

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： **PEE1110369**

學門專案分類/Division： 工程學門

執行期間/Funding Period： **2022.08.01 – 2023.07.31**

計畫名稱/Title of the Project：

在課程中導入創新教學法的同時，避免學習成效 M 型化

While Introducing Innovative Teaching Methods into the Curriculum, Avoid Learning Effects from Becoming M-shaped

(配合課程名稱/Course Name)：機構學

計畫主持人(Principal Investigator)： 邱奕契 教授

共同主持人(Co-Principal Investigator)： 無

執行機構及系所(Institution/Department/Program)： 中華大學機械系

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)：112 年 9 月 20 日

目錄

一、研究動機與目的.....	1
二、文獻探討.....	1
三、研究問題.....	2
四、研究設計與方法.....	2
4.1 研究方法與研究流程.....	2
4.2 教學策略.....	4
4.2 評量工具.....	5
五、教學暨研究成果.....	6
5.1 教學過程與成果.....	6
5.2 學生學習回饋.....	7
六、建議與省思.....	9
七、參考文獻.....	9

一、研究動機與目的

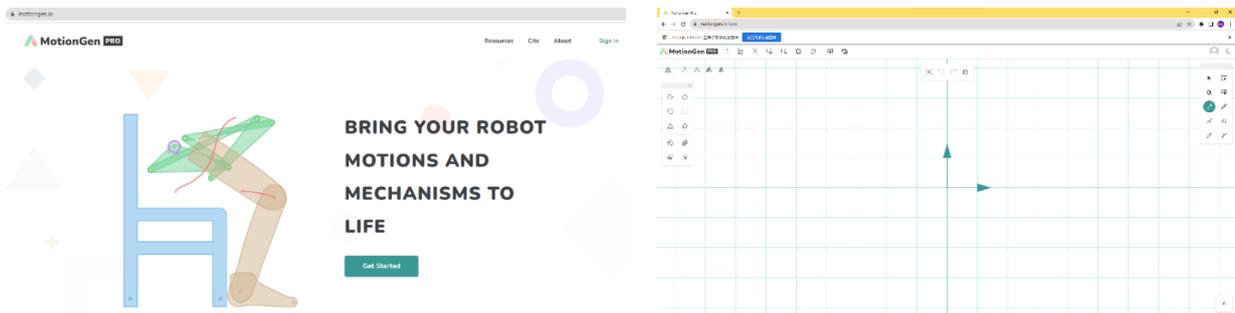
【機構學】是本系大二學生之基礎必修課程，教學目標是讓學生先學習如何分析各類現有機構之運動性質及法則，然後再學習如何根據指定之運動條件合成所需之機構。機構(mechanisms)是機器(machines)的基本建構元件，也就是說所有的機器都是由機構所構成。本計畫是 110 年計畫『教導學生自己創造電腦動畫以提升機構學之學習成效』的延續，110 年計畫透過 PBL(Project-based Learning), 翻轉教室(Flipped Classroom)及動畫模擬(Animation)等創新教學法提升了學生學習的動機；透過在課堂上交替使用授課、做中學及 IRS(Instant Response System)提升了學生學習的專注力。在動機與專注力獲得提升後，學生的學習成效(學生機構分析與設計能力)就提升了。再者，學生解決工程問題的能力、與他人合作(Collaboration)與溝通(Communication)的能力、批判性思考(Critical Thinking)的能力、資訊素養(Information Literacy)、媒體素養(Media Literacy)也同步獲得提升。比較可惜的是，在整體學習成效、能力及素養提升的同時，學生的學習成效卻也出現 M 型化的情形。此處學習成效 M 型化指的是，學習成效分佈呈現 M 字形，有一部份學生的學習成效很好，另有一部份學生的學習成效明顯落後，至於中間部份學生的學習成效則正常。因此，本計畫的目的就是希望課程在導入創新教學法的同時，也能避免學習成效出現前述 M 型化的現象。

二、文獻探討

本教學實踐研究計畫將針對如何提升機構設計學習成效進行研究，目標是培育出滿足業界需求之機構設計人才，縮短學用落差。『計算機程式』、『3D 列印技術』、『工程圖學與電腦實習』及『電腦輔助製圖實習』是本系大一必修課程。換言之，本系大二學生已初步具備運用電腦科技解決工程問題並予以實現的能力。動畫(Animation)是會動的圖片，可以利用電腦繪圖產生，也可以手工的方式畫好圖後再拍攝。當學生發現動畫很有趣就會開始思考並願意花更多的時間和資源學習。當有數學模型可以使用時，利用電腦快速運算以及繪圖的能力，可以即時更新機構的位置創造出機構在動的現象，此為模擬(Simulation)。

