

國立臺灣大學教務處教學發展中心提升教學品質計畫

# 教學改進計畫結案報告

---

## 混成式數位學習於工程通識課程 教學成效之研究

計畫主持人：沈泓俊教授

執行單位：臺灣大學應用力學研究所

中華民國九十九年八月三十一日

## 一、研究緣起

在世紀交替之際，全人教育的在地落實與國際接軌信念，已經成為二十一世紀教育國際化的新願景，也是各先進國家優先制定的行動綱領、政策與計畫釐訂的主軸。為了提升國家競爭力，振興經濟、促進社會繁榮，邁向現代化與國際化的全人教育是知識經濟時代不可或缺的國家基本政策。而推動教育國際化、拓展國人國際視野、提升學習與教學品質應為重要之基本途徑，在各項相關配套措施中，各高等學府必須主動加強國際競爭優勢學科領域，如資訊工程、奈米科技、光電、醫學等高科技且為國家重點發展之領域。另一方面，為求國際化，以英文開設重點學程或課程，也是吸引外國學生來台求學、提升大學品質的重要途徑(黃榮村，2003)。國立臺灣大學(本校)推動國際交流不遺餘力，積極建構完善之英語授課環境，截至2006年為止，來自63個國家、共計439名外國學生申請正式學位入學(國立臺灣大學國際事務處，2008)。且為因應外國學生之求學需求，至2008年為止，本校已開設20個以上之國際研究生學程，英語授課課程數也從原本之114門提升至621門(臺大課程網，2008)。英語授課課程數量之大幅提昇及學程數之增加，皆顯示本校推動發展國際課程、邁向國際一流大學之決心。

過去工程教育之教學型態多以面對面講述為主，在授課過程中，學生少有機會與教師互動，遭遇問題也難以及時提出。且課程普遍由一位講師進行授課，當課程面向涵蓋跨領域學科之學習內容，或者內容為日新月異之先進科技時，對教師而言，在教材準備上亦是一大負擔。加上教師常會運用投影片及紙本講義做為輔助教學內容之呈現工具，課後學生若希望針對教師課堂授課內容進行複習，在學習資源的共享與傳遞上也有所阻礙。

資訊科技之進步改變了傳統教學方式，Bonk和Dennen(1999)主張教育必須隨著科技的精進而有所因應改變。Merrill(2002)認為學習發生在學生解決真實世界問題的過程中，教師必須採用各種方法激發學生之先備知識並促進其建構新知

識，因此教師除了教學演示外更須引導學生結合理論與實務之思考。混成式數位學習(blended e-learning)為結合線上教學與傳統面對面教學之創新教學形式，其可透過多種科技之交互運用以達到最佳學習成效 (So & Brush, 2008)。Huang、Zhou和Wang(2006)則認為混成式數位學習輔助教學除了能夠彈性提供學生學習資源外，同時提供多元之學習支援，透過混成式數位學習之教學方式，可建構學生多元之學習經驗。

教學方法意指如何使學習活動作最佳的組合以達成教學目標的方法，常見的教學方法有：講授(lecture)、討論(discussion)、示範(demo)、問答(question & answer)、實際演練(exercises)、腦力激盪(brainstorming)、個案研究(case study)、角色扮演(role play)、情境模擬(simulation)等。老師或教學設計者應發揮創意，有計畫地整合教學方法與策略，使用正確的科技與媒體組合，以達到多元教學策略與媒體整合的混成學習設計 (岳修平，2005)。由前述可知，混成式數位學習的主要教學目標在於提升學習效果並且增加課程之多元性。本研究立基於此理論架構，嘗試導入混成式數位學習之教學策略，有效整合學習資源，並促進工程學科學生之學習成效。具體研究目的為：

1. 瞭解不同國籍學生之學習成效，是否因採用混成式數位學習策略而有所差異。
2. 探討英語授課課程使用混成式數位學習進行教學之適當教學模式。

## 二、 研究重要性

隨著國內推廣數位學習趨勢，本校亦率先建構混成式學習環境。本校計算機及資訊中心於1995年開始即積極研發CEIBA教學平台，此教學平台以教學設計為設計理念基礎，透過全球資訊網路的跨平台特性以及資料庫技術的結合，設計多組參數化、模組化的功能，協助教師進行個性化、系統化與網路化教學設計。經由建構以學生為中心之學習環境，可增進師生間溝通機會與管理、提升資訊科技

