

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：PMS1136463

學門專案分類/Division：數理學門

計畫年度：☒113 年度一年期 ☐112 年度多年期

執行期間/Funding Period：2024.08.01 – 2025.07.31

「我為什麼要學這個？」
增加學生的學習信心和動機
“Why Should I Learn This?”
Increase Students’ Learning Confidence and Motivation

計畫主持人(Principal Investigator)：蔡雅如

協同主持人(Co-Principal Investigator)：

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

繳交報告日期(Report Submission Date)：2025 年 9 月 18 日

「我為什麼要學這個？」增加學生的學習信心和動機

“Why Should I Learn This?”

Increase Students' Learning Confidence and Motivation

一、本文

1. 研究動機與目的

台大數學系從 107 學年開始，在當時系主任陳榮凱教授的推動下，進行「微積分模組化」課程改革；把全年的「微積分上、下」分為「微積分 1,2,3,4」各半學期的模組課程。數學系更期許把「微積分 4」和其他專業科目結合，為不同學院客製化課程。因此數學系和經濟系教授合作，為經濟系和管理學院學生設計「微積分 4-在經濟商管的應用」。這門課先簡介線性代數，接著著重在最佳化問題，包含討論等式、不等式限制式，Kuhn-Tucker formulation、shadow price、envelope theorem、有限制式時的二階微分判別法...等等。107 學年數學系為經濟系試開一班「微積分 4-在經濟商管的應用」。108 學年起，「微積分 4-在經濟商管的應用」增設為三班，主要授課對象是經濟系和管理學院的同學。108 學年至 113 學年分別有 286 位、288 位、394 位、337 位、412 位、453 位學生選修。現在，這門課已經成為規劃完善的常態課程。

近年，愈來愈多科系把「微積分 4-在經濟商管的應用」列為必修；然而非自願選課學生的學習動機並不強烈。不少同學是懷著「擔心」、「疑惑」的心情來修課。老師們觀察到學生會害怕較抽象的線性代數與複雜的理論與計算，並常懷疑這些數學工具是否有助於未來專業科目的學習。甚至在課程前幾周，同學們會在退選或停修的決定中掙扎。在 113 學年課程開始前，我們對於修課同學進行「學習信心」問卷調查。問卷每題以 1-5 分表示信心程度。在回收的 290 份問卷中，信心平均小於 3 分的比例是 32.4%，小於等於 3 分的比例高達 45.17%。這顯示有一定比例的學生學習信心低落。本計畫嘗試解決這個問題，找出有效方法增加學生的學習信心，並且在課程中持續激發學習動機。

由文獻得知「增加學業關聯性」是引起「學習動機」的關鍵。所謂的「學術關聯性」academic relevancy 是指，讓學生感受到課程內容、作業是對他個人有意義的，且與真實世界結合。但是，如何增加這門課的「學術關聯性」呢？與其讓數學系老師在課程中「自吹自擂」，還不如邀請對學生更有說服力、影響力的人來分享！因為計畫主持人持續開設「微積分 4-在經濟商管的應用」；幾年下來已認識一些經濟系教授和經濟系、管理學院的學生。本研究欲善用這些珍貴的資源，邀請管院學長姐分享學習經驗；並且商請經濟系、管理學院老師拍攝教學影片，說明他們在專業領域如何使用數學最佳化工具。期待學長姐克服學習困難

的實例能給予大一新生學習信心；我們也寄望師長的現身說法能燃起學生的學習興趣與動機，進而指引同學未來的學習方向。

2. 研究問題 (Research Question)

本計畫的目的是增加學生的「學習信心」與「學術關聯性」。因此本研究在課程中施作數次關於「學術關聯性」、「學習信心」的問卷，以觀察學生對於「課程應用」的認知與「學習信心」的變化。收集數據後，首先我們分析「學習信心」、「學術關聯性」和學習成效的關聯性。具體而言，我們想回答以下兩個問題：

一：「認知課程的應用」對期末考成績有影響嗎？

二：「學習信心」和期末考成績有甚麼關係？

此計畫提出的教學策略是「提供學長姐分享影片，與經濟系、管院老師教學影片」。我們將藉由回答以下問題，來評估此教學法的效果：

三：「觀看教學影片」是否能增加學生對課程應用的認知？

四：「觀看教學影片」是否能增加學生的學習信心？

五：「觀看教學影片」是否對期末考成績有影響？

六：這門課的停修率，會因為提供「學長姐分享影片」、「教授教學影片」而下降嗎？

3. 文獻探討 (Literature Review)

