

【附件三】教育部教學實踐研究計畫成果報告格式(系統端上傳 PDF 檔)

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：PMS1080026

學門專案分類/Division：數理

執行期間/Funding Period：2019.08.01 – 2020.07.31

翻轉教學與傳統授課對學生學習動機、時間投資與成果表現關聯之研究

光學 I、光學 II

計畫主持人(Principal Investigator)：鍾德元

共同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：中央大學光電系

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)：2020.08.10

(計畫名稱/Title of the Project)

一. 報告內文(Content)(至少 3 頁)

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

二十年來一路隨著電腦、電腦遊戲、網路、筆記型電腦、網路遊戲、無線網路、社群媒體、智慧型手機的逐漸普及與滲透，似乎這些電子產品與電子資訊佔用了學生越來越多的時間，也不時的聽到老師口中流傳著學生上課不聽課在滑手機的抱怨，然而，在這種高度資訊流通方便的環境下，傳統的授課方式似乎是越來越難引發學習動機，也因此出現了翻轉教學，雖然當初的目的只是為了讓學生能夠補課，有影片可看。但很快的演化成為回家看影片，在課堂時間進行活動的方式，而課堂活動的安排給了老師更多發揮的空間，使得死氣沉沉的課堂變得活力十足，這種新的教學方式而大為風行！也因為不同的老師使用的方式皆有些不同而產生了許多的執行方法，也讓翻轉教學成為了教學改革的一面大旗。作為一個在意學生的老師，就有責任提升學生的學習動機，本人得知翻轉教學概念後認為是個提升學習動機的好平台，因此至今執行翻轉教學已逾三年且持續改進精進內容，本質上利用了電子資訊的方便性以及學生對電子資訊的黏著性來觸及學生，既然學生喜歡，教學法就配合學生的黏著性，試圖提醒學生也試圖激發學生的學習動機。而課堂活動則讓學生使用手機尋找資料、使用線上工具或程式已完成課堂活動，而不是在上網閒逛。目前為止，學生端的反應大部分是正面的，認為影片可自由選擇觀看時間、可重複觀看的方便性是傳統教學無可取代的。然而，採用翻轉教學的主要目的是激發學生學習動機(Tucker 2012)，目前卻沒有真正了解如此的做法激發了多少的學生學習動機，又讓學生有何種的時間投資的增加，甚至造成了多少表現上的差異，都是令人好奇也是目前還無法回答的。只能說經驗上是正面的而尚未也無法定量評估。

據校務研究結果，本校大學部畢業生及研究所畢業生於畢業問卷調查中，認為自己在大學或研究所階段最需要改進的地方在於時間管理，這樣的回饋對於教學現場的所有老師應該深感認同，在電腦、網路與智慧型手機的干擾下，學生花在學業上的時間似乎越來越少，而高強度的大學必修科目不可能像高中那樣光上課就能夠理解，在過去本人執行翻轉教學的經驗中，大部分的學生是喜歡翻轉教學方式的，然而卻是有學生反映抱怨翻轉教學讓學習花更多時間，這樣的意見始終存在，可參閱附件一教學評量回饋。而仔細計算課程影片時間與課堂活動時間理應不會超過傳統授課方式；另外有學生坦承會以雙倍速度撥放影片，則更不可能會超過傳統授課時間。然而，希望學生能花時間去學習（課前預習，課後複習）本來就是教學上認為學習必然要投入的成本。另外，在沒有強制下，學生會花更多時間學習有可能是動機改變，因此亦希望能夠釐清是否翻轉教學能提升學生學習動機；因此對於學生是否因為翻轉教學而真的增加學習動機，進而投入更多的時間，以致獲得更好的成績與成果成為某些躊躇不採取翻轉教學法的老師所質疑的部分。而老師端在教學經驗上也有各種關於學生動機、時間投資、成績成果與表現的猜想，然而這些猜想皆為定性描述，聽起來似乎是合理的，但是缺乏量化的證據。因此，本研究希望能以本人的翻轉教學為平台，對同一批學生同時修習其他必修科目，藉由翻轉教學要求學生每周回饋，建立量化評估比較並釐清學生在主觀客觀上花在翻轉教學課程與非翻轉教學課程上的學習動機、時間投資及成果表現差異。希望能夠了解教學端的猜想是否合理，做為以後研究之工具與方向，並試圖作為更細緻化的學生教學基礎。

儘管翻轉教學被認為有許多的好處，在刺激學生學習動機上是正面的，也有許多的教育者不吝分享經驗鼓吹這種新式的教學方法，教育當局也試圖推動翻轉教學於各級教學，然而仍有許多的老師不願採取，而反對的理由最直接的是無法確認規範學生是否有看影片；課堂

練習題目太少；無明確證據翻轉教學優於傳統教學；某些科目不適合使用翻轉教學；其他理由則歸類於技術性及教師本身的慣性。

儘管本人經驗上認為翻轉教學在許多方面是優於傳統授課方式，然而僅有定性陳述，缺乏定量根據，因此難以說服其他老師；再者，始終有學生抱怨反映花在翻轉教學課程的時間比其他非翻轉教學課程要多，也有學生承認會以二倍的放映速度來觀看影片，甚至有學生承認不看影片，以至於課堂活動無法執行！這點的確是翻轉教學最大的挑戰。另一項學生對翻轉教學的抱怨是看課程影片有問題時無法問老師，這點也是本計畫要釐清的問題，因為根據實施傳統授課方式時幾乎沒有遇過學生會在課堂上直接問授課老師，最多是下課後詢問。

然而仔細計算其實會發現翻轉教學會花更多時間的陳述很有問題，如圖一所示，單一授課單元以傳統授課方式為課程 50 分鐘，而老師期待學生在課後會花大致相等甚至更多的時間去看課本或尋找資料，最後期待學生能完成作業，由於作業通常為一個完整章節結束後的練習，因此估計約一單元作業分量需要一小時。以此計算同樣的單元以翻轉教學通常因為影片直接講述，不會有額外的題問與回答、或是題外話，因此通常單元影片會介於 30-40 分鐘，而期待的課後複習與唸書仍維持為一小時，然而課堂練習與傳統授課時間長度一樣是 50 分鐘，因此本質上翻轉教學是不太可能使用超出傳統教學真正使用的時間，因此學生抱怨花比傳統授課更多時間應有其他原因，這也是本計劃中試圖了解的問題。目前猜測有幾項，其一是傳統教學的作業部分真正用功的學生會花相當的時間去做，但是一但有「版本」後，抄襲作業就開始出現，以至於抄襲的學生並不需要花相對應的時間。另一項猜測是學生重複看影片中未看懂之部分，若為此原因，則正是利用到了翻轉教學的優點，這反而是正面的。



圖 1、傳統教學與翻轉教學理想上單一授課單元時間分配

2. 文獻探討(Literature Review)

過去的研究者的確期待將學生的學習表現與各種可能的影響因素連結起來，但大多都是經驗陳述或定性陳述，而相關的研究在分類上屬於行為學、認知心理學等領域，再研究表現，比如 1908 年提出的 Yerkes-Dodson law 如圖 2，描述動機強烈程度跟表現的好壞關係，是有一個最佳的表現值(Yerkes 1908)。類似這樣的圖形其實使有所見，然而其表現方式像是數學函數，然而沒有明確的數學意義與可以對照的模型。

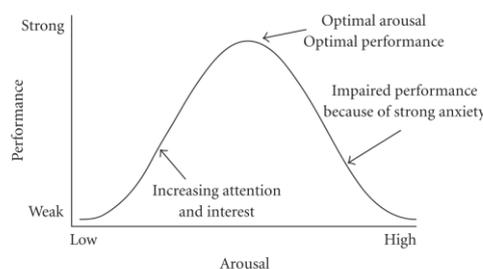


圖 2、Yerkes-Dodson law，說明表現與動機之關聯

定量的模型是相當困難的，原因主要因為人類行為的複雜程度極高，參數極多，且個體差異甚大。然而定量模型的渴望其實一直沒有消失，早在 1955 年 Maier 就提出表現(performance)與能力(ability)及動機(motivation)相依而因此提出 performance formula 為(Maier 1955)

$$\text{Performance} = \text{Ability} \times \text{Motivation} \quad (1)$$

1959 年 Fleishman 提出動機不會加在技能(Skill)上，而是對技能有相乘之效用。而認知領域的研究者再藉由研究老鼠行為模型中建立動機的數學模型，較常被引用的是 Atkinson 提出對成就取向的行為的動機可表示為(Atkinson 1964)

$$\text{Motivation} = \text{Expectancy} \times (\text{Motion} \times \text{Incentive}) \quad (2)$$

其中 expectancy 是個人主觀認為成功達成目標的機會，motion 為行動，incentive 為獎勵。而後 Vroom 於 1964 年提出強制表現(Force to perform)表示為(Vroom 1964)

$$\text{Motivation} = \text{Expectance} \times \text{Valence} \quad (3)$$

其中 Valence 為達成目標的價值。

Seck 試圖整合 Maier 與 Vroom 的概念，加入情緒及能力轉換成表現上限的非線性行為及向量分析(Seck 1968)；這份研究提出相對其他研究概念要複雜的數學形式。上述的這些研究以數學的觀點來看是相當混亂的！然而，這些公式本質上只能說大體上提供了一個非定性的陳述方式，然而那些數值不見得有明確的意義。但許多的研究認定動機高會有較佳的參與程度並產生較佳的表現(Kuh 2001, Kahu 2011, Trowler 2010)。

對於學生時間投資在學習上對表現的研究並不多，Plant 的研究指出單純的以投資時間長度並不是預測大學學生成績表現的好指標(Plant 2005)。此研究提出模型加入學生先前的知識與技能造成的影響，換言之，學習歷程的累積也必須要考慮。時間管理(Time management)顯然是大學生需要改進的地方，不佳的時間管理會使得學業成績受到明顯的影響(Dipboye 1990)。這些關於時間的研究基本上都沒有數學模型，大致上都是以問卷統計的結果作說明。Duckworth 的研究提出了自我紀律(self-discipline)是對青少年學術成就的預測指標比使用智商還好(Duckworth 2005)！這些研究說明了個體差異也必須列入考慮，

2015 年 Bulent Alci 試圖建立一個數學模型描述自我效能(Self-efficacy)、內在動機(Intrinsic motivation)及外在動機(Extrinsic motivation)造成學術表現(Academic performance)之因果關聯如圖 3 所示，資料蒐集以 Science Motivation Questionnaire (SMQ)問卷形式對 169 位修習普通化學(General chemistry)的學生進行研究，發現外部動機對學術表現沒有顯著關聯，但是內在動機與自我效能是顯著相關的影響學術表現(Bulent 2015)。

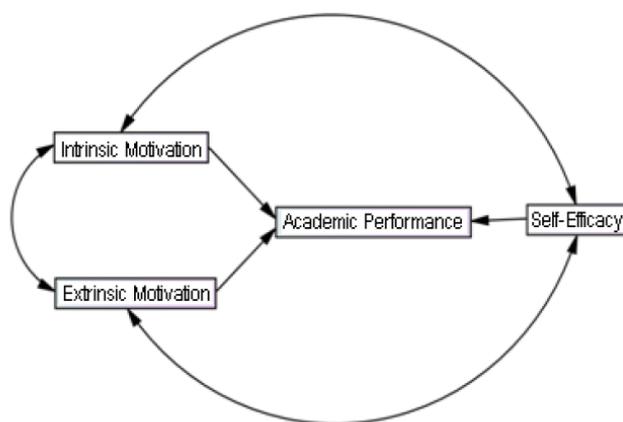


Figure 1. The tested model.

圖 3、Bulent 提出之學術表現模型

另外還有一項被認為影響學生成果的因素是參與程度(Engagement)，一般而言目前以認定學生參與程度越高，學業成果表現會越佳(Kuh 2001, Kahu 2011, Trowler 2010)，而這正是翻轉教學最大的優勢(Gilboy 2015)。

以上這些研究大部分使用問卷方式提供主觀的自我評估，然而通常只給一次性的問卷調查，因此缺乏學習歷程的資訊；就定量的數學模型而言，參數之間的關聯幾乎都是序列式的，甚至單向的，換言之學業的表現會刺激學生的動機這件事其實是沒有被考慮的，然而這點似乎是在教學現場的觀察到是正相關的參數關聯。因此，本計畫希望能提出一個定量的數學模型，結合教學現場所得到之經驗，設定與動機、成果相關之參數，建構在翻轉教學簽到回饋平台上以每週一次的回饋建立相關參數的數據，最終試圖建構出參數間定量模型的關聯，以期釐清教學經驗之可靠性，做為日後及其他教學研究之基礎。

3. 研究問題(Research Question)

4. 研究設計與方法(Research Methodology)

大致上在大學教育現場的老師幾乎都認定學生的學習動機會影響最終成績表現，然而一般也認定需要有好成果表現需要投注夠多的時間；在教學經驗中，成績表現較佳的學生通常自己會認定對此科目為“有興趣”，換言之學生有較佳成績者有較高之學習動機。然而顯然學生的個體差異會造成時間投資的長度差異，也會造成評量中的表現差異。再者，課程內容的難易度亦會影響時間投資的長短；評量的難易或需要使用到的能力亦一定會造成成績表現的差異。對於持續低表現的學生，會越來越傾向低學習動機，可被認為是動機上的慣性。時間投入與知識能力的累積並非正比，通常學習時間越長，知識增加的越慢，在此後稱為學習時間的飽和效應。對於時間投資上，學生似乎有明顯再大考前夕投資較多時間的傾向；另外，越接近學期末，學生的時間投資會降低。以上皆是教學現場觀察的結果，大致可以寫下如表 1 中之陳述與相關因素的定性關聯性，然而並無確切數據支持。因此，如能定量的完成學生行為的模型，將有助於觀察、分析、預測學生之表現，並有機會進行補正與更為精緻的教學改進。

表 1、教學經驗陳述之參數關聯性表示

教學經驗陳述	因素關聯性 (因, 果)	備註
學習動機越強，成果表現越好	Motivation↑, Performance↑	
花越多時間，成果表現越好	Time investment↑, Performance↑	
越聰明的學生，不需要花太多時間唸書	Individual↓, Time investment↑	聰明被認為是某種個體差異
課程難度越高要花更多時間唸懂	Difficulty↑, Time investment↑	
考試越難，成績越差	Evaluation↑, Performance↓	
有些學生就是比較會考試	Individual↑, Performance↑	會考試也被認為是個體差異
表現越好的學生，學習動機越強 考試一直考不好，最後就放棄了	Performance↑, Motivation↑,	動機的慣性
越到學期後期，學生越沒動力	Time↑, Motivation↓	此時間與時間投資不同
學生說有唸，但是考出來就是沒唸懂	Time investment↑, Evaluation -↑	評量結果與時間投資不正比

