

張其棟、楊晉民 (2016)。
翻轉學習在大學微積分課程之實現與初探。
臺灣數學教育期刊，3 (2)，55-86。
doi: 10.6278/tjme.20161005.003

翻轉學習在大學微積分課程之實現與初探

張其棟¹ 楊晉民²

¹逢甲大學應用數學系

²國立臺中教育大學數學教育學系

翻轉教室 (flipped classroom) 的教學模式儼然成為近年來教學改革重要的方向與理念，其主要概念是將教室內教師講解和教室外學生作業兩者翻轉。學生課前在家收看教師預錄或指定之教學影片，在教室進行問題探討、作業解題或致力於較高階之批判性思考活動，以增加學生在教室內主動學習、參與或同儕合作學習的機會。本研究旨在進行翻轉學習在大學微積分課程之研究，選定某大學一年級 72 位學生之微積分課程進行翻轉教學，透過探究學生在課程相關表現，冀能提供有意進行微積分翻轉教學教師參考。選定之微積分教材內容涵蓋曲線下面積、微積分基本定理和代換積分等概念，教材編撰依據認知負荷理論和多媒體學習認知理論，教學活動設計採學生中心進行設計，以讓學生確實觀看影片、增加課程參與、善盡個人責任等方向設計。研究工具採用課間形成性評量、分組合作評量和自編問卷探究學生對於微積分的學習結果和學習態度。研究結果顯示本研究所規劃之教學活動，學生在問卷分數和開放性問題質性描述部分都給予正向的肯定。大部分的學生形成性評量成績到後期亦有穩定的發展。隨著學生越來越瞭解課程實施方式，參與程度也逐步升高，在分組活動中對於同儕互動、團體榮譽等方面也更能夠認真看待自己應負的責任。

關鍵詞：教學模式、微積分、數學教學、翻轉教室、翻轉學習

通訊作者：楊晉民，e-mail：jinnminyang@mail.ntcu.edu.tw

收稿：2016 年 1 月 29 日；

接受刊登：2016 年 10 月 5 日。

Chang, C. T., & Yang, J. M. (2016).
Flipping the classroom in a calculus course.
Taiwan Journal of Mathematics Education, 3(2), 55-86.
doi: 10.6278/tjme.20161005.003

Flipping the Classroom in a Calculus Course

Chi-Tung Chang¹ Jinn-Min Yang²

¹ Department of Applied Mathematics, Feng Chia University

² Department of Mathematics Education, National Taichung University of Education

The flipped classroom has become a prominent direction for teaching-related reforms in recent years; the main idea is to flip the activities “teachers teaching in classroom” and “students completing their assignments outside of classroom.” In other words, before the class, students watch instructional videos (at home) assigned or prerecorded by their teachers so that the students can discuss problems that they have encountered, or engage in higher-order critical thinking activities in class. The flipped classroom aims to facilitate active learning, student participation, and peer collaborative learning in class. The present study investigated the implementation of flipped learning in a university calculus course, in which flipped teaching was employed in a class that contained 72 freshman students. By studying the students’ performance following the implementation of flipped classroom, this study provided referential information to teachers who are interested in introducing flipped teaching in their calculus class. Furthermore, course content selected included area under the curve, fundamental theorem of calculus, and integration by substitution. Course materials were compiled according to cognitive load theory and cognitive theory of multimedia learning. Regarding teaching activities, student-oriented teaching activities were adopted to ensure that students watch videos, participate in class, and fulfill their responsibilities as students. Interclass formative assessments, grouping and cooperative assessments, and self-compiled questionnaires were employed to investigate students’ calculus learning outcome and attitude. The study results revealed that students showed positive responses in the areas of questionnaire score and qualitative description of open questions. In addition, the majority of the students’ formative assessment scores improved steadily later on in the course. Furthermore, as students learned more about the course implementation method, their participation gradually increased; during group activities, they also interacted more frequently with their peers, upheld their group honor, and viewed their responsibilities with a more serious attitude.

Keywords: instructional model, calculus, mathematics teaching, flipped classroom, flipped learning

Corresponding author : Jinn-Min Yang , e-mail : jinnminyang@mail.ntcu.edu.tw

Received : 29 January 2016;

Accepted : 5 October 2016.

壹、緒論

資通訊科技 (information and communication technology, ICT) 的快速進步促使網路學習的發展更加蓬勃與快速。2006 年可汗學院 (<https://www.khanacademy.org/>) 利用網路傳送的便捷與錄影重複利用成本低特性，在網路上提供免費的世界級教學，提供學生隨時隨地根據自己的需要進行非同步 (asynchronous) 學習 (黃政傑，2014)。2007 年，美國科羅拉多州伍德蘭公園高中科學課教師柏格曼 (Jonathan Bergmann) 與山姆斯 (Aaron Sams)，在其教授之高中科學課程錄下他們的 PowerPoint 簡報教學短片，給無法到課的學生透過網路進行學習，後來這樣的方法受到各界重視，翻轉學習 (flipped learning)、翻轉教室 (flipped classroom) 或倒轉教學 (reverse instruction) 的教學模式開始成為盛行 (Bergmann & Sams, 2012; Fulton, 2012; Hamdan, McKnight, McKnight, & Arfstrom, 2013b; Lage, Platt, & Treglia, 2010; Yarbrow, Arfstrom, McKnight, & McKnight, 2014; 駐洛杉磯辦事處教育組，2013)。

以教師中心 (teacher-centered) 的教學模式，課堂主要時間都是由教師主導整個課程內容與教學活動，因此，大部分學生在教室內主動參與、分享和討論的時間較少，課後再藉由回家作業來練習課堂所學，對於練習又必須藉由下一次上課才能與教師進行討論。翻轉學習或翻轉教室的教學模式主張教師講解和學生作業兩者翻轉 (EDUCAUSE, 2012)，也就是學生在家藉由網路先學習教師預錄或指定之教學短片，然後在教室進行作業解題與較深度的討論。換句話說，整個翻轉教學過程將結合師生面對面的同步 (synchronous) 學習與線上非同步 (asynchronous) 的網路學習成為混合式學習 (blended learning) 環境 (黃政傑，2014)。根據翻轉學習的概念所進行之教學，更能營造教學環境為學生中心 (student-centered) 之主動學習的場域 (Pierce & Fox, 2012)，教師可以鷹架與深化學生的概念學習。學習翻轉後，學生先利用課餘時間進行線上學習，課堂時間則是教師運用來協助學生進行問題理解或問題解決 (problem-solving) 等對應 Bloom 認知層次中較高層次能力的學習 (Estes, Ingram, & Liu, 2014; Hamdan, McKnight, McKnight, & Arfstrom, 2013a)，或偵測學生在想法上的錯誤 (EDUCAUSE, 2012)。翻轉學習網 (flipped learning network [FLN], <http://flippedlearning.org/>) 更提出翻轉學習必須建構在 F-L-I-P 四大支柱上始能具備成效，其中 F 表示彈性的環境 (flexible environment)、L 表示學習文化 (learning culture)、I 表示明確的內容 (intentional content)、P 表示專業的教學者 (professional educator) (FLN, 2014)。翻轉學習對教師來說意味著額外且專業的工作 (EDUCAUSE, 2012; FLN, 2014)，教師必須花費時間安排、設計甚至於後製錄製之教學短片，通常 30 分鐘的教學短片必須花費約 3-4 小時始能完成 (Kadry & El Hami, 2014)；對學生而言，意味著自身對學習之責任與彈性的增進，主動學習機會的增加與學習內涵的深化 (Arnold-Garza, 2014)。Bergmann (2013) 建議教師欲從事翻轉

教學時，先自問為何要翻轉、製作教學影片的工具是什麼、教學元件存放的位置在哪裡、學生如何存取教學元件等問題都能克服後，才開始進行翻轉學習。

Aronson 與 Arfstrom (2013) 指出翻轉學習對於大學教學特別的合適，尤其是初次嘗試使用翻轉教學之教師。大學生不論是設備與網路操作、資料的獲取、理解與自我學習能力的擴張等方面都已趨於穩定與成熟。此外，大學也提供穩定的軟、硬體設備，讓學生在翻轉教室執行時，所面臨的數位落差與社經落差等影響學生學習的外在條件都可以縮小，因此相當適合翻轉教學之模式。美國密西根大學教師 Scott Freeman 研究顯示能將學生的學習被當率 (failure rate) 從 17% 提升到只剩下 4%；加拿大溫格華 British Columbia 大學研究結果顯示學生出席率增加 20%，參與率增加 40% (Aronson & Arfstrom, 2013)。

微積分 (calculus) 是大學基礎且重要的學科之一，被廣泛地運用在科學、經濟學、管理學和工程學等各個研究領域，同時也在其他大學數學科目，例如機率論、最佳化、偏微分方程、分析等大量被使用 (Muzangwa & Chifamba, 2012)。傳統微積分課程對於因故缺課的學生易在學習上產生落差，若沒有於課後短時間內自行研讀就容易有累積效果，隨著課程的加深、加廣而嚴重影響後續的學習成效。對於準時到課的學生，若沒有複習亦容易隨著時間遺忘重要概念而影響學習成效。對於大學微積分課程之翻轉教學研究中，Jungić、Kaur、Mulholland 與 Xin (2015) 研究調查顯示學生對於教學影片的接受度亦相當高，也認為翻轉教室可以有較多時間討論問題，與教學者互動的時間會比較多。Sahin、Cavlazoglu 與 Zeytuncu (2015) 從問卷發現學生對於不同類型的教材中，相當依賴翻轉錄影教材，理由是可以快速備課。他們亦發現翻轉教室的學生小考分數比非翻轉教學學生高一些。這些研究對於數位課程錄製尚未引入認知負荷理論 (cognitive load theory, CLT) 和 Mayer (2001, 2014) 多媒體學習認知理論 (cognitive theory of multimedia learning, CTML) 以使學生學得更好作為考量。微積分不只是一門訓練演算能力的課程，因其本身包含許多邏輯演繹和多重表徵等內涵，因此相當適合作為讓學生進行分享、討論與合作的課程。換句話說，大學微積分課程相當適合翻轉教學模式的進行。