「學術關聯性 academic relevancy」：

文獻顯示，讓學生感受到課程內容、作業是對他個人有意義的，且與真實世界結合（這是所謂的「學術關聯性」academic relevancy），是影響「學習動機」的核心因素之一(Assor, Kaplan, & Roth, (2002) , Büdenbender-Kuklinski, C., Hochmuth, R., & Liebendörfer, M. (2024))。Johansen, M. O., Eliassen, S., Jenö, L. M.(2023) 從心理學角度切入，他們發現，增加內容與學生「個人目標／背景」之間的相關提示，能顯著提升學生的動機與自主性動機；同時也提升了學生的生命力（心態上的活力與投入感）。當學生覺得內容與自己未來或日常生活有關聯時，對學習的投入與心理福祉指標表現較佳。

Ganter & Haver (2022)特別指出大學基礎數學教育不只要介紹數學概念還需要透過學生專業背景的語境去教導。他們介紹了美國數學學的 The Curriculum Foundations Project，這個計畫嘗試促成數學與相關學科間學者的合作，一起設計更好的數學課程。2022 年他們繼續撰寫文章整理數學與其他學科跨領域合作的成果並歸納成功的模式。

Leyva, Walkington, Perera & Bernacki (2022) 研究美國社區學院學生在數學課程中的學習困境，特別是他們對數學的興趣、對 STEM（科學、技術、工程、數學）相關職涯的興趣，

以及對數學在職涯中相關性的理解。結果顯示數學若缺乏與職涯的關聯，可能成為學生追求 STEM 職涯的障礙；而強化學生對數學在未來專業用途的認知，能提升他們的學習興趣與職涯動機。

小結：文獻指出「學術關聯性」不只能增加學習動機，也會促進學生的心理福祉，甚至影響職涯規劃。過去的研究也嘗試在學生的「專業背景語境」下教導數學，致力於跨領域間的合作來設計更具「學術關聯性」的數學課程。本研究與管理學院、經濟系老師合作，目標是以學生的專業背景語境，讓他們認知微積分工具如何應用在未來進階課程，甚至轉換為職場所需的技能。這個設計參考以上文獻的教學介入，預期能增進「學術關聯性」，甚至提升學生的學習動機。

「學習自我效能(self-efficacy)、學習信心」：

本研究中所謂的學習自我效能，是指學生在本課程的學習上，對自己是否具備能完成作業習題、理解課程內容、得到好成績等能力的主觀判斷。國內外研究指出，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(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。Cheng, Y.-H., Tsai, C.-C., & Liang, J.-C. (2019) 對研究生進行調查，發現「self-efficacy」和「academic hardiness (學術堅韌性)」有正向關係。Zakariya, Y. F. (2021) 在挪威研究「先備數學知識」與「自我效能」之間的作用機制，提供了相對強的實證支持，自我效能在大學微積分課程中不只是相關，而是對成績有因果影響。這意味著教師或課程設計能透過提升 self-efficacy 的策略來提高成績。

至於，該如何增進學生的自我效能呢？Zakariya, Y.F. (2022) 系統性回顧「針對數學／統計學習中自我效能」的干預研究 (intervention studies)，探討哪些策略／機制能促進這樣的 self-efficacy，並進一步影響學習成效。他將干預分為三大類機制：1. 基於自我效能來源，2. 教學型干預，3. 學習型干預。作者指出，若要在大學數學課中提升 self-efficacy，不必只靠一種策略；整合多種來源效果較好。Leitner, A., Hubmann, A., & Artner, H. (2024)則嘗試在微積分課堂中加入 self-work 以增加學生的自我效能。

另外，關於自我效能還有一些有趣的議題。Street (2022) 等人探討學習自我效能如何隨著課程內容的難易度而有短期的變動；所以我們可以細緻的討論對不同單元間學生自我效能的變化。Hartelt, T., & Martens, H. (2024) 研究不同的教學干預對學生 self-efficacy、自我效能偏差校準、認知負荷以及概念性知識的影響。這篇文章討論到自我評估的信心水準需要校準。

小結：綜合以上文獻，學者普遍承認「學習信心」對「學習成就(成績)」有正向影響，並且有許多研究探討如何增加「學習信心」。文獻也發現「學習信心」可能需要校準，或是值得注意在不同單元間學習信心的變化。本研究提供「學長姐經驗分享影片」，屬於「基於自我

效能來源」的干預；並且我們針對課程不同主題施測問卷，觀察學習信心的變化，以標示出學生感到最為困難的單元。

4. 教學設計與規劃 (Teaching Planning)

「微積分 4-在經濟商管的應用」課程目標是介紹「等式、不等式限制式下的最佳化問題」，並幫助同學應用最佳化理論數學工具到其他專業科目。「微積分 4-在經濟商管的應用」參考書目為 Mathematics for Economists (Carl P. Simon and Lawrence Blume)、Mathematical Methods for Economics (Michael W. Klein)。在課程前三週講授最佳化問題所需的線性代數知識，包含線性獨立觀念、向量空間的維度與基底、矩陣的秩、矩陣列運算、判斷對稱矩陣為正定或負定。課程後五周主題是：解等式、不等式限制式最佳化問題，Kuhn-Tucker formulation，shadow price，envelope theorem，有限制式時的二階微分判別法。