動畫(Animation)是習知技術，長久以來被應用在許多領域的學習上，以增進使用者對一序列變化的理解。**動畫**可以顯示隨著時間的變化，因此被認為是傳達時間變化最自然及有效的方法[1,2]。**動畫**提供一序列隨時間而改變的圖片，有助於使用者理解隨時間而產生的變化[3]。2000 年 Mireille & Barbara[4]完成了**動畫**對使用者表現影響的回顧與評論。Baek and Layne [5]發現以動態圖片取代靜態圖片明顯可以提升學習數學定理的成效。Nicholls 等人[6]研究結果顯示，觀看氣指導動畫的學生對某些問題來說，其得分明顯高於未觀看者。2017 年 Rusli and Yasa [7]的研究結果顯示，多媒體互動學習中的**動畫**對提高學生的學習成效有正面的作用，特別是在應用概念、程序和 Java 編程原理上。Kim 等人[8]研究發現，儘管**動畫**對學習和教學是否有效目前仍無法完全被確認，無論如何**動畫**對於學習確實具有其吸引力與激勵性。

MotionGen 為紐約 Stony Brook 大學機械系 Anurag Purwar 及 Jeff Ge 兩位教授所創建之機構設計與模擬軟體[9]，可直接用來設計連桿機構並產生動畫模擬，包含四連桿機構的合成與模擬、六連桿機構的合成與模擬、2 至 5 個位置的合成等。除了網頁版之外，MotionGen 也有手機版的 App，方便在課堂上使用。MotionGen 目前已升級至 MotionGen Pro，圖一所示為新版 MotionGen Pro 的官網(<https://motiongen.io>)主畫面。



圖一、進入 MotionGen Pro 官網後所顯示之畫面

三、研究問題

以計畫主持人任教之機械系而言，進入本系之新生其程度逐年下降。有鑒於此，系上秉持因材施教的理念，幾年前即針對本系學生的特質重新規劃大學四年課程規劃，其中最大的改變是降低理論部份、增加實作份量。以一年級的課程為例，偏向實作的課程上學期有《工程圖學與電腦實習》、《3D 列印技術》及《計算機程式》，下學期有《電腦輔助製圖實習》。其中《工程圖學與電腦實習》的主要目標是教導學生如何快速建模；《3D 列印技術》的主要目標則是讓學生知道如何使用 3D 印表機，快速地將虛擬的 3D 模型轉換成實體的雛形；《電腦輔助製圖實習》則是要賦予學生繪製工程圖的能力；至於《計算機程式》則是要訓練學生程式設計以及邏輯思考的能力。由此看來，經過一年級的訓練，本系大二學生已初具運用電腦科技解決工程問題並予以實現的能力。上完《工程圖學與電腦實習》與《電腦輔助製圖實習》後，學生應該已經熟悉如何用 Autodesk Inventor 產生模擬動畫；上完《3D 列印技術》後，學生應該已經熟悉如何利用 3D 列印製作機械結構及零件；上完《計算機程式》後，學生應該已經學會撰寫程式產生模擬運動檔(simulation)。

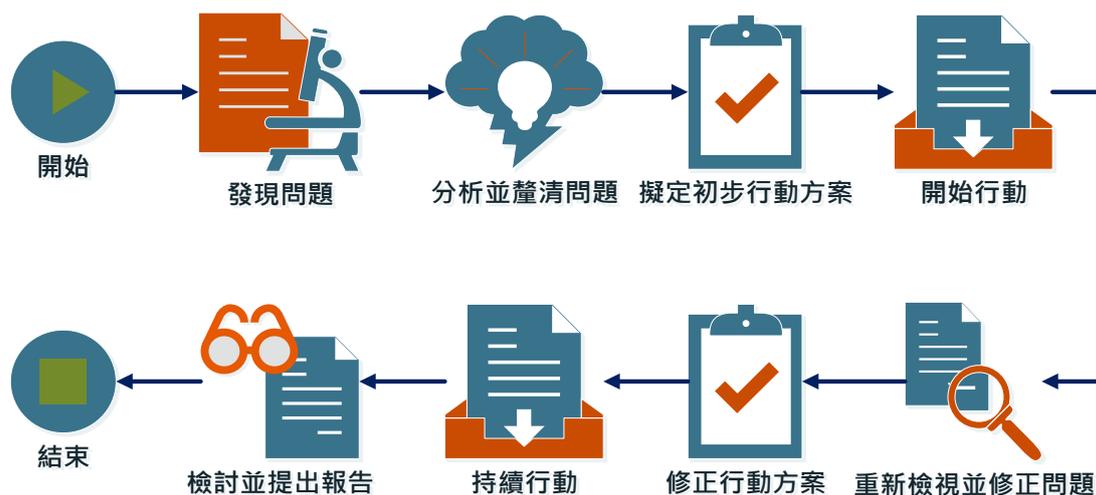
如前所述，110 年計畫透過 PBL, Flipped Classroom, Animation 等創新教學法提升了學生的學習動機；透過在課堂上交替使用授課、做中學及 IRS 提升了學生的學習專注力。學習動機及專注力提升後學習成效就提升了，惟學習成效出現 M 型化現象，因此本計畫欲研究或探討的問題是「如何避免學生學習成效 M 型化？」，內容包括「如何消除 M 字形左邊學習成效明顯落後的一群？」以及「如何將 M 字形中間學習成效普通的一群往右移」。

