

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：PEE107115

學門分類/Division：工程

執行期間/Funding Period：2018.8.1～2019.7.31

機械設計學用鏈結強化教學策略促進學習動機與成效
機械設計原理

計畫主持人：楊秉祥

執行機構及系所：國立交通大學/機械工程學系

繳交報告日期(Report Submission Date)：2019.7.31

一. 報告內文(Content)(至少 3 頁)

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

請描述所選擇研究議題的問題挑戰與背景、教學實務現場遇到之挑戰以及該議題的重要性與影響力。

機械設計原理(Principles of Mechanical Design)課程設計是機械工程專業中最複雜的必修課程之一。它需要創造性的概念生成,幾何設計知識,以及應力和變形分析的基本知識(Bzymek et al. 2016)。機械設計原理課程通常於現有四年大學課程之第三年上學期開設,其理論基礎主要基於機械工程科目中之靜力學,材料力學,機械製造以及機動學/機構學,雖然大多數學生都已於大一及大二修習前述基礎必修科目,且針對較為常見之簡化條件或具有特定假設的分析主題大致上都能掌握,然而接觸機械設計相關實際範例(如實體機械元件,日常生活實例)時,卻明顯出現不知如何應用所學原理,以及不易建立所學與日常生活或未來工作之關係連結。

計畫主持人自 2007 起開始教授機械設計原理課程,起初藉由傳承大學時代以教科書著重設計分析為授課策略(現有國內外著名機械設計原理教科書仍以設計分析為主要內容),後續發現學生於應用所學知識時,普遍有所學知識不知如何運用、不知如何將複雜實體系統簡化假設成合理分析模式、不易產生創新之設計、不知如何定義所需設計規格...等等學用之落差。因觀察到此類存在學生中之普遍現象,且根據教學十大原則中之”個性適應”原則,計畫主持人於過去三年開課前(約一週左右),會請選課同學先填具一張課前問卷(Pre-class survey),詢問其相關背景、修課動機、先前具備技能、學用鏈結狀況、設計經驗、偏好之學習方法(Preferred learning style)等,除確認了前述的觀察外,也幫助自身調整上課方式與重點內容,配合不同學習方法偏好之學生能藉由不同之課程活動與方式(Crawford et al. 2013, Koh and Chua 2012, Severiens and Tendam 1994),促進學習成效。因此本計畫期望利用機械領域現有之必修課程”機械設計原理”,以多元的教學方法,增進學習成效與強化學用鏈結,亦盼望將機械設計可成轉變為多領域共同核心課程,以社會需求為出發,打破機械學、術科界線,建立學生應付未來快速成長之跨領域需求,建立基本自我學習能力,與解決社會問題之能力。

2. 文獻探討(Literature Review)

請針對本教學實踐研究計畫主題進行國內外相關文獻、研究情況與發展或實作案例等之評析。

學習的動機是學習成效的一把重要鑰匙,2015 年有一研究針對 Massive Open Online Courses (MOOCs)課程,利用學習設計師混合課程視頻,講座,閱讀,測驗和討論來吸引學習者的興趣。通常情況下,實際上參加 MOOC 課程內容的人數遠遠少於最初報名參加課程的人員。此研究建立一平台(FutureLearn MOOC)專門提供學習者參與及分享意見的機會,並通過發表評論,回覆或討論進行反思。結果發現當學習者反覆頻繁地進行社交活動時,輟學率會降低。此外,如果學習者開始追隨某人,他們完成課程的可能性就會增加。如果學習者也和他

們的追隨者進行交互溝通，他們更有可能完成課程，足見學習間的互動與社交參與對於學習動機的重要性(Sunar et al. 2017)。另一研究針對實作(Capstone)課程進行學習者動機與溝通和效益相關研究，亦發現學生動機影響學習成效甚巨(Bessette et al. 2014)。