每個主題的授課方式涵蓋以下步驟：

1. 提出經濟學或是生活中的問題，引發學習動機。
2. 講述相關的數學定義與定理。
3. 示範例題，帶領學生熟悉數學符號與運算規則。
4. 解答引言中的經濟學或日常生活問題，並引伸更多應用。
5. 給予學生課後練習作業。

為了提高「學習信心」，學期初便在課程網站公布「學長姐經驗分享」影片。為了提高「學術關聯性」，課程網站上陸續發佈四支教授介紹短片，分別是「為什麼管院同學需要微積分」影片(台大國企系陳瑀屏教授拍攝)，「線性代數在資料分析的應用-主成分分析」(台大國企系陳瑀屏教授、台大工管系廖振男教授拍攝)，「微積分在經濟學的應用-最佳化問題」(台大經濟系蔡崇聖教授拍攝)，「微積分在管理科學的應用-影子價格」(台大國企系陳瑀屏教授拍攝)。每支影片後都有線上測驗，幫助同學回顧影片重點，並收集對影片的回饋。

影片內容概述如下：

「線性代數在資料分析的應用-主成分分析」：簡介「資料科學」如何利用共變異數矩陣的特徵值，找出眾多變數中最能解釋觀察量的「主成分」。本影片連結課程中「對稱矩陣特徵值」主題。

「微積分在經濟學的應用-最佳化問題」：展示經濟系大二必修課「個體經濟學」如何使用 Constrained Optimization，並且強調「數學解」與「經濟學意義」之間的關聯。本影片連結課程中「限制條件下的最佳化問題」主題。

「微積分在管理科學的應用-影子價格」：介紹「管理科學」中的「敏感度分析」，並解釋 Shadow Prices 工具如何為無形的因素或資源賦予具體的價值。本影片連結課程中「Shadow

Prices」主題。

1. 各週課程進度與教學設計

週次	主題	討論在經濟學或生活中的應用，與發佈教學影片
第一週	Vectors and Spans, Linear Independence, Dimension	發佈「學長姐經驗分享」、「為什麼管院同學需要微積分」影片
	Matrix (Row/Column Space, Rank, Determine)	引言：線性聯立方程式是否有唯一解？
第二週	Eigenvalues and Eigenvectors, Symmetric Matrix	發佈「線性代數在資料分析的應用-主成分分析」影片
第三週	Definiteness of Quadratic Forms	引言：判斷三個變數函數的 critical points 是局部極大值或局部極小值
第四週	限制條件下的最佳化問題：不等式的限制條件	引言：受限於固定預算，求最大效用。一定會把預算花完嗎？ 發佈「微積分在經濟學的應用-最佳化問題」影片
第五週	限制條件下的最佳化問題：混合等式與不等式的限制條件	
	Kuhn-Tucker formula	
第六週	乘子的意義 (影子價格 Shadow Price)	引言：廠商願意多付多少薪水請一位新員工？
第七週	Envelope Theorem	引言：廠商的最大利潤如何隨著商品的市場價格而改變？ 延伸：long run cost function 是 short run cost functions 的包絡線。 發佈「微積分在管理科學的應用-影子價格」影片

第 八 週	限制條件下的最佳化問題：二階條件	引言：有限制式下如何判斷 critical point 是局部極大或局部極小值？
-------------	------------------	--

2. 學生成績考核與學習成效評量工具

「微積分 4-在經濟商管的應用」每周都有作業，並排定二次小考。小考在實習課實體舉行，每次 50 分鐘。期末時有 150 分鐘的實體考試。成績計算方式如下：期末考 50%，小考 30%，作業成績 20%。

5. 研究設計與執行方法 (Research Methodology)

本研究要觀察「微積分 4-在經濟商管的應用」學生的「學習信心」與「學術關聯性」在課程進行中如何變化；特別要檢驗「學長姐分享影片」、「教授介紹短片」如何影響學生的「學習信心」和「學術關聯性」。本研究也要分析「學習信心」和「學術關聯性」與「小考成績」、「學期成績」的關係。

研究對象與分組：

113 學年度，國立臺灣大學共開設三個班級之「微積分 4—在經濟商管的應用」課程，採統一教學模式，使用相同教材、教學進度、小考及期末考。研究計畫主持人僅任教其中一班，但於三班中皆招募研究參與者。為進行研究介入，僅在主持人授課班級的課程網站上公布「學長姐分享影片」及「教授教學影片」，將該班設定為實驗組；其餘兩班未公布影片，作為對照組。

雖然所有研究參與者超過 400 人，但是我們只篩選出大一新生、有填寫問卷前測與至少一次後測、並有期末考成績的研究參與者，來做數據分析；其中實驗組有 86 人，對照組有 147 人。