四、研究設計與方法

本計畫的研究對象是本系大二修習【機構學】必修課之學生。為了讓學生能夠隨時維持高度的專注力，本教學實踐研究計畫改變以講授為主之傳統教學方式，採用翻轉教室、PBL、IRS、同儕互評等創新教學法。此創新教學方式依行動研究(Action Research)法分成規劃(Plan)、行動(Acting)與觀察(Observing)及反思(Reflecting)三階段執行。**規劃**是正式上課前之前置作業，要有充份準備才能達成預期效果；**行動與觀察**指的是在上課時除了依照規劃進行教學外，並隨時觀察學生的學習反應，忽略觀察就無法確實反思；**反思**則是在專題或課程結束後進行的檢討，檢討後提出持續改善或精進的作為。

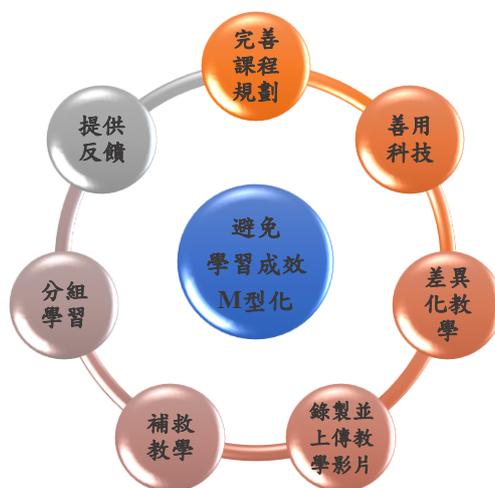
4.1 研究方法與研究流程

本研究採用的是行動研究法，遵循規劃、行動、觀察與反思的循環，持續不斷的精進教學方法以提升學生的學習成效。在執行面上係依照課程開始前、課程進行中及課程結束後三階段，規劃如圖二所示之 PCDA 研究流程。



圖二、PCDA 教學流程

- **發現問題**：觀察教學現場發現學生學習成效出現 M 型化的現象，有必要針對此一問題進行了解並找出解決的辦法。
- **分析並釐清問題**：經過問題的分析與釐清後，發現問題的主要根源在於該部份學生跟不上進度或缺席導致學習成效不佳。
- **擬定初步行動方案**：了解問題之所在後，本研究透過落實點名、製作教學影片上傳 YouTube、以及補救教學等措施，希望能夠透過將學生拉回教學現場。
- **開始行動**：行動方案擬定完成後，接下來就是依照課程規劃內容及進度落實執行。除外並於教學過程中隨時觀察學生的學習反應及學習情形並做紀錄。
- **重新檢視並修正問題**：實施過程中隨時觀察學生的反應，檢討實際執行之成效並隨時予以修正。檢視遭遇到之問題及反思後，問題應該通常會變得更加清楚明確，此時就可以適時的修正方案或者調整執行方式以及執行的步調。
- **修正行動方案**：行動研究的特色之一是計畫並非一成不變或不可撼動的。如前所述，行動研究貴在不斷地觀察、檢討省思及修正。
- **持續行動**：根據修正後的計畫或行動方案繼續執行。
- **檢討並提出報告**：計畫執行完畢後，根據學習成效之實際改善情形，進行省思與檢討並撰寫成果報告。



圖三、本研究採用之創新教學策略

4.2 教學策略

本教學實踐研究綜合專題導向、即時反饋系統及同儕互評等創新教學模式，目標是要激發學生面對問題時，主動學習及主動探索的自主學習精神，並於解決問題後獲得滿滿的成就感。圖三所示為本研究為了提升學生學習成效所採用的創新教學策略，包括完善課程規劃、善用科技、差異化教學、錄製並上傳教學影片、補救教學、分組學習、提供反饋，說明如下：

