

TEAL 創意互動教學對學生學習普通物理效果的研究

謝瑞史¹ 湯兆崙²

¹大同技術學院 資管系

²國立中正大學 物理系

(投稿日期：民國 97 年 10 月 20 日，修訂日期：97 年 12 月 20 日，接受日期：97 年 12 月 30 日)

摘要：創意互動教學(Technology-Enabled Active Learning, TEAL)為美國麻省理工學院(MIT)在教授自然科學及科技相關學門的一項重大教學改革。它的特點在於透過多媒體設備的教學環境，強調主動式、互動式與合作式的教與學。國立中正大學於 2004 年和 MIT 合作，引進此項教學模式，建構一間 TEAL 教室，並於 2005 年秋季開始利用 TEAL 教室授課。本研究以 2008 年春季七系九班修習普通物理(含電磁學與光學)的大一新生作為研究對象(4 班使用 TEAL 教室的實驗組和 5 班使用傳統教室的對照組)，探討實施 TEAL 對學生學習普通物理的影響。資料收集計有：前測和後測、焦點訪談、課堂觀察以及期末問卷。初步研究結果指出，實驗組的前後測進步幅度顯著高於控制組($p < .001$)。問卷資料顯示，TEAL 學生普遍認為 TEAL 教學比傳統教室上課較為有趣，雖然他們也認為在 TEAL 教室上課的壓力頗大。訪談資料發現，TEAL 分組式的互動環境是讓多數學生產生正向學習感的主要因素。此結果隱含 TEAL 課堂上的合作式、互動式教學對改善學生傳統被動式的學習習慣具深遠的影響。如何善用高科技輔助教學來持續吸引學生學習興趣和注意力，提升學生實質的學習成效是未來發展 TEAL 教學的重要方向。

關鍵詞：創意互動教學、準實驗研究、教育科技

本文由國科會贊助，計畫編號 NSC-96-2520-S-271-001

壹、緒論

TEAL (Technology-Enabled Active Learning) 是一項利用高科技輔助教與學的創新式教學模式，在多媒體的教學環境下，強調主動式、分組式與互動式的學習。其中，

個人即時作答系統(Personal Response System, PRS)的建置使授課老師可以個別地、快速地了解和掌握每位學生的學習狀況和反應。創新教學的概念在近 15 年已逐漸受美國學者專家與研究人員的重視，有愈來愈多的大學院校紛紛發展與採行這項新教學模式，例如 Rensselaer Polytechnic Institute 和北卡大

學。2001 年，美國麻省理工學院 (MIT) 物理系開始採行 TEAL 教學模式。根據該計畫主導者 Belcher (2001) 所述，實施 TEAL 的主要目的為：(1)把動手做實驗的實務帶入大班級的基礎課程中，以及(2)以高度互動、合作的教學方式來提高學生的學習興趣和學習效果。

貳、中正大學實行 TEAL 的背景

2004 年，國立中正大學與 MIT TEAL 團隊合作，引進 TEAL iCampus 計畫進入校園。該計畫的主持人表示，中正大學引進這項計畫的主要目的是希望透過多媒體的學習環境，讓學生以活潑的互動方式瞭解基本物理學的抽象概念，以打破傳統「老師講，學生聽」的被動學習思維。整個計畫的建構與 MIT TEAL 頗為相似，包含了多媒體硬體設備、3-D 模擬、實驗設備、軟體控制系統、PRS 系統和網路作業管理系統。TEAL 教室內共有 11 張圓桌，每張圓桌可以容納 9 名學生。每張圓桌上置有 3 台筆記型電腦，3 個學生共用一台。此外，在教室的周邊牆壁裝置有 7 個大螢幕，讓每個角落的學生都可以清楚看到授課內容和示範教學過程。圖 1 為 TEAL 多媒體教室眺望圖。2005 年秋季起，



圖 1：TEAL 多媒體教室眺望圖

物理系開始利用 TEAL 教室講授普通物理課程，啟動以動手操作、視覺化和互動式學習的教學模式。圖 2 為 TEAL 教室內學生動手操作實驗的實況。更詳細的介紹請參閱湯兆崙、黃鼎凱和蔡宜君 (2006)。

