

建構大學創客教學模式的實驗研究

沈翠蓮*

國立虎尾科技大學通識教育中心

創客是大學教育為了發展未來創新知識社會的主力。本研究旨在：建構大學實踐創客教學設計的可行模式，探析創客教學設計模式的學習知覺差異，發展創客產出創意作品的後續研發歷程。研究方法採取準實驗研究的不等組前後測設計，研究對象為開設在大學創意課程的三班共 132 位大學生，經由 6 週教學實驗，並以「大學生參與教學設計表現想像創意作品的實驗效益調查問卷」施測，分析教學實驗前後的學習知覺差異。研究提出以下結論：（1）大學創客教學設計模式需要師生共構共變；（2）大學創客教學模式的學習知覺，在創造力、創意問題解決和創客教學設計上獲得顯著驗證；（3）大學創客教學設計課堂作品接力研發為商品，具有教育意義和市場價值。

關鍵詞：創客；教學設計；創客教學設計；創意問題解決

緒論

創客（maker）是大學教育發展未來知識社會創新型中堅分子的主力，如果創客大學生在學校就學時已經學會利用工具、材料和設備，創作有創意和想像的作品，具備從做中學建置自我實踐創意夢想和實作為真的學習文化，將有助於培養自我探索成長和反思創意問題解決的能力。台灣的大學教育鼓勵學生實作獲取創意思考和解題能力，增能面對處理許多聚斂理性和擴散跳躍思維的實際經驗，提升大學生畢業後遇到需要解決的問題或模糊不解現象時，展現更為豐碩的創意創新思維和能力。誠如 Giannakos et al. (2015) 的研究指出：教育制度忽視了許多有關創意和快樂學習的活動領域，教育課程只專注在記憶和再製能力的培養，目前應重視發展問題解決、創意思考和做決定的能力，因此提出「重複地從做中學」（Make2Learn）的新觀點，認為創客運動可增進歡喜專注和創意學習的新動力。

* 通訊作者：沈翠蓮 (tlshen@nfu.edu.tw)

創客教育所倡導的創客運動（maker movement），剛好可以彌補目前教育體制缺乏從做中學的實作經驗學習，以及創意問題解決能力的培養。創客運動的教育理念強調從做中學的哲學思維，學生可以到創客空間（maker space）製造產品，到創客社群（maker community）學習技術交流，參與創客文化（maker culture）學習如何應用工具、設備和材料，學習技術溝通和隱性經驗智慧等顯性和隱性知識（explicit and tacit knowledge），最後提出作品參加各種不同形式的競賽、展覽、市集、嘉年華會、分享會等創客盛會（Maker Faire），分享創客間的創作（Dougherty, 2011, 2012, 2013; Peppler & Bender, 2013; Sadler et al., 2016）。

激發創客大學生在大學課程的學習歷程，使他們能想像出創意新穎點子和做出創新價值作品，參與創客空間、創客社群、創客文化和創客盛會的學習，既賦予學生價值能量，又連動翻轉社會創新風氣。鍾政偉等（2018）指出未來創客基地若能多些產學合作，小量生產和客製化，開發客製化專屬節慶商品，找到目標市場，令產品有更多曝光機會，再套用適合的商業模式，將能獲取更多利潤。本研究以創客教學模式 CEO-I²M²E²-SF 在大學課程進行教學實驗，嘗試建構具可行性的創客教學模式，並調查學生對於教學實驗的學習知覺，以作增能創意作品教學的參考。具體而言，本研究目的如下：