融入教學成效、培養學生發展終生學習能力，且透過非同步課程管理系統輔助教師教學，將可提升教學成效（國立臺灣大學非同步課程管理系統，2008）。此外，本校近年來也致力於建構以外籍生為主的英語學習環境，期使經由此策略可吸引優秀外籍生入學、有效提升本校之國際競爭力。謝尚賢及康仕仲(2007)曾針對工程學科以英文授課之教學策略及有效性進行研究，結果發現相較之下，中文及英文授課之教學成效差異不大，且學生在英文授課環境會採取更積極主動之態度。在教學策略上，該研究建議在期初提供全學期之講義，並將補充資料放在課程網頁上供學生下載，透過詳細的講義與投影片內容，可提供學生視覺與聽覺之同步學習。且為了強化師生互動，學生在課堂中仍須積極參與課程發問，課後教師亦須提供諮詢時間，協助學生解決問題。

本研究考量混成式數位學習之優勢，以及本校CEIBA課程平台之功能完整性，將以外籍生為授課對象、採用英語授課之工程類通識課程「認識臺灣-科技臺灣」做為主要研究場域。參考謝尚賢及康仕仲(2007)之教學策略建議，本課程除了提供課堂講義及教學投影片外，教學過程中更採用影片輔助教學，並且建置課程網站供學生上網瀏覽課程資訊、下載課堂講義及投影片等，裨益學生能夠課前預習以及課後複習。本研究希望透過導入混成式數位學習之創新模式，有效提升學生學習成效、創造學生多元學習經驗。輔以結合遠端連線系統、在課堂中同步應用專業資源輔助教學，更能夠達成跨領域教學與學習之效果。研究所得成果將可做為教師未來採用混成式數位學習之實務參考。

### 三、 研究方法

#### (一) 研究情境

##### 1. 課程架構

本研究以本校 98 學年度第二學期所開設之「認識台灣-科技台灣」工程類通識課程為主要研究場域。「認識台灣-科技台灣」為同步遠距教學課程，臺大主播、

大同大學收播。本課程為大學部系定選修課程，每週上課時間二小時（2學分），以外籍生為主要授課對象、全程採用英語教學並使用英語教材輔助授課。總計18週的課程規劃中，邀請各領域專家針對生態、醫療、能源、教育、產業、通訊、半導體等領域進行介紹，並安排多次科技中心之參訪。學生須針對課程內容進行六次心得報告之撰寫，且須自行選定有興趣之議題進行期末專題報告繳交。詳細課程規劃請參考表1。

表1 課程規劃表

週次	科技台灣課程規劃
1	1. Course Introduction 課程介紹;講解成績考核、評分方式等 2. Video of Wireless Technology in Taiwan
2	1. Course Introduction 課程介紹、講解成績考核、評分方式等 2. Flood Prevention and Disaster Mitigation 防災救災科技
3	General introduction on Taiwan Industries 台灣科技產業發展簡介
4	Traditional Industries go Hi-tech 傳統產業高科技化－傳產技術升級 vs. 紡出一片天
5	Agriculture Technology & Internet Medicare 無往不利－當農業遇上科技 vs. e療無疆界
6	1. Science Park 科學園區－竹科奇蹟 VS.西部科技走廊 2. Semiconductor Industry: SOC, NDL, ITRC 台灣矽島－晶片系統設計・奈米元件實驗室 vs. 儀器科技研究中心
7	Site Visit : Hsinchu Science Park and NDL 參訪竹科、奈米元件實驗室
8	Digital Archives 數位典藏台灣－典藏藝術 vs.台灣記憶
9	No Class 期中考週
10	Introduction to Hight Speed Rail 介紹高速鐵路
11	Introduction to Taiwan's Hsueh-Shan Tunnel 雪山隧道

