

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：PMS1100206

學門專案分類/Division：數理

執行期間/Funding Period：2021.08.01 – 2022.07.31

微積分「學前自我檢測」與「線上預備課程」對微積分學習成效的影響

The Impact of a Precalculus Diagnostic Test and an Online Precalculus Course on
Learning Calculus

配合課程：微積分 1，微積分 2，微積分預備課程

計畫主持人(Principal Investigator)：蔡雅如

協同主持人(Co-Principal Investigator)：石美倫

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立臺灣大學數學系

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2024 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2022/09/14

微積分「學前自我檢測」與「線上預備課程」對微積分學習成效的影響

一. 本文 Content

1. 研究動機與目的 Research Motive and Purpose

自 97 學年，計畫主持人在台大教微積分相關課程。多年來主持人發現即使在校大，微積分班上有愈來愈多「數學預備知識不足」的學生。例如，僑生、外籍生的數學能力和本地生有落差。又如，傳統文組背景的管理學院，這幾年加強對微積分的的要求；因此學生在高中時對數學學習的態度和經驗，無法應付大學裡微積分課程的要求。即使在微甲班級中（理組背景），也觀察到近來不少學生無法跟上複雜的計算或數學推導過程，常需要在課堂裡複習高中教過的公式。由此可知，各類學生在不同程度上都有「數學預備知識不足」的問題。

為補足學生的數學先備知識，台大數學系曾在 105 學年上學期開設「基礎數學」(Precalculus) 實體課程。但當年只有四位同學選修；下學期更因修課人數過少而停開。反思這門課失敗的原因，一來可能是因為大多數同學尚未意識到自己數學能力不足，所以缺少修讀的動機和堅持度；二來實體課程具有時間和空間上的限制，在學習方式上欠缺彈性。同時我們也體認到，單純提供學習資源還不足以協助學生順利銜接微積分課；我們需要進一步設計學習資源的形式，甚至增加輔導機制，才能有效解決學生「不主動使用學習資源」或是「學習資源使用成效不彰」等問題。

另一方面，臺大教學發展中心（以下簡稱教發中心）藉由提供微積分學習諮詢服務，也同樣感受到學生在微積分課程上準備度不足的問題。教發中心在 108 學年與數學系合作推出「微積分學前自我檢測系統」(Precalculus Self-Diagnostic Tests, 以下簡稱「學前檢測」)，讓新生在學期開始前完成檢測，發現自己在微積分基礎上的弱點。109 學年數學系透過分析學前檢測結果，歸納出當屆新生答題狀況不佳的題目。再者，統計資料顯示，學前檢測成績與微積分期考成績密切相關。所以我們肯定學前檢測是一個客觀有效的評量，能精準標明學生所缺乏的預備知識內容。以檢測數據為基礎，數學系再一次嘗試提供具彈性的學習資源，「微積分預備課程」這門線上課程，期待幫助學生彌補落差，順利銜接微積分的學習。

這一次，我們意識到，為加強學生的數學預備知識，提升微積分學習成效；我們還需要克服「使用學習資源的主動性不足」或是「學習資源的使用成效不彰」等問題。所以，本計畫規劃在 precalculus 課程網站上公布配合「微積分」課程進度的學習指引，並且在 precalculus 修課學生的實驗組裡加入輔導機制：第一，在學期中請學生每週填寫學習進度表單，督促他們按時完成進度。第二，老師、助教依照表單中學生的提問給予回饋。本研究計畫將評估這個課程設計與輔導機制的效用。

本研究希望能針對大一微積分課程，提出新的教學和學習設計，研究的目的是要探討學習資源「微積分學前自我檢測」和「微積分線上預備課程」使用情形與否對大一微積分的學習成效是否具有影響；另一方面，本計畫也要檢測學習資源的使用和學生的數學學習自我效能、數學學習堅持度、數學學習成效之間有什麼樣的關係。研究結果除了可以做為調整微積分教學和學習評量的參考，也可以做為未來改進校內課前學習資源的依據。具體來說，本研究要探討的問題包括：

A. 請學生填寫每週學習進度表單對學生在微積分預備課程參與度的影響？

B. 學習資源「微積分學前自我檢測」和「微積分預備線上課程」的使用情形與學生「數學學習自我效能」與「數學學習堅持度」和「微積分學習成效」間的關係？

2. 文獻探討 Literature Review

微積分學前自我檢測

雖然數學被認為是大學學習中重要的能力之一，卻也常是學生最常發生學習困難的科目（Yang et al., 2017；Kay & Kletskin, 2012），因此許多研究者鼓勵以更有效的教學方式來改善數學的教學和學習成效。近年來，最常被討論的方式則是線上測驗。研究者指出，這樣的評量導向式學習策略不但可以有效地辨識出學生的學習程度和問題，更可以提供後續練習和回饋的參考依據（Karaman, 2011；Kay & Kletskin, 2012）。大學常用的標準測驗有兩種，編班測驗（placement test）和診斷測驗（diagnostic test）。編班測驗用來分辨學生的學科能力，測驗分數通常會做為分班依據，讓學生依能力進入不同程度的班級學習。而診斷測驗則是用來發現學科能力和認知上的不足，並在發現問題後透過學習輔導或學習資源的提供以彌補落差（Cohen & Swerdlik, 2010）。由於診斷測驗在概念上近似形成性評量（formative assessment），所以可以提供教學者和學習者更多立即性資訊做為改進和調整問題的參考（Fadhilatullathifi, et al., 2020）。加州州立大學系統的數學診斷測驗計畫（The Mathematics Diagnostic Testing Project，簡稱 MDTP）即為一例，此測驗讓學生透過線上測驗來檢視自己對大學微積分學習準備度（calculus readiness），學生可以測驗結束後的分析報告，瞭解自己在不同數學主題上的優缺點、並針對需要的地方做學習補強（Maharaj & Wagh, 2014）。在此研究中，台大所開發的「微積分學前自我檢測系統」即屬於診斷測驗，目的近似 MDTP，主要是讓學生能在開始大一微積分課程之前，透過此系統發現自己在微積分相關基礎學習能力上的不足之處，也能讓微積分授課教師據此對學生的微積分程度有所瞭解，進而調整授課方式和進度安排。

