

翻轉教室學習模式下自我效能、內在價值及測試焦慮與學習成就之交互影響：以微積分課程為例

陳珮蓉* 康以諾** 英家銘*** 唐功培****

摘要

本研究旨在探討大學微積分課程採用翻轉教室教學模式對學習者的學習經驗之影響。以改編自 Pintrich 與 De Groot (1990)學習動機與策略問卷(MSLQ: Motivated Strategies for Learning Questionnaire)之動機信念自陳量表作為研究工具，以臺北市某大學藥學系 1 年級學生共 179 名學生為研究對象，分為實驗組(88 人)與控制組(90 人)兩組。以性別及原先學習表現為共變項，學生之自我效能、內在價值及測試焦慮為依變項，經分析後研究結果顯示：(1)不論是在實驗組或控制組，性別差異對微積分學習成就的影響力未達顯著水準；(2)實驗組與控制組的後測學習成就表現有顯著差異；(3)實驗組的前測及後測學習成績表現有顯著差異；(4)實驗組學生的自我效能後測分數愈高，在微積分課程的學習成就分數進步愈多。

關鍵詞：微積分、自我效能、學習動機、動機信念、翻轉教室

* 第一作者為桃園市新埔國民小學教師

E-mail: peijungwue@gmail.com

** 第二作者為臺北醫學大學附設醫院教學部實證醫學中心專員

E-mail: academicnono@gmail.com

翻轉教室學習模式下自我效能、內在價值及測試焦慮與學習成就之交互影響：以微積分課程為例

*** 第三作者為臺北醫學大學通識教育中心副教授

E-mail:j.m.ying@tmu.edu.tw

****通訊作者為臺北醫學大學醫學院醫學系醫學教育暨人文學科助理教授

E-mail:kptang@tmu.edu.tw

投稿日期：2016年7月7日；修改日期：2017年2月13日；採用日期：2017年6月29日

壹、研究動機與目的

為因應高科技人才培育議題，教育部於 1993 年 6 月提出「大學基礎科學教育改進中程計畫」，以「培育我國各基礎科學人力，使其學術研究達到國際水準」(陳維昭，2007，pp. 223-224)。然而，目前基礎科學課程分為(通識)共同科目及特定專業系所(如理工生醫)之基礎必修科目兩種。在某些強調特定專業實務的科系，基礎科學科目雖被定為系基礎必修科目，但卻因其課程內容無法與實務工作有具體相關而被質疑做為系必修的必要性。基礎科學在這些系所經常被迫「整合」以降低其課程學分。因此，基礎科學課程教師如何能在有限學分下，維持應有的課程內容量，並提升學生對課程的興趣及成就感，是相當重要的議題。

翻轉教室為現今教育現場力行的教學方式，其基礎為自我導向學習，該理論以 Maslow (1954)的自我實現與 Rogers (1969)的經驗學習為哲學根基，強調以自我為個人行為核心。相較於傳統教學，翻轉教室模式之在家自學階段要求學生課前預習課程內容，促使學生能在有限必修上課時間外，更能投入學習，進而增進學習成效。這個自我學習的經驗，學習者更能有機會認知到自我有能力掌控個人學習成敗，而透過此內在歸因，個人才有動機積極尋求解決問題的策略，並透過成功經驗，有效地提升學習興趣及學習成就，我們可以說，這個自我調節學習 (self-regulated learning) 的動機，是影響學習者興趣與學業成就的關鍵，而這個動機信念包含自我效能、內在價值及測試焦慮(Pintrich & DeGroot, 1990)。由上述敘述可知，翻轉教室應可提升學生學習動機，面對相較於專業科目較不受重視的基礎科學課程，應有助於協助學生學習。

因此，本研究聚焦於探析翻轉教室教學模式中，學生之自我效能、內在價值、測試焦慮及學習成就之交互影響。為達此目的，本研究透過文獻探討，整合翻轉教室模式特點以設計翻轉微積分課程，接著透過翻轉微積分課程及問卷調查蒐集所需資料，最後以統計資料分析翻轉微積分課程中，學生之自我效能、內在價值、測試焦慮及學習成就之交互影響。研究結果期能提供後續翻轉課程相關研究參

考。

貳、文獻探討

一、翻轉教室教學模式

在學術界，關於「翻轉教室」的討論首次出現在 Strayer (2007)的研究中，Strayer 結合 Baker (2000)提出之「課堂翻轉」(classroom flip)，及 Lage、Platt 與 Treglia(2000)「反轉教室」(inverted classroom) 的概念，Strayer 當時並非以學習自主的提升或學生中心的學習為主要研究議題，而只是單純探討與傳統課堂比較下，使用智能教學系統的翻轉教室模式，課堂內與課堂外任務在時間與空間上的轉換。發展至今，翻轉教室成為最受歡迎的課程模式之一，進行方式也很多元，例如授課者先將課程的主要概念講述過程錄製成影音檔，讓學生在家觀看，學生在課堂上就以小組討論方式解決課程學習上的問題(Berrett, 2012, February 19; Milman, 2012)。

學術界目前對翻轉課程尚無具體定義，而只能就其若干特徵進行描述 (Abeysekera & Dawson, 2015, p. 3)：

- 課堂時間運用的改變
- 課外時間運用的改變
- 課堂上做傳統課程上所謂的「家庭作業」
- 課外上進行傳統課程上所謂的「課堂學習」
- 課堂上注重學生的主動學習 (active learning)、同儕學習 (peer learning) 及問題解決 (problem-solving)
- 課前學習活動
- 課後學習活動
- 科技的使用 (如：視訊教學)

雖然許多翻轉教室支持者認為，翻轉教室模式下，學生能在課前預習課程內

容；上課時，學生不需被動接受傳統「面對面授課」的課程，取而代之的，是較活躍的、與同儕共同執行的學習任務；而課後，也能後續追蹤及整合課堂中習得的知識。看似合理，但實際上，在實徵研究中，證實類似翻轉教室學習模式的「混合式學習」(blended learning)的效能十分有限(Tamim, Bernard, Borokhovski, Abrami & Schmid, 2011)，而有關翻轉教室教學模式之「效能」的實證研究更是少之又少。O'Flaherty 與 Phillips (2015, p. 94)針對翻轉教室模式在高等教育階段運用之系統性回顧中，分析五個國家中關於翻轉教室模式的 28 篇學術論文發現，以翻轉教學模式促使學生進行有效地深度學習(deep learning)的說法相當薄弱。Abeysekera 與 Dawson(2015)更指出，以實徵研究的方式，探析翻轉教室學習模式是否真能增進學生學習動機(motivation)以促進其學習成就(learning performance)，是目前針對翻轉教室學術研究上的缺口，也是當務之急。