參、教育科技

科技教育在建立社群式、建構式和主動式的學習情境伴演著重要的角色 (Jonassen, Carr & Yueh, 1998)。適當地運用高科技可讓學生更專注於課堂上的講解 (Beichner, et al., 1999)，並增進他們的學習效果 (Kozma, 1994)。教育科技不只具提升學生學習績效的潛在功能，同時也可被利用來訓練更具競爭力的未來就業人才 (Dusick, 1998)。教育科技的應用和呈現方式很廣泛，微觀實驗室 (Micro-Based Laboratories, MBL) 和動態模型建構系統等都是其中之例。Scheker (1998) 指出，由於 MBL 縮短了測量和評估資料的時間間隙，學生在實驗過程中因而可以捕捉與窺視瞬間影像。模擬圖讓學生在想像圖像速度和物體移動之間的關係時也發揮了很大的作用 (Brasell, 1987)。Hake (1998) 發現採用主動式方法輔導學生學習物理使他們的平均學習成效顯著高於未接受輔導的對照組學生。同樣地，Beichner 等人 (1999) 發現具高科技合作式和主動式的學習環境，讓實驗組中各



圖 2：自己動手作實驗

理工系學生（包含數學、物理、工程、化學等）的學習成效遠勝於傳統方式學習的學生。這些研究人員也報導實驗組的學生的學習滿意度、自信心以及完成課程率也明顯高於對照組學生。他們認為科技和學習活動的設計是建立有效學習環境的重要推手。

根據 Dori 和 Belcher (2005) 的報導，MIT 實施 TEAL 的成果斐然，實驗組學生學習電磁學的成效遠超過控制組。不過，這些研究人員也提到在實施 TEAL 的過程中也遭遇了不少困難，例如教材設計、授課教師教學技巧、學生上課分組以及使用 TEAL 教室人數增加等的問題。大體而言，互動式、主動式的學習模式已被 MIT TEAL 團隊以及其他很多學者專家肯定，唯這種模式是否適合學習習慣較被動也較保守的台灣學生，值得關注。張慧貞 (2005a, 2005b) 指出台灣大多數的大學生習慣於被動式的接受授課老師在課堂上的知識傳遞，較不習慣主動思考與互動學習的方式。她認為幫助學生克服學習習慣以及改變學習態度，對授課老師來說是一項很艱鉅的挑戰。本研究的研究目的乃針對學生對 TEAL 創意互動學習模式的反應以及此模式對學習成效的影響進行深入探討。

肆、研究方法

一、研究對象

普通物理是中正大學理工學院大一新生必修的科目。該科目分成兩個學期修習，上學期授課重點以「力學」為主，下學期則以「電磁學」為主。目前學校共有七個系所的學生修習此科目，包括三個理學院系所（物理系、化生系和地球環境科學系）以及四個工學院系所（電機系、通訊工程系、化工系和機械工程系）。其中，電機系和機械工程系各分

為 A 和 B 兩班。97 學年度下學期所有註冊電磁學的學生即為本研究的研究對象，該學期各班註冊人數分別為物理系(45 個學生)，生化系(45)，電機 A(37)，電機 B(37)，地環科(48)，通訊工程(44)，化工(49)，機械工程 A(43)和機械工程 B(49)。

二、研究設計

本研究採準實驗 (quasi-experimental) 研究設計方法。七個系九個班中，有四個班級（物理班、化生班和電機 A、B 班）在 TEAL 教室修習電磁學科目，另五個班級則在一般傳統教室上課。實驗組與控制組的班級由學校系所決定，非學生自由選定。不過，教學內容和教材，不分班級，一律統一；期中考和期末考的考試內容，也一律統一，並在同時間施測。為使 TEAL 多媒體教室的功能與空間完全發揮，四班 TEAL 的學生被合併成兩個大班級一起上課，物理和化生併一班，電機工程 A 班和 B 班併一班。此外，傳統教室上課的其中四班學生也以併班方式上課，通訊工程和電機 A 併為一班，化工和機械工程 B 併為另一班。

三、課程設計

一學期的課程共計 18 週（含期中與期末考兩週），電磁學每週上課六小時，包含兩次各兩小時的授課時間與兩小時的實驗時間。教材單元包括電的特性、高斯定律、磁力、電容和電介質、磁場、電磁波以及光的性質和幾何定律等。授課講義內容由物理系教師們合力編製成電腦簡報檔，供授課老師上課時使用。傳統教室的上課方式，以教師播放簡報檔案，然後對學生講解教材內容為主。TEAL 教室的授課方式，除了播放簡報檔案外，教師會利用多媒體的設備額外加入一些動畫圖像作為輔助教材。授課教師也會不定時地針對已講授的概念，提出問題，讓學生以小組（三人為一組）的方式，進行簡