有關線上診斷測驗的先前研究多聚焦在兩面向：題目設計和對學習成效的影響。比方說，Yang 等人（2017）的研究以大一微積分為主，運用兩階層的題目設計發展出一套有效檢測學生理解並提供後續學習引導的線上學習系統，研究結果發現，使用此學習系統的學生不但獲得學習成效上的改進，其學習微積分的信心也有所提升。而 Fadhilatullathif 等人（2020）同樣以微積分學習為主，更進一步提出以四階層的題目設計來瞭解學生對微積分的認知理解程度，由於能夠更為詳細地辨識出學生的學習難點，也就更能做為後續教學和學習輔導的參考依據。

微積分預備課程

為了幫助準大學生即早適應大學學習、歐美的大學自 1950 年代即已開始推行各種預修或先修方案，期望在一開始就能為學生規劃學習，以達到增能、充實、轉銜或預修大學課程的目的。此類課程包括針對高中生的大學先修課程（advanced program，簡稱 AP）、以及針對已獲得入學許可準大一生的大學夏季橋接課程（summer bridge program，簡稱 SBP）或大學轉銜課程（college transition program）、準大一生夏季課程（prefreshman summer program）等。在國內，教育部委託中央大學建立的「全國大學先修課程暨認證資訊平台」上，就收集了台大、清大、台師大、交大、成大等 19 個學校的先修課程。而課程進行的方式也從早期開設定點定時的實體課程，漸漸發展到現在各校多以線上課程型式來進行先修課程。

而國內外有關先修課程對學習成效影響的研究不在少數。在美國，大部分先修課程研究聚焦在學生完成課程的數量、對高中畢業率的影響、以及與大學學業成就間的相關性（王倩，2017）。國內研究則包括李林滄、陳焜燦（2015）和林姿妤（2017）以前述中興大學的微積分線上課程進行調查，研究者追蹤參與課程的學生後續學習表現、或是討論其自我調節學習行為和學習表現之間的關係，研究結果發現，順利通過微積分先修課程且具高主動學習能力的學生，其在後續課程上也能有較佳表現。整體來說，實施大學先修課程有助提高學生對大學學習的適應和表現，尤其對弱勢背景的學生而言，先修課程可以提供優化其學習弱點、以有效提升其競爭力的基礎性作用（劉清華，2015）。

關於以協助學生銜接為目的微積分預備課程，國內有中央大學提供開放式課程；台北科技大學也在中華開放教育平台開設課程；成功大學為僑外生設立英文密集課程...等等。但是我們較少看到關於預備課程成效的研究。

數學學習自我效能

所謂的自我效能，指的是學生相信自己在某學科的學習活動上可以表現良好。本研究中所謂的數學學習自我效能，是指個體在數學學科的學習上，對自己是否具備能完成數學習題或解答數學問題的能力的主觀判斷（謝書昱，2014）。國內外先前研究指出，自我效能對於學生的學習興趣、學習意願、和學習成就都具有顯著關係（Lent et al., 1996；Valencia-Vallejo et al, 2018）。謝書昱（2014）以參與微積分聯合教學課程的 329 位大學生為對象，透過問卷調查和結構方程模型分析來探討自我效能和其他學習面向對學習成效的影響，研究結果發現學生的自我效能正向間接影響數學學習成就。Driscoll（1994）研究指出，自我效能是個體決定是否採取主動行為、願意付出多少努力、以及努力要持續多久的重要因素。同樣的，Bandura（1997）也認為，人對自己抱持的效能信念會影響到他們所做的決定、付出的心力、以及面對困難挫折時能夠堅持多久。Zhuang 等人（2016）針對 228 名中學生為對象，檢驗數學自我效能在學生的社會支持對數學學習堅持度上的中介影響，研究結果發現，數學自我效能在同伴支持和教師支持對數學學習堅持度，都具有顯著性影響。

數學學習堅持度

學習堅持度可以被定義為學生面對「學術或社交困難所產生的任何行為上、歸因風格、或情緒上的正向反應」（Yeager & Dweck, 2012）。學習堅持度產生在某種最後引發正向結果的逆境下，像是成績表現不佳、無力或學習動機低下（Kookan et al., 2013）。

近年來，討論數學學習堅持度的文獻日多。Zhuang 等人（2016）的研究發現，學習過程中的教師支持和同儕支持可以正向預測中學生的數學學習堅持度。Rifdah 和 Priatna（2020）的研究則發現，學生具備的數學學習堅持度越好，他們在使用或理解各種數學圖表、符號、圖型等相關的數學表達能力就越好。杜宵豐和劉堅（2017）以 133 名八年級生為對象，藉由結構方程模型探討數學興趣、數學自我效能、學習堅持度與數學學習成效之間的關係，研究結果發現學習堅持性對學生的數學學習成效具正向影響，且學習堅持性可以部分中介數學學習興趣與數學學習成效、以及數學自我效能與學習成效之間的關係。

為探究學生的數學學習堅持度，Kookan 等人（2013）的研究提出了一份大學生的數學學習堅持度量表，此量表包含了價值、困難、成長、與堅持四個面向。

小結

基於文獻回顧，可以知道國內外各大學多有提供「微積分學前自我檢測」和「微積分線上預備課程」等學習資源來輔助學生學習，相關研究雖然指出使用學習資源能夠提升學生學習成效，但對其影響因素討論甚少。因此，本研究希望能從學生的數學學習自我效能和數學學習堅持度，探討學習資源使用情形和微積分學習成效之間的關係，進一步討論有效提升大一微積分學習成效的影響。

3. 研究問題 Research Question

本研究在微積分課程中加入學習資源「微積分學前自我檢測」和「微積分線上預備課程」的使用，探討其對大一學生「數學學習自我效能」、「數學學習堅持度」和「微積分學習成效」之影響，檢驗這些學習資源是否提升微積分學習成效。我們也要回答，該如何引導學生更積極使用線上學習資源。具體來說，本研究要探討的問題包括：

