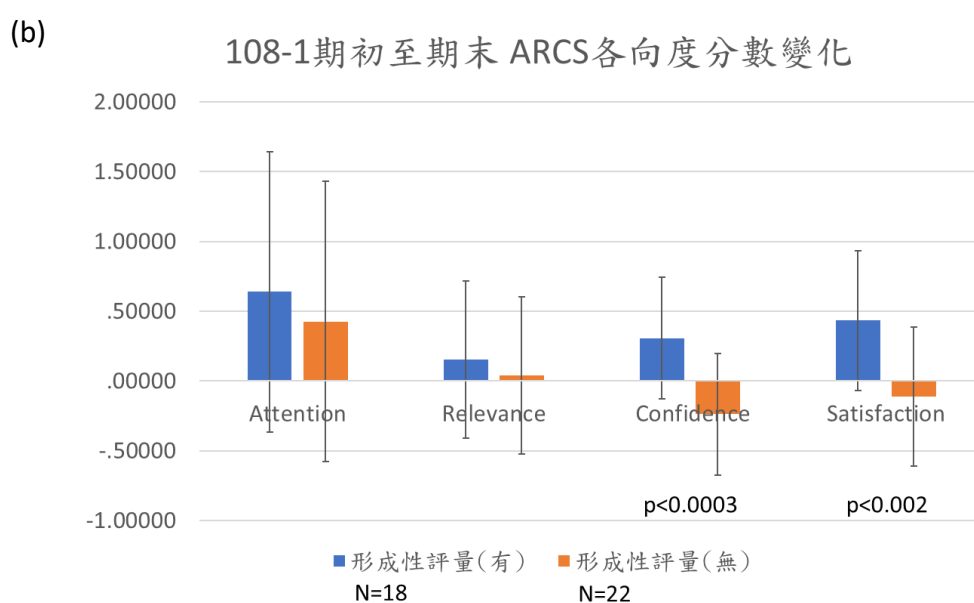
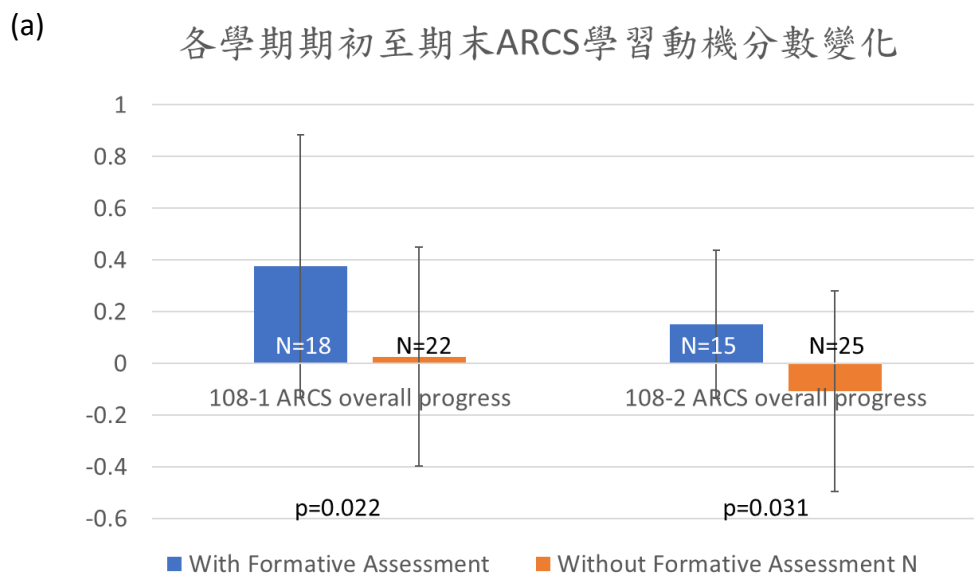