短討論；隨後，學生須以個人即時回答系統個別從四個選項中按選正確答案。授課教師會在電腦系統即時顯示學生答題統計結果後，將學生答錯較多的選項再提出來加以說明。一堂兩小時的課，通常有三至五題的問題被提出。

四、資料來源和分析方法

資料收集包含量化與質化，其來源有四：

(一) 前測和後測：

前測在開學第一週實施，後測則在學期末週舉行。兩次測驗的題目相同，施測時間也九班統一。測驗的題目由 Mazur (1996) 所開發，共 40 題選擇題，主要測試學生在同儕互動的學習環境下所學到的電磁學基本概念。

(二) 期末問卷：

此問卷在學期最後一週實施，問卷項目共五大項，包括：(1)課堂上的學習經驗(2)實驗時的學習經驗(3)自評(4)建議和(5)基本資料。前三項是採 Likert 式衡量法，由「非常同意」(5 分)到「非常不同意」(1 分)共五個選項。後兩項分別為勾選式和開放式的題目。

(三) 焦點訪談：

為深入瞭解四班學生在 TEAL 環境中學習的反應與心得，每班隨機抽取 15 名學生，以自願的方式參與訪談，每次訪談 5 名學生。

(四) 課堂觀察：

依研究人員的空餘時間輪流觀察 TEAL 學生與傳統學生的實際上課和做實驗情形，輪流觀察每班兩次。

資料分析中，量化資料以敘述統計、T-test 以及統計圖表等工具分析。質化則以 Patton (2002) 提出的建構式 (social constructivism) 概念進行分析。資料編碼過程採 Miles 和 Huberman (1994) 所建議的三種類型作為分歸和歸類的思維，這三種類型包括敘述型 (descriptive)、闡釋型 (interpretive) 和樣式型 (pattern)。

伍、初步研究結果

參加前後測的學生共計 384 人，實驗組 156 人，對照組 284 人。表 1 是九個班級前後測的統計結果，包括各班的前測平均分數、後測平均分數、平均考試差異 (後測-前測) 和平均學習成效。「學習成效」的計算方式是「前測-後測」除「滿分-前測」，意指學生後測成績相對於前測成績的最大進步空間。從表 1 可得知，除了控制組機械工程 B 班的前測 (41.73) 外，實驗組四班所有前後測的平均成績都高於對照組班級。在平均學習成效方面，實驗組除了電機 A 班 (.13) 之外，其餘三班的平均學習成效 (.17~.20) 皆高於對照組 (.03~.15)。值得一提的是電機 A