- A. 學生回報每週學習進度對使用線上學習資源有何影響？
- B. 自我檢測低分群學生選修「微積分預備課程」，是否能提高微積分學習成效？
- C. 「微積分學前自我檢測」和「微積分預備課程」的使用情形與學生「數學學習自我效能」與「數學學習堅持度」和學習成效間有何關係？

4. 研究設計與方法 Research Methodology

在 110 學年開始的前一週到第一週，邀請微積分 01-12 班的學生完成「微積分學前自我檢測」，並鼓勵檢測成績不佳的同學選修線上「微積分預備課程 (precalculus)」。

Precalculus 課程每周寄信公告學生配搭微積分課程的學習進度，指引學生觀看相關的教學影片。我們將選修「微積分線上預備課程」的學生以「配對隨機分組」方式(matched-pair, cluster-randomization)分為兩組；意思是，先把檢測成績、入學管道(身分)、系級、性別等背景資料相似的同學兩兩配對，每一對中再將學生隨機分到實驗組、對照組。

實驗組同學每週需填寫學習進度表單。「學習進度表單」包含三大問題: 1.當週觀看的影片，2.對 precalculus 線上影片或作業的問題，3.對微積分課程的問題。教師與助教每周回應表單上學生的提問。對照組同學無須填寫學習進度表單。

「微積分預備課程」的評量方式如下: 實驗組: 每週學習進度表單 15%，作業成績 25%，期末考 60%。對照組: 作業成績 40%，期末考 60%。學生可於學期初申請改變組別(評量方式)。

關於「數學學習自我效能」與「數學學習堅持度」問卷施作: 學生在學前自我檢測前、後各填寫一次問卷。學期結束後，我們再發信邀請研究參與者填寫相同問卷。

我們比較「選修微積分預備課程，並回報學習進度」，「選修微積分預備課程，不需回報學習進度」，和「旁聽微積分預備課程」三組同學觀看預備課程教學影片的完成度；藉此探討如何幫助學生積極使用線上資源。

我們也比較「沒有使用微積分預備課程」，「旁聽微積分預備課程」，「選修微積分預備課程，不需填寫學習進度表單」，和「選修微積分預備課程，並填寫學習進度表單」四組學生的微積分期考成績與自我效能、堅持度問卷結果；來分析「微積分預備課程」的成效，並研究「自我效能、堅持度」與學習成效的關聯。

5. 教學暨研究成果 Teaching and Research Outcomes

(1) 教學過程與成果

教學過程:

微積分預備課程雖然是全線上遠距課程，但是我和助教都積極地與同學互動。舉例來說，1. 學期初舉辦線上課程說明會；2. 學期中、學期末各有一次實體線上混合的「Precalculus 之夜」，和同學談談數學，回答他們的問題；3. 在 discord 平台開設 Precalculus 交流版，提供助教、學生互相討論的空間。另外，每週老師都會例行寄信給學生，建議觀看影片進度；每週老師、助教會提供 office hours，有幾位同學固定來尋求微積分課程的協助。

「微積分學前自我檢測」分析:

109 學年對 1478 位完成學前自我檢測的同學資料作分析，有效資料數為 1290 筆。以「學前自我檢測成績」、「數學學測級分」(1065 筆)、「數學甲(288 筆)、數學乙(241 筆)指考成績」、「性別」、「入學管道」等為解釋變數，對「微積分期中考成績」做各種複回歸分析。發現「自我檢測成績」對微積分期中考成績最有解釋能力 ($p \text{ value} < 0.001$)。單獨觀察「學前自我檢測成績」和「微積分期中考成績」的相關係數，在微積分各班群間相關係數介於 0.36 到 0.50 之間。而整體學生「學測成績」和「微積分期中考成績」的相關係數為 0.19；「數甲成績」和「微積分期中考成績」的相關係數僅達 0.08；「數乙成績」和「微積分期中考成績」的相關係數是 0.10。可見 109 學年度「微積分學前自我檢測」對「微積分期中考成績」有極佳的解釋能力。

110 學年，我們對完成學前自我檢測的 1527 筆有效資料做統計分析。在電機、資工、材料、資管班群，「數甲指考成績」(113 筆資料) 對「微積分期中考成績」最有解釋能力 ($p \text{ value} < 0.001$)。但是在其他班群依舊是「微積分學前自我檢測」對「微積分期中考成績」最有解釋力。分別觀察「學前自我檢測成績」、「入學考試成績」和「微積分期中考成績」的相關係數。除了電機、資工班群，在其他班群間，「學前自我檢測成績」和「微積分期中考成績」的相關係數介於 0.44 到 0.52 之間；而「學測成績」和「微積分期中考成績」的相關係數在 0.16 到 0.30 之間；「數甲成績」和「微積分期中考成績」的相關係數落在 0.05 到 0.12 之間；「數乙成績」和「微積分期中考成績」的相關係數是 0.19 到 0.27 之間。可見 110 學年度「微積分學前自我檢測」對「微積分期中考成績」有很好的解釋能力。

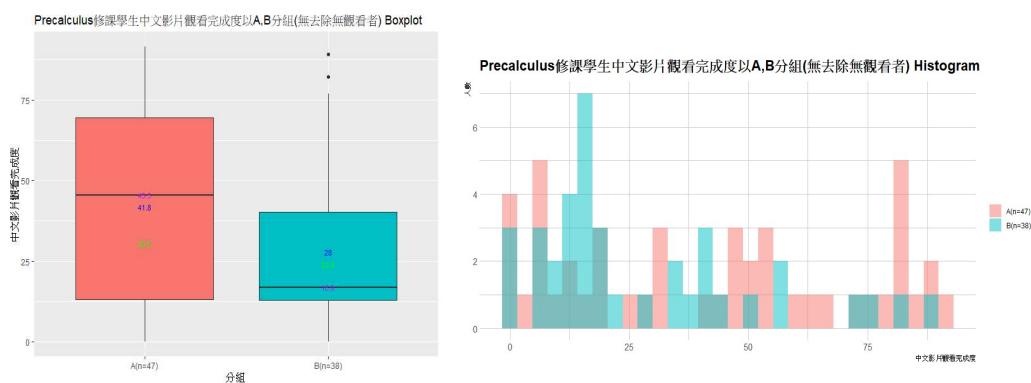
透過這兩年的數據分析，我們確認「微積分學前自我檢測」有極高的鑑別度，可以幫助老師及早發現需要輔導的學生。