除了提升學生學習動機外，促進學生參與學習內容增進成效的措施，也是許多研究長期探討的重點，例如運用問題導向式學習(Problem-based Learning; PBL)或是專題導向式學習(Project-based Learning)可以讓學生的學習目標更為明確，也是提高解決問題能力的有效方法(Parker, Polston and Asme 2013, Khanna et al. 2013)，這些策略已被用在機械工程和其他工程領域。亦有學者建議，團隊互促學習(Team-based Learning; TBL)比 PBL 需要更少的教師來執行。TBL 使學生和教師能夠從準備和評量中識別和確認學習結果。TBL 增加了學生對自己和團隊的責任，並可能通過同伴評估來促進學習活動(Ono et al. 2017)。此外工程專業學生如果配合設計和建設項目，可以大大提高對設計教育理論和數學課題的理解。因此合適的課程專題(或設計挑戰)和群組活動可以增加學生學習和統整不同科目知識的效益(Hodges, Sullivan and Asme 2014)。

機械設計原理(Principles of Mechanical Design)課程設計是機械工程專業中最複雜的必修課程之一。它需要創造性的概念生成，幾何設計知識，以及應力和變形分析的基本知識(Bzymek et al. 2016)。機械設計原理課程通常於現有四年大學課程之第三年上學期開設，其理論基礎主要基於機械工程科目中之靜力學，材料力學，機械製造以及機動學/機構學，雖然大多數學生都已於大一及大二修習前述基礎必修科目，且針對較為常見之簡化條件或具有特定假設的分析主題大致上都能掌握，然而接觸機械設計相關實際範例(如實體機械元件，日常生活實例)時，卻明顯出現不知如何應用所學原理，因此學習動機難以建立，以及不易建立所學與日常生活或未來工作之關係連結。

作者藉由過去十餘年教學經驗，以及至國外講學和交流，於教育現場及產業經驗回饋，發覺工程學生多具備良好之分析能力，但較欠缺發掘問題、定義需求、創新設計與鏈結學用的能力。因此希望藉由此教學研究計畫，納入多元教學策略，以學生學習為中心，提升機械工程學生從需求出發，清楚定義問題與規格，整合創新設計，應用分析與驗證，實踐學以致用之能力，及未來終身學習的基礎，以因應技術與應用快速變化之環境。

3. 研究方法(Research Methodology)

本教學研究計畫透過適性整合多元教學法，主要依據課程內涵特性，運用設計思考(Design Thinking)、團隊合作學習(Team-based Learning)、問題導向式學習(Problem-based Learning)、以及能力導向式學習(Competency-based Learning)，利用既有之「機械設計原理」課程，突破現有以主題內容導向式學習，透過生活與實際產業應用實例，導入課程內容，提升學生學習動機，強化學生學用鏈結能力。本研究之研究參與者為機械系大學三年級學生，一班共 66 人，所進行研究之課程為「機械設計原理」課程。

根據前述之適性整合多元教學法實施，於一學期過程中藉由學生平時課程參與、平時測

驗、個人作業、團體作業、期中期末考試(包含 Closed-book 觀念問題與 Open-book 分析計算與設計題)、團體學期設計專題等表現進行研究。

本教學實踐研究主要假設為教學活動若基於可促進該細項教學主題與目標設計，將可促進學生學習動機與成效。主要測試下列假設：

- (1) 設計思考流程的學習與運用可增進學生發掘問題、釐清使用者需求與定義設計規格。
- (2) 問題/專題導向式學習可促進學生以設計欲解決之問題為目標，依據所學建立所需之規格、功能、安全性分析與備選方案(Alternatives)。
- (3) 課程參與學生執行一團體學期設計專題，內容從目標族群選擇、設計需求釐清、規格擬定、發想及設計、分析與確認功能及安全性，可增進學生學習課程內容動機及學習成效，並增加學以致用的能力，強化學用鏈結。
- (4) 以時事和廠商實例演繹工程師所需能力(包含技術內容、專業態度與社會責任)作為目標導向，可引導學生於循序漸進架構細節能力的同時，同時建立優秀機械工程師設計時所需的整體思維邏輯。