然而對於已經經過指考或學測篩選過而進大學的學生而言，個體差異應該可以被暫時擱置。而動機、時間投資、成果與表現之間的關聯根據教學現場經驗的猜測上應如圖 4 的非線性正向回饋循環關聯，也因為是正向回饋，這三項因素皆會成為每次循環的函數，另外，起始條件亦會影響最終的成果與表現，本研究希望能夠建立簡單的數學模型來描述追蹤學生這三項參數在課程過程中的變化與連結。也期望能提供量化的指標來評估翻轉教學、傳統教學或其他教學方法在整個學習過程中的變化。

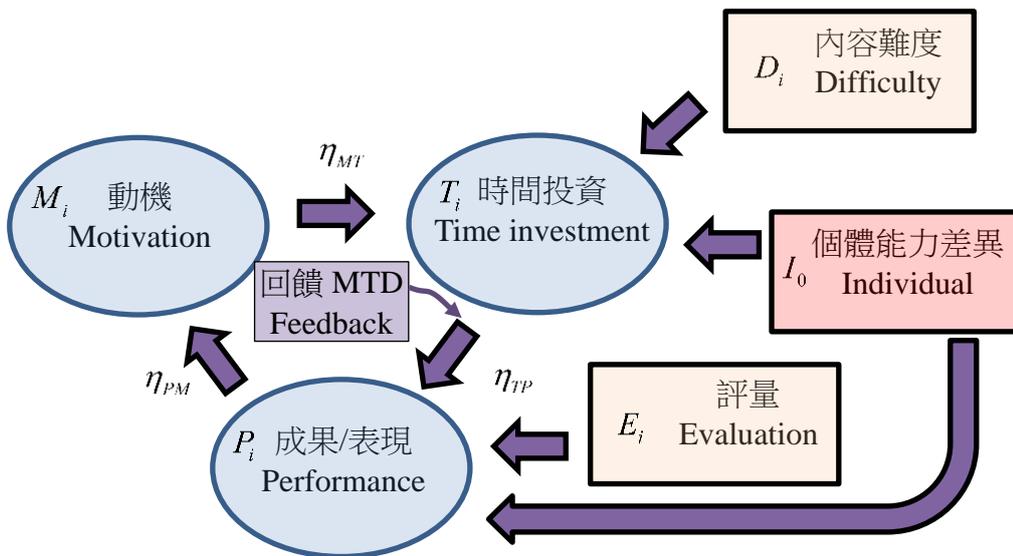


圖 4、動機、時間投資、成果與表現循環及課程內容難度、個體差異、評量之關聯

目前假設此循環由動機開始， i 為循環次數， M 為動機強度， T 為使用時間(單位小時)， P 為成果表現(單位為成績)，這三項參數間的轉換係數為 η ，以相關參數為其下標。每次課程內容難度為 D ，個體能力差異為常數 I_0 這兩項參數會影響時間投資及成果表現。初步猜測之關聯可能可以下列方程式描述：

$$T_i = \eta_{MT} \cdot \left(\frac{D_i}{I_0} \right)^\alpha \cdot (M_i + m M_{i-1}) \quad (4)$$

$$P_i = \eta_{TP} \cdot \left(\frac{I_0}{E_i} \right)^\beta \cdot T_i^n \quad (5)$$

$$M_{i+1} = \eta_{PM} \cdot P_i - \gamma \cdot i \quad (6)$$

其中 m 應為小於一之參數，希望以此描述動機隨循環次數的慣性，此數值越大表示學習歷程的經驗影響越大； n 為小於一之參數，希望可以之描述學習時間的飽和效應，此數值越大表示花越多的時間能造成的獲益越小。第(6)式第二項試圖描述隨時間接近期末投資時間下降。部分數據可由學生問卷自評獲得，如時間投資 T 及動機強度 M ，表現 P 則由評量獲得，課程內容難度 D 由授課老師與學生回饋混和判定。評估之難易或使用能力等級將試著以 2001 年版 Bloom's taxonomy (Krathwohl 2002) 對學習之分類之階層如圖 5 所示，由老師與學生混合判定，執行細節將參考 Crowe 之研究 (Crowe 2008)。其他參數則由學期結束後最終統計結果決定，甚至改變模型與方程式描述方式。此模型大致上包含了各種在教學現場觀察的定性現象並試圖以定量的方式描述。對於每一個學生而言個體能力差異 I_0 應可視為定值，每次課程內容難度 D_i 與評量 E_i 是一致的，動機 M_i 、時間投資 T_i 及表現成果 P_i 每次循環都會變動，而三個轉換效率則為常數。而對於不同科目但同一位學生而言，目前猜測三個轉換效率應相同，但其他參數皆不同。而個體能力差異可能近似。

Bloom's Taxonomy

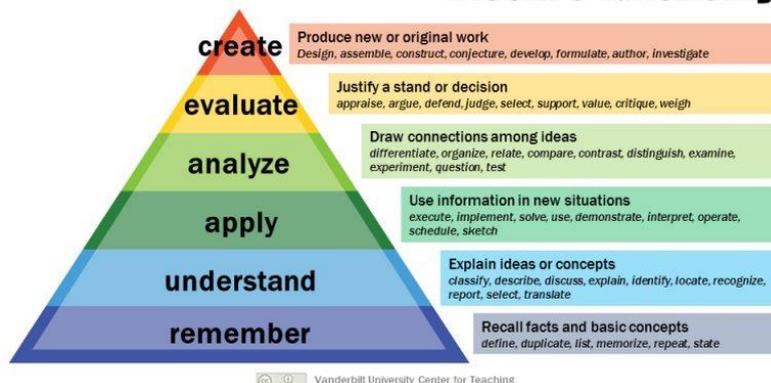


圖 5、2001 年版 Bloom's taxonomy 認知域(cognitive domain)分類

本研究主要將以中央大學光電系大二及大三必修課光學 I、光學 II 翻轉教學為平台，以修習這兩科的同學為研究對象，因為光學為必修課，這些同學同時會修習電路學、電子學、電磁學、近代物理必修課，而這些必修課皆為傳統授課方式，因此藉由每周回饋蒐集紀錄學生自評之動機、評估課程內容難度、時間投資等數據，於期末再行分析並修正模型中各項參數之關係式，最終驗證猜想。

如果此模型可以大致成功描述學生動機與表現，這些參數則提供了細緻描述學生行為及觸發動機的方法，因此將有機會將有機會鑑別出學生的個體差異，甚至提供更為細緻的個人化增進動機方法，亦有機會進行起始條件的研究。而翻轉教學是否能更有效的引起動機？翻轉教學是否比傳統教學會花更多時間學習？翻轉教學是否能提昇學習成效？這些問題也都有機會在這個研究計畫中釐清。

表 2、每周簽到、提問、回饋 MTD 表單問題，在此以光學 I 及電磁學為例

項目	說明
1. 姓名學號	
2. 對於本次光學課程內容請提出一個問題	
3. 我這周對光學 I 的學習動機如何(1-6)	1. 為沒動機, 6 為非常熱切
4. 我認為這周光學的難度是(1-6)	依照 Bloom's taxonomy
5. 我這周花了多少時間來唸光學 I	小時為單位
6. 我這周對電磁學的學習動機如何(1-6)	1 為沒動機, 6 為非常熱切
7. 我認為這周電磁學的難度是(1-6)	依照 Bloom's taxonomy
8. 我這周花了多少時間來唸電磁學	小時為單位
9. 這周有什麼特殊的事情想要說明?	

由於本計畫使用光學 I 及光學 II 翻轉教學為研究平台，以下針對目前這兩門課實施方法進行說明，執行上整學期的規劃大致如圖 6(a)所示，於學期初宣布課程進度、評分規則、學習紀律，並讓學生簽署並說明教學研究同意書；學期中以周為單位分成多個教學單元，每課程單元蒐集一次本研究所需之資料，整學期課堂討論分組分四次，期中考、期末考各一次。期中考前宣布期末挑戰計劃(Challenge project)題目，期末舉辦討站計畫迷你研討會(Mini-conference)。期末進行蒐集教學研究資料之分析。

單一課程單元內隨時間執行工作配置細節理想上如圖 6(b)，工作分為教授、助教、學生三方，課堂外全部於電子平台上執行，包含 Youtube、google sheet、Facebook，課程初始為教師錄製影片，影片完成後上傳 Youtube 並發布，同時助教製作題問回饋表單，而後學生觀看影片；學生看完影片後於上課前提出問題並回饋本研究要求之資訊，包含各課程之自評動機、課程內容難度、時間投資等定量評估以及定性評述。於上課前，教師規劃設計課堂活動並通知助教。課堂活動時先由教師公布活動題目內容，學生分組討論執行，助教及教師協助引導學生討論。於課堂活動後段為本次課堂活動之檢討與討論，由學生上台說明，老師主

持。課堂活動結束後，教師回覆學生提問，完成後公布於 facebook 上之討論群組。最後由學生觀看老師回覆之學生提問。Facebook 平台則可直接讓三方互動。

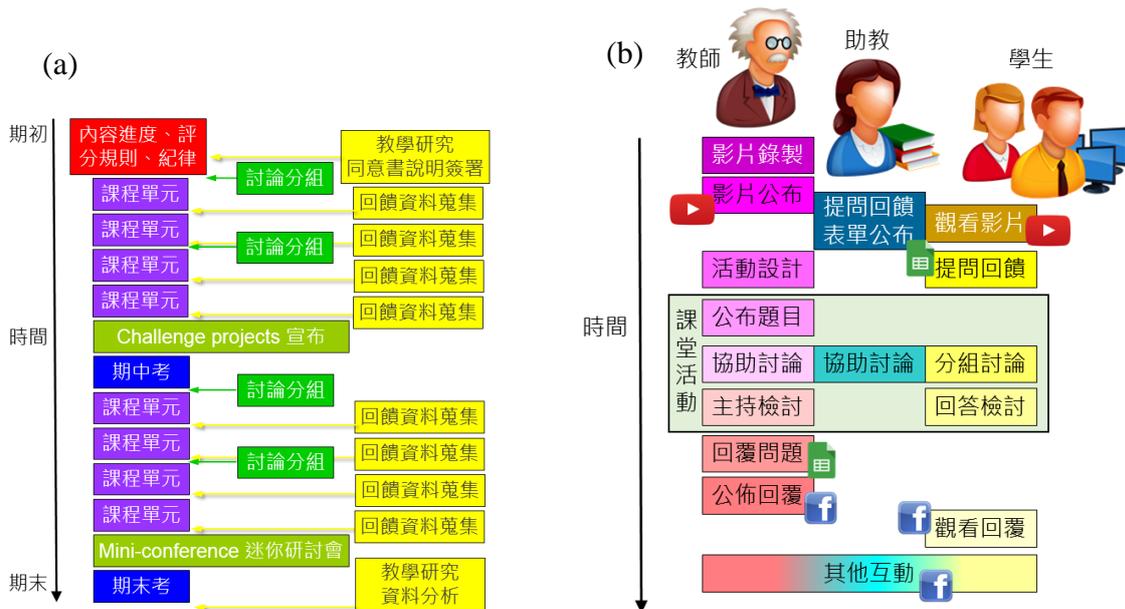


圖 6、(a)光學 I、光學 II 翻轉教學學期概略時程及(b)單一課程單元細部執行與工作配置
以下分別就光學 I 及光學 II 翻轉教學各項工作細節進行描述，

翻轉教學之概念於 2007 年開始於美國高中教學開始流行，而當時的發想僅是為了幫缺席學生補課，進而逐漸發展成為影片與課堂活動之模式(Tucker 2012)。約 2013 年於台灣開始發展，是為相對新穎的教學概念，而對高等教育端而言，翻轉教學並不見得是容易執行的，然而翻轉教學的本質上仍然是教學，不過由於把上課時間改為課堂活動，使得學生與老師間的互動增加，因此有了一個新的機會讓學習變得更多樣(Bishop 2013, Kim 2014, Abeysekera 2014)，老師能夠給與學生更多的可能性，Sams 亦提出翻轉教學的核心並不是影片，而是讓老師思考要如何更有效的利用上課時間，讓學生能夠更深入的思考，達成自主學習(Sams 2013)。也因為再次以學生學習為中心發想，使得學生的動機能夠更加提高，而如前所述一般認為學生產生動機後參與程度才會越高，參與程度高的學生的整體表現會更佳。而現在電子平台於移動裝置的普及，也讓翻轉教室的活動與交流越來越有機會趨近學生容易觸及與黏著的平台，也使得學生有更高的動機與意願學習。

本人進行光學翻轉教學已進入第四年，執行方式簡述於下：

1.翻轉教學：預先錄製教學影片，每次課程影片約 30-40 分鐘，目前皆以放置於 Youtube 上，本週課堂活動結束後即於 facebook 上公布次週影片進度與影片連結網址。要求上課前學生自行找時間觀看。影片內容將投影片與老師授課情形同步並陳如圖 7、圖 8，此二截圖皆為藉由上次計畫補助而建立之光學 I 課程內容影片，其中圖 7 為光譜與顏色範圍，為自編課程內容。如此影片錄製方式學生可以同時看老師上課與投影片，投影片內容於每章開始前也以電子檔形式給學生，因此學生可以於觀看影片時做自己的筆記。