「微積分預備課程」的分析:

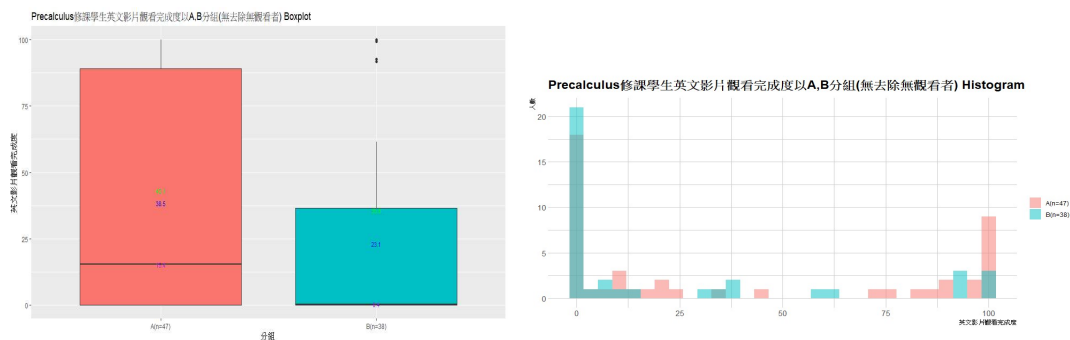
110 學年上學期有 136 人選修「微積分預備課程」，481 人旁聽。有這麼多同學選修或旁聽，猜測原因是施作「微積分學前自我檢測」讓預備知識不足的同學及早發現自己的需要。另外，「微積分預備課程」開設為線上遠距課程，彈性的課程規劃讓學生更願意選修。

本計畫願意參與研究的學生分布如下：「選修微積分預備課程，並填寫學習進度表單」組(以下稱 A 組) 47 人；「選修微積分預備課程，不需填寫學習進度表單」組(以下稱 B 組) 38 人；「微積分預備課程旁聽生」50 人；「沒有使用微積分預備課程」組 31 人。

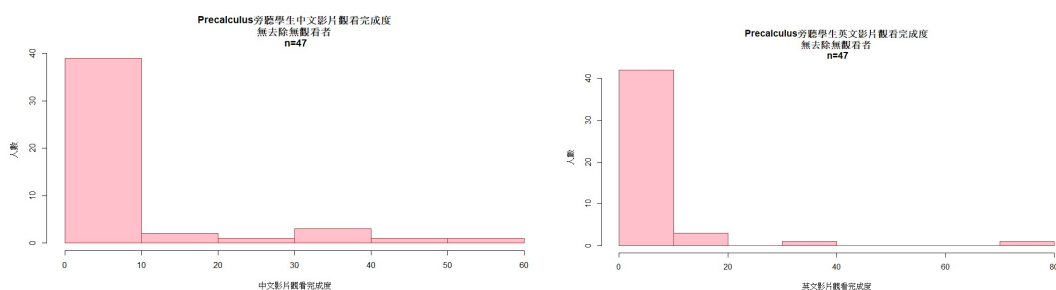
統計微積分預備課程影片觀看數據，我們發現 A 組、B 組、旁聽生使用課程資源的方式差異很大。以下為中文影片的觀看完成度 boxplot 和 histogram（紅色是 A 組數據，藍色是 B 組。Boxplot 圖表中的藍色數字是 mean，紫色數字是 median，綠色數字是 standard error）：



微積分預備課程中「三角函數」單元僅提供英文教學影片。英文影片的完成度 boxplot 與 histogram 如下：

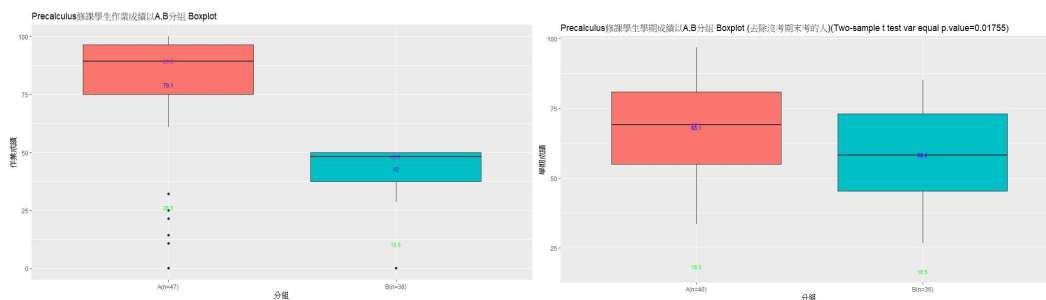


雖然 A 組中還是有學生幾乎不看教學影片，但是整體而言 A 組影片完成度明顯比 B 組高。另外，英文影片完成度低於中文影片。但是英文影片完成度呈兩極化分布，不是完成度極高(75%以上)就是極低(25%以下)；意思是學生若願意觀看英文影片通常會完成很高比例。接著是旁聽生的中、英文影片完成度 histogram。



旁聽生中文影片完成度平均值是 6.4%，遠低於 A 組同學平均值 41.6%，和 B 組同學平均值 28%。旁聽生英文影片完成度平均值是 3.5%，遠低於 A 組同學平均值 38.5%，和 B 組同學平均值 23.1%。