完善課程規劃：上課前進行課程的妥善規劃是必要的，內容包括課程將使用那些教材、課程進度、課程中的活動，以及評量學生學習成效的方式。

善用科技：拜科技之賜，現在學習機構學變容易了，因為輔助學習的工具變多了。利如我們可以使用 MotionGen Pro 或 Autodesk Inventor 機構設計與模擬軟體進行機構的設計，設計完成後可以透過內建的運動模擬讓機構動起來。發現無法運動或出現干涉可馬上修改，直到運動正常為止。

若是期中或期末專題所設計的機構，則需進行 3D 列印、組裝並利用 Arduino 讓機構動起來。Inventor、3D 列印及 Arduino 本系學生在大一都已經學過，因此對學生來說並不會造成太大的負擔。此種學習方式，學生是需要多投入一些時間，然而對於強化學生的學習體驗是有莫大幫助的。

差異化教學：每位學生的資質及學習效率都不一樣，有必要讓學生依照自己的學習方式與學習步調進行學習。然而受限於上課的週數與時數有限，確實無法在課堂上針對同樣的議題一再的重複說明，特別是必須要在黑板或白板上一步步繪製的機構設計圖，否則勢必影響課程的進度規劃。

錄製並上傳教學影片：為了解決上述問題，本研究特別錄製一些 step-by-step 的機構設計教學影片並上傳 Moodle 及 YouTube。學生隨時可以上網觀看，讓學生的學習不受時間及空間的限制，隨時想學就可以學，無論在甚麼地方想看就看。圖四所示為本研究錄製的影片列表。

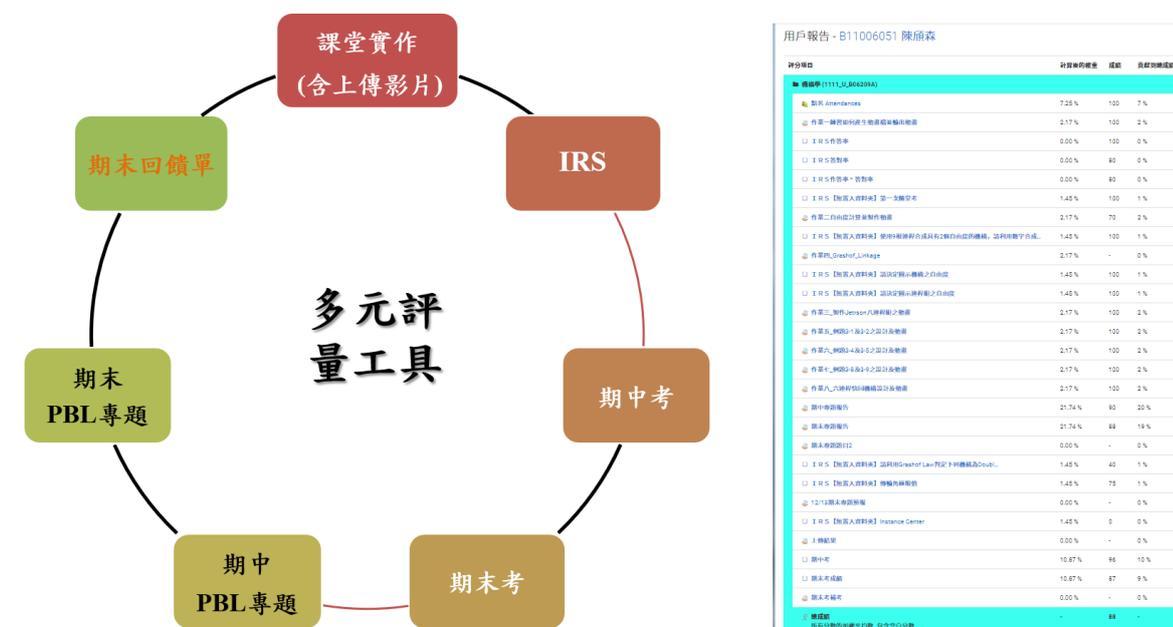


圖四、計畫主持人親自錄製之 step-by-step 的機構設計教學影片

補救教學：為了協助 M 型化左邊進度落後的同學，本計畫聘請兩位高年級學生作為本課程的助教。這兩位助教是去年修過本課程且成績優秀的學長，透過學長與學弟妹的關係，進度落後者比較敢向學長尋求協助。補救教學並非所有同學都要參加，僅限於進度落後者(作業沒交或者答案不正確者)。因此，對於那些準時交作業而且答案也正確的同学，補救教學並不會造成額外的負擔。