研究工具：

a. 問卷：本研究所使用之「學術關聯性與學習信心問卷」包含兩個面向：

「學術關聯性」：共四題，用以探討學生對課程與其他專業科目之相關性認知，以及對課程具體應用的理解程度。

「學習信心」：共五題，用以衡量學生在掌握課程內容、克服學習困難及達成理想成績等方面的信心。

「學術關聯性」部分改編自 109 學年度教學實踐研究計畫（計畫編號 PMS1090149）所發展之問卷。「學習信心」部分改編自 Cheng 等人（2019）及 Zheng 等人（2017）的「學習自我效能問卷」。於所有題目均採 Likert 五點量表（1＝非常不同意，5＝非常同意），以量化學生的感知與信心水平。

b. 台大 NTU COOL 課程網站：課程網站收集了學生觀看教學影片的紀錄與影片後的回饋測驗結果。

問卷實施流程：

在課程開始前，研究團隊對參與者施行前測問卷，測量其對整體課程的「學術關聯性」與「學習信心」。課程進行期間，隨著教學主題的推進及影片發佈，進行三次後測，以追蹤學生感知變化。後測安排如下：

- a. 第一次後測：於「學長姐分享影片」及「為什麼管院同學需要微積分」影片發佈後的第一週課堂中施測，問卷內容聚焦於整體課程之「學術關聯性」與「學習信心」。
- b. 第二次後測：於「線性代數在資料分析的應用—主成分分析」影片發佈後的第三週小考中施測，問卷內容聚焦於線性代數單元的「學術關聯性」與「學習信心」。
- c. 第三次後測：於「微積分在經濟學的應用-最佳化問題」影片發佈後的第六週小考中施測，問卷內容聚焦於最佳化問題單元的「學術關聯性」與「學習信心」。

數據收集與分析：

本研究統計所有「學術關聯性與學習信心問卷」前後測數據，和 NTU COOL 課程網站上的觀看影片紀錄、回饋測驗作答結果。本研究還使用學生的兩次小考成績、期末考成績，作為學習成效指標。

本研究計算「學術關聯性」問卷得分與期末考成績的相關係數，「學習信心」和期末考成績的相關係數。另外，為了檢驗「教學影片」的成效，我們使用各種複回歸模型，試著找出影響「學術關聯性」、「學習信心」、「期末考成績」的因素；特別要回答「觀看教學影片」和「學術關聯性」、「學習信心」或「期末考成績」的關係。

6. 教學暨研究成果 (Teaching and Research Outcomes)

(1) 教學過程與成果

在 113 學年度上學期，計畫主持人與經濟系蔡崇聖教授、國際企業系陳瑀屏教授以及工商管理系廖振男教授聯繫，說明本研究計畫，並邀請三位教授拍攝教學影片。在討論過程中，經濟系及管理學院的教師們深入了解本課程大綱，並共同規劃各影片的主題。

此外，主持人亦邀請三位曾修習本課程之大四學生與研究生，分享其學習經驗，包括修課過程中所面臨的挑戰、解決策略，以及「微積分 4-在經濟商管的應用」與後續課程之間的連結。

在課程正式開始前，相關影片已全數完成剪輯。課程進行期間，主持人依照教學進度陸續發佈影片，作為輔助學習資源。藉由這些素材，主持人在授課時能引入更具體的應用實例，並懷著高度熱忱和學生互動，提升課堂氛圍。

以下為教學影片附加的線上測驗調查結果。每一題都採用 Likert 五點量表；1＝非常不同意，5＝非常同意。本表列出回答「4 同意」與「5 非常同意」的比例：

影片名稱	回饋人數	問題	「4 同意」比例	「5 非常同意」比例
學長姐經驗分享影片	47	此影片是否有幫助？	51%	15%
為什麼管院同學需要微積分影片	47	是否提升你對課程的學習動機？	47%	13%
線性代數在資料科學的應用—主成分分析	18	是否提升你對線性代數的學習動機？	39%	28%
		是否增進你對線性代數應用的理解？	56%	28%
微積分在經濟學的應用—最佳化問題	98	是否提升你對 constrained optimization 的學習動機？	38%	31%
		是否增進你對 constrained optimization 應用的理解？	37%	50%
微積分在管理科學的應用—影子價格	92	是否提升你對 constrained optimization (Envelope Theorem) 的學習動機？	39%	36%
		是否增進你對 constrained optimization (Envelope Theorem) 應用的理解？	37%	40%

在所有影片中，以「微積分在經濟學的應用—最佳化問題」及「微積分在管理科學的應用—影子價格」的觀看率最高；相較之下，「線性代數在資料科學的應用—主成分分析」的觀看人數則明顯偏低。雖然各影片的觸及率有所差異，但是每支影片對觀看學生帶來的正面影響都是肯定的。