1. 建構大學創客教學模式在單元內容設計、動態運作和教學成果的可行性規劃。
2. 探析創客教學模式在創造力表現、創意問題解決和創客教學設計的學習知覺差異。

文獻探討

創客教育的意義

創客，又稱為自造者或製造者。創客運動由美國人 Dale Dougherty 和他的團隊於 2005 年在《MAKE》雜誌發表 Maker 一詞，即開始大力提倡創客運動；Maker 倡導動手做、創造、設計、創新的發展性文化。從 2006 年創辦創客盛會（Maker Faire），展示創客各種實作作品，創客創作的範圍包羅萬象，手工藝編織、機器人、烹飪、木工、電子、數位內容、音樂、科學、機械修理或任何創造性的多元屬性，都可以是創客運動探索的內容。由於創客運動重視開放探索、內在興趣和創意構想，從創客社群、創客空間到創客盛會，無論是線上發表論述、實際成果，或具體活動等分享展示會，都吸引相當多社群和創客參與（Dougherty, 2013; Peppler & Bender, 2013）。全球最為知名的創客空間，當屬麻省理工學院（Massachusetts Institute of Technology, MIT）個人製造實驗室（Fabrication Laboratory, Fab Lab）所經營的創客社群和創客

文化。例如，該實驗室就影響全球的新冠肺炎（COVID-19）議題，發展出多項創客研究和實作成果，例如面罩、隔離氣、隔離盒等（MIT Fab Central, 2020）。Fab Lab 提供完善的數位設備，秉持開放、交流和分享的概念，給所有喜歡玩創意的人參與。如何把知識變成創意，再把創意變成產品或生意，是創客和創客運動重視手腦並用和玩出實用產出的永續價值。

Peppler & Bender（2013）指出，創客運動是再想像教育的一種創新方式，令學校教育對於科學、科技、工程、藝術學科和數學（Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics, STEAM）有重新認知並轉化該如何學習或學習些甚麼的思維。由於創客運動相當重視教育動手做（making in education）層面的效益，因此成立了一個非營利組織「創客教育」（Maker Ed），推動中小學生動手做，並學習發展出自信、創意和科學興趣等信念，以及 STEAM 領域的知識，而 Dougherty 即是首任理事長（Maker Education Initiative, 2020）。台灣於 2014 年開始在高中職進行創客運動「vMaker 行動計畫」，目的是要培養台灣百萬名 3D 列印應用與文創人才，力拼跟上全球創客文化，派出創客胖卡（Fab Truck）巡迴全台高中職，希望從校園扎根培育下一代的創客人才。該計畫分三個階段進行：第一階段是尋找 vMaker，令高中職學生從校園起就開始接觸動手實作的文化，載着 3D 列印機、CNC 機台和切割機等器材的卡車巡迴各校園；第二階段是展開「Make for All」數位製造競賽，期望台灣傳統科技製造業（Maker 1.0）能提供資源或知識技能協助第二代創客（Maker 2.0），並透過舉辦競賽鼓勵創客從日常生活發想創意好點子，動手解決問題；第三階段是舉行 Fab Lab 亞洲年會，邀請來自亞洲各國創客團體與會，展出創客作品，提升台灣創客的能見度（李欣宜, 2015）。台灣的教育部亦在大學積極推動創客運動，選擇台北科技大學、虎尾科技大學和高雄第一科技大學，打造北、中、南三區「創客自造基地」，鼓勵大學生當創客，推動創客與創客間的技術與文化交流（Maker to Maker），延伸創客作品擴展到市場（Maker to Market），相信創客運動會帶來創意創新的產業新契機。

Dopplick（2015）指出創客運動是全球性運動，反映出學生有機會應用智能、好奇心和創意問題解決技能，創客運動更進一步增強 STEM 學科（科學、科技、工程和數學）等廣泛領域的創新和教育思維轉變，加入藝術（Art），令 STEM 轉變成為 STEAM，鼓勵大眾將理工相關領域結合人類對美的嚮往，深化創造出前所未有、令人驚嘆的新事物（Martin, 2015）。STEAM 倡導跨領域、動手做、生活應用、解決問題、五感學習等精神，推展創客運動跨領域至學校、醫療、金融、產業和社會等範疇，融入寬廣的學習趨勢，啟動未來大學畢業生成為創客，接軌世界脈動，涵育實踐試驗方案解決需求，故發展大學創客教學模式有其必要。綜觀美國 Maker 發展多元創客領域，在台灣則漸漸發展跨領域，走出早期以 3D 列印為範疇的取向。但目前大學開課仍偏向以工作坊、舉辦活動或開設課程學分為主，例如台大的創新設計