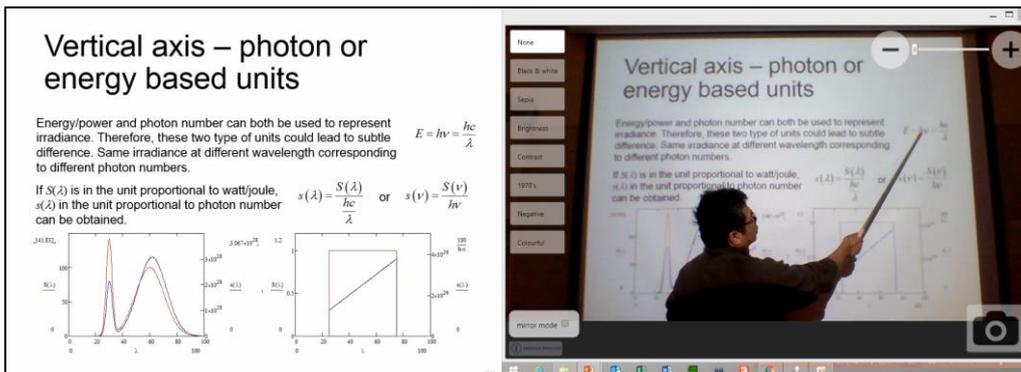


圖 7、課程影片範例，左側為高解析度投影片內容，右側為上課螢幕，兩邊同步，學生可以輕易看到老

師在討論的部分。

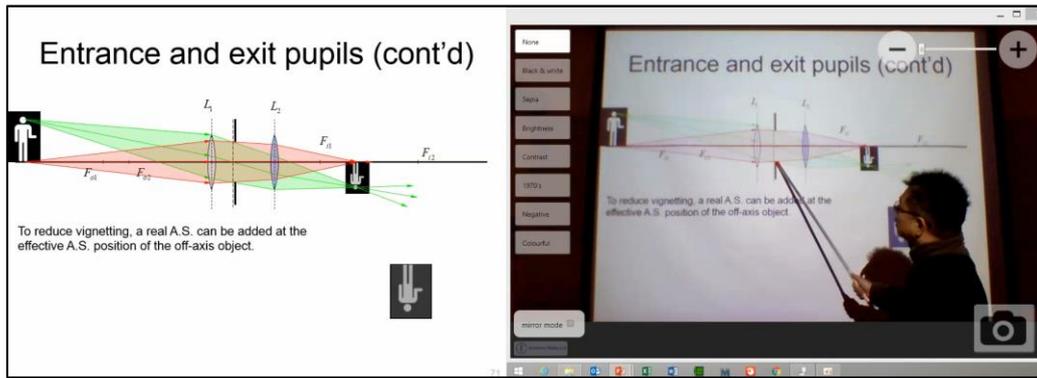


圖 8、課程影片範例，就如同上課時演示，使用大量自製動畫說明。

2. 簽到、提問、回饋 MTD：學生在看完影片後與上課前被要求要提出對課程內容之問題，並且要對自己的表現評分，此作法有多重目的，其一在給學生一個壓力要在課前看影片，也要求學生要思考學習問題，也練習學生書面表達能力如圖 9。其二為本計畫中最重要的資料蒐集，要求學生回饋自評動機(M)、投資時間(T)及評估本次課程內容的難度(D)內容大致遵循表 2。這個表單建立於 google 表單(form)平台上如圖 10，學生被要求上課前一天晚上要填寫，這部分也列入成績計算，以確保學生會填寫回饋，這部分也是本計劃最核心的部分，因為每週學生都必須提供對於光學及另外一門甚至兩門必修課程的自我評估，某種程度上，這樣的每週填寫有可能造成學生自覺自身的動機及時間投資的變化而影響其行為。這些對於課程 MTD 的回饋將會合併課堂練習成績及各種評估方式的成績，到學期結束後再進行資料分析，建立數學模型。提問部分可在 google spreadsheet 平台上整理成完整且容易處理的格式如圖 11，以這種方式可以讓學生願意問問題，而不會因為害羞而不敢提問，不再像是傳統上課方式老師問學生有沒有問題時台下一片安靜！這種方式可以立即性的發現學生不了解的地方，並進行回答。回答是最耗費時間的工作，將 google spreadsheet 之問題部分剪下於 word 中編輯回答如圖 12，糾正學生邏輯、語意與錯字，最後貼上 facebook 讓所有同學都可以看到有那些問題跟老師的回答。

圖 9、簽到、提問與回饋 MTD 表單的簽到與提問部分

Section 2 of 2

MTD回饋

回饋這週的學習狀況

我認為這週我的光學學習動機

1 2 3 4 5 6

完全沒力 非常積極

過去這週這週我花在光學的時間(小時為單位)

Short answer text

這次光學進度的難度我認為是

1. 我沒看-無法評估
2. Piece of cake
3. 還算簡單
4. 普通
5. 看完要想一下
6. 有點難度
7. 天書

我認為這週我的電磁學學習動機

圖 10、簽到、提問與回饋 MTD 表單的回饋 MTD 部分

Ch.08 - 02.03 簽到 (回應)							
	A	B	C	D	E	F	G
1	時間戳記	Name	Student ID	看完本週影片後，你有什麼問題想要提出來呢？			
2	2018/11/17 下午 12:21:02	林德如	104208504	投影片第16頁-theta怎麼變成angle frequency 的			
3	2018/11/17 下午 2:17:33	陳柏廷	105206510	投影片p.18有個論微波的偏振元件，金屬絲與金屬絲之間空隔很大，微波在偏振方向平行金屬絲的時			
4	2018/11/17 下午 4:17:47	胡楓	105206601	在用Huygens's Principle解釋Birefringence的部分中，書上355頁有提到如何決定ray direction ("pa			
5	2018/11/17 下午 6:25:16	高爾維	104206021	根據投影片P.30~32可知，在投影片P.28中右下角的圖，o-ray與e-ray在Calcite中所偏折的夾角取決			
6	2018/11/17 下午 8:15:33	劉均皓	105206006	講義p30在說明e-ray部分，為何平行光軸的偏振分量基的波速原基跟o-ray相同，垂直分量基比較快			
7	2018/11/17 下午 10:08:48	呂育勝	105206015	PPT第13頁，右邊那張圖是什麼？導數不應該是切線方向嗎			
8	2018/11/17 下午 10:24:22	曾致翰	105206014	為什麼p.16 能量的時間率為什麼會等於力矩乘上角速度 這個概念有點太抽象了			
9	2018/11/17 下午 10:31:13	呂育勝	105206015	請問所有的polarizer都是因為自由電子的吸收，還是只有金屬絲的polarizer而已			
10	2018/11/17 下午 10:34:37	楊家暉	105206508	第二部影片4:30秒時，如影片使用一個polarizer加上一個analyzer的結果不就是等於直接使用第二片			
11	2018/11/17 下午 11:11:43	呂育勝	105206015	為什麼PPT19跟22 在偏振片方向相同時，一個是吸收一個是穿透？			
12	2018/11/17 下午 11:31:10	劉均皓	105206301	光軸是電磁波傳遞能量方向，33:00的圖，poynting vector(傳遞能量的方向)怎麼會和光軸垂直			
13	2018/11/18 上午 11:15:16	蔣文皓	105206504	對於左、右旋偏正定義，是指當固定z增加時看的偏正旋轉方向，還是z固定以增加時看的偏正旋轉方			
14	2018/11/18 下午 12:42:26	阮思倫	105206008	在投影片第24頁，是什麼原因造成了電子雲在不同的方向上有不同的彈力常數？是否和沿方向上積			
15	2018/11/18 下午 12:55:30	林志宏	104208507	請問雙折射晶體的光軸有沒有可能因為入射電磁波頻率的不同而有所改變？			
16	2018/11/18 下午 2:26:59	黃子豪	105206001	1.p16 老師說最後得到的L是電子吸收光子產生的角動量，又該即是每個光子的角動量，所以電子跟			
17	2018/11/18 下午 4:57:18	陳育孝	104206209	在ppt第19頁針對紅外線網格為什麼不用像18頁對微波的網格一樣是穿透的？連在一起的網格為何			
18	2018/11/18 下午 5:49:40	李軒賢	104206005	當光東射入週期性排列的晶體也會同時發生繞射嗎??			
19	2018/11/18 下午 7:18:55	吳煥榮浩	105206024	圓偏振光的光子有角動量，其物理意義為何？			
20	2018/11/18 下午 7:41:56	賴庭哲	105206503	polarizer 只能使用金屬材質製作嗎？			

圖 11、Google spreadsheet 將學生簽到、自評、提問題整理成方便使用的表單

Ch.5 – 11 12 (05/02) feedback

紅字部份是我的回覆, 黃色 highlight 的部分是錯字, 淡藍色 highlight 是不精確、語意不明或不合邏輯的陳述。

回覆時間 ~3hrs.

當有加速度時, 光路徑看起來被彎曲。

跟以前學到的光的直進性是否有衝突?

不算, 因為以前沒有討論重力場。

為什麼面鏡不會像透鏡一樣有像差?

當然會, 像差是下章內容。

Principle of Equivalence 的討論中, 在電梯外發出的光源應該也會有同樣的速度, 才能照入電梯中, 所以第二個圖片中光線為什麼不是水平線而是斜直線, 第三張為什麼不是斜直線而是拋物線?

看清楚, 一個是等速直線運動, 一個是等加速度運動。

在拍照按下快門的時候, 反射鏡會往上收起來, 簾幕拉開讓偵測器可以偵測的成像。那所謂的長時間曝光是指簾幕拉開的時間較久讓隨時間變化的像一直呈現在偵測器上嗎?

是。

1. 請問針孔不是都會有繞射的情形發生嗎? 那要如何得知繞射的情形是否明顯?

是, 看偵測器或眼睛能不能看到繞射現象。

2. 請問 afocal system 與 confocal system 有何差別?

Afocal (共焦)

圖 12、對學生提問的回答, 糾正學生的邏輯、語法錯誤與錯字。貼在 Facebook 上所有人都可以看到同學的提問但提問的人姓名不會列出,

3. 練習問題設計：課堂開始時會公布當天要討論的問題如圖 13，題目與該次影片內容相關，討論的問題有四類：a. 傳統題目、b. 實驗題目、c. 整理題目、d. 集體思考。傳統題目就如同一般作業計算或公式推導；實驗題目會要求學生用手邊可找得到的資源動手做一些簡單的實驗，練習思考、應變與動手圖 14；整理題目出現在每章結束時，要學生提出整章之核心、重要概念、設計實驗運用學過的概念等等；集體思考問題通常是有較高的難度的問題，由老師主持討論，引導同學逐漸將一個問題拆解成小問題逐步回答。一般而言每小時討論一個題目。然而題目難度不能僅需要找到公式帶入，必須要讓同學能討論，強烈要求學生“Think before you act!”，要學生充分討論後再寫、再開始執行實驗，避免像無頭蒼蠅一樣亂試。

Ch.B – Ex03

Think before you act.

Observe and think

- You are handed red, green and blue cellophanes. By stacking them in various ways and testing with different light sources...
- Make a plausible guess of the absorption spectra of red, green and blue cellophanes.
 - $A_R(\lambda)$, $A_G(\lambda)$ and $A_B(\lambda)$
 - Try to plot the postulated spectra with proper labels.
- Explain why you have such guess.

Think carefully and thoroughly

Logical, sequential and complete statement

50 mins discussion
 10 mins quiet time/writing
 10 mins break
 20 mins answer
 5 mins grading

圖 13、課堂練習題，此練習範例為自編教材中光譜與色彩章節部分讓學生以彩色玻璃紙做實驗，猜測光譜行為，為一個動手做的練習

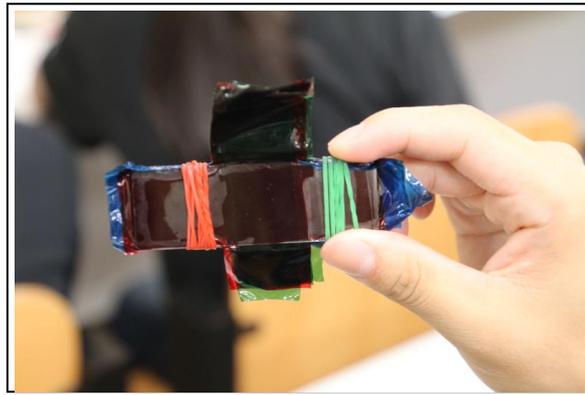


圖 14、學生於課堂上之實驗練習，用彩色玻璃紙製作光學濾鏡

4. 課堂練習與分組討論：課堂流程大致依序為公布練題目、討論、執行/作答、解說、評價。大約每 15 個學生要有一個助教引導協助討論，學生分組每組最多三人，一學期總共換三次組，組員決定早期由亂數決定，不讓學生自己決定夥伴的策略是希望學生能試著多接觸人，多認識人，跟不熟、甚至不合的人合作，學習工作人際關係；另外，也讓轉學生或外系生有機會融入，多認識人。期中考後由期中考成績以成績高與低者配對，這樣的設計也希望能達到理解能力好的帶領理解能力不足者討論。如為書寫之練習題，則會安排 5-10 分鐘之安靜時間，名為讓學生整理討論的結果變成文字，實為避免學生互相抄寫並形成流程上的斷點。完成作答交換批改，抽籤決定由哪位同學上台解說，由老師主持控場，補充講解缺陷，目前最後由學生設定評分方式。這些活動的成績通常不會差異太多，因為學生會選擇對大多數人有利的評分方式，但在本計畫中，預計將由授課老師設定評分方式，並共同與學生討論判定練習的難度，而這個共同評估的練習難度及學生的練習成績與成果同樣將仔細記錄，等到學期末再進行數據分析及數學模型建立。

5. 電子平台互動：由於目前手機、網路與社群媒體成為學生獲得資訊之主要通道且黏著性極強，因此透過他們熟悉的平台更容易接近學生，本計畫中使用三種電子平台：LMS 提供影片與書面資料的儲存空間；Google 表單提供提問與回饋填寫與資料整理；Facebook 提供交流溝通與宣布事項平台，其中最大的優點是知道公布的資訊被哪個人閱讀，有極佳的時效性。也能在這個平台上討論、貼圖、共享文件如圖 15 與圖 16。學生似乎也比較喜歡這樣溝通。充分利用電子平台的好處，然而目前學生有轉向 Instagram 與 line 的情形，若大部分人不再使用 facebook 平台，本季花將可能切換到其他電子平台。



圖 15、Facebook 上助教要同學簽到回饋，下方是同學投票約時間上額外的課程。



圖 16、同學在 Facebook 上與老師討論互動

6. Challenge projects 挑戰計畫

挑戰計畫分成 Mini-challenge project 與 Challenge project，兩者都是有一定難度的題目，需要學生花時間去完成，可能為一些理論推導、數值模擬或者實驗展示，也有可能包含多樣的能力組合與其他學科學過的知識，是一個小型的 problem/project based learning 過程。這些 project 必須是學生需要自己去探索一些知識的題目，但核心是課程內容曾教受過的。Mini-challenge 的難度大約是 2-8 小時的思考與工作量如圖 17，Challenge 的難度大約是 20-40 小時的思考工作量，期中考前後宣布 Challenge project 的題目，過去的 Challenge project 題目從去年最初的 3 個，發展到上學期光學 I 有 9 個不同題目，這學期光學 II 也有 9 個題目，這些題目每次上課也增刪改變！讓學生可以選擇自己有信心做出來的題目。這些 challenge 都是以個人為單位，不允許合作一個 challenge project 但不反對討論。對學生的誘因是加分與成績，Challenge project 以競賽方式加分，包含快速完成、最佳理論、最佳模擬、最佳實驗、最佳報告... 等等，分別有名次可加分。每個人的 challenge project 要做成一個 ppt 上傳到 EE 系統或 google drive 上。