綜上所述，與傳統課堂比較起來，翻轉教室模式更強調課前自主預習，也就是自律學習(self-regulated learning)及課間小組合作學習(cooperative learning)，這兩個學習模式各有其動機理論做為核心支持。欲探究翻轉教室教學模式對學習動機及成就表現的影響，研究者由分析自律學習及合作學習的支持理論著手。

二、自律學習與合作學習之核心動機理論概念

(一) 合作學習

Johnson 與 Johnson (2005)探析合作學習，認為學理上，不同種類的學習情況各有其價值(value)認同，學習過程中，競爭主義者以「與他人競爭比較」為目的(外在動機, extrinsic motivation)；個人主義者在乎「個人是否達成他者所設定之標準」(外在動機, extrinsic motivation)，與團體成就無關；而合作學習者則重視「任務(task)本身帶給小組成員共同學習的努力及成長過程」(內在動機, intrinsic motivation)。要促成合作，個體間必須正向積極的相互依賴(positive interdependence)，必須釐清個人績效責任(individual accountability)，小組成員間必須進行面對面的助長式互動(face-to-face promotive interaction)，並時時在團

體歷程 (group processing) 中討論共同目標的達成度及維持有效的工作夥伴關係。本研究期望提升學生內在動機，以小組成員間課間課後的討論，促進合作學習，達到正面積極的互助關係。

(二) 自律學習

Pintrich 與 DeGroot(1990)探討個體在自律學習過程中的心理歷程及動機成分因素 (motivational components) 時，發現個體進行自律學習時的行為及最終成就會受到三個動機因素的影響：(1) 期望因素 (expectancy components)：個體對於自己是否能完成任務的信念，以及對於自己成就表現的責任感，即個體自我效能 (self-efficacy)；(2) 價值因素 (value components)：個體的目標及個體對於任務重要性及興趣的信念，這涉及個體決定進行任務的原因，即該任務對個體的內在價值 (intrinsic value)；(3) 情感因素 (affective components)：個體對於任務的情緒反應，例如個體在執行任務時的測試焦慮 (test anxiety)。Pintrich 與 DeGroot 發現，自我效能對於學生在學習上的認知投入 (cognitive engagement) 及成果 (performance) 有正面影響；內在價值對學生的認知技巧及自律學習技能等方面的表現雖然並無顯著的直接影響，但是，內在價值會經由影響學生對任務的選擇 (choice)，而使學生更投入於學業任務，也就是說，對於該學習任務有興趣的學生，會選擇投入認知活動且更會去使用自律學習技巧，因此也可以說，學生的內在價值則與學生的認知技巧及自律學習技能是有強烈相關的；測試焦慮與認知技巧及自律學習技能並無顯著的直接相關，但是測試焦慮與自我效能及內在價值呈現負相關。最後，Pintrich 與 DeGroot 指出，學習成效的關鍵，除了須具備能力 (skill) 以外，一定還要有意願 (will)。

綜上所述，動機因素對學習成效的影響不容小覷，翻轉教室結合了合作學習及自律學習的兩大發展已久的操作模式，因此，我們嘗試將以支持這兩大模式的學習動機相關理論，探析翻轉教室課程對學生學習成效的影響途徑。以下將分別就核心概念分別做進一步的探討。

三、自我效能

雖然每個人對於特定行為所導致特定結果的結果預期（outcome expectation）相同，但是個人的行為還是會因為某一個因素而有所差異，Bandura (1977)將這個造成每個人對於自己能力的感知上的差異因素稱為自我效能（self-efficacy）。雖然個人行為會受到各種不同因素的影響，但是，自我效能仍是影響個人行為動機的主要因素，也就是說，個人對自己表現結果的預期主要取決於個人當下對於自己能否應付該情況的能力上的判斷(Bandura, 1986, p.392; Zimmerman, 2000)。如圖 1 所示，個人的效能預期與結果預期差異在於：效能預期是行為發生之前，對於自己是否能完成該項工作的信心；而結果預期則是個人對於特定行為造成特定結果的評估。



圖1 效能預期與結果預期之差異圖示

資料來源：修改自”Self-efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral

Change” by A. Bandura, 1977, *Psychological review*, 84(2), p.193.

Albert Bandura (1977)將自我效能分為三大構面並以量表進行測量（從 0 到 100%），分別為：程度（magnitude, level）係指一特定任務的困難程度等級，例如拼簡單的字或困難的字；類化性（generality）意為個人對於不同任務間自我信念的轉移程度，例如學習代數與學習統計；強度（strength）則是個人對自己對於完成某一任務的確定程度。自我效能的測量並非測量個人針對特定任務上，自己普遍的「感覺」如何，而是測量個人對自己執行該任務上「能力」的主觀判斷。一個人的自我效能是多層面的，針對不同的任務會有不同的自我效能，而針對同一任務而在不同情境下的自我效能也會不同；此外，個人對自己表現好壞的掌握

標準（並非與他人比較結果）也會影響個人對自我效能的覺知。個人對自我效能的評價，對學業動機（academic motivation）有因果性的影響作用(Bandura, 1977, p. 194; Zimmerman, 2000; Zimmerman & Pons, 1986)。

如上所述，自我效能對個人行為及動機扮演了舉足輕重的角色，如再往前追溯自我效能的源頭，在社會認知理論的框架下，影響自我效能的信息主要來源有四個(Bandura, 1977, pp. 195-200; Bandura, Blanchard & Ritter, 1969)：1. 表現成就（performance accomplishments）：個人對某種特定行為的正面或負面表現成就經驗。透過參與性示範（當事人模仿治療師，處理當事人害怕的行為）、成就表現減敏（透過完成較簡單的任務，減低孩子對該任務的恐懼）、成就表現暴露（行為者長時間暴露於其厭惡的情境，直到其情緒反應被削弱為止）及自我指示性表現成就（取消各種輔具，使行為者獨立完成任務），都能獲得表現成就；2. 替代經驗（vicarious experience）：透過觀察他者正面或負面行為結果的經驗，加上自己與他者能力的比較，獲得自己對完成該項任務的自我效能。如果觀察者發現許多不同特質的人都能完成該任務，則他的自我效能更能被增強。替代經驗源自真實楷模（活榜樣的具體行為）或符號楷模（人物所表現出的後面隱含的意義）；3. 口頭說服（verbal persuasion）：透過他者的建議、規勸、自我指引（行為者運用自己的正向語言做到自我增強及駕馭自我行為）及解釋性治療（以解釋行為結果成因的方式來增強或消弱行為）；4. 情緒/生理激發（emotional/physiological arousal）：情緒與生理平穩狀態會影響個人的自我效能，個人情緒上對行為結果的歸因、生理上的放鬆及生理反饋、象徵符號減敏（減低行為者對某種象徵符號的厭惡）及象徵符號暴露等途徑都會影響個人的自我效能。而比起其他來源，個人的表現成就對自我效能尤具影響力，因為這種表現能實際帶來自我超越經驗（personal mastery experiences）。Bandura 的自我效能預期之來源及其感應模式如表 1 所示：