12	Agricultural biotechnology – Trees of hope & Roots in Taiwan blossoming throughout the world 農業生物科技－希望之樹 vs. 根留台灣・花開全球
13	Site Visit : “Center for Earthquake Engineering Research NTU” 參觀台大地震研究中心
14	Eco-Grid of Taiwan 生態格網－海底世界 vs. 台灣的亞馬遜「福山觀測網」
15	Nano Education & Core Facility 決戰明天－奈米人才培育 vs. 奈米核心設施
16	1. Technology Diplomacy – Computer Classroom in the Philippines and Technology without Boundaries 科技外交－菲律賓電腦教室 vs. 科技無國界 2. Scientific Fisherman 農漁業科技大變身前半段: "科技漁夫"
17	Aerospace technology & defense technology 當傳統產業遇上航太與國防科技－太空科技・飛進我家 vs. 化干戈為玉帛
18	Final Exam Week (期末考週)

## 2. 教學活動及評分方式

本課程之教學流程分為四階段：(1) 教師在課堂中進行一至二個主要概念之講解與引導；(2) 透過數位教材之輔助，讓學生觀看與每週主要課題相關之教學影片，收看時間約為 30 分鐘；(3) 影片觀賞過後，教師進行整體概念之整合與講解；(4) 學生課後可透過課程網站進行課堂內容之複習。課程教材主要以教師指定閱讀書籍、課堂講義搭配國家實驗研究院於 2005 年所拍攝之科普電視報導系列影片等為主。

評分項目主要包括課堂參與、課堂互動、心得報告繳交以及期末專題報告等。課堂參與以及課堂互動要求學生除了需出席課程外，且需要在課堂上發問並與授課教師互動，以形成有意義之對話。在心得報告繳交方面，學生共須繳交六次與當週議題相關之課堂心得反思。期末專題報告則要求學生自行選擇整學期之學習過程中最有興趣之議題，進行專題報告之撰寫。

## (二) 研究對象

本研究以「科技台灣-認識台灣」工程類通識課程為主要研究場域，本課程為英文授課班級，教學目標為提供工學院學生初步認識影響臺灣產業藍圖甚劇之高科技，意圖從生態、醫療、能源、教育、產業、通訊、半導體等不同層面，介紹過去幾十年台灣的成長與轉變，以及最新科技與產業發展。使學生更了解台灣的半導體、網絡、通訊、生技至奈米等高科技產業的發展與現況，並培養其學習研究之興趣，建立良好之未來生涯規劃。對工學院學生而言，本課程可視為認識未來就業職場趨勢以及個人職涯規劃之初步課程。本研究對象為修習「認識台灣-科技台灣」之 27 位修課學生（含本校與大同大學），共有 8 位女性(29.6%)以及 19 位男性(70.4%)。在國籍方面，9 位臺灣學生(33.3%)、18 位外籍學生(66.7%)。其主要專長領域包含工程(33.33%)、社會科學(22.22%)及自然科學(18.52%)。

表 2 學生基本資料分配表

專長領域 (可複選)	外籍學生(N=19)		臺灣學生(N=8)		總計(N=27)	
	次數	%	次數	%	次數	%
人文藝術	2	7.41	0	0.00	2	7.41
自然科學	2	7.41	3	11.11	5	18.52
社會科學	6	22.22	0	0.00	6	22.22
醫學	2	7.41	0	0.00	2	7.41
工程	6	22.22	3	11.11	9	33.33
農學	0	0.00	0	0.00	0	0.00
電機與資訊工程	1	3.70	1	3.70	2	7.41
公共衛生	0	0.00	0	0.00	0	0.00
商學	3	11.11	0	0.00	3	11.11
法學	0	0.00	0	0.00	0	0.00
生命科學	3	11.11	0	0.00	3	11.11
其他	2	7.41	2	7.41	4	14.81