分組學習：本課程是以分組的方式讓學生共學。在第一次上課就要求學生以 3 人一組的方式組成一個團隊，鼓勵每一位組員積極參與問題解決的討論與實踐。作業是允許討論的，但是每位組員都要繳交一份作業並上傳至 Moodle；至於其中及期末專題則是以團隊的方式進行，一組只要繳交一份報告即可。為了避免有組員未積極參與，專題報告是以隨機抽出一位組員負責報告的方式進行，藉此要求每位組員都能認真了解整個計畫的內涵。

提供反饋：無論是作業或專題，不能只給成績，提供學生具建設性的反饋是重要的。作業或專題做的好給予適當的鼓勵可以達到激勵學生的效果，讓學生更認真的學習；做得不理想，要讓學生知道哪邊沒做好、可以如何改進。此外提供學生補交機會也很重要，如果無法補交學生就不會有重做或修正錯誤的動力。



圖五、學習成效評量方式

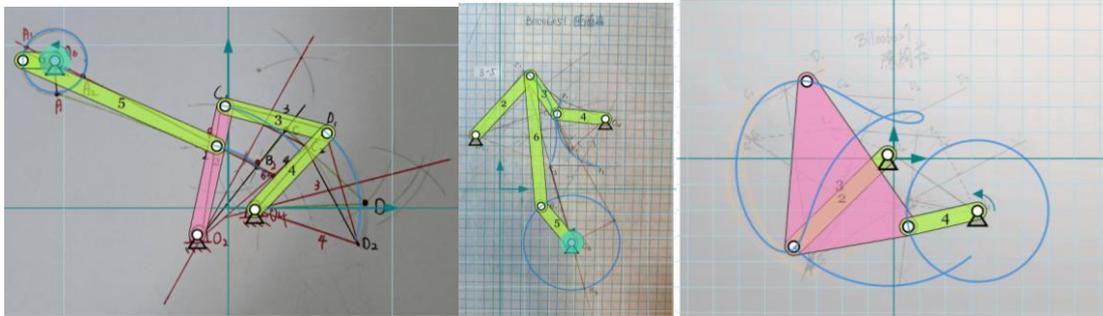
4.2 評量工具

根據出席率、作業、期中考及期末考等成績評估學生是否通過考核，看似公正公平，惟並未考慮個別學生之間的差異，例如有些學生學習較緩慢、有些學生臨場容易緊張導致考試失常等。為了讓每位學生都可以依照自己的學習步調去學習，本研究除大幅度改變上課方式外，在學生學習成效的考核上則採多元評量工具，包括課堂實作成績(含學生上傳 Moodle 影片之成績)、IRS 參與率及答對率、期中考成績、期末考成績、期中及期末專題成績，如圖五所示。值得一提的是，本研究使用 IRS 的目的不是給學生突擊考試，而是希望能夠及時了解學生的學習情形，並針對多數學生不了解的議題再次說明。IRS 採開書考，學生彼此間可以討論，目的是讓學生在無壓力的情境下學到應該要會的知識。期末回饋單則是用來評估教學成效。