表 1

影響自我效能期待之主要因素

來源	感應模式
表現成就	<ul style="list-style-type: none"> ● 參與性示範 (participant modeling) ● 成就表現減敏 (performance desensitization) ● 成就表現暴露 (performance exposure) ● 自我指示性表現成就 (self-instructed performance)
替代經驗	<ul style="list-style-type: none"> ● 真實楷模 (live modeling) ● 符號楷模 (symbolic modeling)
口頭說服	<ul style="list-style-type: none"> ● 建議 (suggestion) ● 規勸 (exhortation) ● 自我指引 (self-instruction) ● 解釋性治療 (interpretive treatments)
情緒激發	<ul style="list-style-type: none"> ● 歸因 (attribution) ● 放鬆 (relaxation), 生理反饋 (biofeedback) ● 象徵符號減敏 (symbolic desensitization) ● 象徵符號暴露 (symbolic exposure)

資料來源：修改自” Self-efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change” by A. Bandura, 1977, *Psychological review*, 84(2), p.195.

雖然 Bandura 提出的是「自我」效能，但我們不難發現，他是在「社會」的框架下討論這個概念。Albert Bandura (1982, pp. 143-145)強調，人不是活在一個被社會隔離的孤立環境，實際上，個人所面臨的許多問題及挑戰，反映出他所處群體所共同面臨且須共同解決的問題。集體效能 (collective efficacy) 是根植於自我效能，自我效能可有效地影響集體效能。Albert Bandura (2000, p. 78)發現，一個團體所認知到的集體效能愈高，該團體擁有愈強的動機承諾完成該任務，過程中面對障礙與挫折時，愈能堅持努力，所以他們的表現成就會愈好。因此，綜

合上述，自我效能影響集體效能，而集體效能又影響團體合作表現。

由上述可知，若學生擁有較高的自我效能，將能有助於提升合作學習小組的集體效能，已達到較好的合作學習效果，因此本研究測試學生的自我效能分數，以評估翻轉教室合作學習成效。

四、內在價值

內在價值 (intrinsic value) 的組成內容涉及個人對特定任務的目標、個人對該任務重要性的信念及對該任務的興趣，而這些成分都對個人做該任務的原因有實質上的影響。舉例來說，如果學生的動機導向中包含對於目標的征服、學習及挑戰，則該學生將表現出較多後設認知行為 (metacognitive activity)，使用較多認知策略 (cognitive strategy)，並進行更加有效的工作管理 (Pintrich & DeGroot, 1990, p. 34)。

Wigfield 與 Eccles(2000)在期望價值動機理論 (expectancy-value theory of achievement motivation) 的框架下探討內在價值，這個發展已久的動機理論指出，個體對自己在某一任務上表現能力的信念，以及個體對該任務價值上的認定，能解釋個人對任務的選擇 (choice)、持久性 (persistence) 和表現 (performance)。Eccles 等人(1983, p. 81)最初提出一個期望價值動機模型 (expectancy-value model of achievement motivation) 解釋學童數學領域的成就，Wigfield 與 Eccles(2000, p. 69)將此模型再做解釋：

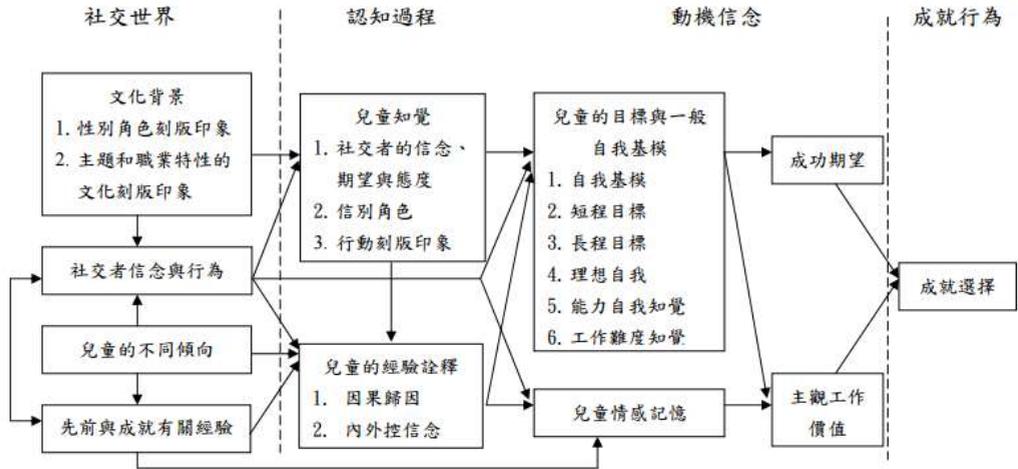


圖2 成就動機之期望－價值理論模式

資料來源：出自數學焦慮與自我概念對動機與成就中介效果之探討：以PISA 2003香港資料為例，韓珮華(2006)，頁16，未出版碩士學位論文。臺北：國立政治大學。

如果聚焦於上圖之成功期望（expectation of success）、主觀任務價值（subjective task value）及其中一些與目標（goals）及自我基模（self-schemata）相關項目之關聯性，可以發現，個體的先前經驗及各種社會化因素會影響個體的社會認知變項，如對於特定任務的信念如能力信念（ability beliefs）、對任務難度的認知、個體的目標、自我基模及情感回憶等因素會影響期望及任務價值；而個體的期望及任務價值會再直接影響其成就行為（achievement behaviors），即任務選擇、持久性和表現三大構面(Eccles et al., 1983, p. 81)。所謂的主觀任務價值(task value)可細分為：實現價值（attainment value or importance）意指完成任務的重要性；內在價值（intrinsic value）係指在執行任務的過程中所獲得的樂趣及享受（enjoyment one gains from doing the task），這個重要的心理歷程通常會賦予個體相當正向的經驗；實用價值（utility value or usefulness of the task）涉及該任務是