根據上述，本研究認為大學微積分課程相當適合翻轉教學模式的進行。因此，針對某大學一年級學生微積分課程進行研究，來解析大學生在微積分翻轉教室之學習情形。本研究之目的如下：

- 一、開發暨設計適合大學微積分翻轉教學之數位教材與學習活動；
- 二、了解大學生在微積分翻轉教學之解題表現；
- 三、探究大學生對於微積分翻轉教學的態度。

貳、文獻探討

一、翻轉教室

2007年，美國科羅拉多州伍德蘭公園高中科學課教師柏格曼（Jonathan Bergmann）與山姆斯（Aaron Sams），在其教授之高中科學課程錄下他們的 PowerPoint 簡報教學短片，給無法到課的學生透過網路進行學習，後來這樣的方法受到各界重視，翻轉學習（flipped learning）、翻轉教室（flipped classroom）或倒轉教學（reverse instruction）的教學模式開始成為盛行。此種教學模式大幅改善了學生的成績，同時也提升了學生的學習動機和學習態度，獲得良好的教學成效（Fulton, 2012）。翻轉教學不是只是觀看教師指定的錄影的線上學習，而是必須考量學生上課前、上課時和上課後三個階段都設計學生中心教學活動的教學模式。

傳統的教學希望學生能夠進行課前預習，課堂認真聽教師講解，然後課後藉由作業練習所學，但課前預期之成效往往不如預期。因此，「翻轉教室」將學習模式調整為以學生為中心，學生課前自學、課堂互動或解題、課後進行延伸學習，其中自學形式包括：觀看課堂教學錄影、聆聽課堂講授錄音（podcast）、精讀進階版的電子書（e-book）內容，以及與同儕們在線上合作學習等等，學生可以自己掌握教材內容、學習步調與學習風格，而教師的角色則從知識的「教導者」轉型為學習的「引導者」，讓學生以實作、合作學習的形式進行交流互動，甚至為現實問題提出可行的解決方案，使學生對學科內容有更深入的理解與應用，達到學習遷移的目的（劉怡甫，2013）。

翻轉教室的概念並不是新穎的教學方法，也不是要取代老師，或以影片取代回家功課，而是能讓學生從傳統被動的知識接收者成為主動的學習者，讓教師成為學習的設計師與輔助者（Pappas, 2012）。Bergmann 與 Sams（2012）指出翻轉教室可以幫助比較忙的學生、學習較為掙扎的學生，同時允許學生可以暫停與重播教學過程、增加師生互動、讓教師更瞭解學生、增加學生與學生間的互動、改變班級管理...等優點。當然，翻轉教室也有缺點，例如：對教師而言，會增加額外負擔來設計教室內和教室外的課程組合；對學生而言，數位落差或家庭社經落差可能會造成學生的焦慮與負擔。Honeycutt（2012）整理之傳統教學和翻轉教學比較（詳如表 1），表中亦清楚的表達了翻轉教學是學生中心學習模型的實現。

表1

傳統教學和翻轉教學之比較

傳統教學	翻轉教學
教師為焦點 (我該如何呈現訊息?)	學習者為焦點 (我該如何協助學習者獲取訊息?)
重結構與次序	重彈性與動態
單向溝通	多向溝通
教師主動, 學習者被動	教師與學習者皆主動
教師決定教學內容	教師與學習者共同決定教學內容
教師在講台上講解	教師從旁引導學習
內容導向	活動導向
有效率的	有效益的
教師是資料的呈現者	教師是學習的促進者
較強調低階批判性思考技巧 (知識轉譯與理解)	較強調高階批判性思考技巧 (知識運用、整合與評鑑)

資料來源：修改自 *The lecture vs. the flip*, by B. Honeycutt, 2012. Retrived from
<https://barbihoneycutt.com/the-lecture-vs-the-flip/>

二、微積分翻轉教室

微積分 (calculus) 在 17 世紀由牛頓和萊布尼茲所發明, 是數學的一個重要分支。微積分是大學基礎且重要的學科之一, 其被廣泛地運用在科學、經濟學、管理學和工程學等各個研究領域, 同時也在其他大學數學科目, 例如機率論、最佳化、偏微分方程、分析等大量被使用 (Muzangwa & Chifamba, 2012)。

微積分翻轉教學可以讓學生學得更好, 改變課程準備方式、課程參與更加活絡 (Jungić et al., 2015; Sahin et al., 2015)。Sahin 等人 (2015) 從對於微積分翻轉教室研究三次問卷中發現學生對於不同類型的課前備課教材使用傳統教科書、翻轉教學影片、閱讀其他文件和觀看其他影片的累積比率分別為 34%、92%、46%和 32%, 可見學生會比較依賴翻轉錄影教材。另外, 有 85%學生覺得翻轉學習能夠讓他們學得更好。Jungić 等人 (2015) 經過四學期微積分翻轉研究結果發現在五點量表的問卷中, 學生對於能夠學得更好是給予 3.86 分的肯定。該研究也指出所支出之人事費用和其他雜支金額約為 15000 元加幣, 並指出轉換到翻轉教學在時間和金額投資與傳統教學比較起來都顯著增加。

三、認知負荷理論

將特定的工作加在個體的認知系統時，所產生心智上的負荷量稱為認知負荷（Sweller, van Merriënboer, & Paas, 1998）。人類處理訊息的工作記憶（working memory）是有限的，因此若待處理訊息互動性強，需相互參照才能瞭解，則將耗費短期記憶（short-term memory）容量，產生更大的認知負荷（cognitive load），導致學習上負荷量的問題。認知負荷的來源有三，分別為內在的認知負荷（intrinsic cognitive load）、外在的認知負荷（extraneous cognitive load）與增生的認知負荷（germane cognitive load）。學生學習的認知負荷受下列三要素影響：（一）學習教材的本質（nature of the material），即教材內容的難易程度，也就是內在的認知負荷；（二）學習教材的組織（organization），即教材內容的呈現方式，如教材的編排、重點強調、使用操作都會成為學生學習的負擔，就是外在的認知負荷；（三）若教材內容的呈現方式進行適當的脈絡編排以吸引學生專注於學習內容，增進學生基模的建構、組織與調適，即會產生增生認知負荷。內在的認知負荷為教材本身的難度，不能透過教材設計而有所影響；而外在的認知負荷，則可透過有效的教材設計之改良，成為增生的認知負荷來促進學習（Paas, Renkl, & Sweller, 2003）。

四、多媒體學習認知理論

Mayer（2001）根據 Paivio（1986）所提出的雙通道理論、Baddeley（1992）提出的工作記憶理論和 Wittrock（1989）的生成學習理論（generative-learning theory），以及自己所提出的選擇-組織-整合之主動學習理論提出多媒體學習認知理論的三個基礎假設，如下表 2 所示。

表2

多媒體認知學習理論之三個假設

假設	說明
雙通道	人類擁有處理語音與視覺訊息的不同通道
記憶體容量有限	在處理語音與視覺訊息的記憶體容量是有限的
主動學習	學習需要在語音與視覺通道中大量的認知處理

資料來源：修改自 *Multimedia learning* (p. 44), by R. E. Mayer, 2001, New York, NY: Cambridge University Press.

Mayer（2001）基於探究學生對於多媒體教材的學習結果提出多媒體學習原則，提出九項多媒體學習原則，讓使用多媒體教學的教學者有了基本的圭臬。Mayer（2014）整理出許多學者提出的多媒體學習原則，就已經高達二十餘項之多，表 3 列出幾種本研究多媒體教材設計時常用之原則。

表3

多媒體學習原則

原則	說明
多媒體原則 (multimedia principle)	學生對多媒體教材的學習效果比單獨文字學習的學習效果好。
空間接近原則 (spatial contiguity principle)	多媒體教材相關的文字與圖形最好能放在鄰近的地方，對於學習的效果較佳。
時間接近原則 (temporal contiguity principle)	學習者學習時聽到與看到之相關影像的間隔短，有助於建立與強化文字及影像間的連結。
連貫原則 (coherence principle)	資料呈現要相關，與學習主題無關的文字、圖形與聲音等內容最好不要放入學習內容中。
切割原則 (segmentation principle)	若將學習內容分割成數個小片段，可以減少每次呈現的訊息量，讓學習者可以有充足的時間從每一個片段中選擇、組織與整合訊息後再進入下一片段，學習者能更有效的分配與使用認知資源。
訊號原則 (signaling principle)	學生學習多媒體教材時，如果含有協助如何處理教材的信號（例如：使用文字顏色），學生的了解程度比較好。

資料來源：摘錄並修改自 *Multimedia learning* (p. 184), by R. E. Mayer, 2001, New York, NY: Cambridge University Press. 及 *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed.) (p.139), by R. E. Mayer (Ed.), 2014, New York, NY: Cambridge University Press.