五、教學暨研究成果

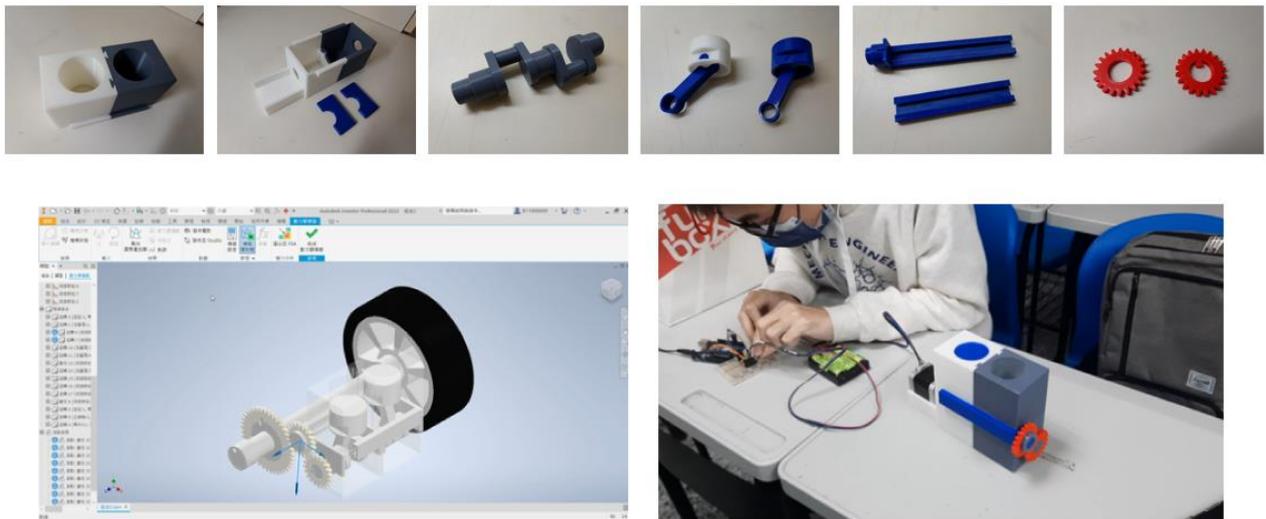
5.1 教學過程與成果

為了讓學生在課堂上可以有實做的機會，本課程要求學生每一堂課都要準備空白紙張、圓規、直尺、量角器等製圖會用到的文具。上課時要求學生跟著我一步一步的把機構設計出來。設計完成後再把設計完成的作品拍照，接著再利用 MotionGen Pro 產生如圖六所示之 GIF 動畫。



圖六、學生徒手設計完成機構後利用該圖做為底圖進入 MotionGen 產生動畫

若是期中或期末專題所設計的機構，在確認無誤後可選擇輸出(export)機構之 STL 檔案並進行 3D 列印。列印完成後進行組裝，組裝完成後則利用 Arduino 讓機構真正動起來，如圖七所示。