否符合個體未來的計畫，例如修滿一定的學分數才能畢業；而完成任務的過程中，個體必須付出一定的代價（cost），例如犧牲與朋友聚會的時間，或者付出努力與情感上的成本。

值得注意的是，雖然 Wigfield 等人與 Bandura 皆對於能力相關信念進行測量，但是，他們在測量的具體性，即特異性（specificity）程度上是有差異的：Bandura (1997)偏向於認為特定具體任務與特定自我效能緊密結合，而 Wigfield 等人(2000)較是傾向於解釋個體在某一個領域，而非在某項具體任務中的能力信念（ability beliefs）與期待（expectancies）。

實徵研究上，Wigfield 與 Eccles(1994)分析學生在不同任務上的自信（self-esteem）、能力信念（competence beliefs）及主觀任務價值（subjective task values），在國小及國中階段，是否會隨時間改變。結果發現，學生的自信程度在國小階段並無不同，但是過渡到國中階段時明顯下降；隨著時間，學生的能力信念及對於各種學習任務的用處及重要性的感受亦普遍下降。雖是如此，國中以上階段青少年的能力信念及成功期待依然能對其之後的數學成就做出最強的預測。而青少年對於數學的價值評估，則最能預測學生是否更能投入數學學習。

由上述可知，內在價值亦為影響學生學習成就的重要因素之一，且在實徵研究發現對於青少階段的數學學習在內在價值上有影響，是否對於大學階段之學生亦相同，為本研究探討之內涵。

五、測試焦慮

測試焦慮（test anxiety）會以不同症狀表現出來，Cassady 與 Johnson (2001) 整合 1960 年代以來的相關研究發現，焦慮時除了生理上的活動加劇（heightened physiological activity）外，還會伴隨心理上的自貶反芻思考（self-deprecating ruminations）(Sarason, 1961)。1970 年代後，學者以不同構面分析測試焦慮：(1) 考試情境所引發的情緒（emotionality）上的生理反應（例如：心跳加快、頭暈噁心及恐慌感）：Deffenbacher (1980)認為情緒是主觀的，生理活動的加劇並非是表現不佳的主因，唯有當個體當下高度「憂慮」時，才會對學習成就造成負面影響，

學生對自我表現有自信時，情緒上的生理反應是無害的；而 Hembree (1988)則認為當學生覺知到生理反應時，才會感到焦慮；(2) 個人對當下狀況進行認知反應評價時，或個人在評價任務前、評價任務當下或評價任務後所進行的自我的「內在對話」(internal dialogue) 時，會產生認知測試焦慮 (cognitive test anxiety, worry)，一般來說，人的思考會受制於個人對極度焦慮的處理，例如：與同儕比較成績、考慮失敗後果、對自己的表現沒信心、對評量過度擔心、擔憂父母的想法、覺得沒準備好考試、失去自我價值。其中最常發生的，是考試狀況下的測試焦慮，而焦慮會使表現 (performance) 不佳，實徵研究上，這在青少年及大學生身上尤其被應證；(3) 其他認知因素如：擔心害怕失敗、憂慮調適 (coping)、預期失敗、過度自我關注、逃避等等(Cassady & Johnson, 2001)。研究證實，測試焦慮除了對成就表現會產生負面影響外(Cassady & Johnson, 2001; Devine, Fawcett, Szűcs & Dowker, 2012; Meijer & Oostdam, 2007; Pintrich & DeGroot, 1990)，也會影響自我效能(Pintrich & DeGroot, 1990)。由上述可知，測試焦慮不論在測試前後，皆可能對學生學習狀況產生負面影響，且有可能影響自我效能，固測試焦慮亦為本研究所探討之內涵。

參、研究問題與假設

一、研究問題

- (一) 數學領域研究中，常聚焦於學習成就的性別差異，因此，本研究希望探析在翻轉教室學習模式與傳統教學模式的微積分課程中，性別因素是否仍然會對藥學系學生的學習成就產生影響？
- (二) 本研究將學生分為參與翻轉教室學習模式及傳統教學模式兩組，這兩組的學生在微積分課程學習成就上是否會有所差異？
- (三) 翻轉教室學習模式強調透過課外的額外自主學習，能有效地增進學習成就。因此，本研究將探討參與翻轉教室學習模式微積分課程之學生，是否

學習成就上真的會明顯進步？

(四) 根據文獻探討資料，動機信念包含自我效能、內在價值與測試焦慮三個面向；翻轉教室學習模式能有效地給予學習者提升自我效能的情境，間接提升其學習成就。因此，本研究欲探析翻轉教室學習模式之學生的微積分課程學習成就與自我效能、內在價值及測試焦慮之相關情形如何？

二、研究假設

根據本研究目的、問題及文獻探討，提出下列假設：

假設一：性別因素與數學方面的學習成就有一定的相關(李浩然、柳賢, 2012; 黃國清, 2008)，微積分課程屬於數學領域，因此，對藥學系學生來說，不同性別的學生在微積分課程學習成就也會出現差異。

假設二：修習翻轉教室學習模式與傳統教學模式的微積分課程之學生，在學習成就表現上有差異存在。

假設三：參與翻轉教室學習模式微積分課程之學生，學習成就上的進步明顯。

假設四：參與翻轉教室學習模式微積分課程會對學生的學習動機信念產生正面影響。

假設五：參與翻轉教室學習模式微積分課程之學生，其微積分課程學習成就與自我效能有相關存在。

假設六：學生的動機信念三大構面（自我效能、內在價值及測試焦慮）之間有相關存在。

肆、研究方法

一、研究對象

本研究以臺北市某大學藥學系 1 年級學生共 178 名學生為研究對象，按照原常態編班，將 AB 兩班的修課學生分為實驗組（88 人）與控制組（90 人）兩組。

實驗組學生接受翻轉教室教學模式之微積分課程教學一個單元，控制組學生則接受以課堂講述為主之傳統教學模式微積分課程。下表為實驗與對照組教學過程之差異：

圖表 1

實驗與對照組教學過程比較表

實驗組(翻轉教室)	對照組(全班授課)
<ul style="list-style-type: none"> ● 課前觀看教師自行錄製之最佳化單元教學影片 ● 課前測驗 ● 課堂以小組合作方式完成隨堂作業(學生同儕教導、小組解決問題) ● 教師在小組討論時適時矯正錯誤及提出歸納 ● 教師對全體提供補充教學 	<ul style="list-style-type: none"> ● 教師抽點學生回答作業 ● 教師視情況講解上週作業 ● 教師提出本周單元典範例 ● 教師講授相關理論及解決方法 ● 學生提問 ● 教師講解 ● 教師指定回家作業