學院（D-School@NTU），即是以創造跨領域合作為目標，邀請不同系所、不同專業的師生到學院參與學分課程、舉辦工作坊和講座活動等（台大創新設計學院，2020）。其他以創客概念的正式課程並不多，2020 學年上學期僅有陽明、台東、長榮、元智、南華、東吳和台北市立大學等 7 所大學 7 個課程共 118 位學生修課（大學校院課程資源網，2020），顯然深化創客正式課程仍待充實，而辦理創客實作工作坊或講座是目前常見型態。

綜合相關文獻（Dopplick, 2015; Dougherty, 2013; Giannakos et al., 2015; Martin, 2015; Sadler et al., 2016），創客已經在美國和歐洲發酵，令創客運動成熟度增加。據此，大學生若能參加創客空間和創客社群學習，感受創客文化顯性知識技能和隱性經驗智慧，又能提出實作作品參加創客盛會，將有助於創意研發和工具操作的應用能力，增強未來就業競爭力、創業實力和產業貢獻力。

創客教學模式

Dougherty（2013）相當關心創客運動在教育情境中能否具體落實而影響效益，他特別提出以下 11 個構想建議：

1. 開創發展創客心智的情感脈絡，這種有成長性的心智情感脈絡可以鼓舞學生確信自己能學習做好每件事情；
2. 建構實作教學和培育創客社群的新體制；
3. 在各色各樣的社群環境中設計發展創客空間，提供不同學習資源的族群學習；
4. 以廣闊範圍的工具和素材為基礎，發展、分享廣泛的主題和配套架構，聯結學生課內或校外興趣；
5. 令學生和老師參與創客社群，共同合作去設計和主持線上社交平台；
6. 尤其可以為了年輕人發展出創造領導角色的課程，不論在學校、課後活動、夏令營或其他社群環境中；
7. 開展創客社群能夠展示和管理創作作品的情境脈絡，方便聯結所有創客和創客作品，開發更多人可以有機會加入的創客社群；
8. 使個體和群體記錄群體中每個創客的參與表現，不僅對於學術和職涯發展很有用，還對學生的個人學習成長有莫大的幫助；
9. 發展出結合實際操作和正規概念理論的教育環境，一邊鼓勵學生發現、探索，一邊介紹新的工具，延伸更進階的設計和新方法，刺激創客不同的思維（實際上，這些方法令老師、顧問或領導者發展出新的指導思維）；
10. 發展出學生創意和自信的能力；
11. 增進創客在群體中成為改變個人生命的作用者。

從上述 11 個論點可以發現：創客推展應該多關注右腦創意開發，發展創客教學制度，營造創客空間資源，經營創客社群，驅動學生創客學習動力，師生共構社交平台，開展創客領袖特質，勇於展示創客作品到社群分享，探究創客社群的動態發展，開發延展性的創客教育環境，促使創客成為自信自主的生命體。簡言之，創客教育期許從教學相關的教學者、學習者、教材、教法、環境、媒體、目的和成果展現等因素，令學習者在從做中學經營自我學習歷程。

Kolb 倡議經驗學習理論 (experiential learning theory)，指出學習是以經驗為起點的一個循環圈，學習過程經由具體經驗來參與互動；反省觀察經驗中帶來的各項信息意義；邏輯演繹分析經驗的啟發意義，增強經驗的總和；實踐驗證學習的真確性，繼續進入另一個經驗，帶來另一次學習循環。因此，學習要變得更有意義必須經歷下面四個階段：

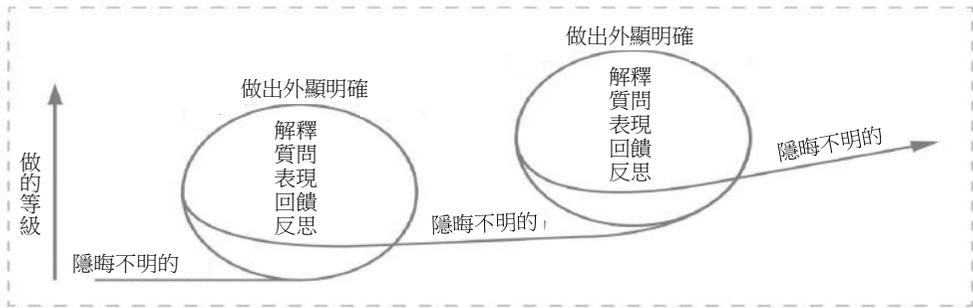
1. 具體經驗或感受，對於具體目標（對象）要有感應的知覺；
2. 學習觀察、思考和心智反覆實驗；
3. 抽象理解或思維活動，轉化經驗為一般概念，使其概念化和有相關性；
4. 活動經驗或做做看，動手做實驗 (Kolb, 1984)。