我們特別針對後三部由教授製作的教學短片進行檢視。根據學生回饋結果，這些影片能有效提升學習者對數學應用之理解；其中選擇「4 同意」與「5 非常同意」的比例介於 77%至 87%。此外，影片亦能激發學生的學習動機，選擇「4 同意」與「5 非常同意」的比例介於 67%至 75%。

以下說明本研究所收集的數據與統計分析結果。

基本統計數據：

1. 退選、停修率。

在對照組的兩個班級中，其中一班為經濟系專班，專門提供經濟系學生修習。由於經濟系學生必修「微積分4—在經濟商管的應用」，因此該班的退選與停修率特別低。另一個對照組班級則與實驗組班級（有教學影片介入）一樣，均對管理學院各系學生開放，學生組成相似。結果顯示，管院對照組班級的退選與停修率為 8.90% (17/191)，而實驗組班級的退選與停修率則為 7.36%(12/163)，顯示在提供教學影片的情況下，退選與停修率略有下降。此差異雖小，但可能顯示教學影片對學生修課穩定性具有正面影響。

2. 問卷結果

本研究共施測「學術關聯性與學習信心問卷」四次，包含一次前測與三次後測。後續統計依三個族群進行比較：對照組學生、實驗組未觀看影片學生，以及實驗組觀看影片學生，並計算各族群問卷平均分數。

學術關聯性問卷統計(滿分 20 分)

	前測	後測 1 (全課程)	後測 2(線性 代數)	後測 3(最佳化 問題)
對照組	13.9	13.8	12.9	13.9
實驗組未看 影片	14.3	14.6	12.7	13.6
實驗組觀看 影片	14.8	15.1	15	16

學習信心問卷統計(滿分 25 分)

	前測	後測 1 (全課程)	後測 2(線性 代數)	後測 3(最佳 化問題)
對照組	16.8	17.5	16.3	15.7
實驗組未看 影片	15.5	16.9	16.1	14.6
實驗組觀看 影片	16.5	15.1	16.3	16.7

初步結果顯示如下現象：

1. 觀看影片的學生其「學術關聯性」得分顯著高於其他兩組學生。整體而言，學生對「線性代數」應用之認知程度最低；可能是因為這個主題最為抽象。

2. 是否觀看影片與「學習信心」間並未呈現明顯關聯。學生對「最佳化問題」單

元的信心普遍較低，推測可能由於此單元涉及複雜的計算過程，增加了作業和考試的難度。

基於上述觀察，本研究將進一步進行統計分析，以驗證各變項之間的關聯性。

統計分析結果：

1. 探討「學術關聯性」、「學習信心」對「期末考成績」之影響。

本研究統計「問卷學術關聯性項目的平均得分」與「問卷學習信心項目的平均得分」，並進一步探討其與「期末考成績」之間的關係。結果顯示，「期末考成績」與「學術關聯性平均得分」之皮爾森相關係數僅為 0.081，而與「學習信心平均得分」的相關係數為 0.127，兩者皆顯示相關性低弱。

此外，本研究亦以「學術關聯性平均得分」、「學習信心平均得分」、「小考 1 分數」、「小考 2 分數」、「性別」、「班級」以及「是否觀看教學影片」作為自變項，進行對「期末考成績」多元迴歸分析。結果發現，「學術關聯性得分」與「學習信心平均得分」的迴歸係數偏低，分別是 -0.0145 與 0.0485，且其 p 值高達 0.81 與 0.17，皆未達統計顯著水準。

綜合上述結果可見，在本研究樣本中，「學術關聯性」與「學習信心」與期末考成績之間的關聯性相當薄弱。但這個結論並不符合文獻的結果，值得再進一步探究。

2. 探討「是否觀看影片」對「學術關聯性」、「學習信心」與「期末考成績」之影響。

a. 學習信心的迴歸分析

本研究以「小考 1 分數」、「小考 2 分數」、「性別」、「班級」以及「是否觀看教學影片」作為自變項，對「學習信心得分」進行多元迴歸分析。分析結果顯示，「小考 1 分數」、「小考 2 分數」與「性別」三項變數達到統計顯著水準（p 值皆小於 0.001），而「是否觀看教學影片」並未達顯著水準（ $p = 0.678$ ），顯示觀看影片對學習信心無明顯影響。

我們可以理解「小考成績」會正向影響學生的學習信心(特別地，有兩次後測在小考中施作)。然而，值得注意的是，「性別」對「學習信心」也具顯著影響。統計上，男學生的平均學習信心得分高於女學生，差異約為 2.3 分(滿分 25 分)，且該變數的 p 值為 7.26×10^{-12} ，達高度統計顯著水準。但是在解釋「期末考成績」的多元迴歸分析中，「性別」這個變數就沒有達到統計上顯著(p 值為 0.576)，甚至「男性」變數的係數是負的(-0.177)。這說明雖然男同學較具學習信心；但是在期末考中，女同學表現和男同學無異。若針對小考成績做統計分析，我們也發現性別並不影響小考成績。