二、研究工具

本研究使用的課程與工具如下：

(一) 翻轉微積分課程

本研究實驗課程部分，依據 Kim 等人(2014)之翻轉教室課程設計原則設計課程：提供學生第一次接觸課程內容的課前學習機會、鼓勵學生課前預習、評量學生對教學內容之瞭解程度、促進學生之小組學習。希望學生透過翻轉微積分課程，增進學習動機，對自我效能、內在價值及學習成就產生正面影響。

本研究所在之課程採用 Neuhauser (2011)特別為生物醫學領域學生編撰之教材。授課教師據此設計 17 週之課程：1. 課程簡介：什麼是微積分？2. 數列與極限：指數函數、人口模型、極限的意義；3. 極限與連續：極限的 ϵ - δ 定義、連續性；4. 極限與連續：夾擠定理、有關三角函數的極限；5. 微分：導數、冪次法則 6. 微分：乘法規則、除法規則、連鎖律；7. 微分：三角函數與指數函數的微分；8. 微分：反函數與對數函數的微分；9. 微分應用：極值、均值定理；10. 微分應用：凹性、函數圖形；11. 微分應用：最佳化；12. 微分應用：線性近似、羅必達法則；13. 積分：定積分；14. 積分：微積分基本定理、不定積分；15. 積分：面積與體積；16. 積分技巧：代換積分法；17. 積分技巧：分部積分法、部分分式。本教學研究所翻轉之單元是第 11 週「微分應用：最佳化」。

(二) 微積分兩次期中測驗

期中測驗以大學一年級微積分課程為考試內容，本研究分前後測實施微積分測驗，測驗題目根據 Neuhauser (2011)教材習題編製成甲、乙兩卷，格式相同。第一次期中考(前測)在進行學期三分之一時施測，題目中基本計算佔 50%，50% 需要邏輯論述能力。第二次期中考(後測)在翻轉之後，測驗內容為學期所有內容的三分之二，其中 55%為基本計算，45%需要邏輯論述能力。最佳化兩題共 25% 都屬於第二類需要邏輯論證。一題 10%較為傳統的解題方式與論證，另一題 15% 較為開放題型，計算量較大，而且需要表徵轉換的能力（真實世界的敘述轉換至代數表徵再做論證）。

(三) 動機信念問卷

本問卷改編自 Pintrich 與 De Groot(1990)所編製之學習動機與策略問卷 (MSLQ: Motivated Strategies for Learning Questionnaire)，動機信念部份的量表內容分為自我效能 (self-efficacy)、內在價值 (intrinsic values) 及測試焦慮 (test anxiety) 三大構面，量表採 Likert 五點量表形式，先以 54 名別班學生進行問卷預試，初擬問卷共 23 題，經項目分析，以題目總分相關法進行刪題，題目總分相關法係計算每一個項目與總分的簡單積差係數高於.3，且達統計水準。本研究

第一階段刪除相關係數低於.4 之題目共計 8 題(2、11、16、19、20、21、22、23)，保留 15 題進行第二階段項目分析。經此階段，將三大構面簡化成兩組：(1) 自我效能及內在價值；(2) 測試焦慮。

第二階段項目分析刪除第一階段未通過之題目，並將 20~23「測試焦慮」之題項另作分析。15 題經過項目分析，以題目總分相關法刪除相關係數低於.4 之題目共計 1 題(5)，並進行第三階段項目分析，確認無不符合標準之題項，成為正式問卷。

因此本研究問卷共 18 題：自我效能 8 題，內在價值 6 題，測試焦慮 4 題。經內部一致性分析，自我效能及內在價值的 Cronbach's α 值達.90，測試焦慮的 Cronbach's α 值為.86。

三、實施程序

本研究先以臺北市某大學 54 名 1 年級學生進行預測，編制量表題目。正式施測以臺北市某大學藥學系 1 年級學生共 178 名學生為研究對象，分為 A 組實驗組 (88 人) 及 B 組控制組 (90 人)。前測部分，對全體受試者進行微積分學習成績的前測，而針對實驗組學生外加實施改編後之動機信念問卷 (自我效能、內在價值及測試焦慮) 之測試。

研究者將翻轉教室教學模式融入微積分課程之「最佳化」單元，進行教學，實驗組學生接受翻轉教室教學模式之微積分課程，而控制組學生則接受傳統講述教學。翻轉微積分課程結束後，全體 178 名受試者再接受微積分學習成績的後測，而實驗組學生追加進行動機信念問卷之後測。

四、資料分析

本研究以下列統計方法分析資料：

- (一) 以「雙因子變異數分析」(Two-Way ANOVA) 統計法驗證自變項性別、學生是否接受翻轉教室教學模式之微積分課程等因素，是否影響學生之學習

成就表現（驗證假設一、二、三）。

- （二）以「成對樣本 t 檢定」(Paired-Samples t-Test) 統計法驗證實驗組學生之動機模式，分析自陳量表內容，比較其自我效能、內在價值和測試焦慮之前後測結果（驗證假設四）。
- （三）以「逐步多元迴歸分析」(Multiple Stepwise Regression Analysis) 統計法驗證實驗組學生在自我效能、內在價值及測試焦慮三大構面對學習成就分數變動的預測（驗證假設五）。
- （四）以「相關分析」(Correlation Analysis) 統計法分析三個變量（自我效能、內在價值和測試焦慮）間的相關程度（驗證假設六）。

伍、結果

一、實驗組與對照組之個數、平均數、標準差

本研究研究對象為臺北市某大學藥學系 1 年級學生共 178 名學生，將 AB 兩班的修課學生分為實驗組（88 人）與控制組（90 人）兩組，在篩選兩次期中測驗間曾缺席者後，樣本數降為 134 人（實驗組 68 控制組 66）。表 1 為實驗組與對照組之描述性統計資料：