圖 17、上學期光學 I 的 challenge 加入製作光學教學影片之 challenge，讓學生設計實驗拍攝解說彩虹的幾何光學成因，使用玻璃小球模擬下雨的水滴，放在 Youtube 上讓同學觀看。

7. 迷你研討會：Challenge project 以競賽方式讓學生有更高的動機去競爭及展示自己的能力，因此於學期末安排 Challenge project 的發表會，分成三間教室由助教主持，讓各 challenge 於競賽項目上有名次的人可以發表給其他同學聽，並展示他們的成果、回答同學的問題，其他同學則可以自由於各個教室間去選擇想聽什麼樣的展示。

8. 考試方式：考試方式目前仍以筆試為主，然而考題沒有考古題，另外加入操作與實驗題目，讓擅長於操作的學生有機會表現其長處。

光學 I 及光學 II 之翻轉教學設計了許多課堂活動，其最重要的目的就是在增進學生的學習動機，但是增進動機目前僅有學生定性的回饋是正面的，沒有真正能定量的資料。而同時間其他必修科目為傳統教學方式，授課老師各有風格，因此希望在本計畫的研究中看到學生對翻轉教學的學習動機及時間投資要比其他傳統教學要多，也希望能找出其他傳統教學模式下學生學習動機及時間投資的關聯，或有可能找出其他因素造成之影響。

2) 研究步驟說明

A. 研究架構

本研究之主要架構為每週至少三小時的光學 I 及光學 II 課程翻轉教室作為研究平台，課程進行方式已於課程設計說明中詳述，課程影片與課堂活動間要求學生簽到、提問、自評動機及時間投資。主要課堂活動大致以每小時一個問題的方式進行。問題以思考與快速實驗為核心設計方向。這些課堂活動之成績或成果將紀錄為該周之成果。期中考、期末考、Challenge 成績為最終評價標準。

B. 研究假設

教學現場之教師基於過去經驗中可觀察到各種學生的行為或表現，猜測可能影響學生表現之因素而給出之各種定性描述，本研究假設這些因素可定量表現為參數，而這些參數間存在數學連結而可成為學生行為及學習之模型。

C. 研究範圍

說明：請陳述該課程教學擬投入的範圍，如課程範疇、教材選用、教學資源應用、評量方式採用，或社群教師與協作實踐方式等相關規劃。

此研究範圍由光學 I 延伸至光學 II 甚至光學 III，教材之選用為 Hecht 之 Introduction to Optics 為基礎，另外延伸出自編教材包括”Special topics on camera”、”Spectrum and color”、”Basic light-matter interaction”、”More on light-matter interaction”、”DIY laser source and photodetector”等等章節。目前光學 I 之翻轉教學影片內容已由上年度計畫補助而建

構完備，而光學 II、III 之影片內容有些部分學生反映需要更新或修正，預計部分經費將使用於影片錄製甚至後製。

課堂練習題不論是思考為主的題目或是實驗動手問題都需要時間設計，有相當的前置構思並在網路上進行搜尋圖片與資料。課堂練習動手實驗部分則需要購置足夠之耗材，包括光學類的耗材如透鏡、稜鏡、光柵、偏振片、玻璃、晶體…；光電類的耗材如光偵測二極體、發光二極體、雷射二極體、太陽能電池、IC、電子元件…；機械類的耗材如夾具、治具、螺絲、彈簧、管件…；材料類耗材如金屬材料(銅、鋁等)、玻璃、壓克力、epoxy、高透明 silicone resin…；製作費如切割、研磨、拋光、焊接、機械加工…，以上種種費用若能得到充分的經費，將能給予學生有更多樣化的也更細緻的題目設計。

為驗證翻轉教學與非翻轉教學之課程內容、課堂活動、課後活動、考試對學生動機、時間投資之影響，本計畫需聘任助理進行回饋提問自評表單之設計、管理、公布及資料分析，由於計畫之研究對象為同一批學生，研究時程涵蓋光學 I 及光學 II，換言之將延伸整學年。因此可看出一整年每位學生的學習歷程，超越前後測之研究。

計畫執行期間也將與其他同時開必修課開課老師進行協調，蒐集學生之期中考、期末考，甚至作業或小考成績進行比對。

D. 研究對象

本計畫研究之對象主要為中央大學光電系大二及大三學生，約 60 人，修習光學 I 與光學 II 時進行，修習光學 I 時應以具備普通物理、微積分、計算機概論、電路學、普物實驗等先備知識與技能；修習光學 II 實應具備電子學、電磁學、工程數學、光學實驗等先備知識與光學實驗操作能力。而本計劃並要求被研究之學生同時修習該學期於修業辦法中規定之必修科目，以期蒐集資料時能夠提供關於非翻轉教學課程中之學習動機、時間投資、學習成效之評估。由於研究對象的入學管道包括推甄、指考、繁星、原住民、僑生，初步猜測，推甄、指考、繁星為入學管道之學生在各管道內之個體差異會較小，但不同管道間之差異可能會存在，而原住民及僑生之個體差異在過去教學經驗中可能會有較大之差異。

E. 研究方法及工具

本計劃之研究需要蒐集大量定量資料，因此需要將抽象因素轉換成可供定量之參數，如學習動機、個體差異、課程難易、評測難易。目前計畫將這些參數定為或歸一化至 1-6 的數值，主要是因為配合 Bloom's taxonomy 分類為六類，因此課程難易及評測難易將較為容易比對。主要資料蒐集於每次課程影片內容公布後課堂活動前由助教於 google 表單中公布簽到、提問、回饋表單如**錯誤! 找不到參照來源**。讓學生填寫，表單填寫內容大致如表 2，填寫截止後由助教蒐集整理數據。課堂活動由老師認定活動難度，以 Bloom's taxonomy 分類，每小時課堂練習會得到一個練習成績，學生也自行依據相同準則判斷課堂活動難度，練習成績則作為該周的成果表現量化結果，由助教統一蒐集登錄。於期中考後與期末考後將先前蒐集到之資料進行統計與分析。

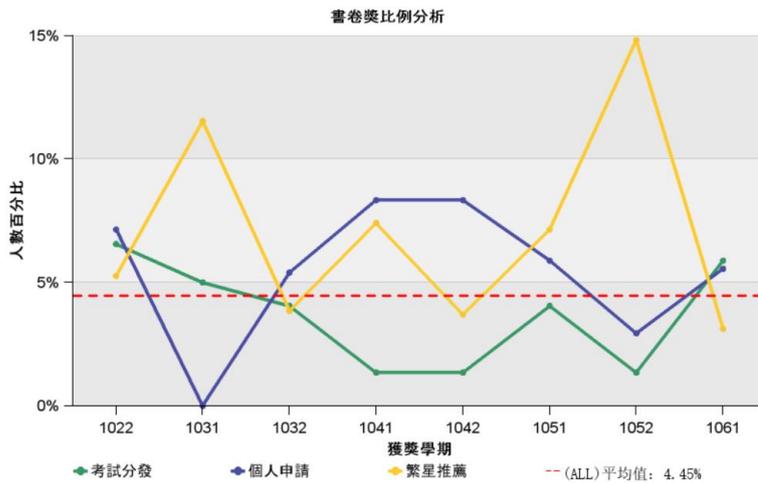


圖 18、中央大學光電系過去四年內書卷獎與學生入學管道之關聯

F. 資料處理與分析

資料處理將主要依靠 google spreadsheet 及 excel 蒐集，並將以 Matlab 或 R 進行資料之分析與回歸；如有可能，將嘗試以 Tensor flow 進行 AI 分析與分類。另外，亦將學生入學管道納入比對之參數，因初步猜測入學管道可能會是個體差異的重要因素，由目前本校招生組建立之招生資料發現光電系書卷獎的獲獎者中以繁星管道入學者較多，最少的是考試分發者如圖 18，而這樣的差異似乎也連結到學生本身的個體差異或基礎學習動機。

G. 實施程序

實施程序主要為資料蒐集，如上所述將結合翻轉教學的每週於上課前簽到提問回饋及課堂練習結果。每週蒐集資料，待期末時彙整資料進行分析。

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

(1) 教學過程與成果

本計劃使用翻轉教學做為平台，以課程影片作為授課主體，課堂活動取代作業，以分組合作方式互助共同完成活動任務，108 學年度第二學期由於疫情，使得翻轉教學之流程與分組方式於期初被迫部分以網路平台實施，此部分使用 google meet 作為課堂活動溝通平台，各組學生有自己組的 meet 進行討論，並使用 google slide 共同編輯功能，大部分學生沒有使用過這些介面與功能，因此適應期拉得更長，似乎學生也不在課後練習造成通常難以順利使用平台上的功能，因此儘管整個流程與 on-site 的翻教學方式完全一樣，學生的表現低於預期，與同組同學的互動也不如期待。直到期中開始實體授課後狀況才逐漸改善。兩學期間幾乎每周填寫回饋，讓學生記錄光學及其他兩門必修科目之學習時間、學習成效與學習動機，也因此可逐步觀察學生學習狀況之變化。大致上僅有少量學生不填寫，如圖 19 所示，不填寫的人數隨著學期的進程逐漸增加，此現象也大致符合觀察，越到學期後期，學生傾向較為鬆散。

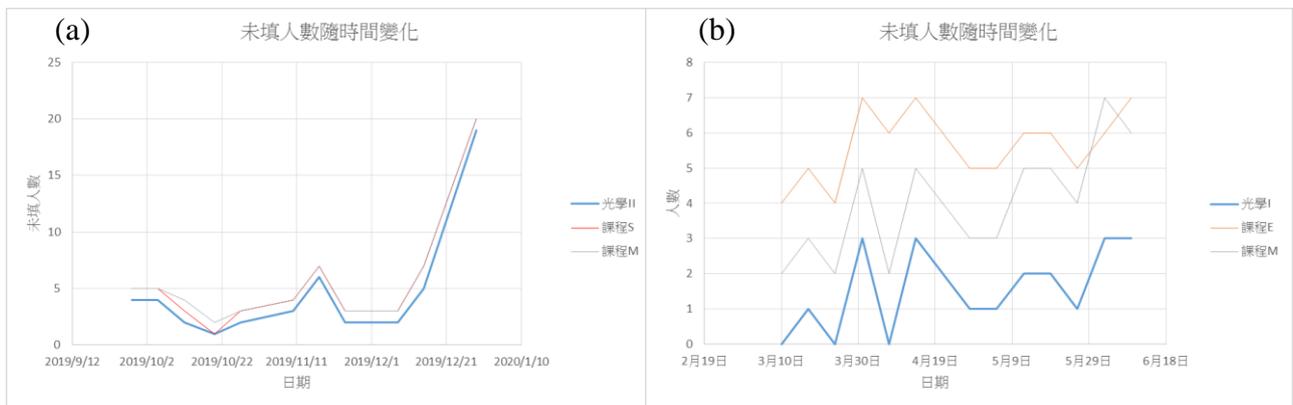


圖 19、問卷未填人數隨時間變化 (a)108 學年度第一學期 (b)108 學年度第二學期

對於課程難度，學生認為課程難度基本上是隨時間近程大致緩慢上升，統計結果如圖 20，各科情況皆同，這也大致與教師之認知相同。

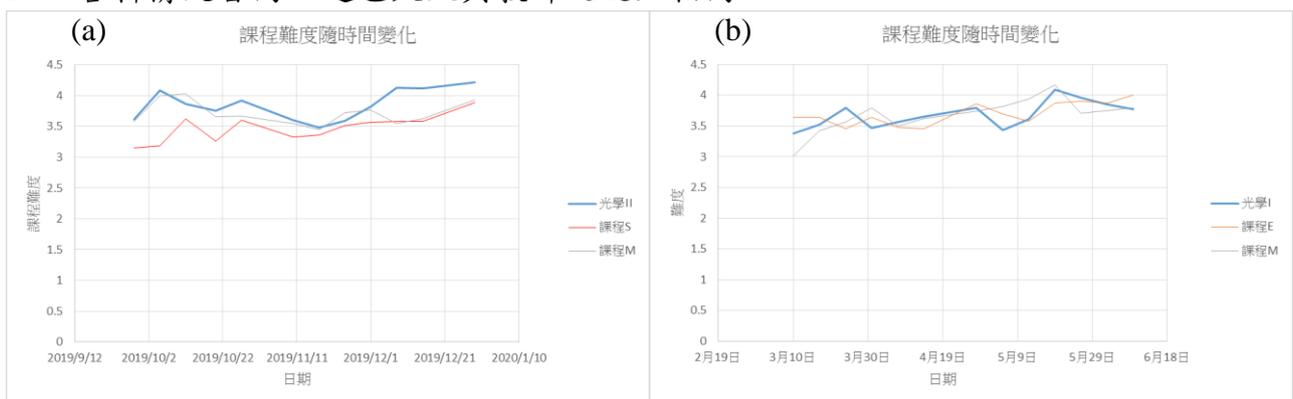


圖 20、課程難度隨時間變化 (a)108 學年度第一學期 (b)108 學年度第二學期

學生每周於各課程課外投入時間則有明顯的變化如圖 21，光學 I、II 及課程 S、課程 M 接僅有期中考及期末考各一次，而課程 E 則有兩次期中考及一次期末考，明顯於圖 21(a)中可見期中考前與期末考前學生投入時間明顯高於其他周，而圖 21(b)可發現課程 E 的兩次期中考學生所投入時間明顯飆升，同時排擠另外兩課程(光學 I 與課程 M)之時間，而這兩課程期中考時也同樣有明顯投入時間增加之現象。而另一明顯現象是學生相較於傳統授課方式明顯投入更多時間於翻轉教學課程中(光學 I、II)。另外，期中考後一周學生投入傳統授課方式之

時間明顯減少，然而投入翻轉教學之授課方式之時間雖有減少但並非大量減少。由於光學採用翻轉教學，因此影片內容仍屬上課，扣除此部分時間後之結果如圖 22，學生真正自主學習的部分所花的時間其實與其他課程並無明顯差異，甚至低於部分課程。因此，排除翻轉教學的課堂活動，學生在自主學習上所投入之時間與其他科目沒有明顯差異。