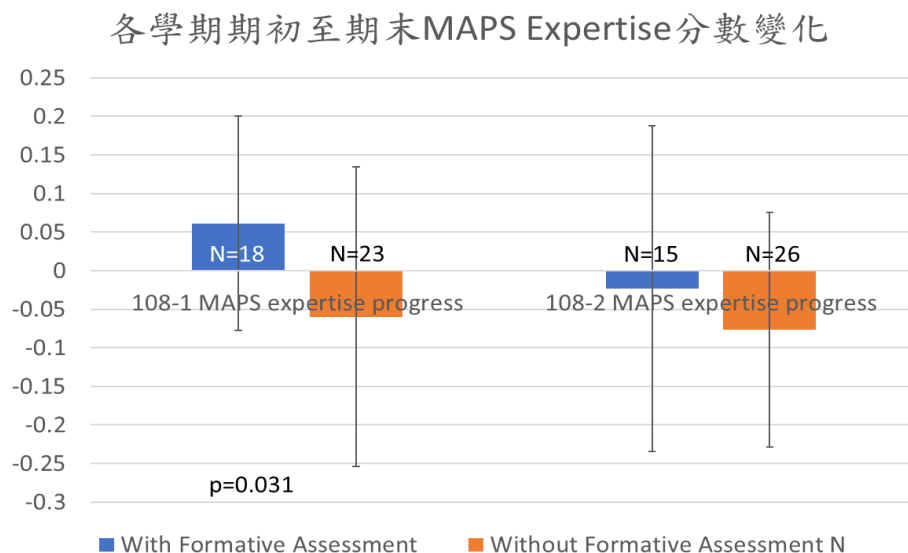
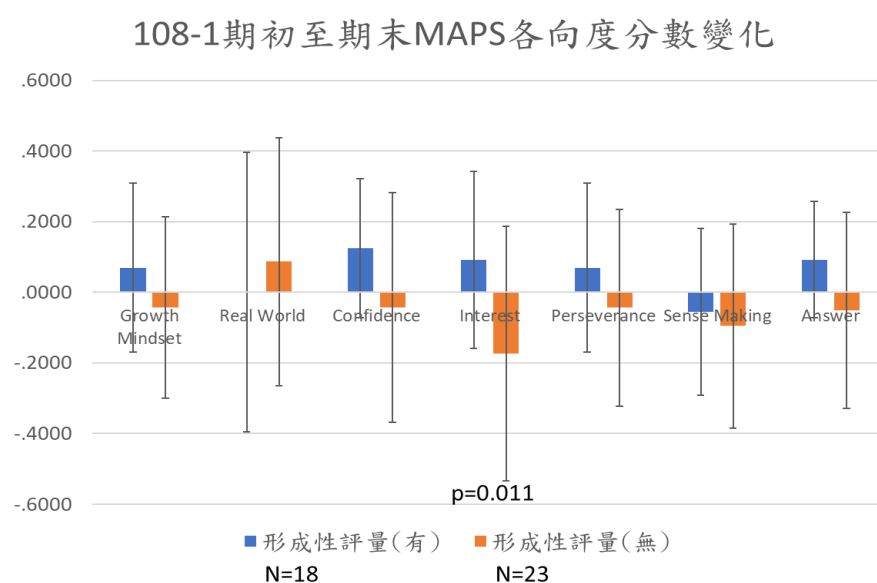