參、研究設計與實施方式

本研究依據研究背景、目的與相關文獻之探討後，進行微積分錄影教材設計、教學活動設計，並採用形成性評量、小組合作與評量與問卷調查法進行資料蒐集與分析。

一、研究對象

本研究乃針對某私立大學工學院大學一年級學生微積分課程進行研究，計有 72 位學生參與本研究。解題成效評量分別於每次上課前進行約十分鐘的形成性評量，以瞭解學生對於指定的錄影教學是否理解。為讓學生間能夠進行數學對話與同儕合作，本研究採分組報告，共分為八組，每組約八至十人，由學生自行組隊並分配任務。每組在形成性評量之後針對指定之錄影教學進行報告，完畢後進行組間與組內互評。翻轉學習態度量表於期末完成，其他資料蒐集乃藉由線上教學收看分析、線上即時回饋測驗系統等資料，來解析大學生在微積分課程翻轉教室之

各項表現與態度。

二、微積分翻轉課程開發

本研究翻轉教室活動之課程為三學分基礎微積分 (calculus) 學年課程，每週有四堂課的授課時間，本研究微積分翻轉課程開發步驟有教材設計、教學網站設置、課前預習、課堂活動、課後回饋等，茲說明如下。

(一) 教材設計

本研究所採用之授課內容為上學期微積分 I (calculus I) 的部分，進行的主題為「積分及其應用」的單元，共計六次十一堂課持續兩週半的時間。本教材編製乃研究者根據課程安排進行教學投影片製作，畫面的設計、編排與動畫呈現，主要依據多媒體學習認知理論 (cognitive theory of multimedia learning, CTML) 所提出之原則 (Mayer, 2001, 2014) 與認知負荷理論 (cognitive load theory, CLT) (Sweller, Ayres, & Kalyuga, 2011) 的原則來進行教材設計，並由兩位研究者針對投影片內容進行討論修改後錄影。為降低學生認知負荷，教材設計應避免資料一次呈現太多，造成工作記憶體的過度使用。以圖 1(a)與(b)為例，區塊式設計是根據 CTML 之「切割原則」，將資料進行適度切割，避免在同一個畫面上呈現太多文字，可讓學生視覺通道聚焦合適的學習內容，再依據「多媒體原則」、「空間接近原則」和「時間接近原則」即時將對應的概念搭配圖像，使學生可以與文字或數學式相互參照，快速理解教材，並配合動畫分批呈現畫面內容，輔以語音講解由語音通道來處理部分訊息，以減少學生學習時大腦內工作記憶體的使用，以降低其心智負荷量，增進學生學習；使用不同顏色並適時圈選註記的方式，則是根據 CTML 之「訊號原則」具有提示重點的效果，讓學生聚焦這些重點。使用投影片進行數學教學時，若教學過程超過一頁範圍時，學生就必須記住前一頁的結果，才能理解後續推理，毫無疑問這樣安排將會增加學生認知負荷，因此再次利用空間接近原則與時間接近原則，如圖 1(c)和(d)所示，保留前頁所推導的主要定理與公式，同樣將其置於畫面上方，可讓學生立即參考前頁得到的結果加以解題，無須將其記憶腦中，減少工作記憶體之使用，降低學生認知負荷。此外，「連貫原則」可檢視投影片使用之多媒體是否合宜，避免濫用多媒體徒增工作記憶體使用而增加學生學習之認知負荷。

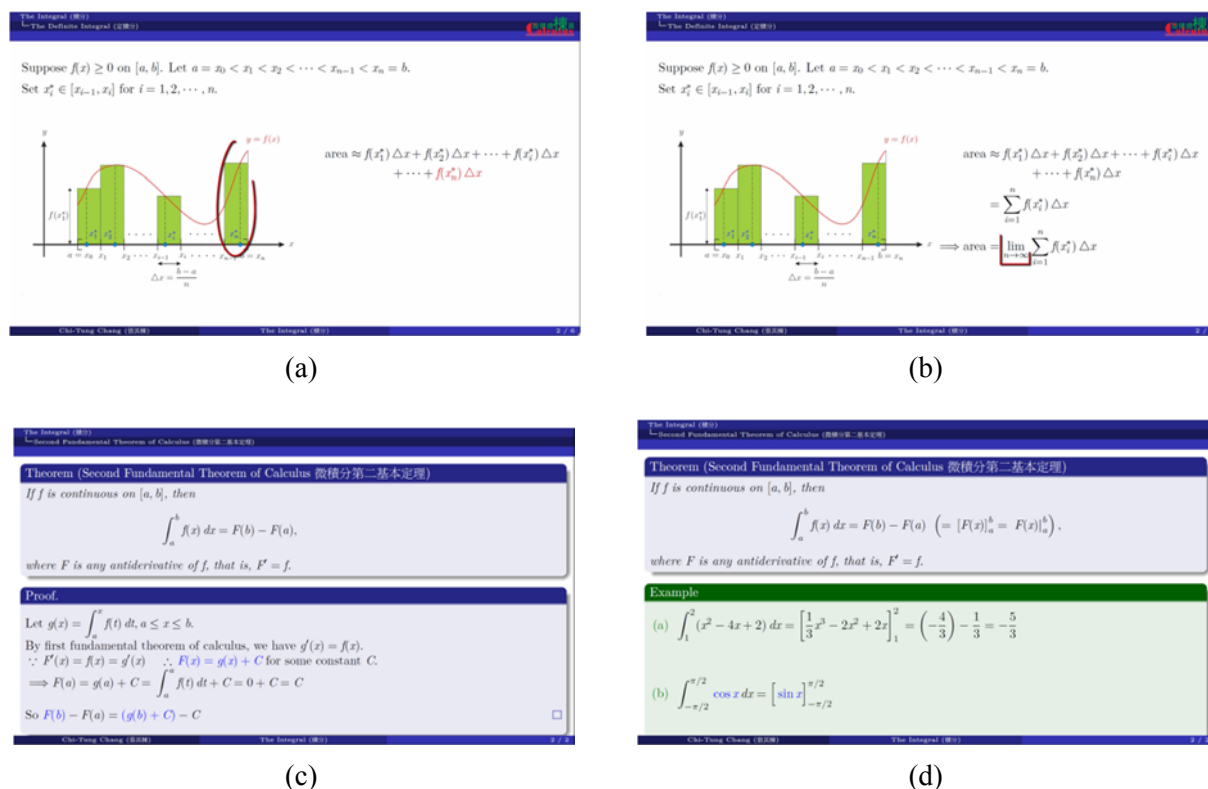


圖 1 符合多媒體學習理論和認知負荷理論之微積分教材設計

(二) 錄影製作

根據設計好之教材以 Camtasia Studio 進行教材錄影後，再利用多媒體編輯軟體將教學錄影與其他資源整合，後製成最後教學錄影檔並上傳至教學網站，以利學生進行線上學習。

(三) 網站建置

教師除錄製教學影片外，並規劃與使用 Google site 架設微積分教學網站「微積總棟員」(<https://sites.google.com/site/calculusteaching/>)，影片則置於教師的 Youtube 頻道 (<https://www.youtube.com/channel/UCpSfs4lkqCUzLM1Sv76nK0Q>) 上，參與學生可以同時在該網站與該校課程網頁 iLearn 系統上取得教學影片的連結，計有十一支影片，平均長度約為十分鐘。此外，在教學網站也同時提供了講義的下載，而講義的內容為影片中播放之投影片再刪去關鍵字詞的方式製作，方便學生觀看教學課程時進行要點註記，強化學生學習，詳如圖 2(b)所示。本研究將網站建置在 Youtube 上，主要是因為可以利用其後端統計功能探究學生學習狀況。

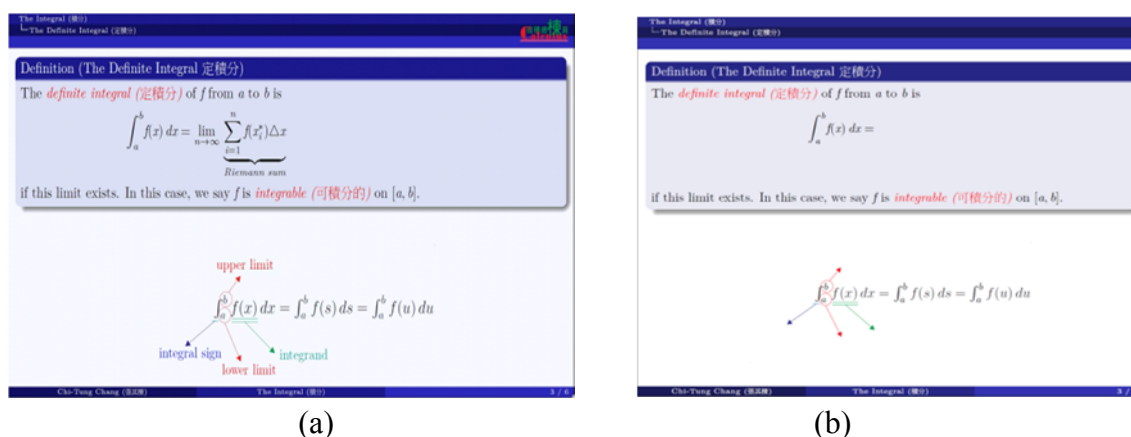


圖 2 教學網站講義設計

(四) 課前預習

參與課程學生需於課前利用錄製之教學影片學習當週預定的進度。本研究教學活動影片上線的時程如表 4。教學影片於教學活動十天前上傳教學網站，並告知學生於線上學習後做筆記。另外，由於本研究採用分組報告，負責報告的小組需進行組內協調，並準備上臺報告的事宜。

表 4

本研究教學活動影片上線的時程

週次	星期	教學與報告內容	上架影片 (週五)
預備(-2)			精彩選輯、曲線下的面積 定積分、定積分的基本性質
預備(-1)			微積分第一基本定理、微積分第二基本定理
1	週五	曲線下的面積	代換積分法、奇偶函數的定積分、曲線所圍區域的面積(I)、曲線所圍區域的面積(II)
2	週三	定積分、定積分的基本性質	
	週五	微積分第一基本定理 微積分第二基本定理	函數的平均
3	週三	代換積分法 奇偶函數的定積分	
	週五	曲線所圍區域的面積(I) 曲線所圍區域的面積(II)	
4	週三	函數的平均	

三、資料蒐集與處理

(一) 課堂活動

教師從當週預定要預習的影片中取材進行出題，並於課堂一開始即實施測驗。隨堂測驗實施完畢後，立即由老師提供參考解答進行檢討，再請分配報告當次教材之小組上臺進行報告，並回答臺下同學的提問，接著教師進行補充與總結，最後進行線上即時回饋的 Kahoot! 測驗。

1. 隨堂測驗

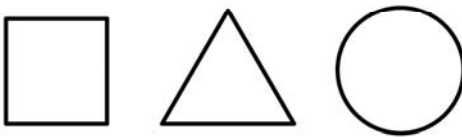
每次課堂活動一開始立即進行隨堂測驗，共計十次，每次滿分為十分，作答時間為十分鐘，測驗結束後教師會提供參考的解答（如圖 3 與圖 4），讓同學們檢視與訂正自己的作答情形。

微積分 (一) - Quiz 1

班級：_____ 學號：_____ 姓名：_____

Question: *Just write down the answer!* (10 points)

Solution:



評分標準：畫出正方形得3分、畫出三角形得3分、畫出圓形得3分，有依正確的順序由左至右畫出這三個圖形再得1分。

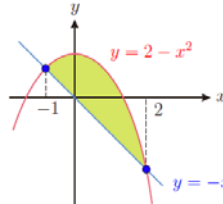
圖 3 第一次測驗「曲線下的面積」單元的試題與參考解答

微積分 (一) - Quiz 8

班級：_____ 學號：_____ 姓名：_____

Question: Find the area between the curves $y = 2 - x^2$ and $y = -x$. (10 points)

Solution:



Note that

$$y = 2 - x^2 = -x \iff x^2 - x - 2 = 0$$

$$\iff (x + 1)(x - 2) = 0 \iff x = -1 \text{ or } 2. \dots\dots\dots (2 \text{ points})$$

Hence

$$\text{area} = \int_{-1}^2 [(2 - x^2) - (-x)] dx \dots\dots\dots (3 \text{ points})$$

$$= \int_{-1}^2 (-x^2 + x + 2) dx$$

$$= \left[-\frac{1}{3}x^3 + \frac{1}{2}x^2 + 2x \right]_{-1}^2 \dots\dots\dots (3 \text{ points})$$

$$= \left(-\frac{8}{3} + 2 + 4 \right) - \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{2} - 2 \right) = \frac{9}{2}. \dots\dots\dots (2 \text{ points})$$

圖 4 第八次測驗「曲線所圍區域的面積(I)」單元的試題與參考解答與評分標準

2. 小組報告

國民中小學九年一貫數學學習領域課程綱要 (http://teach.eje.edu.tw/9CC2/9cc_92.php) 與十二年國民基本教育數學領域課程綱要草案 (<http://12basic-forum.naer.edu.tw/>) 都指出：數學是一種語言，融合在人類生活世界的諸多面向，精鍊的數學語句，則是人類理性對話最精確的語言。對數學課程而言，利用精鍊、理性與合乎邏輯的數學語言進行同儕間的數學對話，其重要性是毋庸置疑的。而翻轉教學亦希望在教室內進行增加學生主動學習、主動參與、分享、討論、或同儕教學機會的活動。有鑒於此，本研究利用小組報告來實現，希望營造參與、溝通、分享與合作的氛圍。表 5 列出各組分配的報告教材主題，每次都有負責的組別上臺報告分配到的當次教材，每組報告時必須歸納重點，還得自發地適時補充教學影片沒有提到的題材，並回答臺下同學們的提問，教師亦適時引導與修正小組報告方向以掌控時間與進度，其中第一次與第四次的教材由教師示範報告與補充，讓報告的組別能夠有依循的方向，使得過程更加順利。由課後的回饋顯示報告者的表現會影響同學們回顧相關教材的成效，好的報告者會使用吸引臺下同學們的目光的策略，例如：補充較多的知識、快速回答同學們的提問，或拋出問題來引起大家的興趣。

表5

各組分配的報告教材

組別	週次 (星期)	報告內容	組別	週次 (星期)	報告內容
	1 (週五)	曲線下的面積 (教師示範教學)	6	3 (週三)	代換積分法
2	2 (週三)	定積分	7		奇偶函數的定積分
3		定積分的基本性質	8		曲線所圍區域的面積(I)
	2 (週五)	微積分第一基本定理 (教師示範教學)	9	3 (週五)	曲線所圍區域的面積(II)
5		微積分第二基本定理	10	4 (週三)	函數的平均

3. 線上即時回饋測驗系統 Kahoot!

Kahoot! (<https://getkahoot.com/>) 是一個允許教師和學生進行知識分享的遊戲式線上即時回饋測驗平台，教師可於其上建立具有文字、圖片、影像之小考或問卷，學生則可藉由平板電腦、智慧型手機或筆記型電腦等設備來共同參與，該系統並提供對錯即時回饋與簡單的統計資料，並依學生作答反應時間與正確性給予計分與排名。本研究透過教師事先設計題目，以競賽的模式檢視學生學習成效。根據學生回饋的反應，顯示同學們最喜歡這項活動，因為能夠快速應用所學的知識，回答螢幕上的提問，藉此加強印象，不僅如此，對於答對獲得高分的同學，更因此得到成就感，產生學習的動力，教師也可以利用每次答題後對應選項的選答人數，瞭解大部分

學生學習的盲點，並即時釐清或回顧重要的觀念。而在題庫的設計，則刻意加入教材以外的有趣題目，例如老師的名字、教學網站的名稱，啟發同學們再次探索網站的好奇心與意願，藉此提升學生興趣與回顧教材，而學生們事後的回饋也說明達到正面的效果。圖 5 為本次教學設計的 Kahoot! 遊戲片頭畫面，圖 6 為研究者所設計之 Kahoot! 遊戲介面，上方顯示題號與題目，下方則提供四個選項以供選擇，左側為倒數的時間，有 30 秒可以作答，愈快作答且正確，則積分愈高，而右方則顯示現在已經作答的人數。同時，從畫面中可以發現該系統也使用數學符號，雖不像一般使用 Latex 文字美觀，但已可適用於數學科教學。另外，也可使用 Latex 系統編製題目再轉存為圖檔方式呈現題目來解決數學表徵的問題。



圖 5 Kahoot! 線上即時回饋系統畫面

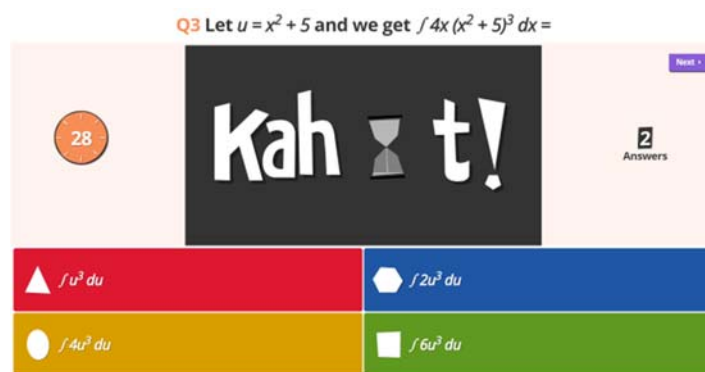


圖 6 配合課程設計之 Kahoot! 問題畫面

(二) 課後回饋

1. 小組報告與互評

本研究設計組間互評計分項目區分為教材熟悉度、台風、步調掌控與臨場應對等四個向度 (dimension)，所以各組都有依這四個向度進行評量，可提高各組針對同一組評分結果的一致性。

2. 隨堂測驗批閱

各組必須批閱負責報告單元所對應的隨堂測驗。教師會在課堂測驗結束時，立即解說參考的解答與配分方式，並給予參考答案後（如圖 7），再由負責小組協助批閱，事後交由教師覆閱，因此各組批閱的品質都相當高。同時，從學生事後的質性回饋瞭解同學們亦發現可藉此機會，觀察同儕常犯的錯誤，可助避免日後相同錯誤的發生。惟仍然有同學為公平性感到憂心，但還是可以接受同學們批閱的結果。有同學瞭解到大概批閱二十份左右的試題，就能夠對於給分有一致性的效果。

微積分 (一) - Quiz 6

班級：_____ 學號：_____ 姓名：_____

Question: Evaluate $\int x(3x^2 - 1)^3 dx$. (10 points)

Solution:

Let $u = 3x^2 - 1$ and we get $du = 6x dx$. Therefore

$$\int x(3x^2 - 1)^3 dx = \frac{1}{6} \int (3x^2 - 1)^3 \cdot 6x dx$$

$$= \frac{1}{6} \int u^3 du \dots\dots\dots (4 \text{ points})$$

$$= \frac{1}{6} \times \frac{1}{4} u^4 + C \dots\dots\dots (4 \text{ points})$$

$$= \frac{1}{24} (3x^2 - 1)^4 + C \dots\dots\dots (2 \text{ points})$$

圖 7 第六次測驗「代換積分法」單元所對應的試題與參考解答

3. 組內成員互評

為了讓小組同學們有機會檢視自己與其他組員的貢獻和參與度，本研究融入組員互評之機制，除了分數的評比之外，也請同學們寫下對同組員的意見與看法。為讓學生確實反應分數與意見，由學生直接將評分結果交給授課教師後進行統計與歸納。

4. 問卷調查

為了解參與學生對於翻轉教室的想法，本研究採李克特量表（Likert scale）進行問卷調查。問卷內容主要以線上教學資源、課堂活動與翻轉反思三個面向為主軸，其中線上教學資源又分教學影片與教學網站兩個主題；課堂活動又分隨堂測驗、小組報告與線上即時回饋系統三個主題來進行題目設計，每個題目採非常同意、同意、無意見、不同意、非常不同意五種選項，並於計分時依序給予 5、4、3、2 和 1 分。表 6 與圖 8 分別表示問卷設計架構與本研究設計之問卷與統計結果。

表6

問卷設計架構一覽表

面向	主題	對應試題
線上教學活動	教學影片	1 - 6
	教學網站	7, 8
課堂活動	隨堂測驗	9, 10
	小組報告	11, 12
	線上即時回饋系統	13, 14
翻轉反思		15 - 18

翻轉教室透過大家分工合作，已經圓滿結束囉！謝謝大家全力配合，也藉此留下美好有趣的回憶，希望同學們都可以從中體驗到自主學習的精神與效益，為了瞭解活動的成效，請各位填寫以下的問卷，作為往後教學的參考與改善。