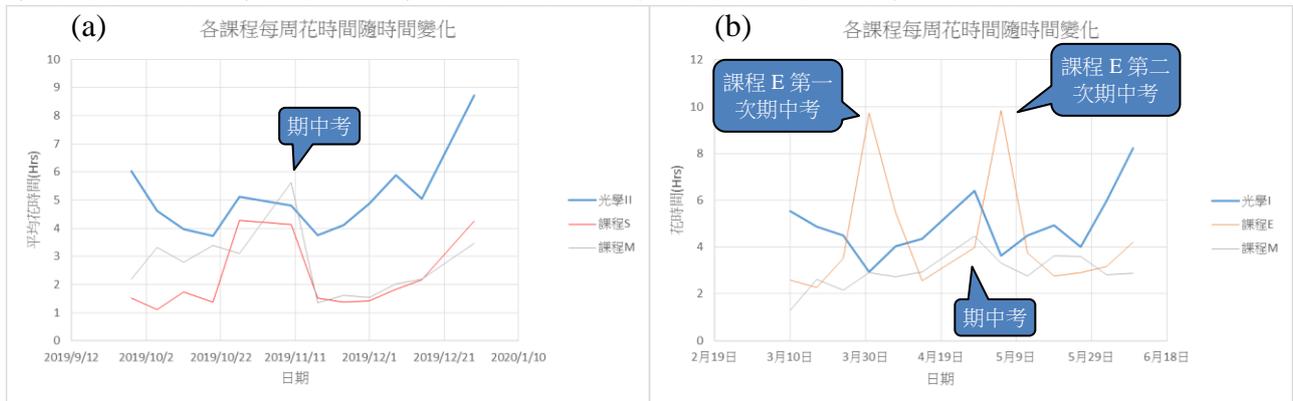


圖 21、各課程每周課外投入時間隨時間變化 (a)108 學年度第一學期 (b)108 學年度第二學期

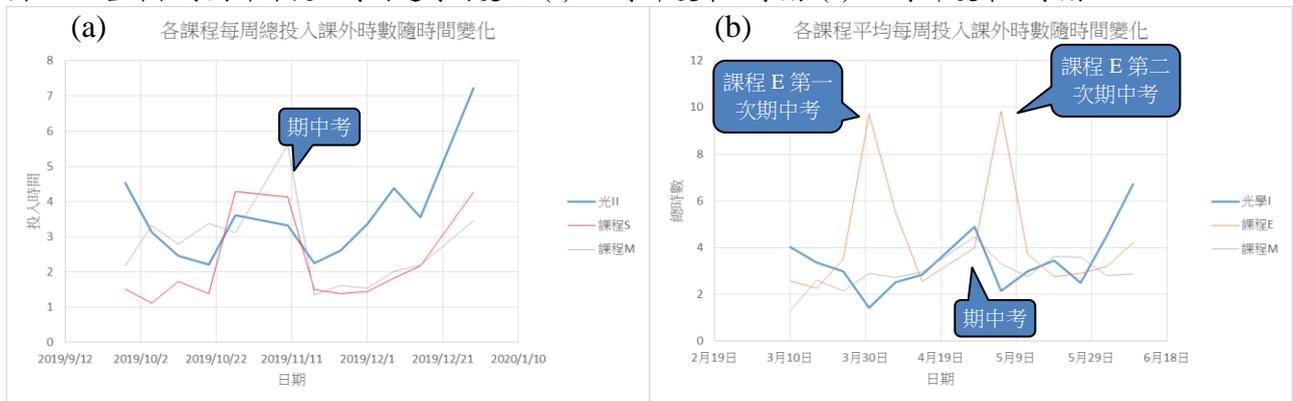


圖 22、各課程每周課外投入時間隨時間變化，光學部分除去影片時間 (a)108 學年度第一學期 (b)108 學年度第二學期

學生自評的學習成效隨時間變化大致微幅逐漸降低如圖 23，然而大致上各課程皆大致被評論學習狀況普通。考試前學生認為光學學習成效不佳，考試後卻明顯認為學習成效有變好。

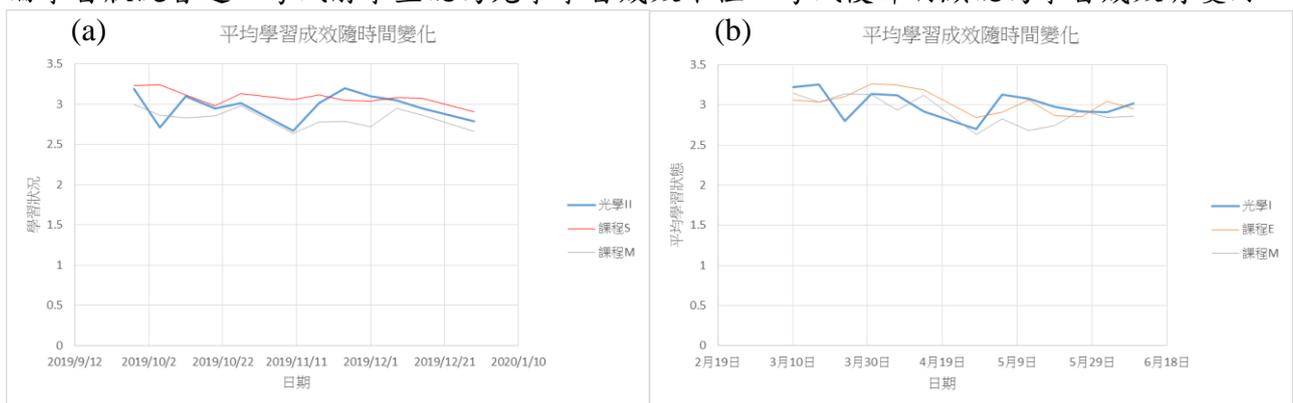


圖 23、各課程學習成效隨時間變化 (a)108 學年度第一學期 (b)108 學年度第二學期

學生自評的學習動機隨時間變化本質上並無差異如圖 24，但大致上對於翻轉教學課程之學習動機較其他課程略高。

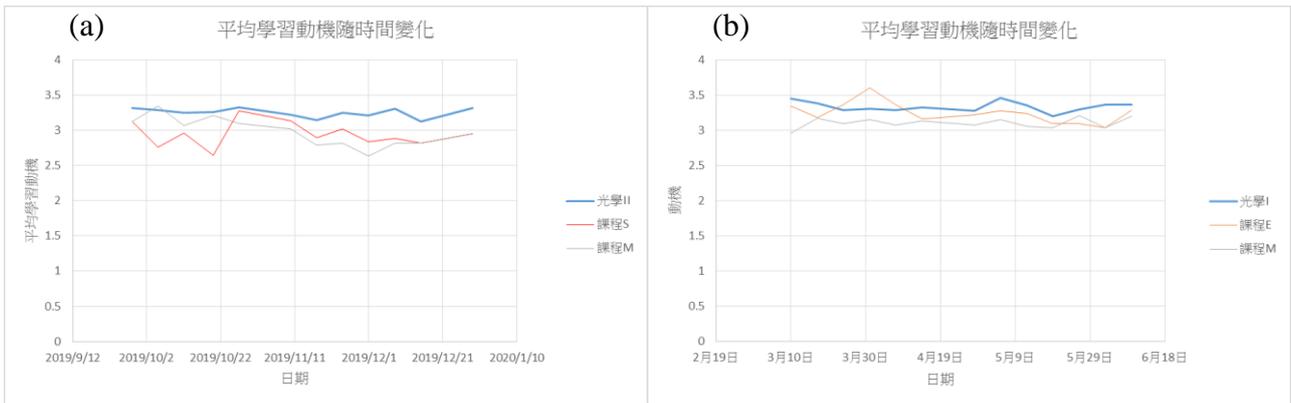


圖 24、各課程學習動機隨時間變化 (a)108 學年度第一學期 (b)108 學年度第二學期

各課程每位學生每周投入時間對課程難度、學習成效、學習動機之關係圖如圖 25，大致上各課程皆有相類似傾向：課程難度越高，學生投入時間越多；動機與投入時間並無明顯關聯；學習成效與投入時間為負相關！第一點與猜測相同，後兩點則與猜測相異。學生之學習動機與投入時間並不相關或可解釋為學生對學習並非是有興趣的學習，而是被要求、盡義務的學習；而課程難度越高，所投入時間越多，表示越難理解課程內容而導致自認學習成效不佳。另外，學生對翻轉教學課程的學習動機略高於其他課程。

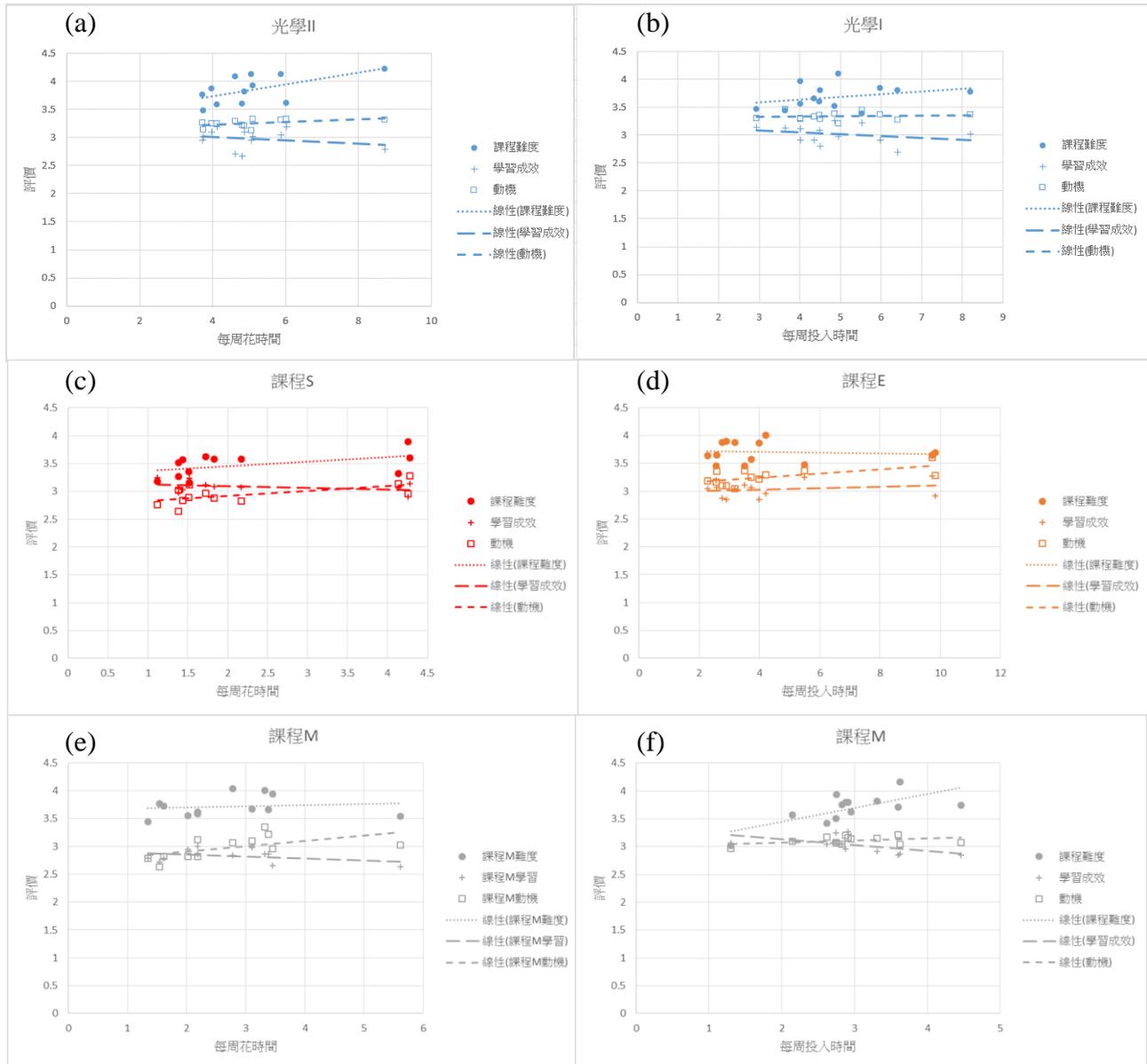


圖 25、所有學生於各課程每周投入時間對課程難度、學習成效、學習動機之關係圖 (a)108 學年度第一學期光

學 II、(b)108 學年度第二學期光學 I、(c) 108 學年度第一學期課程 S、(d)108 學年度第二學期課程 E、(e)108 學年度第一學期課程 M、(f)108 學年度第二學期課程 M

學生自評學習成效不如預期者如圖 26，可以明顯看到持續以課堂活動讓學生使用課程內容的光學明顯有學生展現出較多的自評成效不如預期人數，而以傳統教學法之課程則要在期中考後才學生才會有自評成效不如預期的情況，這也是翻轉教學法持續以符合課程進度的課堂活動刺激學生讓學生有辦法持續評估自己的學習成效，而不是到了考試才發現學習成效不彰。再者，傳統授課方式的課後作業似乎不會讓學生有學習成效不如預期的警惕。

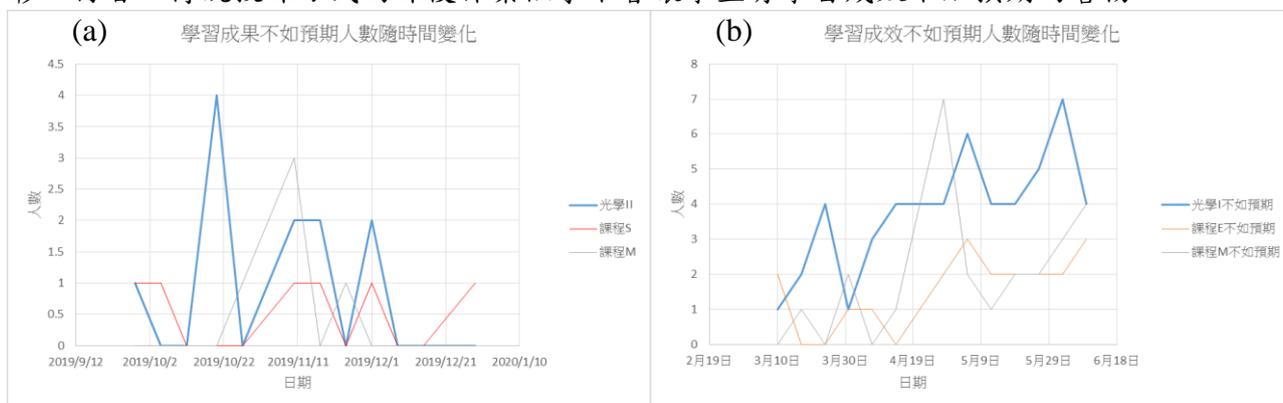


圖 26、學生自評學習成效不如預期人數隨時間變化 (a)108 學年度第一學期、(b)108 學年度第二學期

各課程每位學生總投入時間對期末成績之關係如圖 27，分布一般而言相當疏散，但可約略看出正相關，除課程 E 外，這兩個軸分別可初步視為努力與成效，在線性回歸線之上的學生可視為努力型，成效好卻投入較少時間的學生(第四象限)或許可被視為有天才、會考試或有效率的學生。這些學生應該可以讓他們分享一下他們的經驗；而努力卻成效不佳的學生(第二象限)則是需要特別需要輔導的學生，因為他們展現出學習的態度但是成效不佳，這些學生若長期投入時間而得不到成效可能會有強烈的挫敗感，因此需要特別注意；不努力成效亦不佳的學生(第三象限)則需要理解他們的想法甚至是中遠程目標，因為很有可能這些學生已經放棄、興趣不合或者有其他因素。而線性回歸之函數及 R^2 如表 3，其中 x 為成績，斜率表示每增加一分成績需要投入的時間，而截距代表之意義基本上為教師的分數調整，因此具有之意義並非反映學生的狀態故不討論。由斜率之比較可看出，學生於翻轉教學課程中需要更為努力的去得到成績，然而課程 E 為負斜率，表示時間投資與成效無明顯相關，另外， R^2 整體偏低，表示個體差異使得統計之相關性不佳，因此可以線性回歸直線之上下及平均成績作為分界進行學生特質的討論。