圖 8 F 組與 N 組同學的 ARCS 學習動機分數在各學期的變化幅度。

(a)



(b)



(c)

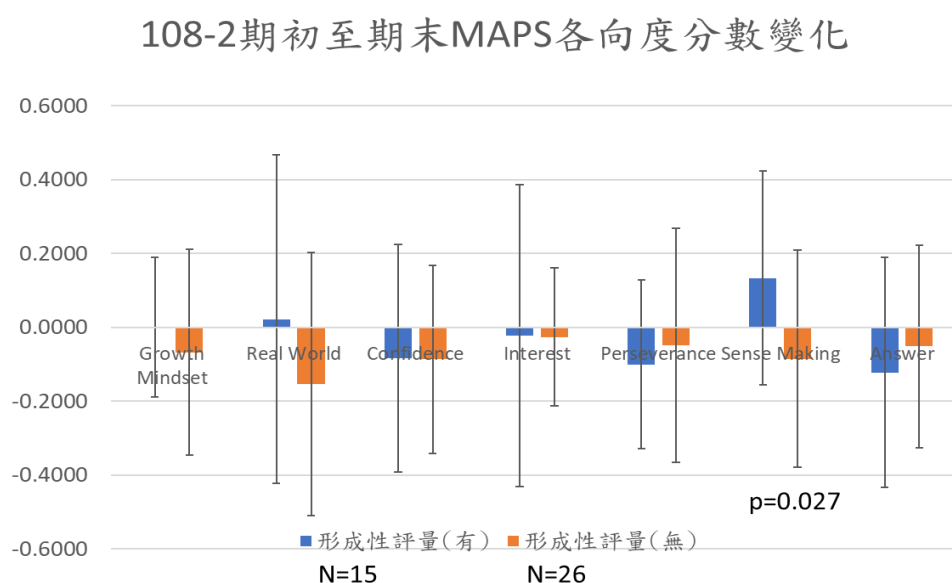


圖 9 F 組與 N 組同學的數學態度與認知(MAPS)分數在各學期的變化幅度。

2. 小組討論對學習課程內容的幫助

學習歷程與課堂回饋的第 4 個問題為「本週小組討論對學習課程內容有什麼幫助？」從學生的回答可發現小組合作學習活動對學會課程內容的幫助，包括：

103W3：「不會的可以與組員相互討論」

128W5：「當自己的腦袋沒辦法把老師的話轉過來的時候，同學可以幫助我釐清我的問題，讓我可以弄懂它」

139W14：「與同學討論如何將經濟學名詞轉換成數學式」

141W17：「為了能順利回答出小組討論的問題，會專心聽老師所提出的疑問」

207W11：「雖然（小組討論時）都沒有解出答案，但經過老師的講解後對於不定積分有快速的理解」

226W4：「一起討論答案，發現各自答案不同更可以互相聽聽看各自說法」

235W15：「有那種找出錯誤的題型，雖然感覺難度提升但是能更深入學習」

也有同學反應碰到的困難：

141W3：「在大家都還不熟時不知道怎麼開口進行討論。」

在上學期的訪談中，也有同學反應上學期由教師隨機分組，有些同組同學氣質不合完全無法討論。

因此下學期改由同學自行尋找組員分組。同學對於分組方式的改變，也反應在這一題的回答中：

231W1：「跟自己的好朋友一起很開心 也比較好討論」

227W1：「與熟悉的同學做討論放的更開，不會不好意思開口」

教學過程中，也有同學反應，合作學習問題小組成員都答不出來：

106W7：「本次討論題目大家都不會」

106W11：「本週出的題目剛好大家都不會」

這些題目未來將會檢討，予以簡化難度。

3. 學生對教師授課進度快慢的回饋：

下學期最後六次學習歷程與課堂回饋，增加第 7 題問題：「您覺得本週教學進度： 5 太慢、4 有點慢、3 適中、2 有點快、1 太快」。學生給予的平均分數分別為 3.04、2.96、3.04、2.90、2.96、3.04。顯見對大部分同學來說，授課進度為適中。

五、成果討論

(一) 下學期 MAPS 專業度分數下降的原因探討

[23]並無法對非數學系大一微積分下學期中 MAPS 問卷後測分數顯著低於上學期初前測分數的一致性結果提出妥善的解釋，但他們懷疑有可能是因為大一微積分課程的特質，內容多半要求學生學會計算步驟、聚焦在數學結構的表淺處（superficial structures），缺乏對於深刻方法的思考。這個猜想的佐證是，[23]圖 2 顯示在 2012 年的施測中，數學系大二課程「證明導論」的修課同學，MAPS 問卷分數除了成長型心態（mindset）向度外，MAPS 專業度以及其他向度分數皆顯著高於大一微積分修課同學。