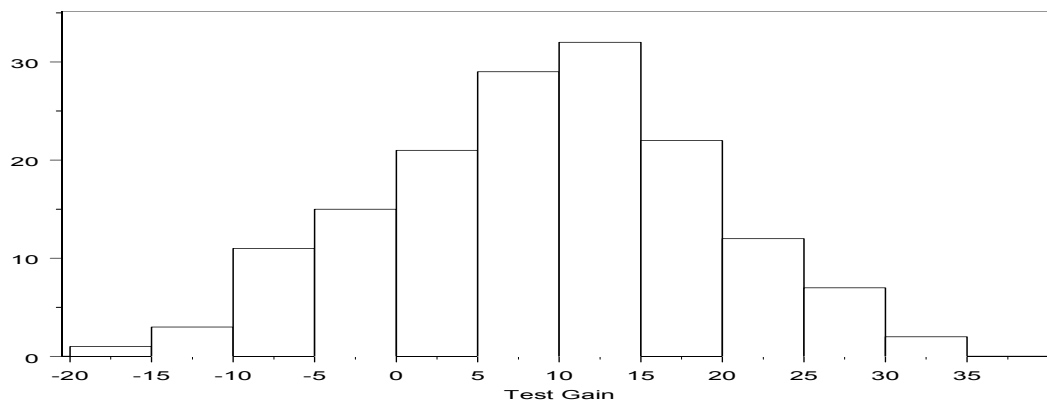


圖 3：實驗組的平均學習成效

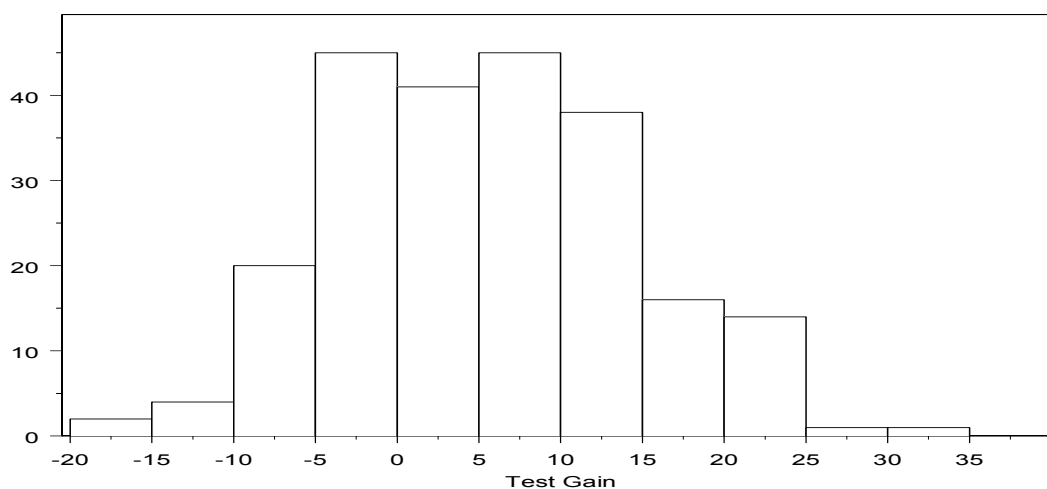


圖 4：對照組的平均學習成效

表 1：以班級分類的前後測分析結果

班級	人數	前測平均 (SD)	後測平均(SD)	平均差異 ^a (SD)	最大化差異 $\langle g \rangle$ ^b
TEAL (實驗) 班					
電機 A	37	45.14 (8.56)	53.04 (8.00)	7.91 (9.62)	0.13 (.19)
電機 B	36	41.60 (7.80)	52.01 (10.77)	10.42 (9.90)	0.18 (.17)
物理	39	41.60 (9.22)	52.44 (9.47)	10.83 (11.17)	0.17 (.19)
化生	44	41.08 (6.87)	53.30 (8.71)	12.22 (10.72)	0.20 (.17)
傳統 (對照) 班					
地環	46	38.75 (7.18)	45.43 (8.96)	6.68 (8.56)	0.10 (.14)
機械 A	43	39.01 (9.56)	48.37 (10.10)	9.36 (9.36)	0.15 (.14)
通訊工程	43	38.90 (8.56)	47.33 (9.34)	8.43 (11.31)	0.13 (.16)
機械 B	49	41.73 (7.38)	49.13 (8.53)	7.40 (7.94)	0.12 (.13)
化工	47	40.00 (7.63)	42.29 (9.79)	2.29 (9.13)	0.03 (.15)

^a 考試平均差異 = 後測 - 前測

^b $\langle g \rangle = (\text{後測} - \text{前測}) / (100 - \text{前測})$

表 2：以組別分類的前後測分析結果

項目	前測		後測		平均差異		最大化差異 $\langle g \rangle$	
	TEAL	傳統	TEAL	傳統	TEAL	傳統	TEAL	傳統
人數	156	228	156	228	156	228	156	228
測量平均值	42.29	39.73	52.72	46.49	10.43	6.77	.170	.106
標準差	8.20	8.08	9.18	9.61	10.42	9.20	.178	.147
t 統計值	3.0289		6.4101		3.5499		3.8111	
單尾 P 值	< 0.01		< 0.0001		< 0.001		< 0.0001	

班的前測平均分數（45.14）遠高於其餘八班，因此它的後測進步空間很自然的也相對較小。表 2 是以組別作為分析單位所進行的比較，表中數值顯示整體 TEAL 實驗組的學習成效顯著高於傳統班的對照組，p 值分別介於 .01 和 .0001 之間。圖 3 和圖 4 分別顯示實驗組和對照組平均學習成效的分佈情形。由此二圖可看出實驗組的平均學習成效值落在 10%-15%之間（圖 3），而對照組則落在 10%以下（圖 4）。