課程開始前，授課教師(本文作者)會請學生填具一課前問卷(Pre-class survey)，以利教師授課前了解學生背景，包含學生偏好之學習方式(Preferred learning style)，可因應教學活動設計與比重調整，問卷範例問題如下(課程教材均以英文進行，故以英文呈現)：

- *What is a Good Design? (in 100 words)*
- *Which courses you (will) learned do you need in order to conduct good Mechanical Engineering Design?*
- *Do you have any design experience? Please explain.*
- *Rate your knowledge/skills in Statics (Dynamics , Mechanics in Materials...).*
- *What is your preferred learning style (Visual , Auditory , Reading/Writing , or Kinesthetic)?*
- *How many hours per week (outside of classroom) do you plan to study for this course/subject?*

根據前述本計畫之教學實踐具體目標，教師與助教著重評估學生(a)從生活與產業尋找問題及定義需求;(b)同儕互促與團隊合作;(c)運用所學相關理論知識與技術，解決前項定義之問題;(d)延伸應用及持續學習與跨領域溝通之相關能力。除針對今年度實施班級學生進行個別學習成效描述與分析，與期中學生回饋問卷，確認是否達成前述該課程教學之目標與符合教師之教學理念外，亦與授課教師過去未完整實施此計畫新教學方式時，所授機械設計原理課程學生群體成績分布，作一量化比較，以釐清此計畫創新介入之教學策略對於學生學習成效之影響。

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

結果顯示根據學生特性整合多元適性教學法，可有效地提升學生學習動機，包含上課出席率、作業準時繳交率、自評表現等。相較於先前未納入此計畫提出之整合多元適性教學法前之授課，此課程中之設計思考流程的教授與演練，以及問題導向式的課堂活動與學習方式，

促進了學生課堂上的提問與回應，亦有效培養學生思考習慣，同時增進學生於團隊專題設計上的創新性。此外學生於作業與考試內容中分析相關之應答的正確率亦有所提升，同時亦提升學生專業態度(團隊專題合作、設計專題主題與分析主體、溝通協調能力)與工程師責任(安全分析、各項主題完成程度)。

課程開始時針對選課學生進行期初問卷(Pre-class Survey)，詢問其學習動機與先備知識自評之程度，與機械設計原理課程內容中有關設計與安全分析的學理基礎，主要課程為大一與大二所學之必修課程靜力學(Statics)與材料力學(Mechanics of Materials)知識，約有半數學生認為自身靜力學知識與能力仍未達充足水準(如圖 1)，材料力學則是不到六分之一學生自認有清楚之認知及能力(如圖 2)。因先前該兩門課程多以教科書中簡化之範例，進行自由體圖與應力及應變分析，學生於接觸實際案例時不易建立清楚關聯，所以較無法實際應用。本課程由生活實際案例引導學生訂定設計需求，並建立相關分析範例，讓學生由資訊/資料，學習相關學理資訊，進一步到實際應用所學之學理進行設計與分析，除本課程所教授之新知識外，學生亦於期中問卷回饋本課程運用之新教學法與課堂活動，可有效提升其對於先前知識之理解與應用能力(見圖 3)。

根據課前問卷得知之學生學習偏好方式(圖 4)，授課教師依照大致配置所使用之教學策略，並納入教授設計思考流程，使學生能有較為系統的方式從需求出發，發現問題、定義需求、進行設計與驗證，學期中學生之回饋明確顯示此因應學生特性配置之教學策略，可提升學生之學習動機與興趣(如圖 5)。