說明：請在對應的欄位打勾

	非常同意	同意	沒有意見	不同意	非常不同意	
1. 教學影片的提供讓學習更有彈性，不受時空限制.....	27	35	0	0	0	(4.44)
2. 教學影片的內容可以讓我有用地掌握對應單元的重點.....	28	32	2	0	0	(4.42)
3. 教學影片的呈現清楚簡潔，令人一目瞭然.....	27	33	2	0	0	(4.40)
4. 教學影片所提供的範例，可以明確展示相關概念的使用時機.....	26	34	2	0	0	(4.39)
5. 線上教學的設計可以引起興趣，提高學習動機.....	23	35	4	0	0	(4.31)
6. 整體而言，活動提供的教學影片是良好的線上學習教材.....	29	30	3	0	0	(4.42)
7. 教學網站『微積總棟員』為觀看教學影片提供良好的管道.....	31	31	0	0	0	(4.50)
8. 探索教學網站『微積總棟員』可以提升線上學習的興趣.....	25	35	2	0	0	(4.37)
9. 隨堂測驗的設計可以反應出線上學習的成果.....	18	39	5	0	0	(4.21)
10. 批閱隨堂測驗讓我藉由觀察他人的解題，加深學習的印象.....	14	35	13	0	0	(4.02)
11. 藉由上台報告的準備，可以消化線上課程所學的知識.....	22	31	9	0	0	(4.21)
12. 透過聆聽同學的報告，能夠回憶教學影片的內容，加強印象.....	18	30	14	0	0	(4.06)
13. 課堂上快問快答的遊戲可以引起興趣，提高學習動機.....	31	25	6	0	0	(4.40)
14. 課堂上快問快答的遊戲可以快速地檢視學習的成效.....	28	29	5	0	0	(4.37)
15. 本次活動讓我與同學有更多的互動，增加討論課業的機會.....	20	27	14	1	0	(4.06)
16. 整體而言，我在參與本次活動中獲益良多.....	27	28	7	0	0	(4.32)
17. 我願意再次參與翻轉教室的教學活動.....	29	23	9	1	0	(4.29)
18. 經過本次體驗，我願意運用線上資源，進行各方面的學習.....	28	27	7	0	0	(4.34)

圖 8 翻轉教室問卷與統計結果

表 7 摘要出本研究課前、課中與課後師生活動，由表中與上方論述可以瞭解三階段中學生與老師所扮演的角色。課前，教師的角色是負責錄影教材設計與教材品質把關和學生分組事宜；

課程進行時（課中）負責小考考題設計、課程補充與學習引導和 Kahoot!即時回饋測驗系統題目與活動設計；課後則與負責批改的小組討論解答與評分準則，設計組間和組內互評表，以及最後的問卷設計。由上可知，教師的工作繁重，其目的主要是配合學生中心概念的翻轉教學設計，讓學生在課前、課中與課後都有自己的工作與應盡之職責，同時也必須參與同儕活動與互動。本研究對於課程前、中、後階段都經過思慮，導入的活動都以學習理論為支架來確保翻轉學習之效益，尤其是教材設計以多媒體學習理論和認知負荷理論為核心，融入自評與互評的分組活動都是目前相關研究中尚未被運用的方式，也是本研究之創新。上述鉅細靡遺之設計是學生中心的翻轉教學能夠成功的要件。

表7

課前、課中與課後師生活動摘要表

課前		課中		課後	
教師	學生	教師	學生	教師	學生
教材設計	觀看線上課程	考題設計	小考	提供解答與 評分要點	小考批改與相 關資料整理
教材錄製	教學輪值小組 工作分配	課程補充	小組教學	設計組間互 評表	組間互評
教材上網		引導與補充	問題與討論	設計組內互 評表	組內匿名互評
學生分組		活動與考題 設計	Kahoot! 線上即時 回饋測驗	問卷設計	填寫問卷
考題設計					

肆、研究結果與討論

一、課程出席率

透過比較實施翻轉教室隨堂測驗卷的回收份數與本學期學生課堂出席記錄，翻轉教學使學生準時到課率由 88% 提升至 91%。然而翻轉教室的隨堂測驗是於課程一開始立即實施，平時的點名則是在課堂中隨機的時間舉行，故搭配教學者於教學現場的觀察，準時到課率會大於 3%，這與加拿大溫格華 British Columbia 大學研究結果顯示學生出席率增加的結果一致 (Aronson & Arfstrom, 2013)。

二、錄影課程觀看率

根據圖 9 與圖 10 統計結果顯示，大部分同學都能夠在活動前一天觀看預定的教學影片，以準備隔日活動的實施，觀看次數有時會略低於或是略高於參與人數，依據之後的瞭解，有部分

同學會一同觀看影片導致觀看次數略低，而有部分同學會重覆觀看影片以複習，使得觀看次數提升。



圖 9 翻轉教室活動中所有影片觀看次數統計



圖 10 翻轉教室活動中所有影片觀看時間（以分鐘為單位）統計

為了解學生是否有確實觀看教學影片，研究者在其中兩支教學影片中，設計了測驗的提示，第一個是「曲線下的面積」單元為第一個實施並進行隨堂測驗的教材，亦擔任從傳統板書授課至翻轉教學的過渡教材，因此於教學影片最後公佈第一次測驗的試題（圖 11），有看影片就知道只須依序畫出正方形、三角形與圓形，就可以得到第一次測驗的分數。YouTube 定義觀眾續看率（<https://support.google.com/youtube/answer/1715160?hl=zh-Hant>），並以之為影片能否持續吸引觀眾的整體指標，該指標又分為絕對觀眾續看率和相對觀眾續看率，本研究採用絕對觀眾續看率（以下簡稱續看率），可以展現以秒為單位，影片中時間點 k 的觀看次數佔該影片觀看總次數的百分比，亦即

$$\text{影片中第 } k \text{ 秒的續看率} = \frac{\text{影片中第 } k \text{ 秒的觀看次數}}{\text{該影片觀看總次數}} \times 100\%$$

由公式可以看出：如果時間軸某個片段（例如：重要概念）被重播，則該片段的續看率會上升，甚至可能超過 100%，若觀眾點選時間軸跳過某個片段，則該片段的續看率會下降。從本研究學生續看率的數據可以得知，同學們都有留意到這個提示，並於事後分享這是個有趣且極富創意的點子。而在第二個「曲線所圍區域的面積(I)」單元由於涉及較為繁複的運算，因此也在影片提示對應的題目，讓同學們及早練習和準備，事後同學們也表示這讓他們在這個計算複雜的單元，提供了明確的方向與自信。圖 12 顯示教學影片「曲線下的面積」的續看率統計，在 3 分 40 秒左右提示出現時有明顯的上升。圖 13 為教學影片「曲線所圍區域的面積(I)」中間的提示，圖 14 為教學影片「曲線所圍區域的面積(I)」的續看率統計，可以發現：在 9 分 30 秒左右提示出現時有明顯的上升，甚至還突破 100%。



圖 11 教學影片「曲線下的面積」最後的提示畫面

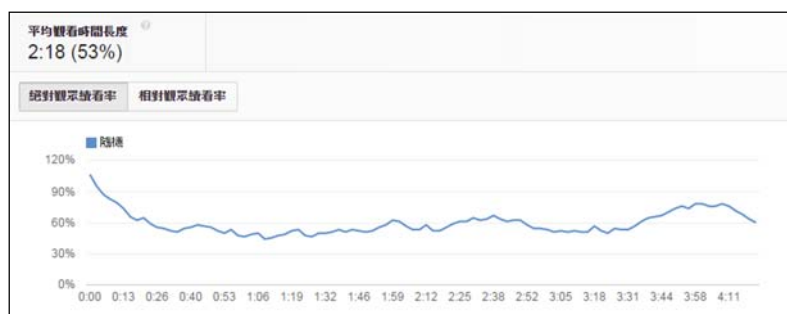


圖 12 教學影片「曲線下的面積」的續看率統計

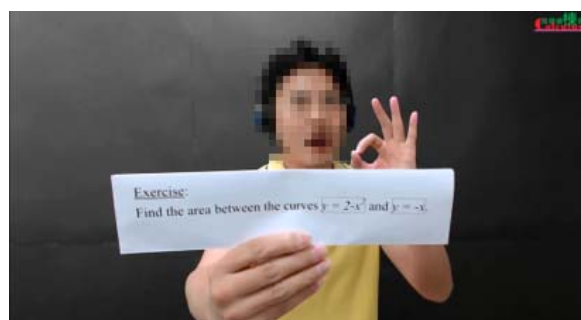


圖 13 教學影片「曲線所圍區域的面積(I)」中間的提示畫面

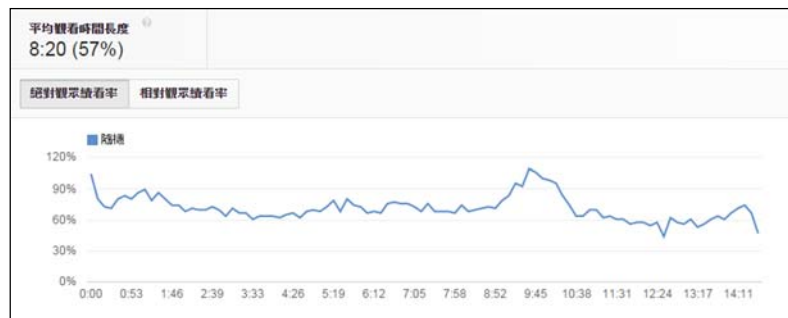


圖 14 教學影片「曲線所圍區域的面積(I)」的續看率統計

三、隨堂測驗結果

圖 15 為學生在這十次測驗的表現情形，從圖中可以推論，一開始學生不瞭解翻轉教學模式運行方式，因此對於觀看影片應該是相當認真，且能夠注意影片中的每個細節，在第一次「曲線下的面積」單元測驗的表現相對較好，不過第二次到第六次測驗成績相對於第一次有下降但持平的趨勢，但當同學們越來越熟悉這個教學模式之後，第七次到第十次測驗的成績能呈現穩定逐步提升的趨勢，且標準差則大致相同，顯示事前觀看影片的翻轉教室教學方式的效益可以逐漸顯現。此外，這樣的設計最顯而易見的就是準時到課比例的提高，僅有少數同學會遲到或請假。

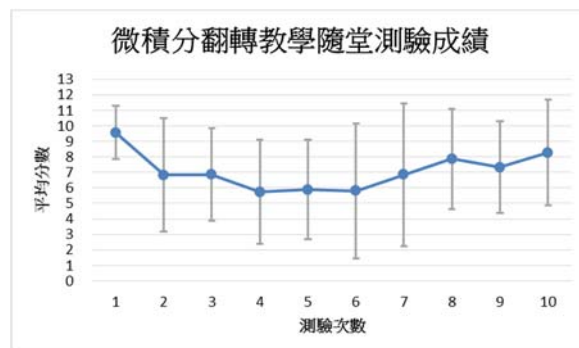


圖 15 十次隨堂測驗的平均與標準差

四、小組報告與組間互評

在小組報告的組間互評方面，結果顯示有部分組別給他組的分數皆偏高，或是皆偏低，不過相對而言，大家對於表現較佳或是不理想的組別會有相近的看法。各組評分同時也必須條列出報告組別表現的優缺點（圖 16），教師亦結算各組的評分並統整對應的意見，再回饋給報告的組別（圖 17），根據事後學生的反應，都能為報告的小組提供極具價值的參考，而較後報告的組別，更能夠因為回饋單的填寫過程，藉由觀察前面他組的表現，找到適合的報告模式。圖 18 為各組評分之結果。