表 2

實驗組與對照組之個數、平均數、標準差

組別	性別	<i>N</i>	前測			後測	
			<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	
實驗組 (A 班)	男生	25.00	46.99	14.07	51.41	10.49	
	女生	43.00	52.55	8.52	54.92	5.42	
	合計	68.00	50.50	11.12	53.63	7.79	
對照組 (B 班)	男生	27.00	47.34	8.59	44.90	10.57	
	女生	39.00	50.97	8.66	47.20	10.79	
	合計	66.00	49.48	8.75	46.26	10.68	
總計	男生	52.00	47.17	11.43	48.03	10.93	
	女生	82.00	51.79	8.57	51.25	9.21	
	合計	134.00	50.00	10.00	50.00	10.00	

二、實驗組、控制組學生性別因素、組別因素與前後測中微積

分學習成就之相關分析（驗證假設一、二、三）

表 3 是性別不同和組別不同的受試者在學習成就表現上的雙因子變異數分析摘要表。

表 3

性別不同和組別不同的受試者在學習成就表現上的雙因子變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	η^2	事後比較
組別	1342.09	1	1342.09	13.38***	0.09	實驗組>控制組
性別	89.98	1	89.98	0.90	0.01	
交互作用	4.11	1	4.11	0.04	0.00	
誤差	13042.52	130	100.33			
總數	14487.02	134				

*** 顯著性 $p < .001$

由表 3 得知性別因素對實驗組及控制組學生在微積分學習成就上並無呈現顯著影響。在後測的微積分學習成就上，實驗組與控制組之間有差異存在 ($F=13.38$, $p < 0.001$)；實驗組在微積分學習成就的前後測間具顯著差異。這指出，實驗組學生在學習上表現的明顯比控制組的學生較佳。

三、實驗組學生之自我效能、內在價值和測試焦慮之前後測結

果差異（驗證假設四）

本研究探討實驗組學生在微積分學習上之動機模式，以成對樣本 t 檢定分析實驗組學生在學習動機與策略問卷的前後測結果。實驗組學生在自我效能、內在價值及測試焦慮等三大構面的前後測差異的顯著性如表 3。

表 4

自我效能、內在價值及測試焦慮的成對樣本 t 檢定分析摘要表

Variables	後測			前測		<i>t</i>
	<i>df</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	
測試焦慮	67	12.69	3.66	12.31	3.33	1.05
自我效能	67	13.56	3.54	14.66	3.05	-3.65
						<i>p</i> < 0.001
內在價值	67	12.96	3.60	12.34	3.83	1.84

由表 4 得知，實驗組學生自我效能方面的後測分數顯著下降，而其內在價值的分數呈現邊緣顯著增加。翻轉微積分課程後，學生在微積分學習的自我效能分數下降。

四、實驗組學生在自我效能、內在價值及測試焦慮三大構面對

學習成就分數變動的預測分析（驗證假設五）

本研究以逐步多元迴歸法分析學生在自我效能、測試焦慮及內在價值分數前後測的改變，多元迴歸分析摘要表如表 4。

表 5

實驗組學生的自我效能、內在價值及測試焦慮之逐步多元迴歸分析摘要表

Variables	學生學習表現改變					
	<i>B</i>	<i>SE</i>	β	<i>t</i>	<i>Toleranc</i> <i>e</i>	<i>VIF</i>
自我效能後測	1.00	0.34	0.34	2.96**	1.00	1.00
測試焦慮前測	--	--	--	--	--	--
測試焦慮後測	--	--	--	--	--	--
自我效能前測	--	--	--	--	--	--
內在價值前測	--	--	--	--	--	--
內在價值後測	--	--	--	--	--	--
變項同質性	-10.37	4.71	--			
R^2	0.12					

** 顯著性 $p < 0.01$

表 5 的結果顯示出，唯一對實驗組學生微積分學習成就有預測能力的變項，是學生在自我效能方面的後測分數。實驗組學生自我效能的後測成績愈高，微積分成績進步愈多。

五、實驗組學生自我效能、內在價值和測試焦慮間的相關分析

(驗證假設六)

為確認自我效能、內在價值和測試焦慮三大構面否相關，本研究進行此三大構面的後測分數的相關分析。

表 6

實驗組學生之自我效能、內在價值和測試焦慮相關分析摘要表

	測試焦慮後測	內在價值後測	自我效能後測
測試焦慮後測	1	-.161	-.390**
內在價值後測	-.161	1	.541**
自我效能後測	-.390**	.541**	1

** 顯著性 $p < 0.01$

由表 6 得知，自我效能和測試焦慮呈顯著負相關，自我效能及內在價值呈顯著正相關。這可以說，自我效能分數愈高的學生，測試焦慮分數愈低，但是會覺知到愈高的內在價值。

陸、討論

一、實驗組、控制組學生性別因素、組別因素與前後測中微積

分學習成就之相關分析

本研究假設性別因素會對微積分學習成就產生影響（假設一）。但是結果顯示，性別因素對實驗組及控制組學生在微積分學習成就上皆無呈現顯著影響。本研究認為原因可能是，藥學系學生為理組考生，不論男女，皆經過升學考試篩選，數理成績較會趨於一致。因此，性別因素雖與數學方面的學習成就有一定的

相關，但是對藥學系學生來說，不同性別的學生在微積分課程學習成就上差異較不明顯。

其次，本研究假設修習翻轉教室學習模式與傳統教學模式的微積分課程之學生，在學習成就表現上有差異存在（假設二）。根據本研究的分析結果，在後測的微積分學習成就上，實驗組與控制組之間有顯著差異存在（實驗組優於控制組），組別與學習表現有顯著相關存在，這印證了翻轉微積分課程對學習成就表現是有正面影響的。

最後，本研究假設參與翻轉教室學習模式微積分課程之學生，學習成就進步程度較為顯著（假設三）。而表 2 的分析結果也印證這個說法，可見翻轉微積分課程較能有效地提升學生學習表現。此結果回應了 Abeysekera 與 Dawson (2015) 所提出翻轉教室功能之質疑，加強翻轉教室學習模式的正向影響。

二、實驗組學生之自我效能、內在價值和測試焦慮之前後測結果差異

本研究假設翻轉教室學習模式微積分課程會對學生的學習動機信念產生正面影響（假設四）。而研究結果卻顯示，翻轉微積分課程後，雖然實驗組學生內在價值的分數呈現邊緣顯著增加，但是自我效能方面的後測分數顯著下降。

根據前述之文獻探討，自我效能為個人對自我能否勝任某一任務的「主觀感知」，如果後測之自我效能分數低於前測自我效能之分數，則代表學生課前可能是高估自己的能力，且低估了課程難度。而學生接受翻轉教室課程時，不但需要在課堂上進行解題還要向組員說明，如此對於微積分的自我效能認知可能比較貼近對自己實際能力的估計，因而導致自我效能後測分數降低。且本研究結果較貼近 Bandura (1997) 對自我效能感的解釋，也就是自我效能感是與特定具體任務緊密結合，而非 Wigfield 等人(2000)將自我效能感用來解釋個體在某一個領域，而非在某項具體任務中的能力信念與期待。