b. 學術關聯性的迴歸分析

本研究以「小考 1 分數」、「小考 2 分數」、「性別」、「班級」以及「是否觀看教學影片」作為自變項，對「學術關聯性分數」進行多元迴歸分析。分析結果顯示，「是否觀看影片」、「小考 1 分數」與「班別」三項變數達到統計顯著(p 值皆小於 0.01)。觀看影片同學的學術關聯性分數平均增加 1.16 分(滿分 20 分)。雖然小考 1 成績對「學術關聯性分數」的影響達統計上顯著，但是它的係數很低，為 0.044。最後，對照組某一班的「學術關聯性分數」平均比其他同學低 0.678 分(p 值為 0.0096)。因此，我們的結論是，觀看影片可以增加同學對於數學應用的認知；而老師授課方式也可能影響學生對「學術關聯性」的理解。

c. 期末成績的迴歸分析

針對「期末考成績」，本研究以「學術關聯性平均得分」、「學習信心平均得分」、「小考 1 得分」、「小考 2 得分」、「性別」、「班級」以及「是否觀看教學影片」作為自變項，進行多元迴歸分析。結果顯示，「小考 1 得分」、「小考 2 得分」與「是否觀看教學影片」三項變數達統計顯著水準。

其中，「是否觀看教學影片」對期末成績具有正向影響：有觀看影片之學生的期末成績平均高出未觀看者 4.38 分，p 值為 3.83×10^{-16} ，達高度顯著水準。此結果指出，在本研究中，觀看教學影片與學生期末考成績之間存在顯著的正向關係。

統計分析結果顯示：

1. 觀看教學影片能有效提升學生對課程應用的認知（學術關聯性）。
2. 觀看教學影片與期末考成績呈現高度正向關聯，即使控制其他變數，此結果依然成立。
3. 觀看教學影片對學生的學習信心影響極為微弱。
4. 本研究中未觀察到學術關聯性、學習信心與學習成效之間具有顯著相關性。
5. 在本課程中，男女學生的學習信心存在顯著差異。

(2) 教師教學反思

在與經濟系及管理學院教師的合作過程中，計畫主持人得以接觸「資料科學」與「管理科學」中的多項有趣議題，並進一步了解企業界的實際案例，獲益良多。更重要的是，這些合作經驗使主持人更加確信本課程對學生在學術與職涯發展上的助益，因而提升了授課時的熱忱與投入。統計結果亦顯示，教師們所製作的教學影片能有效增進學生對數學工具應用的理解，且影片觀看次數與期末考成績呈現正向關聯。未來這些教學影片將發佈於「微積分 4-在經濟商管的應用」每個班級，希望能持續強化學生的「學術關聯性」。

問卷結果進一步指出，前三週「線性代數」主題的「學術關聯性」平均得分最低。

這反映出線性代數對於非數學系的一年級學生而言具有相對抽象的特性，學生也往往難以想像其實際應用情境。值得注意的是，「線性代數在資料科學的應用—主成分分析」影片的觀看人數亦為所有影片中最低者。可能的原因包括學生需投入額外時間理解此抽象主題，致使無暇觀看影片；或影片的標題與內容對初學者而言過於深奧，難以引發學習興趣。然而，線上測驗的回饋結果顯示，觀看此影片確實能提升學生對線性代數應用的認識。未來應在線性代數主題繼續強調「學術關聯性」，介紹更多的應用實例，並鼓勵學生多多利用教師拍攝的影片。

本研究的教學介入方法對學生的「學習信心」並未產生顯著影響。主持人進一步反思可能原因，並提出若干值得探討的議題：

a. 教學介入設計不足

本次研究所拍攝的影片中，僅「學長姐分享影片」明確以提升學生學習信心為目標，整體介入活動較少。此外，有學生回饋指出，觀看該影片後反而意識到自己先前未預期的學習困難，因此產生畏懼感。這可能是「學長姐分享影片」未能達到預期效果的原因之一。若欲有效提升學習信心，未來可嘗試多元齊下的教學介入 (Zakariya, Y. F. (2022))。

b. 學習信心與學習成效之關係薄弱

研究數據顯示，「學習信心」與期末考成績之間的相關性有限。同時，我們觀察到學生的學習信心存在校準需求：部分學生過度樂觀，缺乏適當的危機意識；另有學生低估自身能力或學習進度。如何幫助學生正確校準學習信心、精準評估自身學習狀況，將是一個值得探討的議題。甚至，我們可以探究，校準「學習信心」是否能進一步提升學習成效。

c. 性別差異

本研究亦發現，男女學生在本課程的學習信心上存在明顯差異。這一現象是否為「數學」課程特有？Whitcomb, K. M., Kalender, Z. Y., Nokes-Malach, T. J., Schunn, C. D., & Singh, C. (2020) 在美國大學中 STEM 類課程做普查；他們觀察到在理工課程(除了化學)，女學生的「學習信心」都顯著低於男學生。然而，造成這種差異的原因為何？另外，已有文獻指出，女學生在理工課程的學習信心低落，會影響學業表現 (Kalender, Z. Y., Marshman, E. M., Schunn, C. D., Nokes-Malach, T. J., & Singh, C. (2020))。因此，如何有效建立女學生在學業上的信心，是個重要的議題。