## (三) 研究工具

本研究於學期末，以研究者自行編制之「混成式數位學習教學策略成效評鑑問卷」調查學生對於導入混成式數位學習之觀感。問卷分為兩大部分，第一部分

為「個人基本資料」，包含性別、就讀學校、就讀學院、就讀年級、個人學習與觀看課程影片經驗與評估等。第二部分為「課程教學評鑑」，包含課程、教學與學習自我評量，以及影片幫助學習成效。經由問卷調查，將可瞭解學生的學習表現以及對整體課程教學、數位教材輔助教學和個人學習之評價。此外，透過統計分析，可比較外籍學生及台灣學生對教師採用混成式數位學習之教學策略的評價是否有所差異。

#### 四、研究結果

##### (一) 課程網站

本研究以圖 1 做為規劃課程網站與教學活動的主要設計及建置概念。課程網站主要提供學生上網瀏覽課程資訊、下載課堂講義及投影片。網頁各項功能請參見圖 2 至圖 5。

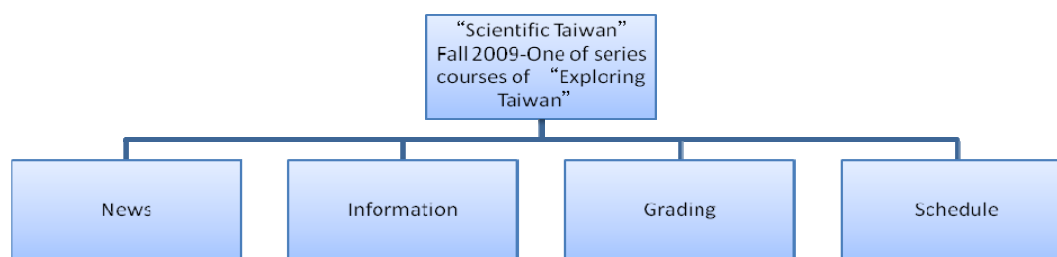


圖 1 課程網站架構

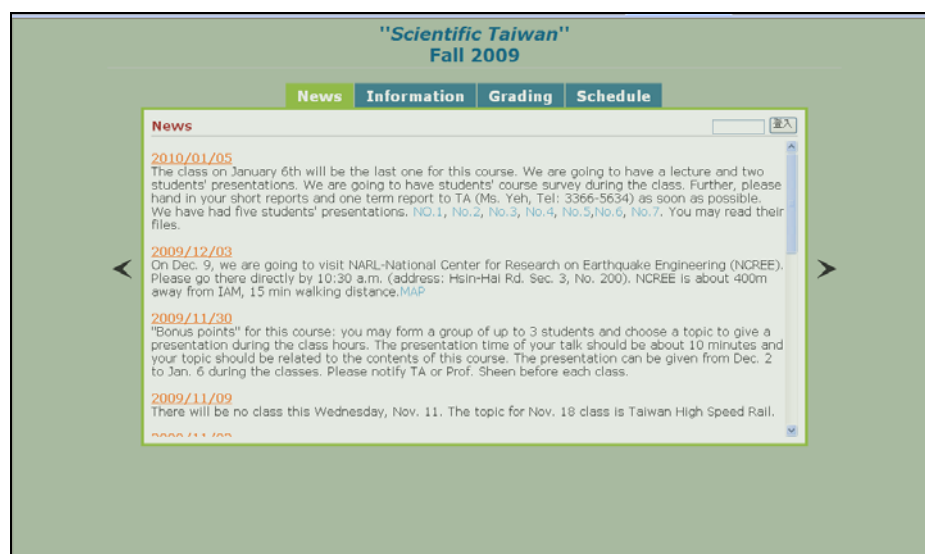


圖 2 課程網站-News



**"Scientific Taiwan"**  
Fall 2009

News Information Grading Schedule

**Tentative Class Schedule (暫定課程進度)**

Weeks (週次)	Date (日期)	Instructors (授課教師)	Lecture Topics (課程內容)	Files (檔案)
1	9/16		1. Course Introduction 課程介紹; 2. Video of Wireless Technology in Taiwan	PDF MEDIUM
2	9/23		1. Course Introduction 課程介紹; 講解成績考法、評分方式等; 2. Flood Prevention and Disaster Mitigation 防災救災科技	PDF MEDIUM
3	9/30		1. General introduction on Taiwan Industries 台灣科技產業發展簡介	PDF MEDIUM
4	10/07		1. Traditional Industries go Hi-tech 傳統產業高科技化—傳統技術升級 vs. 綠樹一片天	PDF MEDIUM
5	10/14		1. Agriculture Technology & Internet Medicare 無往不利—當農業遇上科技 vs. e醫無疆界	PDF MEDIUM
6	10/21		1. Science Park 科學園區—竹科奇蹟 VS. 西部科技走廊 2. Semiconductor Industry: SOC, NDL, ITRC 台灣矽晶—晶片系統設計 - 奈米元件實驗室 vs. 矽科技研究中心	PDF MEDIUM
7	10/28		1. Site Visit : Hsinchu Science Park and NDL 參訪竹科 - 奈米元件實驗室	MEDIUM
-	-			PDF

圖 3 課程網站-Schedule

**"Scientific Taiwan"**  
Fall 2009

News Information Grading Schedule