本學期全班 66 位正式修課同學，課程實施期間不進行正式點名，但由助教於課程進行中不定時以總人數計算實際到課人數，每次缺課人數均在六人以下，且經常到課人數在 63 人以上，到課率總能維持在 91~100%，表示教學情境的營造與教學內容促成學生學習動機強烈，願意主動到課學習。此課程作業繳交以線上系統實施，本學期第一次、第二次、及第三次(繳交期限為期中考後一週)遲交/未交作業的人數分別為 4/0、4/1、及 0/4 人(遲交與缺交總人數在全班人數 8%以下)，後續作業均全班準時繳交。表示學生有強烈之學習動機與興趣，主動參與課程之活動。除學生參與主動性高外，學生之課堂反應亦較以往踴躍，學生之學期成績亦顯著高於先前班級 ($p < 0.05$)，成績分布如圖 6。學生亦於回饋中表示此課程之多種不同教學策略，實際促進了他們學習的動機，強化學用的鏈結，使其在重的課程負擔下仍有極高的興趣學習，也能預期未來應用課程所學的價值。

Rate your knowledge/skills in Statics

72 responses

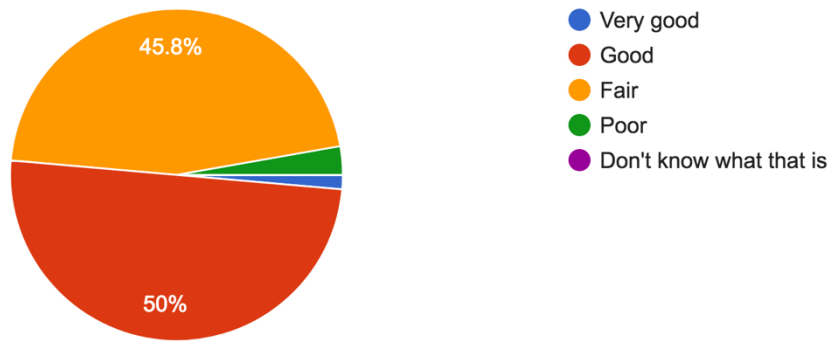


圖 1. 學生期初自評應用力學之能力

Rate your knowledge/skills in Mechanics of Materials