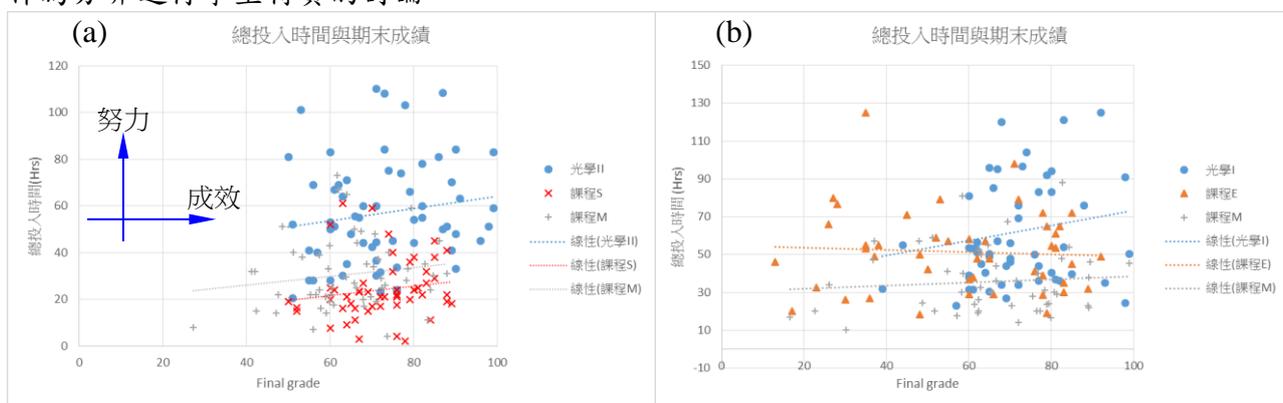


圖 27、所有學生於各課程學期總投入時間對期末成績之關係圖 (a)108 學年度第一學期、(b)108 學年度第二學期

表 3、努力-成效線性回歸方程式及相關係數

108 學年度第一學期課程	努力-成效線性回歸	R^2	108 學年度第二學期課程	努力-成效線性回歸	R^2
---------------	-----------	-------	---------------	-----------	-------

光學 II	$0.2628x+37.835$	0.024	光學 I	$0.398x+33.51$	0.016
課程 S	$0.2008x+9.704$	0.024	課程 E	$-0.0588x+54.94$	0.0036
課程 M	$0.1904x+18.44$	0.025	課程 M	$0.0843x+30.146$	0.0081

依照圖 27 之資料分別以各課程之平均學期成績及線性回歸直線作為軸，將每個學生的投入總時間與成績分別除以投入時間之標準差及全班成績標準差，而得到圖 28，依照四個象限可以大致分類學生的狀態，第一象限為「積極」、「努力」的學生，第二象限為「苦讀」、「不會考試」或「不適應」的學生，第三象限為「低動機」、「混」的學生，第四象限為「聰明」、「適應良好」的學生。在綠色區間為線性回歸直線上下投入時間為半個標準差的學生，可看為「一分耕耘一分收穫」的學生或「投資報酬相當」的學生，而在此時間投資範圍內且成績也在全班平均成績的半個標準差內則被視為「平均」的學生。對於各學期調查的三門課程，108 學年度第一學期的這群學生有相當高的一致性，約有 37% 的學生在這三門課程都屬於同一象限，53% 的學生有兩門課程屬於同一象限，108 學年度第二學期則有 12% 學生有三個同象限、39% 的學生有兩個同象限。表示學生的特質可以依照此方式被簡單分類，這也某種程度顯示出學生的態度與慣性。在此大致分成九類如表 4，其中 x 表示某一課程與其他兩課程所屬象限不同，xyz 表示三門課程所屬象限皆不同。個分類名稱多少表示出學生之特性，而三課程所屬象限皆不同的「其他」分類表示學生的學習狀況似乎有點混亂，可能對不同課程有明顯的偏好或厭惡產生學習上的差異。依照此分類學生於這兩學期之所屬特質人數統計如圖 29，可以看出 108 學年度第一學期的這班學生的特質相當一致只有 2% 學生屬於混亂。而 108 學年度第二學期則相反，屬於混亂的學生高達 33%，重新檢查最主要的差異在課程 E，在課程 E 中的象限與其他兩門課程的行為有一些差異，此部分需要更進一步釐清是哪一部分產生的差異。另外，依照光學與其他兩門課程的象限分布在第四象限可以簡單判定學生是否適合翻轉教學或傳統教學，若光學課程屬於第四象限而其他兩門傳統授課皆非第四象限則認為是適合翻轉教學，若兩門傳統教學為第四象限而光學不是則判定為適合傳統教學，以此規則發現，108 學年度第一學期與第二學期班級中適應傳統教學者皆有 8 人，適應翻轉教學的皆有 9 人。

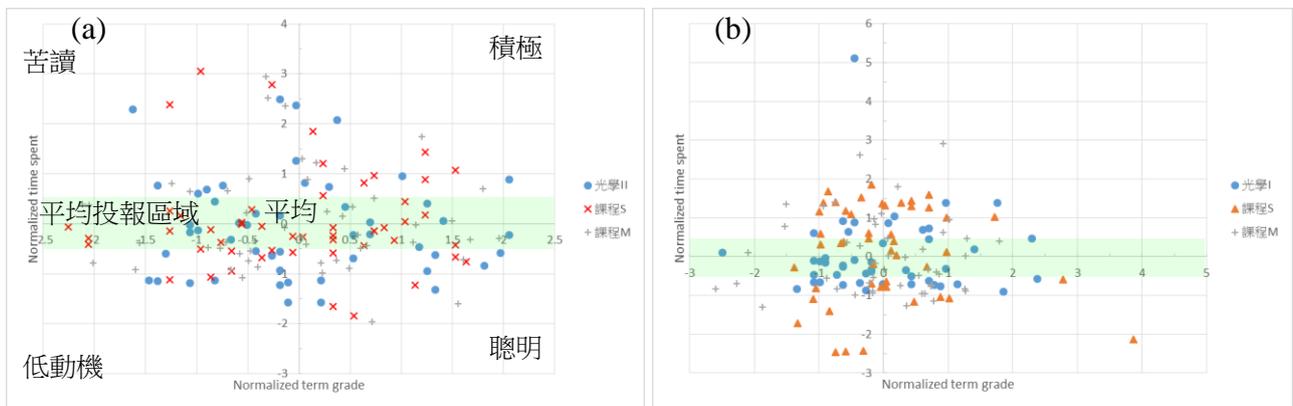


圖 28、所有學生於各課程學期總投入時間對期末成績規一化後之關係圖 (a)108 學年度第一學期、(b)108 學年度第二學期

表 4、不同象限組合之學生特質分類表

象限組合	分類名稱	象限組合	分類名稱
111	很積極	333	極低動機
11x	積極	33x	低動機
222	很苦讀	444	很聰明
22x	苦讀	44x	聰明
xyz	混亂		

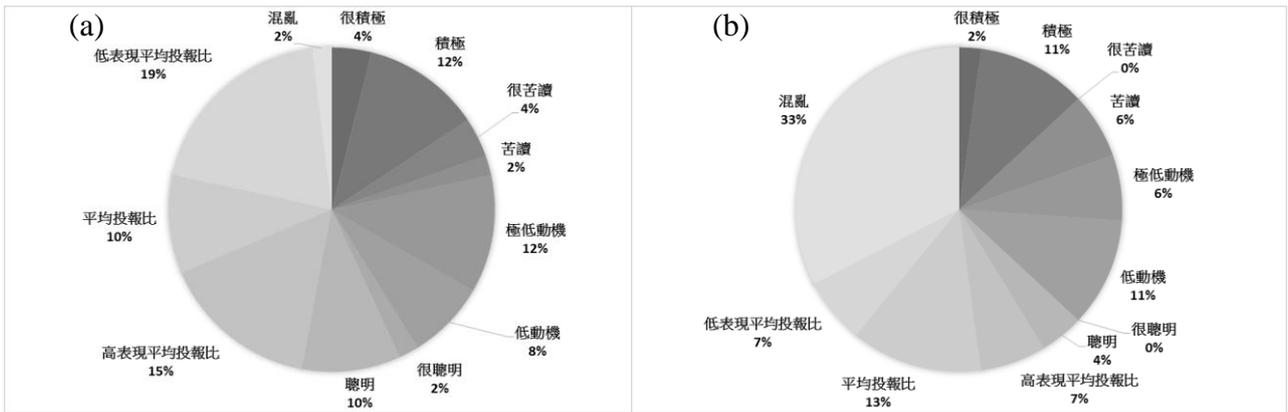


圖 29、依照三門課程歸一化之結果對學生特質的分類 (a)108 學年度第一學期、(b)108 學年度第二學期

每位學生在各學期三門課程期末成績的關聯如圖 30 及圖 31，明顯可看出 108 學年度第一學期各科期末成績的正相關，而 108 學年度第二學期有較不明顯的正相關。這是說明並沒有明顯某一科目學習狀況特別好而其他科目不好的情況，換言之，單一課程學習成效好的學生在其他科目也會有不差的表現。反之，單一課程成效不佳的學生則各課程普遍成效不佳。108 學年度第二學期資料中有一小群學生在光學 I 中表現普通甚至接近不佳，然而在課程 E 與課程 M 中皆有相對不錯的期末成績如圖 31 中虛線匡列區域，這部分學生需要更進一步了解，有可能是較為習慣傳統的學習方式的學生，對於翻轉教學有不適應情況。

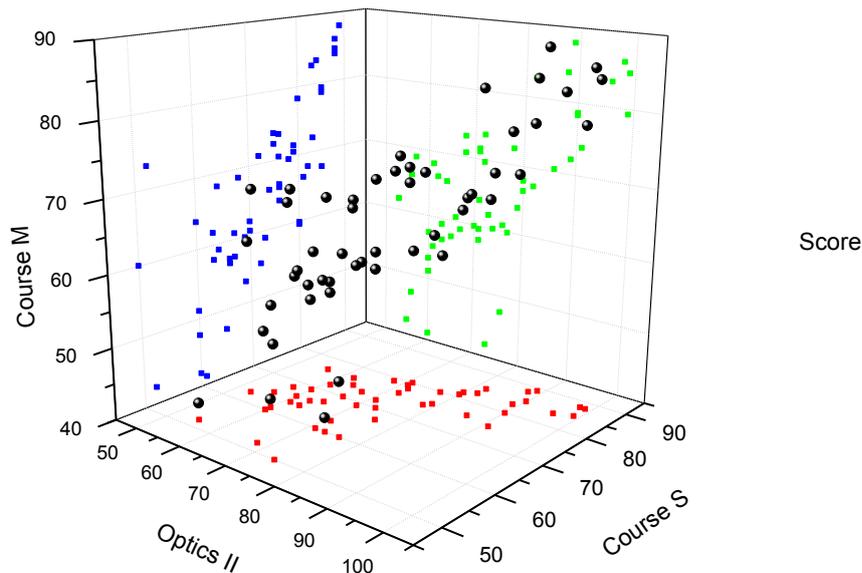


圖 30、108 學年度第一學期三門課程期末成績關聯

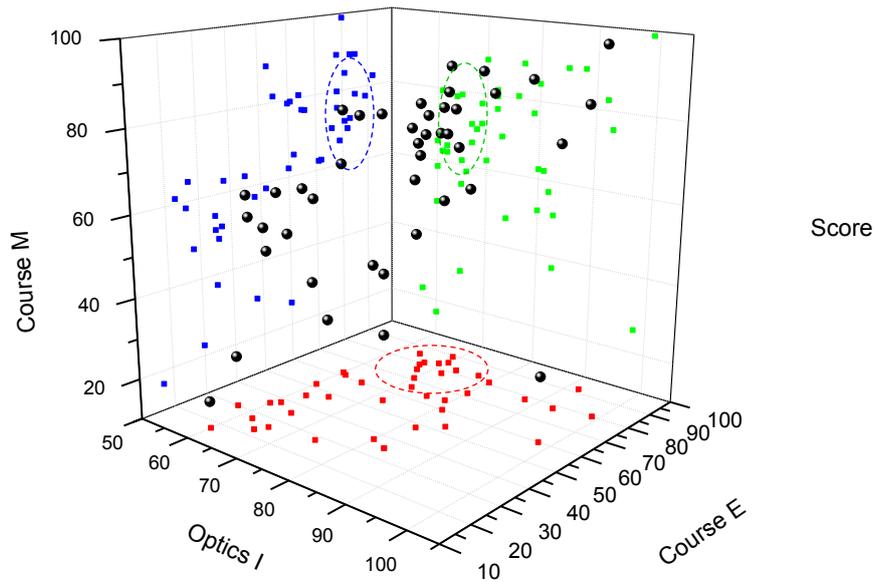


圖 31、108 學年度第二學期三門課程期末成績關聯

每位學生在各學期三門課程投入總時數之關聯如圖 32 及圖 33，大致上可看出各課程間投入總時數大致呈正相關，換言之，會花時間唸書的學生不管哪一科都會花時間，反之不會花時間的學生就是不會花時間。較為特別的資料是課程 E，學生對於課程 E 投入的時間與另外兩課程沒有明確關聯，與圖 27(b)比對有可能是學生無法理解課程內容，花的時間與成效無法對應而產生的混亂狀況。另外，有三位學生投入大量時間在光學 II 卻只投入約 1/5-1/6 的時間在課程 S 與課程 M，如圖 32 中圈出部分，這些學生在翻轉教學的課程中表現較佳，但在其他課程中表現則普通甚至不佳。