微積分分組報告回饋單				
回饋者 第十組	組員	[Redacted]		評比 (100%) (A)+(B)+(C)+(D)
報告組別	第二組			91
報告主題	定積分			
各項評比 (滿分 25)	教材熟悉度 (A)	台風 (B)	步調掌控 (C)	臨場應對 (D)
	20	24	23	24
備註：以下請設定字體大小為 12 書寫，直敘或條列式均可，內容請勿超過本張 A4 大小。				
意見回饋：(請寫優缺點至少共五項)				
<ol style="list-style-type: none"> 1. 有梗，講課輕鬆易懂 2. 音量夠大，坐在倒數第二排都聽得很清楚 3. 台風穩健，講解速度適中 4. 結尾有點倉促，有點可惜 5. 有有獎徵答，很酷 6. 首當其衝的組別卻能有良好的表現，應該要加點分數 				

圖 16 第十組針對第二組上臺報告表現所填寫的回饋單

微積分分組報告回饋統整										
報告組別	組別編號	第二組								評比 (100%)
	報告主題	定積分								[平均分數]
組員	[Redacted]								92.11	
成績分布 (填入順序 為亂數)	88	96	95	97	92	98	88	91	84	
意見回饋：										
<ol style="list-style-type: none"> 1. 台風穩健又幽默風趣，對於學生發問可以適當回答並清楚講解。 2. 與大家互動頻繁，不會讓台下的學生昏沉。 3. 贅字不多，講話很順暢。 4. 可以加強數學常用的英文字彙與語法。 5. 有獎徵答很不錯，準備小禮物引起同學的回應，老師！我肚子餓了！ 6. 有時候會扯到一些別的地方，稍微偏離主題。 7. 與台下的互動頻繁，會帶動場面不讓同學覺得無趣，氣氛熱烈。 8. 有常使用的口頭禪「這個」、「那個」、「嗯...對」、「對不對」，可以稍加留意。 9. 有停下腳步詢問台下同學是否有問題，瞭解大家的學習狀況。 10. 隱約感覺還是稍微緊張。 11. 對教材相當熟悉。 										

圖 17 經教師統整各組給第二組的回饋單後，發還給第二組的回饋意見

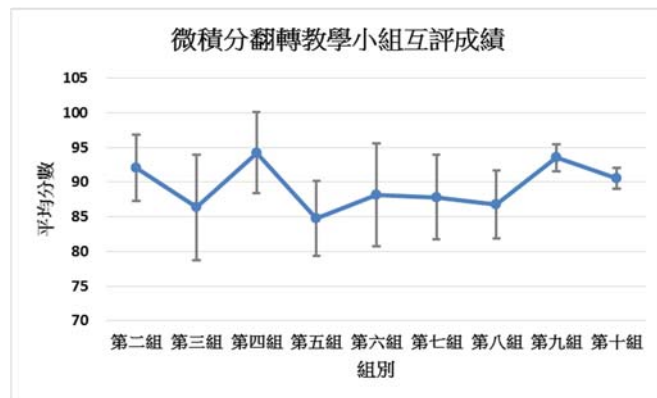


圖 18 各組評分結果

五、學生常見解題錯誤

藉由分組批改同學考卷，學生可以發現同學常見的錯誤如下圖 19 所示。

微積分 (-) - Quiz 3

Question: Evaluate $\int_1^4 (f(x) - 3g(x)) dx$ if $\int_1^4 f(x) dx = 3$ and $\int_1^4 g(x) dx = -2$. (5 points)

(a) Find $\int_1^4 3h(x) dx$ if $\int_1^4 h(x) dx = 6$ and $\int_1^4 g(x) dx = 4$. (5 points)

Solution:

(a) $4 \int_1^4 3h(x) dx = 3 \int_1^4 2h(x) dx$ 8

$4 \times 3 = 3 \times 2 = 18$

(b) $\int_1^4 h(x) dx = \int_1^4 h(x) dx + \int_1^4 h(x) dx$ 1

$\int_1^4 h(x) dx = 6 + (-4) = 2$

$\int_1^4 3h(x) dx = 3 \int_1^4 h(x) dx$

$= 3 \times 2 = 6$

(a)

微積分 (-) - Quiz 4

Question: Evaluate

(a) $\frac{d}{dx} \int_0^x \sqrt{1+t^2} dt$. (5 points)

(b) $\frac{d}{dx} \int_1^{\sin x} \frac{1}{3+t^2} dt$. (5 points)

Solution:

(a) $\frac{d}{dx} \int_0^x \sqrt{1+t^2} dt = \sqrt{1+x^2}$ 2

(b) $\frac{d}{dx} \int_1^{\sin x} \frac{1}{3+t^2} dt = \frac{1}{3+\sin^2 x}$

(b)

微積分 (-) - Quiz 6

Question: Evaluate $\int x(3x^2 - 1)^3 dx$. (10 points)

Solution:

$u = 3x^2 - 1$

$du = 6x dx$

$\int x(3x^2 - 1)^3 dx$

$= \int (3x^2 - 1)^3 \frac{1}{6} du$

$= \frac{1}{6} \int u^3 du$

$= \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{4} u^4 + C$

$= \frac{1}{24} u^4 = \frac{1}{24} (3x^2 - 1)^4 + C$

(c)

微積分 (-) - Quiz 9

Question: Find the area between the curves $y = x$ and $x = y^2 - 2$. (10 points)

Solution:

$y^2 - y - 2$

$1 - 2$

$1 \quad 1$

$(y-2)(y+1)$

$y = 2, -1$ 2

$\int_{-1}^2 (y^2 - y - 2) dy$

$= \left[\frac{1}{3} y^3 - \frac{1}{2} y^2 - 2y \right]_{-1}^2$

$= \left(\frac{8}{3} - 2 - 4 \right) - \left(-\frac{1}{3} - \frac{1}{2} + 2 \right)$

$= \left(\frac{8}{3} - 6 \right) - \left(-\frac{5}{6} + 2 \right)$

$= \left(-\frac{10}{3} \right) - \left(\frac{7}{6} \right)$

$= -\frac{20}{6} - \frac{7}{6}$

$= -\frac{27}{6}$

Area: $\frac{27}{6}$ 9

(d)

圖 19 學生常犯錯誤

圖 19(a)為第三組批閱第三次測驗「定積分的基本性質」單元某位學生作答的結果，從圖中可以瞭解部分學生在書寫積分符號時，會遺漏後方 dx 符號。圖 19(b)為第四次測驗「微積分第一基本定理」單元某位學生作答的情形，顯示出未乘以上界函數之導數。圖 19(c)為第六組批閱第六次測驗「代換積分法」單元某位學生作答的結果，可以看出兩個常見的錯誤，忘記加上積分常數 C ，並將變數 u 以變數 x 的表示法代回。圖 19(d)為第九組第九次測驗「曲線所圍區域的面積(II)」單元某位學生作答的結果，當中顯示兩個常見錯誤，被積分式中被減式與減式的錯置，且誤將後方的符號 dy 書寫成 dx 。

六、學生對翻轉教學問卷分析

本次問卷信度值 (Cronbach α) 為 0.90，效度採內容效度，由兩位研究者進行討論與設計。問卷回收採匿名繳交，共回收 62 份問卷。

(一) 敘述統計

問卷統計結果顯示這三個面向的平均分數分別為 4.41、4.21 與 4.25，而整體平均分數為 4.31，顯示大家對於翻轉教室的滿意度都很高（詳如圖 8）。根據問卷問題，整理學生在每題的同意百分比（選擇同意和非常同意之比例）與各面向之平均同意百分比（選擇同意和非常同意之比例之平均）分別如表 8 和表 9 所示。表 8 顯示除了第 10、12 和 15 題外學生的同意百分比都相當的高。由圖 8 問卷可以看出，除了第 15 題有一位學生表達本研究活動無法增加和同學互動與討論課業的機會外，剩下的都至少選了「沒有意見」。整體來說，學生對於整體的翻轉教學活動安排，應該都可以接受也喜歡這樣的教學活動與課程內涵。表 9 提供從面向與主題來檢視學生態度。由表 9 中可以發現學生對於教學影片和教學網站的滿意度非常高，顯示這樣的方法可以有彈性的學習，而課程內容設計和提供的範例清楚簡潔又不失生動，可以引起學生學習興趣，提高學習動機。相對其他主題，小組報告的同意百分比雖然比較低但也有 81.5%，顯示組內工作分配和成員相互合作需要磨合，但大部分仍同意藉由向同學講解課程的方式可以讓自己對於課程內容更能夠融會貫通並強化印象。最後一項翻轉反思顯示約 84.3% 的學生覺得能從課程中獲益，並願意再次參與翻轉教室。

表8

問卷問題同意百分比 (%)

題	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
%	100	96.8	96.8	96.8	93.6	95.2	100	96.8	91.9	79.0	85.5	77.4	90.3	91.9	75.8	88.7	83.9	88.7

表9

問卷設計架構一覽表

面向	主題	對應試題	平均同意百分比
線上教學活動	教學影片	1 - 6	96.5%
	教學網站	7, 8	98.4%
課堂活動	隨堂測驗	9, 10	85.5%
	小組報告	11, 12	81.5%
	線上即時回饋系統	13, 14	91.1%
翻轉反思		15 - 18	84.3%