**Course Information**

Course Number: 543U8170  
 Number of Credit: 2  
 Class hours: Wednesdays, 10:20~12:10 a.m.  
 Classroom: Rm. 113, Institute of Applied Mechanics

課程號碼: 543U8170  
 學分數: 2  
 上課時間: 星期三 上午10:20~12:10  
 教室: 台大應力館一樓113教室

參考資料:

- Thomas Gold and Freeman Dyson, The Deep Hot Biosphere: the Myth of Fossil Fuels, Springer, 1999

圖 4 課程網站-Information

**"Scientific Taiwan"**  
Fall 2009

News Information Grading Schedule

**Grading Policy**

Grading for this course will be based on:

- class attendance (30%)
- interactions during the class (20%)
- 6 short reports (20%), 1-2 pages by hand-writing,
- one term report (30%)

評分方式

- 上課參與(30%)及問答討論(20%)
- 手寫書面報告(30%)及期末書面研究報告(20%)

圖 5 課程網站-Grading

## (二) 數位教材

本研究以表 1 所列之課程規劃表，根據生態、醫療、能源、教育、產業、通訊、半導體等領域進行相關數位教材建置。

## (三) 混成式數位學習成效評估

### 1. 個人學習與觀看課程影片經驗與評估

學生個人學習與觀看課程影片經驗與評估方面（表 3），整體而言，學生最喜歡之四部影片為「傳統產業高科技化-傳產技術升級 vs. 紡出一片天」(44.4%)、「U 化台灣 科技無所不在-數位台灣 vs. 科技革命」(37.0%)、「參訪竹科、奈米元件實驗室」(33.3%)、以及「決戰明天-奈米人才培育 vs. 奈米核心設施」(33.3%)。其中外籍學生與臺灣學生之喜好存在些微差異，外籍學生最喜歡之影片單元前三名為「U 化台灣 科技無所不在-數位台灣 vs. 科技革命」(25.9%)、「傳統產業高科技化-傳產技術升級 vs. 紡出一片天」(25.9%)、「參訪竹科、奈米元件實驗室」(25.9%)。而臺灣學生最喜歡的影片單元依序則為「傳統產業高科技化-傳產技術升級 vs. 紡出一片天」(18.5%)、「決戰明天-奈米人才培育 vs. 奈米核心設施」(14.8%)、「U 化台灣 科技無所不在-數位台灣 vs. 科技革命」(11.1%)以及「防災救災科技」(11.1%)。

整體而言，共計 19 位學生於課後曾透過課程網站上之影片輔助課後學習。課後瀏覽影片主要因為對該主題感興趣（20 人，74.1%）、想要獲得更多資訊（14 人，51.9%）、準備心得報告撰寫（9 人，33.3%）、有課後複習的習慣（6 人，22.2%）、以及跟不上課堂進度（3 人，11.1%）。