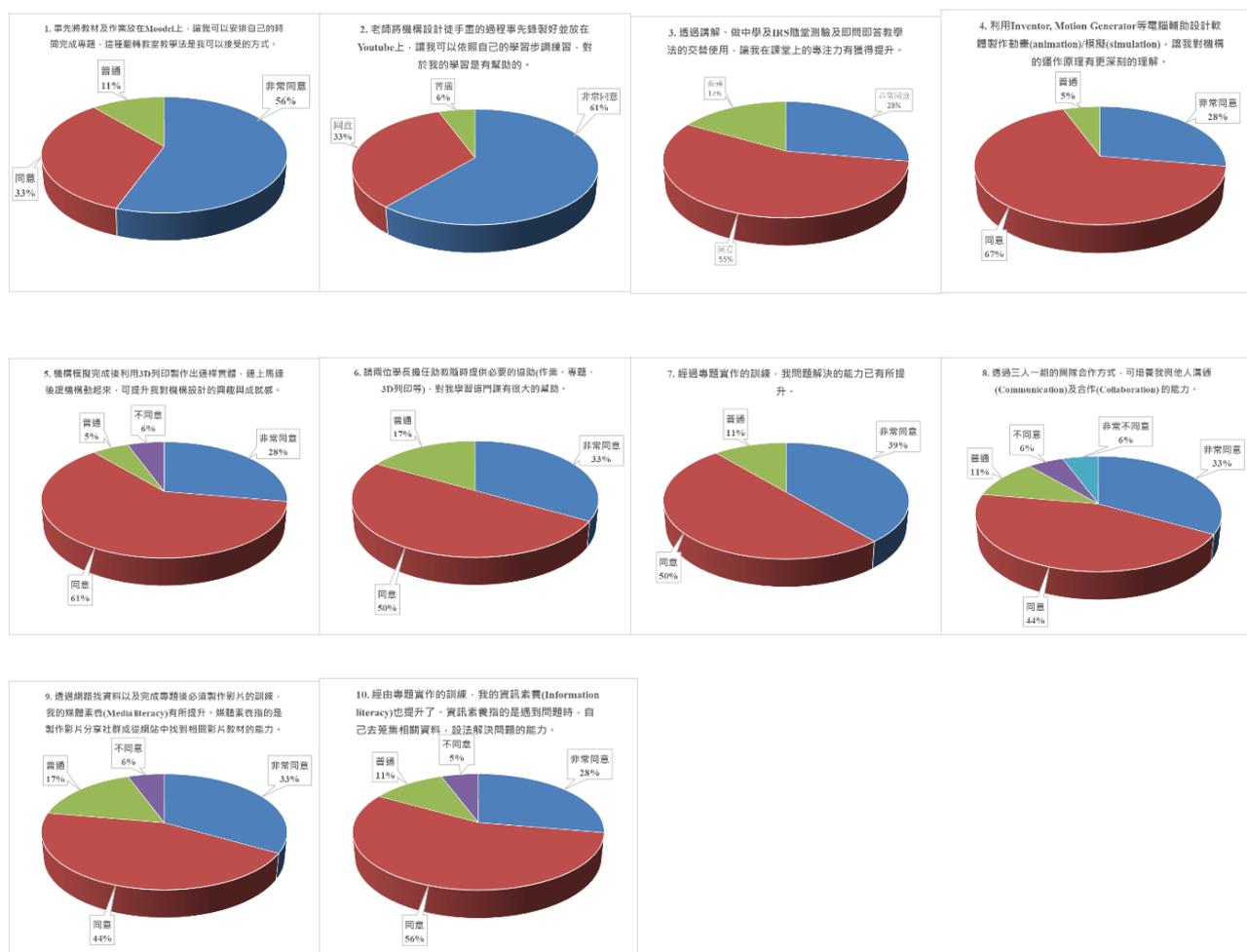


圖七、學生分組完成之期末專題

上課前所有專題及其說明檔已上傳至 CHUMoodle，因此學生在上課之前可以自行下載練習。若提供之資料不足，要求學生必須自行上網查詢，透過此方式可以培養學生的資訊素養 (Information literacy)。課堂上則要求學生在既有的基礎上，加入一些指定的要求，學生如果課前已先練習或先完成初步要求，新增之要求應該是很容易達成的。此外為了讓學生不僅會做也要懂得如何表達，所有專題成果必須利用手機拍攝完成之作品，並適度說明其運作流程及原理，透過此方式可以培養學生的媒體素養。為了避免學生拖到期末才開始動手做，課程安排在第 14 週進行期末專題提案報告。提案報告除了要讓各組提早構思專題外，也可以讓各組知道其它組的內容，避免專題題目重複，萬一題目類似，內容也必須有所不同。期末專題報告時，要求各組互評，每一組必須對其它組提問並評分，此外小組內各成員也必須互評，透過此方式可以培養學生批判性思考的能力。

5.2 學生學習回饋

在課堂上交替進行授課、實作及 IRS 後，學生上課時之學習動機及學習專注度明顯提升了，此外從學生完成之作業及專題，個人認為學生之學習成效已經有所提升。儘管如此，為瞭解學生之真實感受，本研究設計一份匿名問卷「機構學期末回饋單」，以評估學生之學習成果。回饋單包含 10 題單選題及 1 題開放式問答题。在單選題的設計上本研究採用五等級量表，包括非常同意、同意、普通、不同意及非常不同意五個不同強度的選項，統計結果如圖八所示。如圖八所示，非常同意(藍色)及同意(紅色)之合併比率至少都達 77%，多數都超過八成，有兩題甚至超過九成。



圖八、回饋單 10 題單選題之統計結果。

本研究採行動研究法，透過計劃、執行、觀察及反思的循環持續調整教學內容與方法，最後再根據學生表現及問卷回饋結果，評估學生的能力（批判性思維、獨立學習、讀寫、領導力、創造力、合作、溝通以及運用新興技術解決問題的能力）及素養（媒體，資訊）是否有所提升。為了評估本研究之執行成效，在此將「同意」及「非常同意」之比率合稱為認同度，110 年度及 111 年度認同度之數值如表一所列。值得一提的是，第 2 題『老師將機構設計徒手畫的過程事先錄製好並放在 Youtube 上，讓我可以依照自己的學習步調練習，對於我的學習是有幫助的。』及第 6 題『請兩位學長擔任助教隨時提供必要的協助(作業、專題、3D 列印等)，對我學習這門課有很大的幫助。』為 111 年度新增加之教學策略，因此 110 年度之數值標示為 N/A。

表一、110 年度與 111 年度回饋單認同度之統計結果

題號	問 卷 調 查 題 目	認同度(%)	
		111 年	110 年
1	事先將教材及作業放在 Moodle 上，讓我可以安排自己的時間完成專題 這種翻轉教室教學法是我可以接受的方式。	89	82
2	老師將機構設計徒手畫的過程事先錄製好並放在 YouTube 上，讓我可以 依照自己的學習步調練習，對於我的學習是有幫助的。	94	N/A
3	透過講解、做中學及 IRS 隨堂測驗及即問即答教學法的交替使用，讓我 在課堂上的專注力有獲得提升。	83	81
4	利用 Inventor, Motion Generator 等電腦輔助設計軟體製作動畫(animation) 模擬(simulation)，讓我對機構的運作原理有更深刻的理解。	95	87
5	機構模擬完成後利用 3D 列印製作出連桿實體，連上馬達後讓機構動起 來，可提升我對機構設計的興趣與成就感。	89	68
6	請兩位學長擔任助教隨時提供必要的協助(作業、專題、3D 列印等)，對 我學習這門課有很大的幫助。	83	N/A
7	經過專題實作的訓練，我問題解決的能力已有所提升。	89	76
8	透過三人一組的團隊合作方式，可培養我與他人溝通(Communication)及 合作(Collaboration) 的能力。	77	74
9	透過網路找資料以及完成專題後必須製作影片的訓練，我的媒體素養 (Media literacy)有所提升。媒體素養指的是製作影片分享社群或從網站 找到相關影片教材的能力。	77	81
10	經由專題實作的訓練，我的資訊素養(Information literacy)也提升了。資 訊素養指的是遇到問題時，自己去蒐集相關資料，設法解決問題的能力。	83	76