我們認為，若以上猜想屬實，則亦可用布魯姆（Benjamin Bloom）教育目標分類的認知範疇（Cognitive Domain）理論來解釋[24]。認知範疇（Cognitive Domain）由簡單到複雜層次的教育目標依序為：知識（knowledge）、理解（comprehension）、應用（application）、分析（analysis）、綜合（synthesis）與評鑑（evaluation）。就微積分教學而言，習得某些計算步驟與解題技巧，已達到「知識」與「理解」層次（屬於[23]所謂「數學結構的表淺處」），但不一定能達到「應用」層次，遑論「分析」與「評估」層次（即為[23]所謂「較深刻的方法」）

本計畫課程下學期末後測 MAPS 專業度分數較上學期初前測分數顯著降低，我們歸納出幾個可能原因如下：

1. 下學期課程難度較上學期大幅增加，包括自然指數函數、對數函數及其微分，分部積分法等，學生可能第一次接觸，心態上一時較難完全接受。
2. 肺癌疫情影響，不確定是否需進行遠距教學，學生心態較為浮躁。
3. 課程時間安排較上學期差，上學期是週二早上九點開始上課，下學期變成週五早上八點，遲到的學生變多，他們課堂講授和小組合作學習可能有一部分沒參與到。
4. 後測施測時機不當：後測施測時間為考試前最後一次上課，剛好是隔週彈性放假調到星期六補上課，連續兩天早上八點上課，加上當天剛好學困難的分部積分法，學生心情受到影響。

但若比較 ARCS 問卷結果，同一天施測的後測分數對比前測變化並不明顯，可得到兩個推論：

1. 造成 MAPS 後測分數下降的原因較可能是下學期課程難度大幅增加，另外三個因素影響應該較小。
2. 即便在課程難度大幅增加的情況下，採用小組合作學習法仍然可以在課堂投入(A)、切身相關(R)、自信心(C)、滿足感(S)各方面保持學生對微積分的學習動機。

（二）形成性評量與內在學習動機

我們在上一節中發現，參與形成性評量的同學（F 組）在總結性評量成績以及每學期 ARCS 和 MAPS 問卷分數的變化皆明顯優於未參與形成性評量的同學（N 組）。我們認為透過教師批改作業的回饋，學生訂正作業構成的形成性評量機制，讓學生在原本的學習表現上「加一」，有機會反思自己的錯誤並從錯誤中學習，再度證明「促進學習的評量」是一種有效的教學方式。

然而學生是否願意訂正作業，教師並不強制，完全出於學生的內在動機。（即便強制訂正作業，不想訂正的學生還是可以不交，因為已有作業初評成績。）既然形成性評量對學習成效幫助這麼大，我們有沒有辦法再多提昇一些學生內在動機呢？

ARCS 問卷的成果顯示，教學方式（小組合作學習）是藉由外部方式誘發學生內在動機的方法之一（提昇課堂投入(A)）。若想再進一步提昇學生的內在動機，我們建議可以從切身相關度(R)著手。當學生覺得微積分與自己切身相關，就有更多動力願意參與形成性評量活動。而切身相關度的提昇，我們認為與教材內容息息相關。當教材介紹數學觀念的方式是有脈絡的，或者是「素養導向」的時候，學生在知識獲得與應用方面就不會覺得跟自己沒有關係，也就有更多內在動機去參與可以提昇學習成效的活動（例如形成性評量）。一份有脈絡的教材也可以使下學期課程的難度降低，或許可以減少 MAPS 後測分數下降的幅度。

六、結論與未來展望

本研究計畫製作了適合本校財金系大一微積分使用的小組合作學習輔助教材。我們發現，小組合作學習輔助教學，可經由有效提昇學生上課參與度來顯著提昇全班同學對微積分的學習動機，而且這種效果不會受到課程難度大增的影響。

小組討論合作學習教學法無法促使全班同學在數學態度與認知（MAPS）方面更接近專家，且下學期受到課程難度增加的影響，學生整體的 MAPS 專家度反而下降。

我們也發現，參與形成性評量的學生，在總結性評量成績以及每學期 ARCS 和 MAPS 問卷分數的變化皆明顯優於未參與形成性評量的同學。我們認為參與形成性評量的學生有較強烈的內在學習動機。