(二) 質性回應

根據學生在開放性問題的回應，茲整理如下：

1. 小組合作

(1) 各組對於組員表現共識高

小組合作中，組員間對於組長和上臺報告的同學或認真的同學會給予肯定；然對於表現不佳的同學也會勇於評定。

S:這次的「翻轉教室」很有趣，個人覺得組長很辛苦，再來就是紀錄的人，還有報告的人，因為他們要多花時間去準備額外的事項，所以分數應該要提高一點。

S:XXX 為報告人，故分數為 10 分；XXX 為組長，但在處理事務上有些許問題，故 9 分。

S:XXX 的台風很不錯，多半都是以他為主在主持。

S:XXX 為組長，要注意很多事；XXX 為上台做很多準備；XXX 負責回饋單，key 上電腦。

(2) 對於小組合作能夠確實反應貢獻度

組內互評提供同學確實反應部分組員不負責任之作為，並對於用心的組員給予大力讚揚與高分，說明同學們都能認真客觀的評價組員的貢獻，亦有同學對自己或是整個小組的努力表達肯定給予鼓勵。因為組員人數較多，也容易進行交互參考，互評讓組員努力更真實被呈現。

S:3 位組員完全沒見過參與討論。

S:可能是因為我們這組都是重修生（不同系）的關係，所以有些地方沒辦法配合得很好，但從行動中能感受到大家事實上都是相當程度的用心，很開心能參與翻轉教室這個活動，受益良多。

S:大家對於此活動十分用心、盡力。

S:男的帥，女的美，每個人都有完成應盡的職責，也感謝老師用心準備的教學影片。

S:組員都有盡到自己應負的責任，老師也很辛苦，提供如此棒的課程給我們體驗。（豎起大姆指的圖案）

(3) 同學能進行反思，並重新檢視自己應盡的義務與改進方向。

S:老實說我覺得自己沒幫上什麼忙，只有改考卷而已...翻轉教室這個活動很好玩，謝謝老師！

S:我能做的事應該可以更多，希望大家體諒。

(4) 團隊合作學習的不同體驗

部分同學反應事前根本無法想像微積分這門傳統的數學課，可以透過小組合作的方式學習，讓他們有可以交流的機會，相互討論，使得彼此在能力上都有提升，這也和問卷第 15 項的統計結果，有 75.8% 的學生同意這個觀點相呼應。尤其是上臺發表與測驗的批閱更是不同的體驗，讓同學們可以試著從教師的觀點來學習與成長，提供不同的視野，問卷第 10-12 題統計結果也具體反應出學生的看法。

S:這個活動很棒，可以讓我們自主學習很多，不只課業上，還有團體上的，第一次體驗這種活動。

S:謝謝老師給我們這次機會，也第一次體驗上台的臨場緊張感，希望可以再次參與翻轉教室。

S:謝謝老師設計這個活動，讓我可以體驗小組的分工合作。

2. 翻轉教學

(1) 可以不受時空限制進行學習

依據圖 8 翻轉教室問卷第 1 項的填答，所有同學們都同意透過線上觀看教學影片的方式，可以讓學習不受時空地段的限制，給予他們很大的自由度，由學習者拿回掌控權，根據自己的步調進行學習。對於教學影片的呈現與成效，大家都給予肯定正面的評價，包括內容的設計與

呈現的方式都是吸引學生目光的重要的環節，反應於問卷第 2~4 項的提問中，平均高達 96.8% 的學生填選非常同意或是同意。不僅如此，有不少學生對於講義的提供也有正向的肯定，可以不必流於機械式快速地抄寫筆記，只要在講義上的填空處寫上答案或標示重點即可，這增加學生在教學影片上的專注力。

S:翻轉教室讓我有許多學習機會，原先在家都在玩電腦，因為翻轉教室一上課就進行測驗，所以在家一定會花二、三十分鐘讀書，沒有讀書就沒有加分機會，而上課時學習效果很不錯。

S:老師影片中的講解生動有趣，希望之後還有類似的活動。

S:翻轉教室讓我們不會那麼排斥微積分，至少會覺得上課是很有趣的，而且效率很高，因為事前在家先看教學影片，上課搭配小考，再次覆習，並加上玩遊戲，我覺得效果比平常上課還要好。

S:我覺得微積分翻轉教室還不錯，因為在家裡會先預習，不懂的地方可以 replay 弄到懂為止，而且不必自己抄筆記，只要在講義上加注與標示對應的重點，會比較方便，而之前上課抄寫板書，可能聽了就過去了，因此有時聽不太清楚。我覺得這個活動很好，加油！

(2) 教學網站「微積總棟員」提供良好的平臺

對於一個有規劃與理念的教師，既有的 iLearn 系統也許無法滿足原有的想法，教學網站「微積總棟員」的架設，讓學生可以系統化取得教學影片，也設計同學可以探索的細節或是蘊涵學習者會感到興趣的資訊，都獲得正向的效果。由問卷第 7 題的統計結果可知所有的同學都同意教學網站確實佔有重要的地位。

(3) 線上測驗 Kahoot!帶來新鮮感

大部分同學反應 Kahoot!遊戲的進行是帶動課堂最活潑也最高潮的部分，藉由即時的回饋與競賽，同學們都展現高度的興趣，參與的意願都很高昂，反應也很熱烈。由於題目的設計，讓於課前有充份準備的同學能夠在短時間作答，因此競爭有時相當激烈，部分題目融入小小的陷阱，有些同學為了搶快作答可能會答錯，不時傳來此起彼落的驚嘆聲，讓課室氣氛輕鬆有趣；有同學反應題目中穿插教材以外的問題，例如老師的名字、教學網站的名稱等，是最為有趣的，天外飛來一筆的提問讓同學轉換心境，達到畫龍點睛的效果。這些反應問卷第 13、14 題分別獲得 4.40 與 4.37 的高分。

S:我覺得這次翻轉教室的課程很有趣、很好玩，尤其是 Kahoot，每次都有參與還拿了一次第一名。

S:覺得好棒！希望之後還能有這樣的課程。

S:謝謝老師的用心，影片很精美；Kahoot 也很好玩！

(4) 認識教師設計活動的用心，並激發學習的熱情

多數學生皆在意見回饋中肯定教師於本活動的用心設計與規劃，藉由正向的帶領同學們克服於學習型態轉變與嘗試所遭遇的疑慮和不安，進而全心投入，享受自主學習的樂趣，提升活動的參與度並從中得到正面的收穫與體驗，整體而言，有 88.7%的學生認為於本活動獲益良多，亦有 83.9%的學生願意再度參與翻轉教室活動。

S:從知道不論是後製、剪接、動畫和拍攝都（老師）自己一手包辦，真心打從心底覺得了不起，也希望自己可以朝棟哥邁進。真是太強啦！Keep going！

S:這次的活動可以讓我對微積分增加興趣，不再受限於板書。

S:這是個很有意思的活動，非常實用，老師您所耗費的大量前置作業時間心力，非常值得。

S:老師的用心，我看了很感動，為了一個活動規劃了很久，也很慶幸我可以參加這個活動，謝謝老師。

S:觀看你微積分總棟員的影片，每次的開頭，都讓我有想繼續看下去的衝動，我覺得效果還不錯！就像是看你的 MV 一樣，希望以後還可以再看到，謝謝老師！

S:謝謝老師的用心，影片很精美；Kahoot 也很好玩！

伍、結論與建議

本研究對大學微積分課程進行翻轉教學進行探究，主要目的在開發暨設計適合大學微積分翻轉教學之數位教材與學習活動、了解大學生在微積分翻轉教學之解題表現和探究大學生對於微積分翻轉教學的態度。本研究引入認知負荷理論和多媒體學習理論的概念來設計課程，期能讓學生在教材學習上能夠減少認知負荷，並增進微積分基模的建構、調適和連結；在教學活動中，設計學生中心的合作學習，讓學生可以練習以數學為語言的溝通過程，並能夠在小組合作中認真參與，正視自己在團隊中所應扮演的角色，並導入組間互評和組內互評的機制，讓不同組別之間可以進行觀摩，同組之間對於彼此的責任也可以交互參照，減少鄉愿的評定。對於學生學習方面，每節課開始的小考可以督促學生學習指定的教學錄影，課間引入線上即時互動回

饋系統 Kahoot! 不僅有重點提示和回憶課程的效果，還能活絡課堂氣氛，改變一般微積分課程通常是嚴肅的印象。

一、結論

(一) 翻轉教學確實有助於學生學習，改變教室內外學習之氛圍。翻轉教學課外非同步學習讓學生可以採自我步調式 (self-paced) 學習，學生都給予正面的回饋。教室內的學習活動經過適當的安排也可以營造問題討論、學生參與、同儕互動、團體合作更多的環境，這些都與 Jungić 等人 (2015) 的問卷調查結果類似。Sahin 等人 (2015) 從對於微積分翻轉教室研究問卷中發現學生對於不同類型的教材，例如：傳統教科書、翻轉教學影片、其他文件等，學生會比較依賴翻轉錄影教材，理由是可以快速備課。這也反應當有比較好又快速的備課方法，學生喜歡選擇這樣的方式。惟上述兩研究並未探究學生在這方面學習之質性描述，難以實際瞭解學生想法，而本研究則可以從學生的描述中更瞭解學生想法，作為未來繼續施行時重要參考與依據。另外，本研究並未邀請數位學生進行更深入的訪談，以發現更深、更廣的問題，將於未來進行後續研究時納入必要安排的活動。

(二) 翻轉學習數位教材設計時將認知負荷理論與多媒體學習理論納入考量，確實能夠讓學生接受數位教材、感受教師用心與降低學習時的認知負荷。許多研究顯示實施翻轉教學最困難的部分，莫若於事前的準備，包括教材的編製、錄製與後製、平台的設置與課程的規劃，其中又以教材的製作最為艱辛，每一項都必須投注大量的時間與心力 (Aronson & Arfstrom, 2013; EDUCAUSE, 2012; Flipped Learning Network, 2014)。目前翻轉學習的文獻鮮少針對課程內容進行配合的設計，以 Jungić 等人 (2015) 一文中只有教師手寫、手繪的截圖，對於學生筆記並未進行設計，而 Sahin 等人 (2015) 也只有問卷結果分析，相關教學流程、教材設計或錄影方式也未提及。本研究無論在教材設計、教材品質和學生講義都融入理論依據，可確保線上教學品質，同時為保留數學手寫的優點，設計學生筆記檔案，利用教學檔案和筆記檔案之差異，讓學生可以一邊聽一邊手寫，以增進學習品質並成為驅動學生仔細觀課的因素之一。