最後比較 A 組、B 組同學的微積分預備課程作業成績與學期成績。

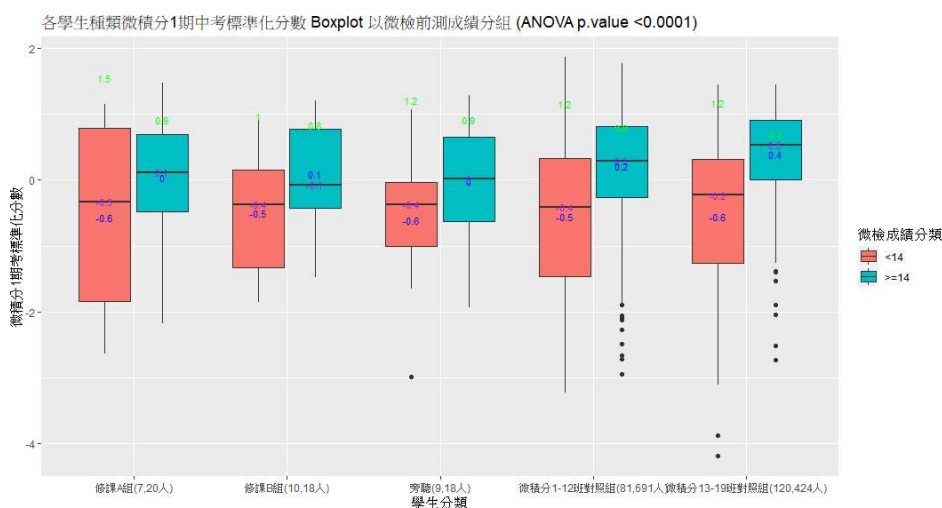


觀察作業成績，A 組同學平均(79.1%) 遠高於 B 組同學平均(43.0%)。比較微積分預備課程的總成績，A 組平均 (68.1) 高於 B 組平均(58.1%)。

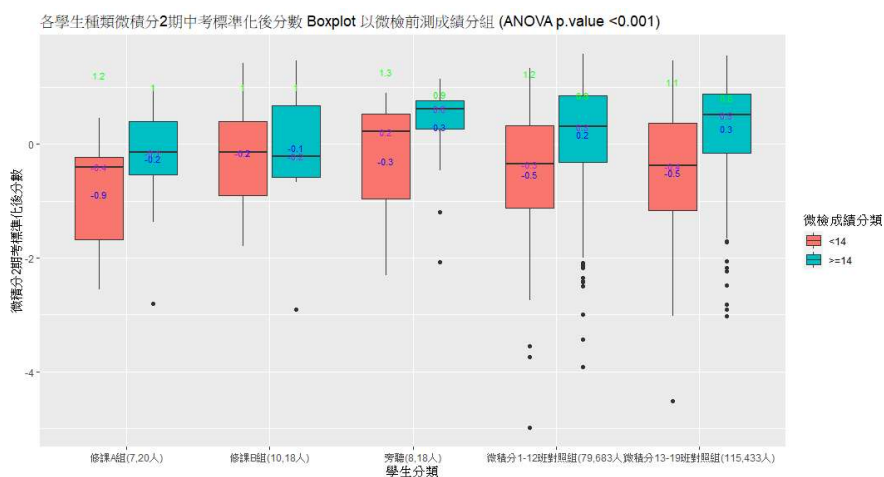
由以上分析可知，遠距課程考驗著學生學習的主動性。可能因為課程內容簡單，修課同學覺得不必觀看教學影片(也許他們自行閱讀講義)，並且寫作業的意願不高；而旁聽生使用學習資源的頻率又更低。但是從 A、B 組數據差異，我們得到結論，**僅僅要求同學回報每周學習進度，並把學習進度紀錄計入成績，就可有效鼓勵學生積極使用課程學習資源。**

「微積分預備課程」能否提高「微積分學習成效」?

從「微積分學前自我檢測」的數據我們發現，檢測得分小於 14 分(滿分 22 分)的學生在微積分課被當的比例很高。因此我們把檢測分數小於 14 分當作是「數學預備知識不足」的訊號，並特別關心「微積分預備課程」是不是能協助這群同學順利銜接微積分課。我們以「微積分 1」、「微積分 2」期考成績作為「微積分學習成效」的評量指標，比較本研究各分組中檢測成績小於 14 的同學的微積分期考成績。因為有些研究參與者在 110 學年沒有選修「微積分 1」、「微積分 2」或是沒有做「微積分學前自我檢測」，所以在 A、B 組、旁聽生中可以使用的樣本變少了。在沒有修微積分的組別，我們決定採用微積分所有修課學生的期考成績統計數據。另外，因為微積分各班群的考題不同，成績分布也不同，所以我們先將學生的微積分期考成績標準化(減去所在班級的平均值再除以標準差)，再做統計分析。



上表顯示學前檢測成績小於 14 的學生的微積分 1 期考成績明顯低於檢測成績大於等於 14 的同學。但是在 A 組、B 組、旁聽生、一般微積分學生等不同群組中，看不出來檢測成績小於 14 的學生的差異(雖然在 A 組，學前檢測成績小於 14 的學生的微積分期考成績分散得最廣)。但是考量 A 組、B 組、旁聽生的樣本數非常少(檢測成績小於 14 的人數各是 7, 10, 9 人)，這個統計的意義不大。



在微積分2的期考統計中，A組微檢成績小於14同學的表現似乎是最差的，而B組同學最好。但是因為樣本過少，這個分析結果的意義並不明確。

「數學學習自我效能與堅持度」問卷分析:

微積分學前自我檢測網站上，我們在檢測前後都放了「數學學習自我效能與堅持度」問卷。學生開始做檢測前會被邀請填答問卷；完成檢測後，學生再被引導做一模一樣的問卷。總共收集到1543筆有效問卷。分析這些資料我們想問

1. 第一次問卷結果與檢測成績密切相關嗎？
2. 第二次問卷結果與檢測成績密切相關嗎？
3. 兩次問卷結果的差異是不是受到檢測成績影響？有沒有學生在檢測前對「自我效能、堅持度」過度樂觀或過於負面，而後藉由檢測結果作出調整？

「自我效能」問卷結果分析:

以「第一次自我效能(信心)問卷平均分數」對「檢測成績」做線性回歸。在01-12班(理工科系)係數是0.94，且 $p\text{ value} < 0.001$ ；在13-19班(管理、生農科系)係數是1.83，且 $p\text{ value} < 0.001$ 。意即，第一次自我效能問卷結果已經和檢測分數高度相關，而且在管理、生農學院線性回歸係數較高。

以「第二次自我效能(信心)問卷平均分數」對「檢測成績」做線性回歸。在01-12班(理工科系)係數是1.11，且 $p\text{ value} < 0.001$ ；在13-19班(管理、生農科系)係數是2.13，且 $p\text{ value} < 0.001$ 。我們看到「第二次問卷平均分數」對「檢測分數」的回歸係數，比第一次問卷平均分數的回歸係數高。