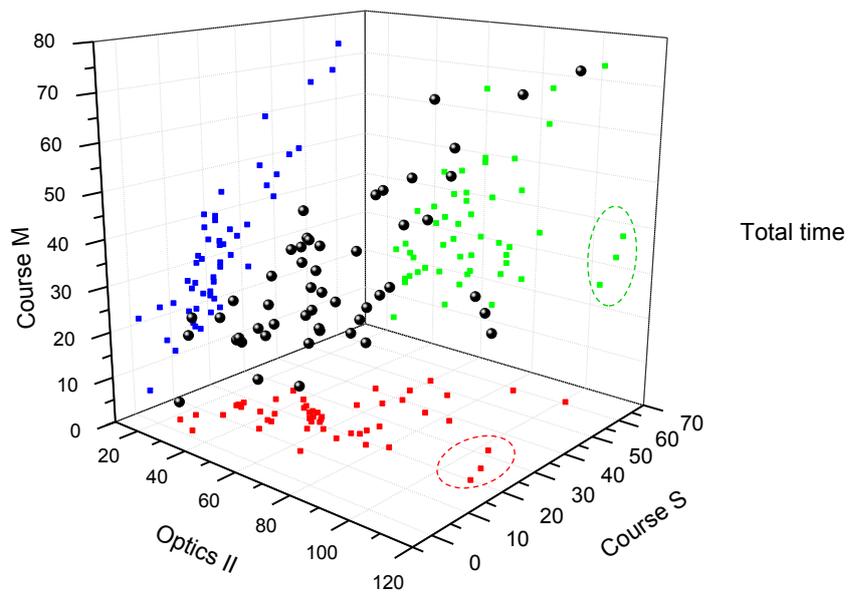


圖 32、108 學年度第一學期三門課程總時間投入關聯

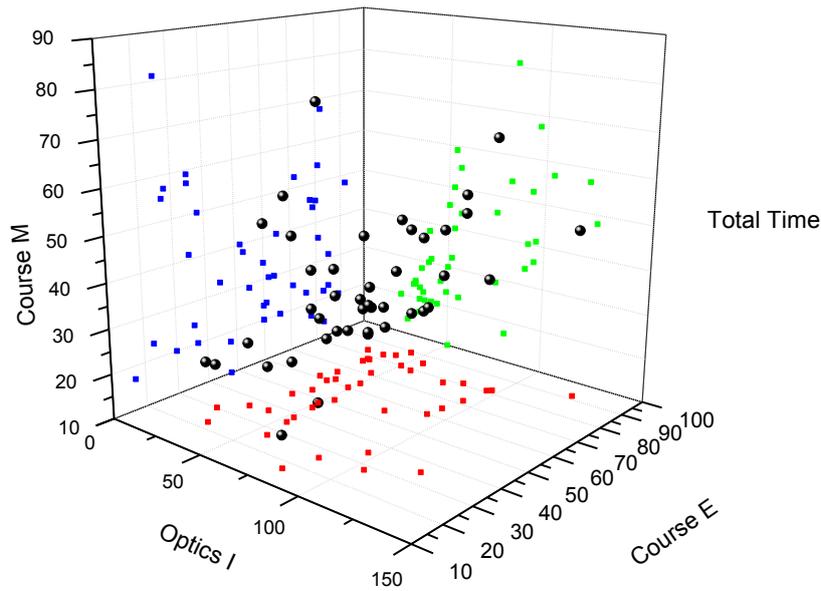


圖 33、108 學年度第二學期三門課程總時間投入關聯

(2) 教師教學反思

本計劃主持人教授光學 I 與光學 II，皆採用翻轉教學法，同時蒐集學生對另外兩門課程之各種學習狀況參數，整個過程在教學上並沒有太多問題，然而資料的蒐集有相當難度，幾乎以每周為單位填寫問卷，且學生的問卷回饋的填寫有明顯隨著時間進程逐漸渙散的狀況，再者，有學生的填寫似乎可看出有點隨便。另外，各項參數的評分學生似乎並不太填寫極端的參數，也因此不容易看出個人的參數變化，而翻轉教學本身由於計畫主持人已有數年經驗，因此執行上並無太多問題，依據過往經驗，光學 I 時學生需要適應翻轉教學的步調與活動，適應期幾乎是半個學習，因此抱怨會較多；到了光學 II 時，學生的適應就越來越好，而這兩個翻轉教學課程學生的 engagement 明顯比其他課程要高。另外，由於這兩個課程採取更多的評量方式，包括了課堂活動，這些活動依照進度讓學生以小組方式面對各種任務，包括傳統的解題、實驗、整理、找資料等等各種活動，及最重要的期末 challenge 及 mini-conference 兩個活動評量了學生的動手解決實際問題的能力與書面及口頭表達能力，這些能力在傳統教學法中並不強調，然而卻是一直需要訓練與熟悉的能力，這些元素的加入讓學生對翻轉教學的課程反應比其他課程要明顯，至少，學生在課堂上並不是沉默與無反應的狀況。

(3) 學生學習回饋

學生自由填寫對於翻轉教學的回饋中明顯可看出學生最喜歡討論與思考的部分，統計如圖 34，可以看得出學生對於翻轉教學的肯定，而在學生自由填寫認為自己最有成長的能力如圖 35，也可以明顯看出學生認為成長最多的能力是思考、表達、學習紀律、動手、表達等方面，這是與一般課程相當不一樣的地方。特別的是，學生認為學習上有障礙的部分如圖 36，其中最為障礙的

也是思考，換言之，學生同意思考是這門課學到最多也讓他們覺得最困難的部分。

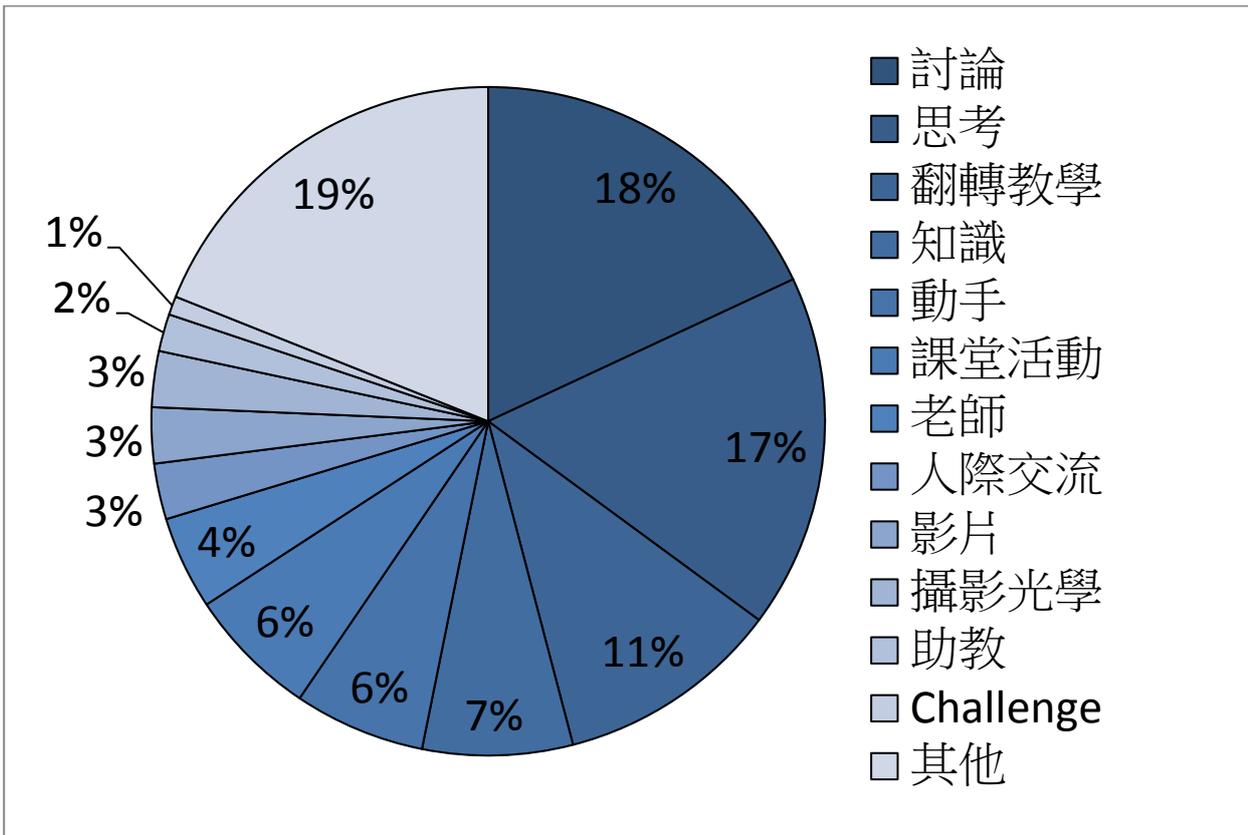


圖 34、對於光學翻轉教學學生主觀自由填寫對翻轉教學喜歡的部分

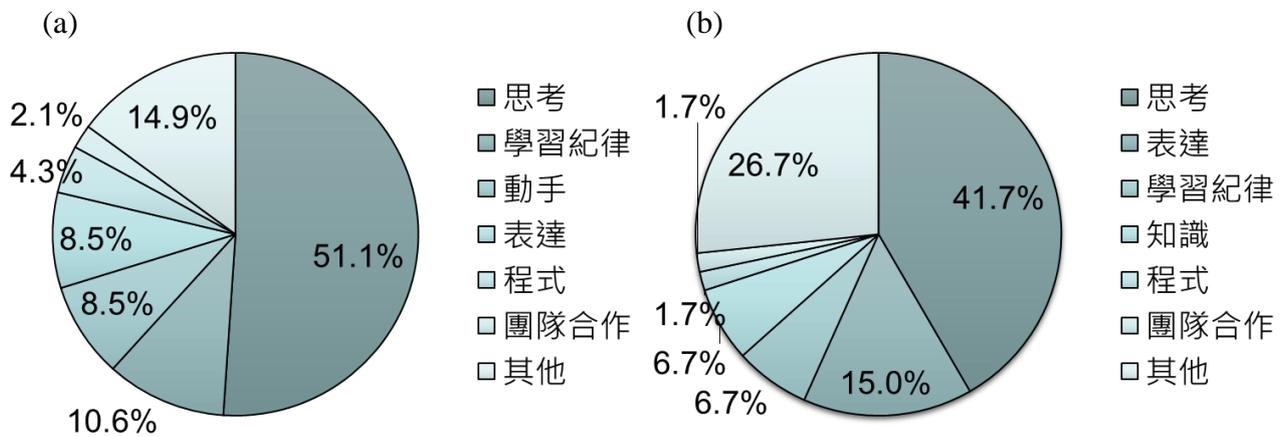


圖 35、學生對於(a)光學 II 及(b)光學 I 認為最有成長的能力

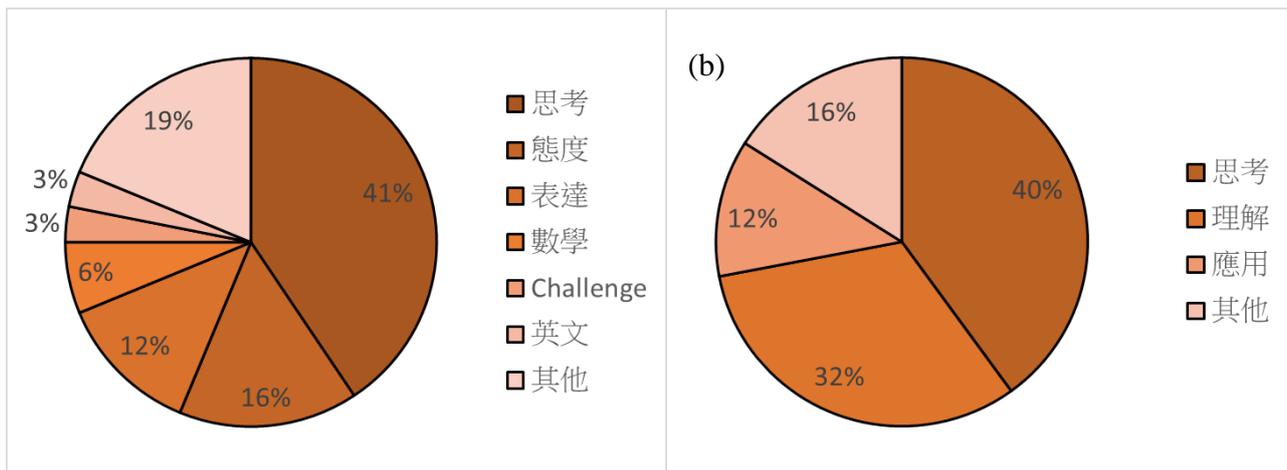


圖 36、學生對於(a)光學 II 及(b)光學 I 認為最有障礙的部份

以下列出學生對於翻轉教學的建議包含教師的回應，可以看出學生有許多的意見想法與建議，大部分正面的意見是翻轉教學有趣、具體、可以激發學生學習的動機，而負面的意見大部分是很花時間，然而這部分正是本研究想要說明的部分，本研究發現的就是學生在一般教學法的課程外基本上並不花太多時間，推測是學生期待課堂上就聽懂課程內容，就不需要於課後花時間唸書，而作業並沒有讓學生花時間在唸懂課程內容，換言之，翻轉教學強迫學生把傳統上唸書做作業的時間拿出來，成為課堂活動時間。儘管如此，學生所投入的時間總量似乎仍然沒有達到足夠搞懂課程內容。另外，學生的反應可以看出有一些學生對翻轉是排斥的，但是後來會習慣，這也說明其實學生排斥的是改變，但是一旦成為習慣，都是可以適應的。

108 學年度第一學期光學 I 學生對翻轉教學的回饋與教師的回覆(以紅色字型表示)

正面

可以學到很多東西，只是有點繁重，但是光學是現階段最重要的課所以沒關係
很棒，這樣比一般教學有趣
段考的占比減少，challenge 和討論等占比提高 可以考慮更高，目前已經比以前高了
還不錯
很棒，可以繼續! 這很有效的促進我的思考。
比傳統的教學可以更了解上課的內容，而不是一堆的理論卻不知道怎麼實際運用 是的，傳統教學給你們可以去考試但不會用的知識稱為惰性(inert knowledge)這不是我想給你們的。
翻轉教學可以幫助我們更加了解以及應用所學
還滿有趣的，我漸漸能適應這種教法，可以透過思考一些問題了解自己還有哪裡不懂，不過缺點還是需要額外花許多時間。 其實是你們之前傳統授課狀況下花不夠多時間去理解。
老師分享他對题目的想法跟思考的過程時，自己會再去想 剛剛思考卡在哪、怎麼沒想到這些……等等，我覺得蠻有幫助的，可以再次思考，並學習到更有邏輯的思路