(三) 翻轉學習教學活動融入小組合作，有助於同學間之溝通與學習。小組活動一般最讓人詬病的就是組內學生得分一致，對努力與不努力的學生給予齊頭式平等的評定，本研究藉由組內成員匿名互評機制，採質性和量化評定並重，發現透過彼此間評定交互參照更能瞭解個別學生的努力程度與在團隊中的角色責任。這樣的設計目前在文獻中並未被運用，從本文中可以發現這樣的設計確有打破小組合作齊頭式平等以及學生間為了和諧態度鄉愿的情形。從學生的意見中可以發現，對於認真負責的同學給予嘉許，對於低度參與的同學也會直接表達意見。此外，對於參與度不佳的學生教師可以直接掌握，並進行適時輔導。

(四) 適時加入互動式評量可以活絡上課氣氛。隨著科技進步，雲端概念正風行草偃之際，許多免費網路平台之功能也越來越強，許多類似 Kahoot! 之線上即時回饋評量系統結合手機、平板電腦或筆記型電腦在 Wi-Fi 環境下組合成競爭式或遊戲式學習環境，確實有助改善一般數學課程沈悶、嚴肅的氣氛。Kahoot! 與 Jungić 等人 (2015) 使用的按按樂 (clicker) 都是即時回饋系統 (interactive response system, IRS) 可立即蒐集學生反應，也可促進教室學習氣氛。

(五) 採用穩定學習平台並使用後端分析程式，有助於學生學習和教師瞭解學生線上學習。影音檔案佔用網路頻寬甚巨，尤其必須考量可能需要提供大量使用者同時上線問題，本研究之教學課程架設在 Youtube 上讓教學影音串流 (streaming) 可以穩定的傳送，不至影響學生在學習情緒，也可以藉由後端程式瞭解學生收看情形和收看時間。大數據概念方興未艾，未來藉由後端程式進行分析，或許可發掘更多有用訊息來修正翻轉學習之諸多環節，使之更臻完善。

(六) 隨堂測驗是驅動學生按規定收看線上教學的重要機制。如文中所呈現，學生因為一上課就進行測驗，所以一定會花時間學習，效果比一般教學還好。若學生線上觀課後，規定使用線上選擇題進行測驗 (Jungić et al., 2015)，只能蒐集每個題目對於學生的選答情形和數概念對於學生的難易程度，卻難以知曉學生是否認真作答，且對於學生個別或群體所犯之錯誤類型 (error pattern) 或迷思概念 (misconception) 也難以發現，因此本研究選擇使用課前小考，實驗中從網站後端程式可以發現學生在課前一天續看率很高，是驅動學生認真觀課的重要技巧之一。

二、建議

(一) 教材製作宜組團隊分工合作，相互支援，以減輕教學者負擔。翻轉教學程序繁複包括教材的編製、錄製與後製、平台的設置與課程的規劃等，因此若能組成團隊一起合作，將可以減輕負擔，提升品質。如 Jungić 等人 (2015) 指出翻轉教學需要經費不少，因此若有經費預算支持為佳。

(二) 需有穩定的平臺與介面，若有後端收看行為分析軟體者為佳。本研究使用 Youtube 平臺雖然穩定，但是後端分析軟體無法對於個別學生的學習進行監控以探勘更多有用的訊息。因此，若可選用提供大量使用者同時上線之穩定串流伺服器和監控學生學習行為的後端分析軟體是更好的選擇，不過這些軟硬體設備耗費大量經費。

(三) 需融入強化學生觀看影片的誘因。在本研究中採用影片中植入認真觀課學生才看得到的有趣問題、學生筆記和教學影片使用的投影片存在差異等技巧，學生發現後覺得有趣，對後續的學習也有正向效益。另外，若系統後端分析軟體可以記錄個別學生學習情形，則也可藉由告知學生相關記錄，作為驅動認真觀課的重要因素。

(四) 需注意學生數位設備落差之問題。本研究使用學生喜歡的電子設備結合 Kahoot! 來活絡教室氣氛，然而未必每位學生皆有相關設備，必須於翻轉教學前告知學生，並調查沒有相關

設備的學生，屆時教師宜協助或提供設備予學生，以解決數位設備落差的問題。

(五) 需注意學生參與度不佳與期中課程退選問題。每種教學法都會無法適應每位學生，因此有少部分學生對課程和團體的參與率很低，會影響個人成績和團隊成績。另外，研究實驗對象為大學生時，少數學生會於期中進行課程退選，教師對於人數和小組成員之組成必須更注意。

參考文獻

- 駐洛杉辦事處教育組 (2013 年 8 月 8 日)。研究顯示翻轉學習確有成效。教育部電子報。取自 http://epaper.edu.tw/old/windows.aspx?windows_sn=13316 【 Education Division, Taipei Economic & Cultural Office in Los Angeles (2013, August 8). Research shows flipped learning does work. MOE EPAPER. Retrieved from http://epaper.edu.tw/old/windows.aspx?windows_sn=13316 (in Chinese)】
- 黃政傑 (2014)。反轉教室的理念、問題與展望。臺灣教育評論月刊, 3(12), 161-186。【Hwang, J. J. (2014). The flipped classroom and its concepts, problems, and perspectives. *Taiwan Educational Review Monthly*, 3(12), 161-186. (in Chinese)】
- 劉怡甫 (2013)。2013 地平線報告—高教篇報導。取自：http://http://ocw.fju.edu.tw/elearning/index.php?option=com_content&view=article&id=154:2013&catid=28:current-users&Itemid=55。【Liu, Y. F. (2013). *NMC horizon report - 2013 higher education edition*. Retrived from http://ocw.fju.edu.tw/elearning/index.php?option=com_content&view=article&id=154:2013&catid=28:current-users&Itemid=55 (in Chinese)】
- Arnold-Garza, S. (2014). The flipped classroom teaching model and its use for information literacy instruction. *Communications in Information Literacy*, 8(1), 7-22.
- Aronson, N., & Arfstrom, K. M. (2013). *Flipped learning in higher education*. Retrived from <http://flippedlearning.org/wp-content/uploads/2016/07/HigherEdWhitePaper-FINAL.pdf>
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556-559. doi: 10.1126/science.1736359
- Bergmann, J. (2013, August 19). *Ten questions you should ask before you flip your classroom*. Retrived from <http://jonbergmann.com/new-to-the-flipped-classroom-10-things-to-consider-before-you-start/>
- Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. Washington, DC: International Society for Technology in Education.
- EDUCAUSE. (2012, February 7). *7 things you should know about flipped classrooms*. Retrived from <http://net.educause.edu/ir/library/pdf/ELI7081.pdf>
- Estes, M., Ingram, R., & Liu, J. C. (2014, July 29). *A review of flipped classroom research, practice, and technologies*. Retrived from <https://www.hetl.org/a-review-of-flipped-classroom-research-practice-and-technologies/>
- Flipped Learning Network. (2014, March 12). *Definition of flipped learning*. Retrived from <http://flippedlearning.org/definition-of-flipped-learning/>

- Fulton, K. (2012). Upside down and inside out: Flip your classroom to improve student learning. *Learning & Leading with Technology*, 39(8), 12-17.
- Hamdan, N., McKnight, P., McKnight, K., Arfstrom, K. M. (2013a). *A review of flipped learning*. Retrived from http://flippedlearning.org/wp-content/uploads/2016/07/LitReview_FlippedLearning.pdf
- Hamdan, N., McKnight, P., McKnight, K., & Arfstrom, K. M. (2013b). *The flipped learning model: A white paper based on the literature review titled a review of flipped learning*. Retrived from http://flippedlearning.org/wp-content/uploads/2016/07/WhitePaper_FlippedLearning.pdf
- Honeycutt, B. (2012). *The lecture vs. the flip*. Retrived from <https://barbihoneycutt.com/the-lecture-vs-the-flip/>
- Jungić, V., Kaur, H., Mulholland, J., & Xin, C. (2015). On flipping the classroom in large first year calculus courses. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 46(4), 508-520. doi:10.1080/0020739x.2014.990529
- Kadry, S., & El Hami, A. (2014). Flipped classroom model in calculus II. *Education*, 4(4), 103-107.
- Lage, M. J., Platt, G. J., & Treglia, M. (2010). Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment. *The Journal of Economic Education*, 31(1), 30-43. doi: 10.2307/1183338
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York, NY: Cambridge University Press. doi: 10.1017/CBO9781139164603
- Mayer, R. E. (Ed.) (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed.). New York, NY: Cambridge University Press. doi: 10.1017/CBO9781139547369
- Muzangwa, J., & Chifamba, P. (2012). Analysis of errors and misconceptions in the learning of calculus by undergraduate students. *Acta Didactica Napocensia*, 5(2), 1-10.
- Pappas, P. (2012, June 7). *The flipped classroom: Getting started*. Retrived from <http://www.slideshare.net/peterpappas/the-flipped-classroom-getting-started>
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1-4. doi: 10.1207/S15326985EP3801_1
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Pierce, R., & Fox, J. (2012). Vodcasts and active-learning exercises in a “flipped classroom” model of a renal pharmacotherapy module. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 76(10), 1-5. doi: 10.5688/ajpe7610196
- Sahin, A., Cavlazoglu, B., & Zeytuncu, Y. E. (2015). Flipping a college calculus course: A case study. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(3), 142-152.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296. doi: 10.1023/A:1022193728205
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory: Explorations in the learning sciences, instructional systems and performance technologies*. New York, NY: Springer. doi: 10.1007/978-1-4419-8126-4

- Yarbro, J., Arfstrom, K. M., McKnight, K., & McKnight, P. (2014). *Extension of a review of flipped learning*. Retrived from <http://flippedlearning.org/wp-content/uploads/2016/07/Extension-of-FLipped-Learning-LIt-Review-June-2014.pdf>
- Wittrock, M. C. (1989). Generative processes of comprehension. *Educational Psychologist*, 24(4), 345-376. doi: 10.1207/s15326985ep2404_2