(3) 學生學習回饋

以下是同學們在課程評鑑中給予的文字回饋。大部分回饋中都提到他們透過本課程更加了解微積分的應用：

「非常感謝老師找管院和經濟系的教授拍攝影片講解微積分於這兩個領域的應用，讓我能夠清楚知道現在所學對未來的幫助有哪些，激發了我的學習動力，也讓我

解到未來可以往哪些領域發展，獲益良多！！」

「透過老師找管院其他教授拍的影片，我有比較了解學這個是要用在什麼地方，也會比較有動力學習。」

「1.了解課堂所教的數學知識 2.從老師的影片中，了解到課堂所學可以運用在哪些領域。」

「更認識微積分的應用，為什麼要學它。也發現只會帶公式，在算題目中會覺得很無聊。」

「讓微積分不只是數字而已，讓我更知道其應用，還有運用在各種計算工具的方式。」

「真正學會了微積分、線性代數和在經濟學的應用。」

「學會如何運用微積分工具在其他領域。」

「知道微積分在經濟方面的應用。」

以下較負面的回饋大多提到「課程內容艱深、抽象、難以跟上進度」：

「內容真的滿難的，感受得出來教授很認真講解，但可能因為範圍很多，所以講的速度很快課堂上有點難跟上。」

「感覺概念很抽象，但老師可能因為在趕課就輕輕帶過，很多東西我還要從 ChatGPT 學，但不確定是不是因為我太笨，主要還是覺得老師教的很好。」

7. 建議與省思 (Recommendations and Reflections)

在研究計畫的推動過程中，我更加體認到課程前三週的「線性代數」單元對大一新生而言是嚴峻的挑戰。學生在此主題上的「學術關聯性」得分最低。我應正視這個現象對整體教學成效帶來的影響。

雖然「微積分 4—在經濟商管的應用」承接了「微積分 1、2、3」的課程脈絡，但線性代數的抽象論述與先前微積分內容存在顯著差異。許多學生在尚未能充分吸收與理解的情況下，匆忙背誦大量定義與定理，最終迷失於「純數學」的運算與證明之中。然而，本課程引入線性代數的目的，並非要培養抽象數學推理能力，而是為後續「最佳化問題」的討論奠定基礎。正如在進階的「統計學」與「管理數學」課程中，線性代數常作為解決資料分析問題的重要工具。對於非數學系學生而言，教授線性代數的真正目標，在於協助其掌握面對專業領域真實問題的方法。因此，在課程設計中，教師應持續為學生提供清晰的概念藍圖，並展示其於不同場域的實際應用，以增強學習動機與信心。展望未來的教學實踐，我將更著重於透過高密度且多元的「學術關聯性」設計，激發學生持續學習線性代數的動力。

雖然「微積分4—在經濟商管的應用」已開設七年，但如何在有限的時間內有效地向非數學系的大一學生（經濟學系與管理學院學生）介紹線性代數，仍是一個值得深入探究且具發展潛力的課題。過去我的教學重點主要放在「限制條件下的最佳化問題」，而將線性代數單元視為可快速帶過的「預備知識」。然而，學生的學習動機卻可能在課程的前三週即被消磨殆盡。從更宏觀的角度來看，在人工智慧與大數據演算法迅速崛起的時代，線性代數的重要性已日益凸顯，並成為不可或缺的基礎工具。因此，本課程的價值不應僅限於傳授「限制條件下最佳化」的知識，我更期許它能成為學生認識線性代數應用的啟蒙契機。

此外，本研究發現「學習信心」呈現明顯的性別差異。雖然男學生的學習信心普遍高於女學生，但女學生在小考與期末考中的實際表現並不遜於男學生。此現象引發進一步研究的動機，期望未來能探索適切的教學策略，以提升女學生的學習信心，並協助所有學生更精準地校準其自我效能評估。

二、參考文獻 (References)

Assor, A., Kaplan, H., & Roth, G. (2002). Choice is good, but relevance is excellent: Autonomy-enhancing and suppressing teacher behaviours predicting students' engagement in schoolwork. *British journal of educational psychology*, 72(2), 261-278.

<https://psycnet.apa.org/doi/10.1348/000709902158883>

Büdenbender-Kuklinski, C., Hochmuth, R., & Liebendörfer, M. (2024). Exploring the Perceived Relevance of University Mathematics Studies by First-Semester Teaching Students. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 10, 138–171.