結果顯示題號 4『利用 Inventor, Motion Generator 等電腦輔助設計軟體製作動畫，讓我對機構的運作原理有更深刻的理解。』之認同比率最高，達 95%。認同比率最低的是題號 8『透過三人一組的團隊合作方式，可培養我與他人溝通及合作的能力。』及題號 9『透過網路找資料以及完成專題後必須製作影片的訓練，我的媒體素養有所提升。』僅 77%。比較出乎預料之外的是題號 6『請兩位學長擔任助教隨時提供必要的協助(作業、專題、3D 列印等)，對我學習這門課有很大的幫助。』的認同度並不如預期高，只有 83%。

比較兩年的滿意度可以發現，111 年度的滿意度除了第 9 題不升反降之外，其餘都比 110 年度明顯上升許多。

六、建議與省思

以下就本研究在教學上所遭遇到的實務問題進行說明與省思，並就未來如何應用於教學實務現場之分析進行說明與評估。

- 動手實作對機構學的學習很重要，建議儘量讓每一位學生在課堂上都有機會實作。
- MotionGen 可以用來快速產生動畫，讓學生對機構學習有更深層的體驗，建議多加利用。
- 對於需要在黑板逐步繪製才能取得最後結果的課程，學生不太容易看一次示範就學會，經常會要求老師在教一次。為了避免必須在課堂上重複說明數次，建議將操作順序錄製起來上網，讓有需要的同學可以隨時隨地再看一次。
- 分享示範教學影片的目的是要學生根據自己的時間以及學習的步調，反覆觀看影片直到學會為止。step-by-step 機構設計教學影片上傳至 YouTube，確實可以讓學生的學習不受時空限制，但是對那些不想學的同學還是起不了作用。
- 補救教學可以讓進度落後的同學適時得到幫助，不會輕易放棄，但是對那些不進教室的同學一樣沒有幫助。因此，有必要思考是否有其它方式可以讓那些不想學的學生願意進教室學習。

七、參考文獻

-
- [1] Nielsen J. (1995) Guidelines for Multimedia on the Web. [Online]. Available at: <http://www.useit.com/alertbox/9512.html> (accessed 1 October 2004).
 - [2] Tversky B., Morrison J.B. & Betrancourt M. (2002) Animation: can it facilitate? *International Journal of Human Computer Studies* 57, 247–262.
 - [3] Gonzales, C. (1996). Does animation in user interfaces improve decision making? in *Proceedings of the International Conference in Computer Human Interaction CHI'96* (pp 27-34). New York, NY: ACM Press.
 - [4] Bétrancourt, Mireille & Tversky, Barbara. (2000). Effect of computer animation on users' performance: A review. *Le Travail Humain: A Bilingual and Multi-Disciplinary Journal in Human Factors*. 63. 311-329.
 - [5] Baek, Y.K., & Layne, B.H. (1988). Color, graphics, and animation in a computer-assisted learning tutorial lesson. *Journal of Computer-based Instruction*, 15, 131-135.
 - [6] Craig Nicholls, Susan Merkel & Marcia Cordts (1996) The Effect of Computer Animation on Students' Understanding of Microbiology, *Journal of Research on Computing in Education*, 28:3, 359-371, DOI: [10.1080/08886504.1996.10782171](https://doi.org/10.1080/08886504.1996.10782171)
 - [7] Muhammad Rusli and Komang Rinatha Yasa NEGARA, “The Effect of Animation In Multimedia Computer-Based Learning And Learning Style to the Learning Results”, *Turkish Online Journal of Distance Education-TOJDE* October 2017 ISSN 1302-6488 Volume: 18 Number: 4 Article 13.
 - [8] Kim, Yoon, Whang, Tversky and Morrison “The effect of animation on comprehension and interest”
 - [9] <https://www.stonybrook.edu/commcms/motiongen/about.php>