學期末在四個 TEAL 班級所實施的期末問卷，總共回收 163 份，回收率接近 100%（163/164）。問卷分析的部分結果如下：

1. TEAL 學生普遍對 TEAL 教學環境有正向的感受(平均值=4.23)。
2. 和傳統教室的學習經驗相比，大多數 TEAL 學生認為 TEAL 課堂上師生間的互動較多（平均值=3.96），同學間（尤其同組間）的互動也較多(平均值= 3.90)。
3. 55%的學生沒有課前預習的習慣，僅11%的學生平均每週預習時間為2個小時或以上。
4. 32%的學生平均每週花在複習功課(包括做作業)的時間少於 1 個小時，只有 18%的學生花 3 個小時或以上的時間複習功課。
5. 學生認為幫助他們學習最有效的三個項目分別是：(1)授課老師在課堂上的講授方式(包含講解方式與教學技巧)，(2)自我學習和 (3)網路教學影片。

學生對未來 TEAL 課程的建議，摘記如下：

（一）教學過程：

1. 在解釋專有名詞與方程式推導時能更清楚。
2. 加強教學方式與技巧。
3. 給予更多的思考時間答覆老師在課堂上所提問的問題。

（二）授課教材：

1. 授課內容過多，減少高中已學過的部

2. 安排前置學習時間，以便熟悉較艱深的課程內容。

（三）行為管理：

1. 出席的規定（例如遲到 5 分鐘記缺席）應放寬。
2. 課堂上的規範（例如打瞌睡被叫醒）不需嚴格執行。

（四）實驗管理：

1. 延長實驗時間，例如由兩小時增長為三小時
2. 加強助教在協助學生做實驗的技能和公平考核學生作業的角色。

（五）設備管理：

1. 更新個人電腦
2. 更新或加強維修個人即時作答系統的器材。

課堂觀察的資料顯示，TEAL 課堂中，師生之間以及學生與學生之間的整體互動頻率比起對照組明顯多出很多。不過，TEAL 師生間的互動大多限於老師提出問題，學生們透過 PRS 回答時；學生之間的互動也大致限於小組之間商討老師所提問題的答案時。此外，課堂中學生似乎都在忙於填寫教材設計時刻意留下的空白部分（用意在於提高學生聽講的注意力）。實驗課裡，學生排隊使用測量儀器，會有瓶頸的情形產生；實驗過程遇到較困難的問題，也經常需排隊等候助教的協助。

十三場共計 56 名學生參加的焦點訪談資料顯示，大部分學生認為 TEAL 教室的教學設備相當先進，不過，這種圓桌式、牆邊裝有大螢幕的學習環境也讓學生倍感壓力，因為學生上課的一舉一動一覽無遺。多數學生雖然不喜歡課堂上嚴格的規定，但大致上也因自認為是被動型的學習者，而肯定嚴格的規定對他們學習上的實質好處。對於個人即時系統的使用，學生的看法分歧，部分學生認為這種提問方式浪費時間，影響授課進度，但也有很多學生覺得這種提問方式提供學生思考時間，有助於對重點概念理解的提

升。此外，不少學生反映老師的教學方式，尤其是互動技巧，尚有改善空間。

從上述質化與量化的資料分析結果得知，中正 TEAL 的實施過程和所遭遇到的問題大致和 MIT TEAL 曾面臨過的問題雷同。對中正 TEAL 而言，TEAL 多媒體教室無疑提供了學生非常優質的學習環境，然而優質的學習環境似乎仍須搭配老師的授課技巧以及學生的學習習慣才能發揮更大的作用。

陸、討論

本研究證實 TEAL 實驗組的平均學習成效明顯高於傳統教學的對照組。在創新教學模式與教學思維的啟動階段，這項正向的成果對未來推行 TEAL 計畫具實質的鼓舞作用。不過，與現有文獻曾報導的實驗組學習成效（大於.40）相比（參見 Beichner, et al., 1999; Dori & Belcher, 2005; Hake, 1998 等），本研究實驗組整體的學習成效（等於或小於.20）並不彰顯。Hestenes 和 Halloun（1995）認為 20% 以下的學習成效屬於低成效類別。本研究將成效不夠彰顯的可能原因歸納為下列幾項：

1. 後測施測時間不佳：由於後測與期末考同時舉行，學生在寫完漫長的期末考題後可能已無心填寫後測試題，尤其多數學生知道後測驗成績並不計入學期總成績。
2. 不完整的後測題目：為了縮短後測的考試時間，原本 70 題的後測考題被刪減為 40 題，因此，整個測驗的完整性及其真實成效可能受到影響。
3. 雖然許多學生覺得 TEAL 教室比傳統教室教學有趣，不過，學生的學習興趣顯然尚未反應在他們的學習態度上，這點可從多數學生花在預習與複習的時間上窺知。
4. TEAL 授課教師尚未熟悉與適應高科技設備下互動式、合作式的教學模式。這點似乎呼應了張慧貞（2005a, 2005b）所提的改變授課老師的教學思維和改變學生學