來希望可以設計出一套脈絡化、素養導向的微積分教材，幫助學生進一步增強學習動機以及提昇數學態度與認知。

參考資料：

1. 吳仲卿。思辯的科學實作。 **科學研習月刊**，**56(2)**，2017，2-5。
2. 張子貴。合作學習應用在微積分教學之行動研究。 **課程與教學季刊**，**13(3)**，2010，141-162。
3. Davidson N. *The Small Group-Discovery Method as Applied in Calculus Instruction*. The American Mathematical Monthly 78, (1971), 789-791
4. Brechting, et al. *The effects of small-group discovery learning on student achievement and attitudes in calculus*. American Mathematics Association of Two-Year Colleges Journal, 1977, 2, 77-82
5. Springer L et al., *Effects of Small-Group Learning on Undergraduates in Science, Mathematics, Engineering, and Technology: A Meta-Analysis*. Review of Educational Research 69, (1999), 21-51
6. 張子貴。以加強合作學習歷程促進微積分解題之行動研究。 **教育與多元文化研究**，**9**，2013，105-144。
7. 張其棟、楊晉民。翻轉學習在大學微積分課程之實現與初探。 **臺灣數學教育期刊**，**3 (2)**，2016，55-86。
8. 陳昇國、彭振昌、鄭博仁。微積分補救教學使用跨年段同儕學習之研究。科技部補助專題研究計畫成果報告，2015/10/29。
9. 丁慕玉。電腦合作學習對學微積分的影響。 **國立虎尾科技大學學報**，28(1)，2009，27-40。
10. 丁慕玉。數位學習對微積分的影響—以虎尾科技大學為例。 **國立虎尾科技大學學報**，27(1)，2008，109-128。
11. 王泰元。學習風格與合作學習法對微積分學習成效之研究。國立中山大學應用數學系碩士論文，2010。
12. Meyers, C., & Jones, T. B. (1993). *Promoting Active Learning: Strategies for the College Classroom*. San Francisco, CA: Jossey-Bass Inc.
13. Hake, R. R., *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*. Am. J. Phys. 66, 64 (1998)
14. Deslauriers L, et al. *Improved Learning in a Large-Enrollment Physics Class*. Science 2011; 332 (6031): 862-864.
15. Freeman S, et al. *Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 111:8410-8415 (2014)
16. Goodlad, S., & Hirst, B. *Peer Tutoring-A Guide to Learning by Teaching*. New York : Nichols Publishing, 1989.
17. Crouch, C. H., & Mazur, E. (2001). *Peer instruction: Ten years of experience and results*. American Journal of Physics, 69(9), 970-977.
18. Mazur, E. *Peer Instruction: A User's Manual*. Series in Educational Innovation, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1997.
19. Vygotsky, L.S. *Mind in Society*. Harvard University Press, 1978.
20. Bodrova, E. & Leong, D. *The Vygotskian Approach to Early Childhood*. Columbus, Ohio: Merrill, an Imprint of Prentice Hall, 1996.
21. 鄧宜男。合作學習在大學課程的應用。 **通識教育季刊**，**8(1)**，2001，25-59

22. Keller, J. M. (2010). *Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS model approach*. New York, NY Springer.
23. Code, W., et. al., *The Mathematics Attitudes and Perceptions Survey: an instrument to assess expert-like views and dispositions among undergraduate mathematics students*. International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 47(6), 917–937, 2016.
24. B. S. Bloom (Ed.), *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals*. pp. 201-207, Susan Fauer Company, Inc. 1956.