71 responses

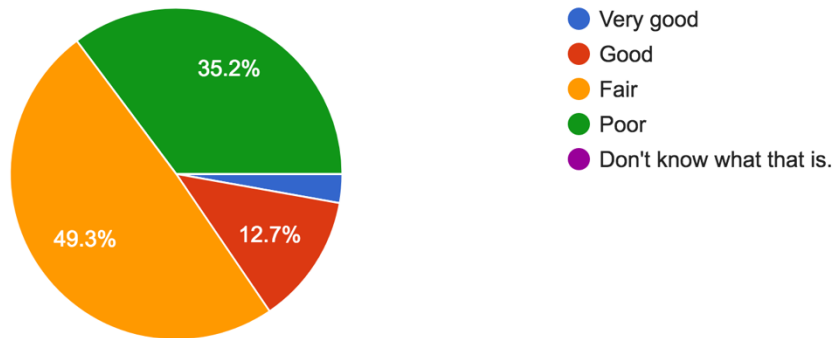


圖 2. 學生期初自評材料力學之能力

此課程的教學讓妳/你更了解如何運用應用力學和材料力學所學知識

63 responses

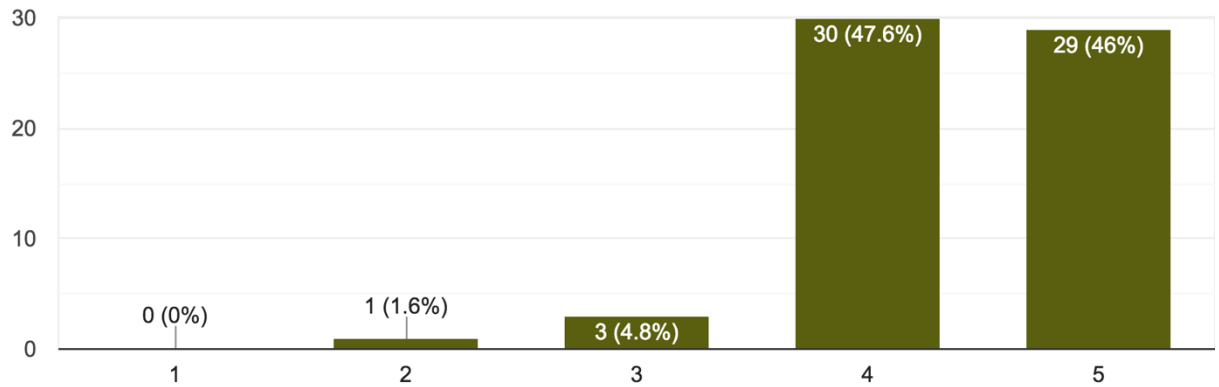


圖 3. 期中學生回饋針對此課程所學是否能增進相關先前知識之運用 (5: 非常同意; 4: 同意; 3: 普通; 2: 不同意; 1: 完全不同意)

What is your preferred learning style (Visual, Auditory, Reading/Writing or Kinesthetic)?

72 responses

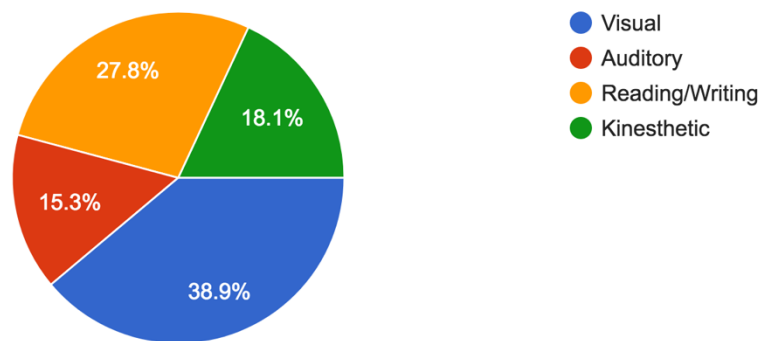


圖 4. 課前問卷(Pre-class Survey)學生自述個人學習偏好方式

此課程的教學有助於串連你/妳所學相...業知識與了解相關知識在生活上之應用

63 responses

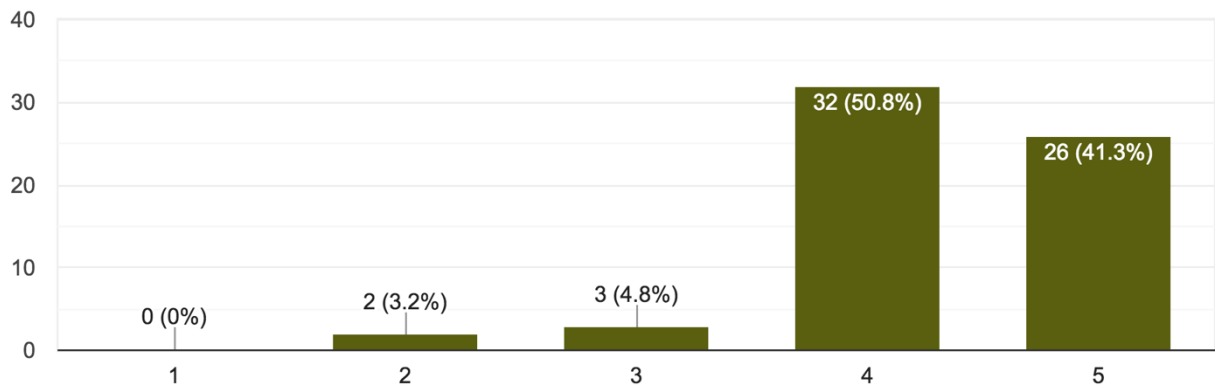


圖 5. 學生期中回饋有關教學方法之效果 (5: 非常同意; 4: 同意; 3: 普通; 2: 不同意; 1: 完全不同意)