習習慣一樣，都是挑戰性任務。

5. 未善加利用在 TEAL 建構下的網路資源，例如更新與維護影音教材，讓學生隨時隨地繼續從事課後學習。

如何運用高科技輔助教學的模式來持續吸引學生學習興趣和注意力，進而提升學生學習上的實質成效是未來發展 TEAL 教學的重要方向。

參考文獻

1. 湯兆崙、黃鼎凱和蔡宜君（2006）：多媒體促進互動教學-TEAL 普通物理的實施與成效。物理雙月刊，28(3),544-553。
2. Beichner, R., Bernold, L., Burniston, E., Dail, P., Felder, R., Gastineau, J., Gjersten, M., & Risley, J. (1999). Case study of the physics components of an integrated curriculum. *American Journal of Physics*, 67, S16-S24.
3. Belcher, W.J. (2001). Studio Physics at MIT. *MIT Physics Annual Report 2001*. Retrieved October 31, 2006, from http://web.mit.edu/physics/papers/Belcher_physicsannual_fall_01.pdf.
4. Brasell, H. (1987). The effect of real-time laboratory graphing on learning graphing representations of distance and velocity. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 385-395.
5. Chang, W. (2005a). The rewards and challenges of teaching innovation in university physics: 4 years' reflection. *International Journal of Science Education*, 27(4), 407-425.
6. Chang, W. (2005b). Impact of constructivist teaching on students? Beliefs about teaching and learning in introductory Physics. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology education*, 5(1), 85-99.
7. Dori, Y. J. & Belcher, J. (2005). How does

- technology-enabled active learning affect undergraduate students' understanding of electromagnetism concepts? *The Journal of the Learning Sciences*, 14(2), 243-279.
8. Dusick, D.M. (1998). The learning effectiveness of educational technology: What does that really mean? *Educational Technology Review*, 10, 10-12.
 9. Hake, R.R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-students-survey of mechanics test data for introductory physics course. *American Journal of Physics*, 66, 67-74.
 10. Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1995). Interpreting the Force Concept Inventory. *Physics Teach*, 33(8), 502, 504-506.
 11. Jonassen, D., Carr, C., & Yueh, H.P. (1998). Computers as mindtools for engaging learners in critical thinking. *TechTrends*, 43(2), 24-32.
 12. Kozma, R. B. (1994). Will media influence learning? Reframing the debate. *Educational Technology Research and Development*, 42(2), 7-19.
 13. Mazur, E. (1996). *Peer Instruction: A User's Manual*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
 14. Miles, M. B., Huberman, A. M. (1994). *An Expanded Sourcebook: Qualitative data analysis*. (2nd Eds.) (pp. 50-89). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
 15. Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research & evaluation methods*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
 16. Scheker, H.P. (1998). Integration of experimenting and modeling by advanced educational technology: Examples from nuclear physics. In Fraser, B.J. & Tobin, K.J. (Eds), *International Handbook of Science Education* (pp. 383-398). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.

The Impact of Technology-Enabled Active Learning (TEAL) on Student Learning

Ruey S. Shieh¹ Jawluen Tang²

¹ Tatung Institute of Technology

² National Chung Cheng University

Abstract

The Technology Enabled Active Learning (TEAL) project was initially launched at Massachusetts Institute Technology (MIT) in 2001, which involves media-rich facilities to facilitate freshman students to learn physics subject matters in a deliberately designed classroom. The project emphasizes that students learn in an active, interactive and collaborative learning environment. In 2004 National Chung Cheng University established a TEAL studio in campus and in the fall of 2005 the first General Physics course was delivered in the studio. The purpose of this study is to examine the impact of the innovative instructional approach on students' learning. A quasi-experimental research is used to conduct the study. The study involves four classes of students as experimental group (using the TEAL studio) and five other classes of students as control group (using traditional classrooms). Data sources consist of pre-/post tests, focus group interviews, classroom observations and an end-of-semester survey. The preliminary results show that students in the experimental group significantly outperformed those in the control group ($P > .001$). The TEAL students in general showed positive attitudes toward the innovative instructional approach. However, how to take full advantage of the high-technology learning environment to more effectively promote student learning yet remains as the most challenging and concerned issue in implementing TEAL in the future.

Key words: Technology-Enabled Active Learning (TEAL), quasi-experimental research, educational technology