三、實驗組學生在自我效能、內在價值及測試焦慮三大構面對 學習成就分數變動的預測分析

本研究假設，參與翻轉教室微積分課程之學生，其微積分課程學習成就與自我效能有相關存在。而結果也顯示，唯一對實驗組學生微積分學習成就有預測能力的變項，是學生在自我效能方面的後測分數。實驗組學生自我效能的後測成績愈高，微積分成績進步愈多。

除此之外，在與十名修課學生團體訪談後發現，學生提及學習微積分的動機主要因為這是必修課所以要盡力不被當掉、維持平均成績等等外在動機，翻轉教室之所以能提升學習成就，是因為教師在現有的必修課課程結構下，提供部分的自主性學習，而非完全的自律學習，這或許是解釋學生對微積分學習的內在價值對其學習成就無預測力的原因。

四、實驗組學生自我效能、內在價值和測試焦慮間的相關分析

本研究假設，學生的動機信念三大構面（自我效能、內在價值及測試焦慮）之間有相關存在。研究結果顯示，自我效能和測試焦慮呈顯著負相關，自我效能及內在價值呈顯著正相關。這可以說，自我效能分數愈高的學生，測試焦慮分數愈低，但是會覺知到愈高的內在價值。這呼應 Pintrich 與 DeGroot(1990)的研究結果，自我效能及內在價值對學習產生正面影響，進而影響學習成就，而測試焦慮與學習成就為負相關。

柒、發現與討論

一、發現

綜合上述的研究結果，本研究歸納出下列幾點發現：

- (一) 藥學系學生的性別因素對實驗組及控制組學生在微積分學習成就上皆無呈現顯著影響。原因可能是藥學系學生入學前的篩選機制，使得數理方面成績較趨於一致。
- (二) 修習翻轉教室模式學生之成就表現顯著優於修習傳統教學模式微積分課程之學生，這印證了翻轉課程對學習成就表現有正面影響。參與翻轉教室學習模式微積分課程之學生，學習成就進步程度較為顯著。
- (三) 翻轉微積分課程後，實驗組學生內在價值分數呈現邊緣顯著增加，但是自我效能後測分數顯著下降。這可能是翻轉教室活動讓學生不但要解題還要向組員講解的任務讓同學後測時的自我效能分數因貼近學生實際經驗而降低。
- (四) 自我效能的後測分數對微積分學習成就有預測能力，自我效能的後測成績愈高，微積分成績進步也愈多。
- (五) 學生的動機信念三大構面（自我效能、內在價值及測試焦慮）之間有相關存在。自我效能和測試焦慮呈顯著負相關，自我效能及內在價值呈顯著正相關。這可以說，自我效能分數愈高的學生，測試焦慮分數愈低，但是會覺知到愈高的內在價值。這呼應 Pintrich 與 DeGroot (1990)的研究結果，自我效能及內在價值對學習產生正面影響，進而影響學習成就，而測試焦慮與學習成就為負相關。

二、討論、研究限制與建議

本研究將翻轉教室引入基礎科學課程的目標有二：一是提升學生微積分學習表現；二為促進學生微積分的自律學習，並且以其自我效能感、內在價值及測試焦慮作為檢核指標。本研究發現翻轉教室雖與學習進步量有相關，但卻無法提升學生對微積分學習的自我效能與內在價值或降低其測試焦慮。也就是說本研究無法證實此次翻轉微積分教學實驗對學生的情意學習上有正向的幫助。

雖然如此，本研究仍發現翻轉教室學習模式下的自我效能、內在價值、測試焦慮與學習成就之間存在一些相關性：首先，本研究不將學生對微積分學習的自

我效能感、內在價值及測試焦慮此三個變項視為展現學生個別差異(如性別或性格)的背景因素，而將其視為會因為翻轉教室教學介入而跟著改變的依變項或調節變項。且本研究發現，此三者不但有顯著相關性(自我效能和測試焦慮呈顯著負相關；自我效能及內在價值呈顯著正相關)，且自我效能會隨學習經驗改變，而改變後的自我效能與微積分成績進步量相關性更強，因此，自我效能應該還是可以當成是一種情意學習成效的檢測指標。

本研究基於初步教學嘗試階段，在僅翻轉一單元的情況下發現學生自我效能感顯著下降，倘若在翻轉數個單元後再測量學生對微積分學習之自我效能感，或許會有上升的趨勢。後續研究將可於翻轉前、翻轉一個單元後、翻轉數個單元後此三個時間點進行自我效能感的測量，來檢驗翻轉教室是否能提升學生自我效能感。

也就是說，本研究限制為翻轉教學之實施時間及頻率不足而無法確知翻轉教室是否能改善學生之微積分學習自我效能，但本研究團隊之教師基於本次教學經驗，未來將於微積分課程長時間實施翻轉教學，以了解此教學模式對學生微積分學習自我效能之影響效果。

參考文獻

中文部份

- 李浩然、柳賢 (2012)。國三學生數學觀念之研究 [Ninth Grade Students' Conceptions of Mathematics]。科學教育學刊, 20(3), 267-294.
doi:10.6173/cjse.2012.2003.03
- 陳維昭(2007)。臺灣高等教育的困境與因應。臺北市：國立臺灣大學出版中心。
- 黃國清(2008)。數學學習成就之性別差異研究－以九年一貫課程七年級數學綱要為例[A Study of the Gender Difference on the Mathematical Achievement: Based on the Seventh Grade Guidelines of the Grade 1-9 Curriculum]。中等教育, 59(4),

40-56.