以「自我效能問卷中的五題個別分數」對「檢測成績」做複回歸，發現第二題「我有自信能理解大部分數學課的基本觀念。」的分數對「檢測成績」最有解釋力 ($p\text{ value} < 0.001$)。

「堅持度」問卷結果分析:

以「第一次堅持度問卷平均分數」對「檢測成績」做線性回歸。在01-12班未達統計上有意義 ($p\text{ value} = 0.2$)；在13-19班(管理、生農科系)係數是1.49，且 $p\text{ value} < 0.001$ 。意即，第一次堅持度問卷結果僅在13-19班群和檢測分數有相關。

以「第二次堅持度問卷平均分數」對「檢測成績」做線性回歸。在01-12班仍然未達

統計上有意義 ($p \text{ value}=0.197$)；在 13-19 班(管理、生農科系)係數是 1.81，且 $p \text{ value}<0.001$ 。我們看到「第二次問卷平均分數」對「檢測分數」的回歸係數，比第一次問卷平均分數的回歸係數高，但是只有在 13-19 班群和檢測分數達統計上有意義。

以「堅持度問卷中的八題個別分數」對「檢測成績」做複回歸，發現第三題「解題碰到困難時，我有相對策」和第七題「有時候會覺得數學令人困惑，但我不會放棄」的分數對「檢測成績」最有解釋力 ($p \text{ value}<0.001$)。有趣的是第六題「遇到與數學有關的挫折時，我會尋求他人的鼓勵」的分數和「檢測成績」呈負相關且 $p \text{ value}=0.0026$ ；但是單獨做線性回歸在統計上就不具意義。

整體來看「自我效能」和「檢測成績」的關聯性比「堅持度」和「檢測成績」的關聯性高；「第二次問卷結果」和「檢測成績」的係數比「第一次問卷結果」和「檢測成績」的係數高。

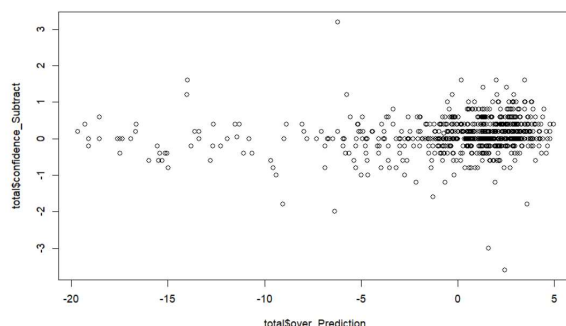
學生是否依照檢測成績重新評估「自我效能、堅持度」？

我們想檢驗是否學生在檢測前會對「自我效能、堅持度」太過樂觀或悲觀，並在檢測後做出調整？我們已經算出「第一次問卷分數」對「檢測成績」的線性回歸公式。拿學生第一次問卷平均值帶入回歸公式，得到「預測檢測成績」。以實際「檢測成績」減去「預測檢測成績」，就是「自評誤差」。「自評誤差」為正，表示在做第一次問卷時低估自己；「自評誤差」為負，表示在做第一次問卷時高估自己。再令「第二次問卷平均」減去「第一次問卷平均」為「問卷調整值」。我們把「自評誤差」當解釋變數對「問卷調整值」做線性回歸。

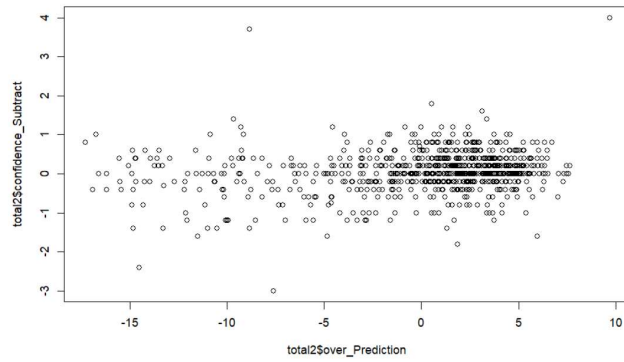
我們發現在各班群「自我效能」的「自評誤差」和「問卷調整值」都呈正相關，且 $p \text{ value}<0.001$ ，但是回歸係數很小(0.028 或 0.054)。意思是檢測成績每比預期高出一分，學生自我效能問卷的平均值第二次比第一次高 0.028 到 0.054 分，調整的幅度很小。

「堅持度」的「自評誤差」和「問卷調整值」呈正相關，但只有在 13-19 班群在統計上有意義 ($p \text{ value}<0.001$)，且回歸係數很小(0.017)。意思是在 13-19 班檢測成績每比預期高出一分，學生堅持度問卷的平均值第二次比第一次高 0.017 分，調整的幅度極小。

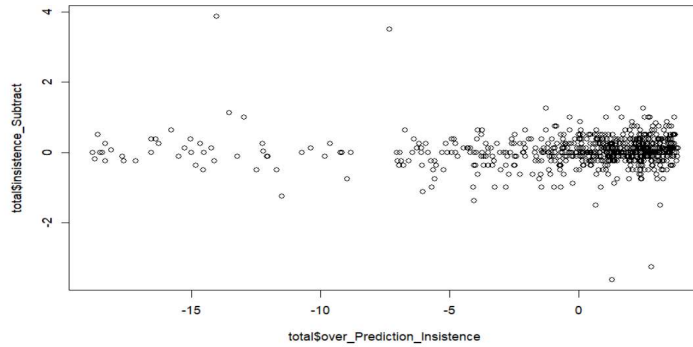
以下是 01-12 班原始數據分布圖，大部分同學從「自我效能」面向預估檢測成績是低估自己能力的，但是自我效能問卷平均分數第二次並沒有比第一次增加很多。