換言之，具體經驗和抽象概念都可以透過反思觀察和行動實驗的循環歷程，獲取適應性知識、擴散性知識、同化性知識和聚斂性知識；經驗學習可由內在增強和外延在延展過程，整合具體經驗的反思觀察和抽象概念的行動實驗而獲取知識。創客教學模式亦需要整合具體經驗的反思觀察和抽象概念的行動實驗經驗學習圈，才有內化創客社群和文化的知識，展現創客表現力在創客盛會。

Zamora-Polo & Sánchez-Martin (2019) 探究大學教學永續發展目標的創客教學模式，提出可以融入遊戲、探究和討論小組的教學方法。Chen et al. (2020) 指出，瞬息萬變的物聯網是未來 5G 發展的一個重要課題，創客教育的新教學激勵培養物聯網創新科技智能，透過目的 (purpose)、引導 (guide)、設計 (design)、評論 (comment)、執行 (implement)、展示 (display) 和評量 (evaluate) 等七個線性巡迴系統的師生活動，可用於工程教育實務，且有顯著性的應用。

Van Dooren et al. (2014) 則從教師和學生實際設計產品的實作觀察進行研究，指出如果要使學生變得更清楚怎麼實作，學習歷程是可以先從大量的隱性學習和行動開始，當弄清楚潛藏資訊的意義，掌握內省性的經驗智慧，經由反思、回饋、表現、質問和解釋的各種做法，了解和實作得更明確和更有意識之後，反覆再一次造成大量隱性學習結果，那麼學習才會變得更顯性具體 (making explicit)，真的學到隱性知識的理解經驗和顯性技術面的技能知識，如圖一所示。

圖一：學習在顯性／隱性的表現



資料來源：Van Dooren et al. (2014)。

本研究建構實驗組的創客教學模式，參考前述 Dougherty (2013) 創客教學論點，Kolb (1984) 經驗學習理論，Zamora-Polo & Sánchez-Martin (2019) 的創客 PGDCIDE 教學模式，Van Dooren et al. (2014) 看得見的設計教育觀點，以及 Dougherty 和學者們對於創辦創客運動的觀點 (Dougherty, 2013; Pepler & Bender, 2013)，最後由研究者整合創客理論和教學模式，提出 CEO-I²M²E²-SF 創客教學模式為本研究的教學實驗模式。

研究設計

研究對象

本研究對象為科技大學一至四年級學生，由電腦隨機選取全校各系學生自願選修通識課程「創意思維與設計」(2班)和「創意與思考」(1班)共3班學生。研究者採立意編班(組)，「創意思維與設計」1班52人為實驗組，1班50人為控制組A，「創意與思考」1班32人為控制組B，共134位學生參與教學實驗。準實驗設計由於實際限制或礙於行政理由而無法隨機分派受試者時最為適用，若能在觀察時間、處理安排和統計分析的應用上，排除或減弱可能威脅內在效度的因素，則利用其更接近教育實際生態環境的有利因素，提高外在效度，在使用上有其獨到的用途和廣大的空間(林生傳，2003)。

研究方法

本研究採取實驗研究法準實驗研究(quasi-experimental research)的不等組前後測設計(nonequivalent pretest-posttest designs)。實驗設計見表一：實驗組採行CEO-I²M²E²-SF創客教學模式，控制組A和B組則依照引起動機、進行創意單元教

學、腦力激盪討論和實作分享進行教學，兩種教學設計，最後都需要進行創客行動產出想像創意作品。教學實驗包括創意技法理論教學 2 小時、創客實作 4 小時（不包括創客自行應用課餘時間）、創意展覽會 4 小時，以及教學實驗前、後測共 2 小時，合共 12 小時，安排在六週進行教學實驗。