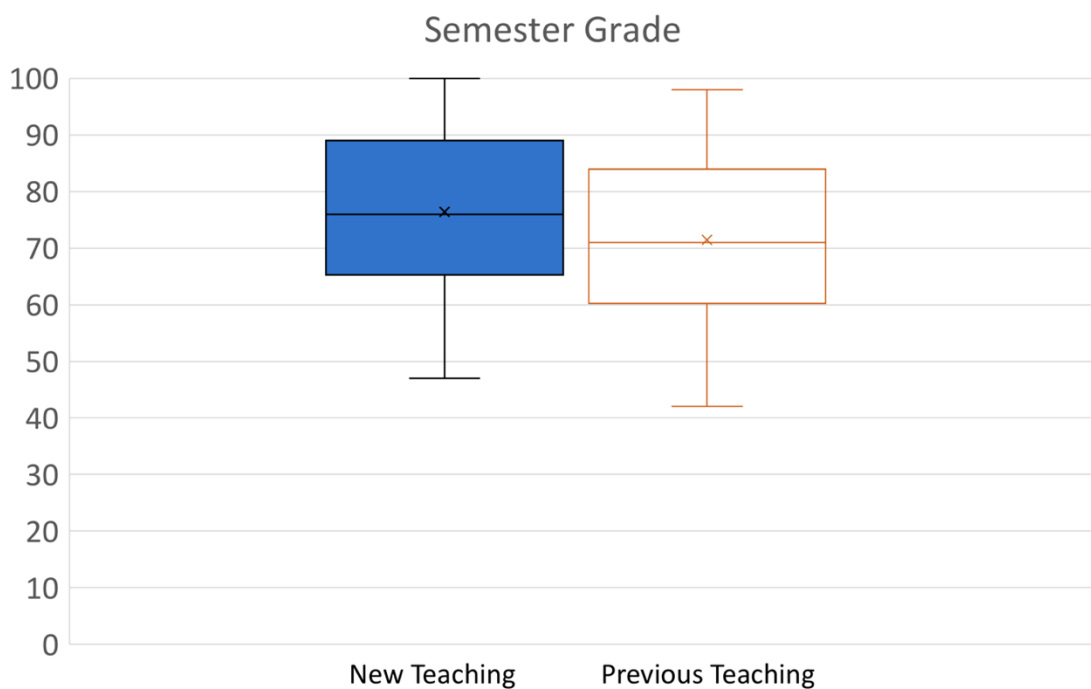


圖 6. 此研究之新教學法(New Teaching)與先前教學法(Previous Teaching)班級學生期末成績比較

二. 參考文獻(References)

- Bessette , A. , V. Okafor , B. Morkos (2014). *Correlating student motivation to course performance in capstone design.*
- Bzymek , Z. M. , S. S. Hinkle , Z. E. J. Quiroga (2016). *Problem solving in design of machine elements in mechanical engineering.*
- Hodges , T. M. , G. A. Sullivan & Asme. 2014. *Does an experiential based project improve design education?*
- Khanna , S. K. , R. A. Winholtz , D. H. Jonassen , A. Tawfik , H. Henry (2013). *Effectiveness of introducing problem based learning in the undergraduate engineering curriculum.*
- Ono , S. , Y. Ito , K. Ishige , N. Inokuchi , Y. Kosuge , S. Asami , M. Izumisawa , H. Kobayashi , H. Hayashi , T. Suzuki , Y. Kishikawa , H. Hata , E. Kose & K. Tabata (2017) Verification of Learning Effects by Team-based Learning. *Yakugaku Zasshi-Journal of the Pharmaceutical Society of Japan* , 137 , 1419-1423.
- Parker , J. M. , J. D. Polston (2013). Using hybrid and problem-based learning techniques to enhance teaching effectiveness in a large feedback controls lecture course. *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition - 2012* , Vol 5 , 139-146.
- Sunar , A. S. , S. White , N. A. Abdullah & H. C. Davis (2017) How Learners' Interactions Sustain Engagement: A MOOC Case Study. *IEEE Transactions on Learning Technologies* , 10 , 475-487.

三. 附件(Appendix)

與本研究計畫相關之研究成果資料，可補充於附件，如學生評量工具、訪談問題等等。