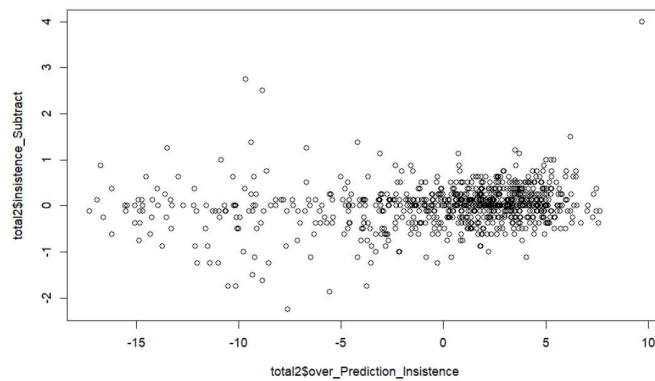
以下是 13-19 班原始數據分布圖，大部分同學從「自我效能」面向預估檢測成績是低估自己能力的，但是自我效能問卷平均分數第二次並沒有比第一次增加很多。



在「堅持度」面向，01-12班的「自評誤差」與「問卷調整值」的數據分布如下

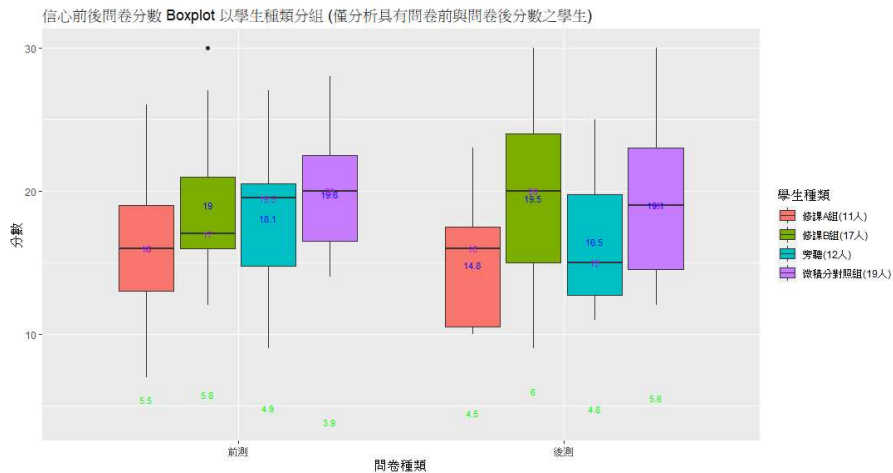


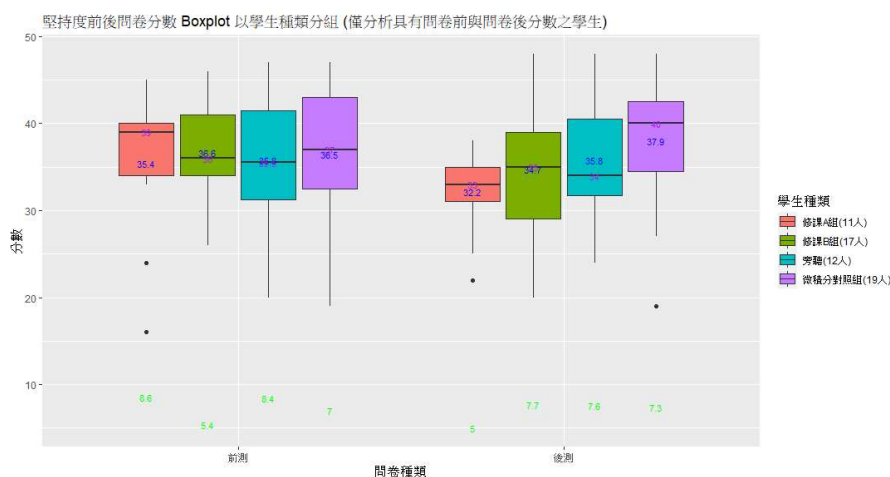
在「堅持度」面向，13-19班的「自評誤差」與「問卷調整值」的數據分布如下



結論是，「自我效能」的第一次問卷結果已經與「檢測成績」高度相關。雖然同學傾向低估自己的檢測成績，但是第二次問卷分數變動的幅度不大。

在110學年上學期結束後，我們再次邀請學生填寫「自我效能、堅持度」問卷，並分群分析統計結果。很可惜，願意完成這次問卷後測的學生不多，所以統計結果意義不大。





(2) 教師教學反思

台大數學系終於發展出「微積分學前自我檢測」並開設線上「微積分預備課程」，來幫助預備知識不足的學生銜接微積分課程。由第一屆「微積分預備課程」的統計數據，我們發現需要加上輔導機制與回報學習進度，才能鼓勵學生積極使用線上學習資源。如果只是提供教學影片，學生主動使用的頻率很低。但是「微積分預備課程」的教學影片內容是否切合學生需求，能否有效弭補學習落差，還需要蒐集更完整的數據才有定論。

再者，從統計資料看來，選修微積分預備課程的學生以本國生佔大宗。目前課程只有一個單元提供英文影片，難以服務外籍生或僑生。但另一方面，台灣學生對英文教學影片的使用率又偏低。因此，最佳的方法是為本籍生開設全中文版的「微積分預備課程」，並為外籍生開設全英文的預備課程。

最後，我們再次驗證學生的「學習自我效能、堅持度」與「微積分學前自我檢測成績」有正相關。因為「學前自我檢測成績」與「微積分期考成績」相關性極高，我們推測「學習自我效能、堅持度」與「微積分期考成績」也有正相關。「學前自我檢測成績」對學生評估自己的「自我效能、堅持度」的影響不大。但是我們希望能蒐集更多資料，來分析經過一學期的微積分課程，學生的「自我效能、堅持度」有甚麼變化？選修「微積分預備課程」的同學的「自我效能、堅持度」又有甚麼改變？

(3) 學生學習回饋

選修「微積分預備課程」的同學有 51 位填寫課程評鑑，並給予平均 4.56 的分數(滿分 5 分)。學生在文字意見中常常表達「線上課程具有彈性」和「老師、助教用心與同學互動」這兩個重點。以下是幾位學生的回饋：

雖然這堂課是完全線上課程，但依然可以感受到教授對我們的用心。不僅常常寄信給我們，也在學期前中後各開過一次線上會議來跟大家聊天。助教也很用心的批改大家的作業，每次回答問題的時候都非常有耐心。