韓珮華(2006)。數學焦慮與自我概念對動機與成就中介效果之探討：以 PISA 2003 香港資料為例。未出版碩士學位論文，國立政治大學，臺北市。

外文部份

- Abeysekera, L., & Dawson, P. (2015). Motivation and cognitive load in the flipped classroom: definition, rationale and call for a research. *Higher Education Research & Development*, 34(1), 1-14.
- Baker, J. W. B. (2000). *The "classroom flip": using web course management tools to become the guide on the side*. Paper presented at the 11th international conference on College Teaching and Learning. Jacksonville, Florida, US.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change. *Psychological review*, 84(2), 191-215.
- Bandura, A. (1982). Self-Efficacy Mechanism in Human Agency. *American psychologist*, 37(2), 122-147.
- Bandura, A. (1986). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: W. H. Freeman.
- Bandura, A. (2000). Exercise of Human Agency Through Collective Efficacy. *Current Directions in Psychological Science*, 9(3), 75-78.
- Bandura, A., Blanchard, E. B., & Ritter, B. (1969). Relative efficacy of desensitization and modeling approaches for inducing behavioral, affective, and attitudinal changes. *Journal of Personality and Social Psychology*, 13(3), 173-199.
- Berrett, D. (2012, February 19). How 'Flipping' the Classroom Can Improve the Traditional Lecture. *Chronicle of Higher Education*.
- Cassady, J. C., & Johnson, R. E. (2001). Cognitive Test Anxiety and Academic Performance. *Contemporary Educational Psychology*, 27, 270-295.
- Deffenbacher, J. L. (1980). Worry and emotionality in test anxiety. In I. G. Sarason

- (Ed.), *Test anxiety: Theory, research, and applications* (pp. 111-124). Hilldale, NJ: Erlbaum.
- Devine, A., Fawcett, K., Szűcs, D., & Dowker, A. (2012). Gender differences in mathematics anxiety and the relation to mathematics performance while controlling for test anxiety. *Behavioral and Brain Functions*, 8, 33– 41. doi:10.1186/1744-9081-8-33
- Eccles, J. S., Adler, T. F., Futterman, R., Goff, S. B., Kaczala, C. M., Meece, J. L., & Midgley, C. (1983). Expectancies, values, and academic behaviors. In J. T. Spence (Ed.), *Achievement and achievement motivation* (pp. 75-146). San Francisco, CA: W. H. Freeman.
- Hembree, R. (1988). Correlates, causes, and treatment of test anxiety. *Review of educational research*, 58, 47-77.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2005). Cooperative Learning, Values, and Culturally Plural Classrooms. In M. Leicester & S. Modgil (Eds.), *Classroom Issues: Practice, Pedagogy and Curriculum* (Vol. III, pp. 18-36). London and New York: RoutledgeFalmer.
- Kim, M. K., Kim, S. M., Khera, O., & Getman, J. (2014). The experience of three flipped classrooms in an urban university: an exploration of design principles. *The Internet and Higher Education*, 22, 37-50.
- Lage, M., Platt, G., & Treglia, M. (2000). Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment. *Journal of Economic Education*, 31(1), 30-43.
- Maslow, A. (1954). *Motivation and personality*. New York: Harper.
- Meijer, J., & Oostdam, R. (2007). Test anxiety and intelligence testing: a closer examination of the stage-fright hypothesis and the influence of stressful instruction. *Anxiety Stress Coping*, 20(1), 77-91.
- Milman, N. (2012). The flipped lassroom strategy: What is it and how can it best be

- used. *Distance Learning*, 9(3), 85-87.
- Neuhauser, C. (2011). *Calculus for biology and medicine*: Pearson.
- O'Flaherty, J., & Phillips, C. (2015). The use of flipped classrooms in higher education: A scoping review. *Internet and Higher Education*, 25, 85-95.
- Pintrich, P. R., & De Groot, E. V. (1990). Motivational and Self-Regulated Learning Components of Classroom Academic Performance. *Journal of educational psychology*, 82(1), 33-40.
- Pintrich, P. R., & DeGroot, E. V. (1990). Motivational and Self-Regulated Learning Components of Classroom Academic Performance. *Journal of educational psychology*, 82(1), 33-40.
- Rogers, C. R. (1969). *Freedom to Learn*. Columbus, OH: Merrill.
- Sarason, I. G. (1961). Test anxiety and the intellectual performance of college students. *Journal of educational psychology*, 52, 201-206.
- Strayer, J. (2007). *The effects of the classroom flip on the learning enviroment: A comparison of learning activity in traditional classroom and a flip classroom that used an intelligent tutoring system*. (Unpublished doctoral dissertation), The Ohio State University, Columbus.
- Tamim, R. M., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Abrami, P. C., & Schmid, R. F. (2011). What forty years of research says about the impact of technology on learning. *Review of educational research*, 81(1), 4-28.
- Wigfield, A., & Eccles, J. S. (1994). Children's Competence Beliefs, Achievement Values, and General Self-Esteem: Change across Elementary and Middle School. *Journal of Early Adolescence*, 14(2), 107-138.
- Wigfield, A., & Eccles, J. S. (2000). Expectancy-value theory of achievement motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 68-81.
- Zimmerman, B. J. (2000). Self-Efficacy: An Essential Motive to Learn. *Contemporary Educational Psychology*, 25,82-91.

Zimmerman, B. J., & Pons, M. M. (1986). Development of a structured interview for assessing student use of self-regulated learning strategies. *American educational research journal*, 23(4), 614-628.

The Correlation between Self-efficacy, Intrinsic Value, Test Anxiety and Learning Achievement in Flipped Calculus

Pei-Jung Chen* Yi- Nuo Kang**
Jia-Ming Ying*** Kung-Pei Tang****

Abstract

This study investigate the effect of the Flipped-Classroom Format on Calculus Learning Experience. Measure Instrument was the revised version of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire which developed by Pintrich and De Groot. Sample of this study were 179 pharmacy students who were enrolled in calculus class in the fall semester 2015. The independent variables of this comparative study was the flipped classroom as instructional intervention (90 in control group; 88 in experimental group 88). The dependent variables were students' perception of self-efficacy, intrinsic value, their test anxiety and learning achievement in the calculus class. The control variables were the gender and students' initiated learning performance in calculus. Results indicate that students in experimental group did have significantly better learning achievements than students in control group. The learning achievement of the students in experimental group is significantly positive correlated with their perception of the calculus learning self-efficacy.

Keywords: Calculus, Self- efficacy, Learning Motivation, Motivational Belief, Flipped Classroom

* 1st author:Instructor, Shin-Pu Elementary School, Taoyuan City

E-mail:peijungwue@gmail.com

** 2st author:Center for Evidence-Based Medicine, Department of Education, Taipei Medical University Hospital, Taipei, Taiwan

E-mail:academicnono@gmail.com

*** 3st author:Associate Professor, Center for General Education, Taipei Medical University

E-mail:j.m.ying@tmu.edu.tw

**** Corresponding author:Assistant Professor, Department of Education and Humanities in Medicine, School of Medicine,College of Medicine, Taipei Medical University

E-mail:kptang@tmu.edu.tw