附錄一：ARCS 學習動機問卷前/中/後測

本問卷有 34 題，每題有五個選項，分別代表對於「題目敘述」的同意程度：

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐
非常不同意	不同意	沒意見	同意	非常同意

請依照您在高中職數學/初等微積分/商用微積分的課堂經驗，就問卷中的問題勾選最符合自己同意程度的選項。（單選）

1. 我的高中職數學/初等微積分/商用微積分老師知道如何引起我對授課題材的興趣。
2. 我覺得在高中職數學/初等微積分/商用微積分課程學到的內容將會對我很有用。
3. 在高中職數學/初等微積分/商用微積分課程中，我有信心學好數學。
4. 高中職數學/初等微積分/商用微積分課程能吸引我注意的部份很少。
5. 在高中職數學/初等微積分/商用微積分課程中，老師會設法凸顯授課題材的重要性。
6. 在高中職數學/初等微積分/商用微積分課程中，我想獲得好成績必須靠運氣才行。
7. 在高中職數學/初等微積分/商用微積分課程中，我必須付出許多額外的努力，才能學好數學。
8. 我不覺得高中職數學/初等微積分/商用微積分課程和我原本就具備的知識有任何關係。
9. 我認為：能否學好高中職數學/初等微積分/商用微積分，端看我自己夠不夠努力。
10. 在高中職數學/初等微積分/商用微積分課程中，老師進入講授主題之前，會先鋪梗製造懸疑或提問製造思考空間。
11. 高中職數學/初等微積分/商用微積分課程的授課題材對我來說實在太難了。
12. 高中職數學/初等微積分/商用微積分課程帶給我許多滿足感。
13. 在高中職數學/初等微積分/商用微積分課程中，我設下很高的自我要求標準，並且達到了。
14. 跟其他同學相比，我覺得我在高中職數學/初等微積分/商用微積分課程中獲得的成績是公平合理的。
15. 在高中職數學/初等微積分/商用微積分課程中，同學們看起來對授課題材感到好奇。
16. 我樂於投入心力學習高中職數學/初等微積分/商用微積分。
17. 在高中職數學/初等微積分/商用微積分課程中，我很難事先預料作業分數能拿多高。
18. 在高中職數學/初等微積分/商用微積分課程中，相對於「自認為學得多好」而言，老師給我的評分讓我覺得相當滿意。
19. 我很滿意自己在高中職數學/初等微積分/商用微積分課程中學到的東西。
20. 高中職數學/初等微積分/商用微積分課程內容符合我的期待以及我的學習目標。
21. 在高中職數學/初等微積分/商用微積分課程中，老師會用新奇或意想不到的講法或觀點，使授課內容更有趣。
22. 在高中職數學/初等微積分/商用微積分課程中，同學們的課堂參與相當踴躍。
23. 為了達成我的目標，學好高中職數學/初等微積分/商用微積分是一件很重要的事。
24. 在高中職數學/初等微積分/商用微積分課程中，老師上課時會交替運用各種有趣的授課技巧。
25. 我不覺得高中職數學/初等微積分/商用微積分課程能帶給我多少益處。
26. 在高中職數學/初等微積分/商用微積分課堂上，我常常恍神，心不在焉。
27. 我相信如果自己夠努力，高中職數學/初等微積分/商用微積分就能獲得好成績。
28. 我清楚了解高中職數學/初等微積分/商用微積分課程可以帶給我哪些切身利益。
29. 在高中職數學/初等微積分/商用微積分課程中，老師課堂上的提問或分派給同學的課後作業，能激發我對授課題材的好奇心。
30. 對我而言，高中職數學/初等微積分/商用微積分課程內容難易度適中，不會太難也不會太簡

單。

31. 高中職數學/初等微積分/商用微積分課程讓我感到失望。
32. 我覺得自己在高中職數學/初等微積分/商用微積分課程中得到的成績、評語及其他回饋，能對我所付出的努力給予足夠的肯定。
33. 對我來說，高中職數學/初等微積分/商用微積分課程的學習負擔適中。
34. 我在高中職數學/初等微積分/商用微積分課程中獲得足夠的回饋，讓我知道自己的學習表現如何。

說明：[22]第 280 頁表 11.5 ARCS 問卷题目的向度分類，直接引用如下：

Attention	Relevance	Confidence	Satisfaction
1	2	3	7 (reverse)
4 (reverse)	5	6 (reverse)	12
10	8 (reverse)	9	14
15	13	11 (reverse)	16
21	20	17 (reverse)	18
24	22	27	19
26 (reverse)	23	30	31 (reverse)
29	25 (reverse)	34	32
	28		33