<https://doi.org/10.1007/s40753-022-00188-7>

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. <https://doi.org/10.1080/07294360.2019.1612858>

Ganter, S., & Haver, B. (2022). Interdisciplinary collaboration to develop meaningful

mathematical experiences. *Journal of Mathematics and Science: Collaborative Explorations*, 18(1), Article 2. <https://doi.org/10.25891/bhb6-9847>

Hartelt, T., & Martens, H. (2024). Self-regulatory and metacognitive instruction regarding student conceptions: influence on students' self-efficacy and cognitive load. *Frontiers in Psychology*, 15.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1450947>

Johansen Marius Ole , Eliassen Sigrunn , Jeno Lucas Matias (2023)

“Why is this relevant for me?”: increasing content relevance enhances student motivation and vitality. *Frontiers in Psychology Volume 14 – 2023*.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1184804>

Kalender, Z. Y., Marshman, E. M., Schunn, C. D., Nokes-Malach, T. J., & Singh, C. (2020). Damage caused by women's lower self-efficacy on physics learning. *Physical Review Physics Education Research*, 16(1), 010118. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.010118>

Leitner, A., Hubmann, A., & Artner, H. (2024). Students' self-work during lectures in calculus courses. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*.

<https://doi.org/10.1007/s40753-024-00264-2>

Leyva, E., Walkington, C., Perera, H. et al. (2022) Making Mathematics Relevant: an Examination of Student Interest in Mathematics, Interest in STEM Careers, and Perceived Relevance. *Int. J. Res. Undergrad. Math. Ed.* 8, 612–641 (2022).

<https://doi.org/10.1007/s40753-021-00159-4>

Street, K. E. S., Malmberg, L.-E., & Stylianides, G. J. (2022). Changes in students' self-

efficacy when learning a new topic in mathematics: A micro-longitudinal study. *Educational Studies in Mathematics*, 111(3), 515–541. <https://doi.org/10.1007/s10649-022-10165-1>

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.

<http://dx.doi.org/10.9743/JEO2018.15.1.5>

Whitcomb, K. M., Kalender, Z. Y., Nokes-Malach, T. J., Schunn, C. D., & Singh, C. (2020). A mismatch between self-efficacy and performance: Undergraduate women in engineering tend to have lower self-efficacy despite earning higher grades than men. *arXiv preprint arXiv:2003.06006*.

<https://doi.org/10.48550/arXiv.2003.06006>

Zakariya, Y. F. (2021). Self-efficacy between previous and current mathematics performance of undergraduate students: An instrumental variable approach to exposing a causal relationship. *Frontiers in Psychology*, 11, 556607

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.556607>

Zakariya, Y. F. (2022). Improving students' mathematics self-efficacy: A systematic review of intervention studies. *Frontiers in Psychology*, 13, 986622

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.986622>

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.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s40299-017-0352-3>

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。

<https://www.airitilibrary.com/Article/Detail/U0031-0605201417534108>

AI 使用範圍揭露：

本研究報告於文獻檢索過程中，使用 ChatGPT 協助搜尋相關學術資料，並經主持人逐一核實其來源與正確性。此外，ChatGPT 亦用於文字表述之修訂與版面編排之優化。然而，所有研究數據之分析、詮釋與最終結論，均為研究主持人獨立判斷與反思之成果。

三、附件 (Appendix)

「學術關聯性、學習信心」問卷

學術關聯性與學習信心問卷

姓名：_____（請以正楷填寫），學號：_____

系級：_____（雙主修：_____ 輔系：_____）

性別：☐ 女， ☐ 男， ☐ 其他：_____

請在右側勾選您的意見 (數字 1-5 表示同意程度。5=非常同意)	非常 不同意 1	2	3	4	非常 同意 5
1. 對我而言，「微積分 4-在經濟商管的應用」是獨立的一門課，和其他課程沒有很大的關聯。	☐	☐	☐	☐	☐
2. 我不理解為什麼有些學系把「微積分 4-在經濟商管的應用」列為必修。	☐	☐	☐	☐	☐
3. 我認為「微積分 4-在經濟商管的應用」是部分進階課程的預備知識。	☐	☐	☐	☐	☐
4. 我能列舉其他課程怎麼使用「微積分 4-在經濟商管的應用」。	☐	☐	☐	☐	☐
5. 對「微積分 4-在經濟商管的應用」，我有自信我可以理解大部分的概念。	☐	☐	☐	☐	☐
6. 對「微積分 4-在經濟商管的應用」，我相信我能熟練的操作課程中所需的計算。	☐	☐	☐	☐	☐
7. 對「微積分 4-在經濟商管的應用」，我有信心我將克服在學習中遇到的困難。	☐	☐	☐	☐	☐
8. 在「微積分 4-在經濟商管的應用」，我相信我有能力做好作業。	☐	☐	☐	☐	☐
9. 在「微積分 4-在經濟商管的應用」，我預期自己能獲得理想的成績。	☐	☐	☐	☐	☐