表 3 學生影片偏好分配表

影片名稱 (可複選)	外籍學生 (N=19)		台灣學生 (N=8)		總計 (N=27)	
	次數	%	次數	%	次數	%
1. U 化台灣 科技無所不在-數位台灣 vs. 科技革命	7	25.9	3	11.1	10	37.0
2. 防災救災科技	3	11.1	3	11.1	6	22.2
3. 台灣科技產業發展簡介	5	18.5	2	7.4	7	25.9
4. 傳統產業高科技化-傳產技術升級 vs. 紡出一片天	7	25.9	5	18.5	12	44.4
5. 無往不利-當農業遇上科技 vs.e 療無疆 界	3	11.1	2	7.4	5	18.5
6. 台灣矽島-晶片系統設計・奈米元件 實驗室 vs. 器科技研究中心	1	3.7	2	7.4	3	11.1
7. 參訪竹科、奈米元件實驗室	7	25.9	2	7.4	9	33.3
8. 數位典藏台灣-典藏藝術 vs.台灣記憶	4	14.8	1	3.7	5	18.5
9. 生態格網-海底世界 vs.台灣的亞馬遜 「福山觀測網」	3	11.1	2	7.4	5	18.5
10. 決戰明天-奈米人才培育 vs.奈米核心 設施	5	18.5	4	14.8	9	33.3
11. 照亮未來-光與電 vs.光儲存與鋰電	2	7.4	0	0	2	7.4
12. 當傳統產業遇上航太與國防科技-太 空科技・飛進我家 vs.化干戈為玉帛	3	11.1	0	0	3	11.1

## 2. 課程、教學與學習自我評量

於核心能力養成面向上 (表 4)，學生認為本課程能夠提升外語能力 (mean=4.78)、拓展國際視野(mean=4.11)、創新能力(mean=4.11)、終身學習能力 (mean=4.04)、策劃及執行專題研究能力(mean=3.89)、瞭解社會責任(mean=3.89)、獨立思考能力(mean=3.78)、撰寫記述報告及論文之能力(mean=3.78)、瞭解解專業倫理(mean=3.74)、以及設計工程系統(mean=3.67)。進一步比較在混成式數位學習環境中，外籍學生與本國學生所評估培養之核心能力是否有差異時，發現外籍學生認為本課程幫助提升策劃及執行專題研究能力評分上顯著高於臺灣學生 (p=0.009)。

表 4 課程核心能力養成

核心能力	外籍學生 (N=19)		台灣學生 (N=8)		總計 (N=27)	
	M	SD	M	SD	M	SD
1. 外語能力	4.78	1.353	4.78	1.563	4.78	1.396
2. 良好的國際視野	3.89	1.676	4.56	1.590	4.11	1.649
3. 創新能力	4.28	1.487	3.78	1.093	4.11	1.368
4. 終身學習能力	4.17	1.689	3.78	1.563	4.04	1.629
5. 策劃及執行專題研究	4.44	1.338	2.78	1.641	3.89	1.625
6. 社會責任	3.94	1.662	3.78	1.481	3.89	1.577
7. 獨立思考能力	3.61	1.290	4.11	.928	3.78	1.188
8. 撰寫記述報告及論文之能力	3.56	1.464	4.22	1.202	3.78	1.396
9. 理解專業倫理	3.72	1.809	3.78	1.093	3.74	1.583
10. 設計工程系統能力	3.78	1.665	3.44	1.333	3.67	1.544
11. 數學、科學及工程知識的能力	3.67	1.414	3.33	1.500	3.56	1.423
12. 進行實驗以及分析與解釋數據能力	3.72	1.320	2.89	1.269	3.44	1.340
13. 溝通協調能力	3.56	1.338	3.22	1.302	3.44	1.311
14. 團隊合作能力	3.06	1.434	2.44	.882	2.85	1.292
15. 領導能力	2.89	1.451	2.67	1.581	2.81	1.469