課程很自由，可以在需要的時候自己找資料，老師也人很好，會告訴我們對應的章節。

想謝謝老師為了讓大家的微積分基礎更加穩固扎實，而開授了Precalculus 這門課，還常常願意花時間與大家互動，例如這學期的兩三次precalculus之夜(雖然我都没去QQ)，但還是可以感受到老師是一個超級用心又超級關心學生的老師。

沒有機會深入訪談修課學生，但是我們知道有一位日本學生每周都會到助教的 office hours 問問題，他的微積分成績拿到 A 以上的高分，而他很謙虛的說都要歸功於這門課的助教。也有一些文學院同學未來想修理工學院的課程，先來微積分預備課程複習高中數學。很高興這門課也成為想擴張(轉換)學習領域同學的幫助。

6. 建議與省思 Recommendations and Reflections

大學入學管道多元化；而且在 108 課綱下，高中設立多種班群，學生的背景知識差異愈來愈大。大學端應該要提供銜接課程或學習資源，協助新生適應大學課程。我們也期許這些預備課程都能量化評估其成效，並不斷的修正，以嘉惠更多學生。

二. 參考文獻 References

- 王倩 (2017)。美國先修課程與學生學業成就之間的相關性研究。西安外國語大學碩士論文。
- 杜宵豐 & 劉堅 (2017)。八年級學生「數學興趣」「數學自我效能感」「學習堅持性」與「數學成就」的關係研究。數學教育學報，(2)，6。
- 李林滄、陳焜燦 (2015)。從大一微積分開放式課程探討大學生之數學主動學習成因與差異。行政院科技部補助專題研究計畫成果報告 (計畫編號：MOST 104-2511-S-005-005-)，未出版。
- 林姿妤 (2017)。開放式課程學生自我調節與學習表現之研究—大一微積分網路課程。中興大學應用數學系所學位論文，1-70。
- 謝書旻 (2014)。自我效能、成就目標、考試焦慮、學習策略對數學學習成就的影響—以中央大學微積分聯合教學為例。中央大學數學系學位論文，1-103。
- 劉清華 (2015)。美國大學先修課程 60 年：問題、改革及評價。外國教育研究，42(10)，3-14。
- Bandura A. (1997). *Self-efficacy: The Exercise of Control*. New York: W.H. Freeman & Company.
- Cheng, Y. H., Tsai, C. C., & Liang, J. C. (2019). Academic hardiness and academic self-efficacy in graduate studies. *Higher Education Research & Development*, 38(5), 907-921.
- Cohen, R. J., & Swerdlik, M. E. (2010). *Psychological testing and assessment: An introduction to tests and measurement*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Deci, E.L., Vallerand, R.J., Pelletier, L.G., Ryan, R.M. (1991). Motivation and education: The self-determination perspective. *Educational Psychologist*, 26(3&4), 325-346.
- Driscoll, M. (1994). *Psychology of Learning for Instruction*. Boston, MA, Allyn&Bacon.
- Karaman, S. (2011). Examining the effects of flexible online exams on students engagement in e-learning. *Educational Research and Reviews*, 6(3), 259-264.
- Fadhilatullathifi, Z. N., Ardiyanto, B., Rahayu, D. D., Almukholani, T., Rinayah, I., & Rahmawati, F. (2020, August). Four-tier diagnostic test method to identify conceptual understanding in calculus. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1613, No. 1, p. 012075). IOP Publishing.

- Kay, R., & Kletschin, I. (2012). Evaluating the use of problem-based video podcasts to teach mathematics in higher education. *Computers & Education*, 59(2), 619-627.
- Kooken, J., Welsh, M. E., McCoach, D. B., Johnson-Wilder, S., & Lee, C. (2013). Mathematical resilience: An application and exploration of motivational constructs related to resilience in the study of mathematics. In American Educational Research Association (AERA) 2013 Annual Meeting (pp. 1-34).
- Le, A., Joordens, S., Chrysostomou, S., & Grinnell, R. (2010). Online lecture accessibility and its influence on performance in skills-based courses. *Computers & Education*, 55(1), 313-319.
- Lent, R. W., Brown, S. D., Gover, M. R., & Nijjer, S. K. (1996). Cognitive assessment of the sources of mathematics self-efficacy: A thought-listing analysis. *Journal of Career Assessment*, 4(1), 33-46.
- Maharaj, A., & Wagh, V. (2014). An outline of possible pre-course diagnostics for differential calculus. *South African Journal of Science*, 110(7-8), 1-7.
- Patton, M.Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods*, (3rd ed.). Thousand Oaks, California: Sage.
- Rifdah & Priatna, N. (2020). The relationship between mathematics resilience and mathematics communication skills. *Journal of Physics: conference Series*, 1521, 032037
- Shahbazi, Z., & Irani, A. (2016, June). Online calculus and pre-calculus modules. In *EdMedia+ Innovate Learning* (pp. 42-51). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Shaughnessy, J. M. (2013). Mathematics in a STEM context. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 18(6), 324-324.
- Valencia-Vallejo, N., López-Vargas, O., & Sanabria-Rodríguez, L. (2018). Effect of motivational scaffolding on e-learning environments: Self-efficacy, learning achievement, and cognitive style. *Journal of Educators Online*, 15(1), n1.
- Yang, T. C., Fu, H. T., Hwang, G. J., & Yang, S. J. (2017). Development of an interactive mathematics learning system based on a two-tier test diagnostic and guiding strategy. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(1).
- Yeager, D. S., & Dweck, C. S. (2012). Mindsets that promote resilience: When students believe that personal characteristics can be developed. *Educational Psychologist*, 47(4), 302-314.
- Zheng, C., Liang, J. C., & Tsai, C. C. (2017). Validating an instrument for EFL learners' sources of self-efficacy, academic self-efficacy and the relation to English proficiency. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 26(6), 329-340.
- Zhuang, H., Liu, R., Liu, Y., Wang, J., Zhen, R., & XU, L. (2016). Self-efficacy mediate the association between social support and learning persistence in middle school students in mathematics. *Psychological Development and Education*, 32(3), 317-32

三. 附件 Appendix (請勿超過 10 頁)