負面

覺得在影片的部分分成兩個有點難看，老師會用棒子指重點，但是並不清楚，清楚的畫面卻沒法馬上抓到重點，有點顧此失彼 這個目前技術上有難度，除非你們不想看我，當時是因為有同學希望看到我。
已經第二學期了，還是覺得不太習慣 那你可以自己看書自己控制進度
頭暈
累，課前預習變得非常重要。 從小就這樣跟你說不是嗎？
如果今天要做實驗主題的實驗，請顧慮學生當場能使用的器具及場地，以免強人所難 事實上你可能不相信，但我的確都考慮過了
有時候翻轉教學，上台的同學會拖很多時間 這有沒有建議怎麼改？

持平

又愛又恨
前面比較基礎的地方感覺很適合,但是到後面比較進階的部分會很難了解 理解本來就是你們的工作，畢竟這是有相當強度的知識系統。
還是希望討論不出來的題目有正解 參看前面回答
還是要考量光學的翻轉教育是否會影響到其他科目的 loading 不易負荷 不確定你的意思是什麼，因為這門課花的時間應該是跟其他課一樣的
覺得基本上好 但是時間不夠是很嚴重的問題 時間有課堂時間跟自己念書的時間，時間本來就是有限的資源，你要自己管理好
會學到很多東西，但也怕花很多時間會壓縮唸其他的科目 建議去看一下時間管理的 youtube 影片
我認為是，立意是好的，但現行教育體制與之牴觸，翻轉式教學要獲得知識的時間成本很高，難免學生要擠出更多的時間建議去看一下時間管理的 youtube 影片

建議

其實我認為老師課堂的安排沒有什麼問題，但有時候跟同學討論都會提到我們在光學影片中尚未學到足夠的知識。我理解老師認為統整是學生的職務，但我比較傾向思好老師在影片裡替學生統整後，我們在回去翻讀課本補足漏洞 我還是希望這是由每個人自己來做，之前有試過帶著大家思考，但很花時間，效果也不好，我整理的話，又變成剝奪你們思考學習整合的機會
雖然翻轉教學是學生主導居多，但真的希望老師能在每次的課堂練習完之後，做個清楚的總結跟說明，就算沒人上台講解也一樣能說明該題出題的用意跟該如何切入題目，而不是"那這題大家都沒分"然後就下課了，那我們還是不知道怎麼做。 參照前面
我覺得老師可以再縮短一些讓我們討論的時間並延長最後讓同學講解的時間，因為這段時間會有同學先上台提出自己的看法，然後底下的人可以開始想問題問他，這樣匯集意見比較快，有時候大家為了加分也會努力的去想問題或是台上同學的漏洞，而且這樣也比較容易可以討論的完善不會是很多次上課都拖到下課時間了結果還是不太懂就下課了。 不論是分組討論還是我帶的討論都很重要，時間就是不夠。我其實非常希望有更多時間來帶你們思考。因為我認為思考的能力的重要性一直被強調但是沒有讓你們練習，所以我們這門課做到了但時間永遠不夠。

108 學年度第二學期光學 I 學生對翻轉教學的回饋與教師的回覆(以紅色字型表示)

正面

希望老師可以持續教下去，這堂課很特別，它讓我吸收知識不再是那麼被迫的 教完你們我大概就得休息了
翻轉真的跟傳統教學大不同，要跟夥伴一起工作不再只是自己孤身奮戰，可以聽到很多不同想法跟觀點
內容生動
很好玩但步調有點快 以後會更快!

負面

如果老師要出作業的話 繳交時間可以不要那麼趕嗎 5 點上完課 10 點就要交 如果原本就有事情就會來不及交作業 那些「作業」都是拍照片，只要理解，「瞬間」就可以搞定。如果無法「瞬間」搞定，就是不理解。所以問題不在作業，而在理解。
考試太難，課程內容講授太少 考試講解過後應該都知道沒有太難，沒有沒教過的概念，理解定義，理解公式內容，真的沒有什麼神奇的東西。我講解太少，這點我不知道哪邊少講了？
很花時間而且很痛苦，尤其在事情一堆的時候 回到時間管理，要不然就來談談吧。如果真的對光學沒興趣，那選擇光電系就太難過了。可以跟 SY 老師諮詢一下。
我還是比較能夠接受傳統的教學方式，但是我仍然覺得翻轉教學帶給我更不一樣的看法 反正大部分你們還是以傳統的方式學系上其他的課。不喜歡，就再忍兩門課，況且，你要是不喜歡，也可以自己唸課本。反正沒差，知識是一樣的。考試考高點仍然會過。
我認為學生第一次修課的時候需要很長一段時間適應老師，從期中分布也可以很明顯看到這點，同時翻轉教學應當注重學生的參與，老師應該適時地做引導，我覺得初次交手的學生沒有辦法習慣這個模式，優秀的學生會越來越進步，但程度中後的學生會越來越沒有參與感 助教也說了，他花了一個學習適應。事實上，你們也經歷過 SY 老師的課，所以適應已經不是個理由了。如果要把自己定位再程度中後，我也沒辦法，因為這種教學法並沒有分程度。而且，增加了你與同學的互動，在某個層面上，是希望你們有更多的 study group。就如別的同學說，不是單打獨鬥。
嗯....希望可以不要離題太多 ?
我覺得翻轉教學大家已經花很多時間在這門課上了（回家看影片、challenge 等），所以希望老師可以盡量不要當人，不然會覺得力不從心、自己所花的努力都白費的感覺，進而對原本覺得有趣的光學失去興趣 這是...?
希望光二跟光三不要同時翻轉 當然同時翻轉!
下學期光 2 光 3 一起影片會不會太多?! 希望不會卡到其他看書時間一樣，這兩堂課的影片總長各 24 小時，遠低於課堂時間(理論上課堂時間扣掉考試有 42.5 小時喔! (18-1 周)*(3 小時/周)*(50/60 每小時上課時間)=42.5 Hrs).

希望課堂問題能盡量回，如果一直都不知道答案，在網路上也查不到的時候，一直不知道答案會好無助

這點我承認我這學期沒做好(很多理由，包含疫情跟一些私人的狀態，但我承認我沒做好)，下學期我會盡量以影片方式跟各位講解。

持平

不錯 但時間極度缺乏

參看前面說時間管理

1.還不錯但上課時間稍長，拖到下節課時間不太好～

基本上這是兩難，你們希望解答，時間就會拉長；讓你們回去思考，就會說我不給答案。-__-a

2.可以適時的給予答案，引導思考很好，但想到最後真的想不出來，最後也沒有得到正確解答的話，結果就是不會的東西還是不會

課後來討論，我都會引導你們思考。你們不完成整個思考過程，當然就沒有答案。會要你們自己想的，都是可以自己想出來的。如果過不去，通常是沒有繼續想。

3.出期限很短(ex.下午五點說晚上十點要交)的作業很不ok..有的人後面時段已經安排事情了，沒辦法突然挪出時間做臨時作業

參看前面回覆，「瞬間」可做完

出發點好 challenge 給的時間不夠

已經比以往要多時間了。

還不錯，剛開始覺得很煩，後來逐漸適應就覺得還好。

不過上課前都會很緊張，害怕等一下老師出的作業不會寫@@

不過 challenge 真的很靠北

不須害怕緊張，就看影片時不要只是看過，要思考理解，找到核心概念。

Challenge 也是，核心概念是什麼一定要掌握，不然只是花時間沒結果

課堂上的活動很好 但老師不給一個方向真的讓人很痛苦

方向一直都給你們了啊，每次都是當周的課程內容。

建議

我認為在真正執行題目之前，希望老師可以給個方向，老實說有些時候整堂課做完也不知道在做甚麼，即使聽了解釋也不懂為何要這樣做，造成這樣的原因可能有 1.學生沒有思考，無看課程影片 2.老師題目與學生理解間有偏差 3.太多時間在執行題目這塊上面，導致在最後上台討論或老師解釋的時間過短，還沒修正自己觀念跟回想剛剛自己做的事時就已經結束了，可以統整這學期把課程題目討論完且正常時間下課有幾次就能知道了

1. 沒有思考沒看影片這是自律，所以我不會逼迫

2. 題目通常就如前面所說，大家高中時期的(壞)習慣是只看關鍵字來猜題目的意思

3. 時間這學期的控制因為 ee 的關係已經比之前幾學期要好，仍然不夠用。如果是我講解當然可以很快，但是就缺乏你們自己的參與，喪失了重要的一部分思考與表達的練習。我會努力控制時間

我覺得翻轉和知識教導可以並重，像是課堂我也喜歡聽一些機械結構的東西，或者對現象描述的部分。希望下學期有這些加入課程內容。

機械結構下學期沒了。現象描述一直都有，但是描述現象(觀察者)並不是重點，重點在於現象後面的因果與邏輯(旁觀者)。

<p>關於在學相機的時候 不是每個人都有相機 也有可能整組的人都沒有相機 而且手機能拍他效果有限 跟其他組有相機的比起來有點不公平 希望下次再分組的時候可以考慮這個問題先做好調查來分組</p> <p>這點其實我都有考慮，所以練習題都是以各位的手機可以做到為原則出的，只是需要 download app。這也是有事前告訴你們要做的事。</p>
<p>希望多點肯定和鼓勵。</p> <p>我只會中性的評論，把我當大魔王就是了</p>
<p>如果能夠每五分鐘給一次提示，大家一定會很開心的。</p> <p>沒那麼多好提示的</p>
<p>彩虹那次的影片其實英文聽的不是很理解（雖然是我英文爛沒錯），但有些觀念用中文都要想很久了，用英文是真的不是很好理解</p> <p>那次是個實驗，我承認有點失敗，主要是設備出問題，其實我最終是希望把光學課程影片全部變英文！一方面是我們發現現在大學生的英文比起 10 年前變好了，所以越來越有機會讓大家以國際的方式</p>
<p>如果有字幕會更好吸收</p>
<p>呃~好啦一開始很排斥，但後來習慣了，可是我還是想說影片可以講詳細一點，這個那個的代名詞太多了！</p>

6. 建議與省思(Recommendations and Reflections)

本研究主軸期望找到學生投入學習時間與各項學習相關參數間之關聯，也希望這些數據能夠對教師長久以來傳言的學生學習狀況得到一些數據上的佐證。而目前針對了兩屆學生蒐集到的資料發現以下關聯

- 1.學生在考試前才會投入大量時間學習
- 2.學生於課外投入時間與期末成績大致呈正相關
- 3.學生於各課程期末成績呈正相關
- 4.學生於各課程投入總時數呈正相關
- 5.隨著學期進程，學生認為課程難度逐漸增加
- 6.隨著學期進程，學生學習動機並無明顯改變
- 7.隨著學期進程，學生自評學習成效逐漸降低
- 8.隨著學期進程，學生填寫問卷情況逐漸變差
- 9.客觀上較多學生適應翻轉教學
- 10.翻轉教學課程學生學習動機略高於其他課程
- 11.依照投入時間與學期成績象限分布可以得到學生狀態分類
- 12.傳統教學法中學生只有到考試後才會了解自己的學習成效，翻轉教學的課堂活動會讓學生持續檢查自己的學習成效

二. 參考文獻(References)

- Abeysekera, L., & Dawson, P. Motivation and cognitive load in the flipped classroom: definition, rationale and a call for research. *Higher Education Research & Development*, 2014, Vol. 34, 1–14.
- Atkinson, J. W. (1964). *An introduction to motivation*. Princeton: Van Nostrand.
- Bishop, J. L., & Verleger, M. A., “The flipped classroom: A survey of the research”, In *ASEE National Conference Proceedings*, Atlanta, GA, June 2013.
- Bulent, A., “The influence of self-efficacy and motivational factors on academic performance in general chemistry course: A modeling study”, *Academic Journal*, Vol.10(4), 453-461, February 2015
- Crowe, A., Dirks, C., & Wenderoth, M. P., (2008) “Biology in Bloom: Implementing Bloom’s Taxonomy to Enhance Student Learning in Biology”, *Life Sciences Education*, Vol. 7, 368 –381

- Duckworth, A. L., & Seligman, M. E. P. (2005). Self-Discipline Outdoes IQ in Predicting Academic Performance of Adolescents. *Psychological Science*, 16(12), 939–944. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2005.01641.x>
- Dypboye, R.L., & Phillips, A.P., “College Student’s Time management: Correlations with Academic Performance and Stress,” *Journal of Educational Psychology*, Vol.82, No.4, pp.760-768, 1990
- Gilboy, M. B., et. al, ”Enhancing Student Engagement Using the Flipped Classroom,” *Journal of Nutrition Education and Behavior*, January 2015, Vol. 47, Iss. 1, Pp. 109-114.
- Kahu, E., “Framing student engagement in higher education,” *Studies in Higher Education*, August 2011, Vol. 38, Iss. 5, Pp.758-773.
- Kim, M. K., Kim, S. M., Khera, O., & Getman, J., “The experience of three flipped classrooms in an urban university: An exploration of design principles,” *Internet and Higher Education*, 2014, Vol.22, Pp. 37–50.
- Krathwohl, D.R., "A revision of bloom's taxonomy: An overview," *Theory Into Practice* 41, 212-218 (2002).
- Kuh, G. D., *The national survey of student engagement: Conceptual framework and overview of psychometric properties*, Bloomington, IN: Indiana University Center for Postsecondary Research & Planning. 2001
- Kuh, G. D., *The national survey of student engagement: Conceptual framework and overview of psychometric properties*, Bloomington, IN: Indiana University Center for Postsecondary Research & Planning. 2001
- Maier, N.R.F. *Psychology in industry* (2nd ed.) Cambridge, Mass: Riverside Press, 1955.
- Plant, E.A., Ericsson K.A, Hill L, Asberg K, “Why study time dose not predict grade point average across college student: Implications of deliberate practice for academic performance”, *Contemporary Educational Psychology*, Volume 30, Issue 1, January 2005, Pages 96-116
- Sams, A. & Bergmann, J., “Flip Your Students’ Learning,” *Educational Leadership*, March 2013. Vol. 70. No. 6. Pp. 16-20
- Seck, H.C., “Performance as a function of ability, motivation and emotion”, The University of British Columbia Master thesis, 1968 <https://open.library.ubc.ca/media/download/pdf/831/1.0102411/1>
- Tucker, B., “The flipped Classroom,” *Education Next*; Cambridge, Winter 2012, Vol. 12, Iss. 1.
- Trowler, V. and Trowler, P., *Student engagement evidence summary*, York, UK: Higher Education Academy. 2010.
- Vroom, V. H., *Work and motivation*. New York: Wiley, 1964.
- Yerkes, R.M., & Dodson, J. D. (1908). "The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation". *Journal of Comparative Neurology and Psychology*. 18: 459–482.

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。