在影片幫助學習成效方面，學生認為本課程播放之影片能夠幫助其了解課程內容(mean=5.26)、激發學生了解對於「科技臺灣」相關議題之意識(mean=5.15)、且幫助深化學生之學習(mean=4.89)。整體而言，學生喜歡此類使用影片輔助教學與學習的授課方式(mean=5.07)，並且認為使用影片輔助教學與學習的授課方式比傳統僅由授課教師講解之上課方式，有更良好的學習效果(mean=4.85)。未來，學生願意推薦本課程給其他同學選修(mean=4.85)。本研究進一步比較外籍學生與本國學生評估在混成式數位學習環境中，不同國籍學生皆一致肯定影片幫助其學習。

表 5 影片幫助學習評估

影片輔助學習	外籍學生 (N=19)		台灣學生 (N=8)		總計 (N=27)	
	M	SD	M	SD	M	SD
1. 本課程播放之影片能夠幫助我了解課程內容	5.44	.705	4.89	1.764	5.26	1.163
2. 本課程播放之影片能夠激發我了解對於「科技臺灣」相關議題之意識	5.33	.840	4.78	1.716	5.15	1.199
3. 我喜歡這種使用影片輔助教學與學習的授課方式	5.39	.778	4.44	2.068	5.07	1.385
4. 本課程播放之影片能夠幫助我在本課程學習之深化程度	5.00	1.283	4.67	1.871	4.89	1.476
5. 我認為這種使用影片輔助教學與學習的授課方式比傳統僅由授課教師講解之上課方式，學習效果更好	4.94	1.349	4.67	1.658	4.85	1.433
6. 我願意推薦本課程給其他同學	5.11	1.367	4.33	1.803	4.85	1.537

## 五、結論

本研究目的為瞭解導入混成式數位學習於工程通識課程中，是否能有效提升教學成效。研究結果發現，利用實體課堂面對面教學、搭配相關影片瀏覽及課程網站資源提供等，有助於學生融入課程、吸收專業知識、加強課程互動、並提升學習成效。此外，學生國籍多樣化、同步遠距英語授課形式也能提升學生英語能力、培養其國際視野及創新能力。本研究建議，為了培養工程領域學生之跨領域思考能力，工程通識課程可持續採用混成式數位學習策略，與其他國內、國外一流大學合作開設同步遠距課程，並吸引不同領域學生共同組成專案小組合作解決問題。經由多元策略之整合運用，將可擴展工程領域學生國際視野、建構多元學習經驗。

## 六、參考文獻

黃榮村(2003)。從國際化觀點展望台灣二十一世紀的教育。國家政策季刊，2(3)，1-26。

- 岳修平(2005)。混成式數位學習教學策略與實施。台大教與學期刊電子報，34，  
[http://edtech.ntu.edu.tw/epaper/940410/prof/prof\\_2.asp](http://edtech.ntu.edu.tw/epaper/940410/prof/prof_2.asp)。
- 謝尚賢、康仕仲(2007)。工程學科以英語授課之教學策略及有效性研究。  
國立臺灣大學教學發展中心提升教學品質計畫結案報告，未出版。  
臺灣大學。臺大課程網，2008/10/16，取自  
<https://nol.ntu.edu.tw/nol/guest/index.php>  
臺灣大學國際事務處，國立臺灣大學國際學術交流中心相關聯結，  
2008/10/16，取自  
[http://www.ciae.ntu.edu.tw/Chinese/Link/link\\_007.asp](http://www.ciae.ntu.edu.tw/Chinese/Link/link_007.asp)  
臺灣大學，國立臺灣大學非同步課程管理系統，2008/10/16，取自  
<https://ceiba.ntu.edu.tw/?op=about>
- Bonk, C. J., & Dennen, V. Teaching on the web: With a little help from my pedagogical friends. *Journal of Computing in Higher Education*, 11(1), 3-28.
- Huang, R., Ma, D., & Zhang, H. (2008). *Towards a design theory of blended learning curriculum*. Paper presented at the International Conference on Hybrid Learning 2008 Hong Kong.
- Merrill, M. D. (2002). First principles of instruction. *Educational Technology Research and Development*, 50(3), 43-59.
- So, H. J., & Brush, T. A. (2008). Student perceptions of collaborative learning, social presence and satisfaction in a blended learning environment: Relationships and critical factors. *Computers & Education*, 51, 318-336.