附錄二：MAPS 數學態度與認知問卷

本問卷有 32 題，每題有五個選項，分別代表對於「題目敘述」的同意程度：

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐
非常不同意	不同意	沒意見	同意	非常同意

請就問卷中的問題勾選最符合自己同意程度的選項。（單選）

25. 當我覺得自己已經學會一個主題之後，要解答該主題的問題還是有困難。
26. 數學問題通常只有一種正確的解法。
27. 學一個數學主題，只要我會算該主題的習題就覺得心滿意足，即使還沒弄清楚所有細節也沒關係。
28. 我不認為公式能幫助我理解數學觀念，公式只是用來做計算的。
29. 一個人的數學能力不太能改變。
30. 如果認真學習的話，幾乎所有人都能理解數學。
31. 「理解數學」的意思是，我能背誦出讀過的內容或者別人教我的內容。
32. 如果在一題數學問題上花了 10 分鐘以上還解不出來，我會放棄，轉而尋求他人協助。
33. 我認為數學問題的答案都是數字。
34. 如果我在數學考試中想不起解題所需的公式內容，也無法當場自行推導這條公式。
35. 學習數學時，我覺得應該要先弄清楚公式或步驟的意義再使用。
36. 我享受解答數學問題的過程。
37. 學習數學改變了我對這個世界運作方式的理解。
38. 我常覺得很難在數學考試中把自己的思路整理清楚。
39. 理解數學所需的邏輯推理能力，在我的日常生活中也會派上用場。
40. 對我而言，學習數學最好的方法是記住例題的解答。
41. 不論多麼認真準備，我在數學考試時還是缺乏自信。
42. 弄清楚數學公式怎麼來的是一件浪費時間的事。
43. （篩選題，請按照指示答題）這題是用來篩掉不看題目亂答題的答卷者用的。這題請直接選擇「4 同意」。
44. 我通常可以找出解答數學問題的方法。
45. 學校所教的數學與我的日常生活經驗幾乎毫無關聯。
46. 「數學能力很強」一定要有數學天賦才行。
47. 解答數學問題時，一旦找到可以套用的公式，我不會想知道背後的概念是什麼。
24. 我解數學問題時一旦卡住，就完全無法靠自己的能力找出解法。
25. 學新的數學主題時，我會把它與我已有的知識內容連結起來，而不只是按照老師教的方式記下它。
26. 我會儘可能避免去解數學問題。
27. 要求我解答與課堂或教科書例題相去甚遠的問題，我認為是不公平的，即便課程內容已經涵蓋相關主題。
28. 解數學問題時，只要給我解題所需的公式就好了。
29. 我解不出數學問題時，很容易覺得煩。
30. 解數學問題時，只要找到正確答案即可，列出解題過程並不重要。
31. 每個人都有一些他/她永遠無法理解的數學概念，即便努力嘗試還是學不懂。
32. 我只有在非學不可的時候才學數學。

說明：[23] 附錄表 2 中 MAPS 問卷題目的向度分類，直接引用如下：

Category	Question
Growth mindset	5, 6, 22, 31
Real world	13, 15, 21
Confidence	1, 14, 17, 20
Interest	12, 26, 32
Persistence	8, 10, 24, 29
Sense making	3, 4, 11, 18, 23
Answers	2, 7, 9, 16, 28, 30
No category but scored for expertise	25, 27
Filter statement	19
Expertise (expert consensus)	All except 19, 22 and 31

附錄三：課堂小組合作學習活動輔助教材

請至

<https://drive.google.com/drive/folders/1WdUjkpuvCsCUXFM7aVxttO8WW67znHZO?usp=sharing>

下載小組合作學習教材 1~17

註：教材內的圖皆取自課本課本—

商用微積分：觀念與應用(第九版)，S. T. Tan 原著/馬淑瑩譯，高立出版（2013）