表一：本研究實驗設計

組別	前測	實驗處理	後測
實驗組	創客大學生參與教學設計表現 想像創意作品的實驗效益調查 問卷前測	創客教學設計	創客大學生參與教學設計表現 想像創意作品的實驗效益調查 問卷後測
控制 A 組	創客大學生參與教學設計表現 想像創意作品的實驗效益調查 問卷前測	一般教學設計	創客大學生參與教學設計表現 想像創意作品的實驗效益調查 問卷後測
控制 B 組	創客大學生參與教學設計表現 想像創意作品的實驗效益調查 問卷前測	一般教學設計	創客大學生參與教學設計表現 想像創意作品的實驗效益調查 問卷後測

研究工具

研究工具為「大學生參與教學設計表現想像創意作品的實驗效益調查問卷」，問卷在創客教學實驗前、後施測，以了解創客在學習創造力表現，創意問題解決在創客文化、創客空間、創客社群和創客盛會，以及創客教學設計的學習知覺差異。問卷編製在創造力表現層面參考 Doppelt (2009)、Goff & Torrance (2002)、陳長益 (2006) 等有關創造力文獻，共 17 題，信度考驗 Cronbach α 係數為 .912；創意問題解決層面參考 Isaksen et al. (2000) 提出創意問題解決的認識挑戰、產生點子、準備行動和規劃方法等四項影響因素，共 12 題，信度考驗 Cronbach α 係數為 .890；創客教學設計參考 Van Dooren et al. (2014) 在設計歷程的學習架構，創客行動部分則參考 Dopplick (2015)、Dougherty (2013)、Giannakos et al. (2015)、Martin (2015)、Peppler & Bender (2013)、Sadler et al. (2016) 等，主張創客運動應包括創客空間、創客社群、創客文化和創客盛會的參與，共 12 題，信度考驗 Cronbach α 係數為 .900。

創客教學模式

實驗組的創客教學設計模式 CEO-I²M²E²-SF 包括三階段教學設計，分別是：

1. 第一階段 CEO —— 此階段的教學設計理念是將每位創客視為學習執行長 (chief executive officer, CEO)，透過創客蒐集創意資訊 (collection, C)、參與表達行動

(expression, E)、組織整合學習材料和思考(organization, O)，期望創客是教學實驗主角和學習經理，須為自己經營創客空間、文化、社群和參加盛會做好實際付出的準備行動。

2. 第二階段 $I^2M^2E^2$ —— 亦是 $I^2 = (ME)^2$ 的教學設計理念，即是將教師傳遞教學(instruction, I) 活動任務和創客學習互動(interaction, I)，引起創客學習動機(motivation, M)，創客將準備好的手作材料和授課教材作業單等學習材料(material, M)，進行腦力激盪解釋(explanation, E) 應用到團隊，從做中學，同時以教學導向展示成果(exhibition, E) 和激勵具體產出作教學行動方針。
3. 第三階段 SF —— 即是分享經驗(share, S) 和共學回饋(feedback, F)，將創客成果在創客盛會前、後透過社群網站、互動裝置藝術和博覽會，實踐分享經驗和共學回饋效益。

控制組的一般教學設計，包括：引起動機、進行創意單元教學、腦力激盪討論和實作分享等四步驟，控制組團隊並未規範必須參與創客社群、創客文化或應用創客空間設施等時程、目標和進度，但須參與創客盛會展示創客成果。

資料處理

本研究的資料處理是以單因子共變數分析(ANCOVA) 進行統計考驗，了解實驗組接受創客教學模式和控制組接受一般教學模式的學習差異情形。考驗方法分別以創客教學模式和一般教學模式為自變項，調查問卷前測分數為共變量，調查問卷後測分數為依變項，進行單因子共變數分析。

研究結果

建構可行性的創客教學模式

本研究依據實驗組 CEO- $I^2M^2E^2$ -SF 教學模式，準備單元教學設計的教學目標、行為目標、教學活動、創客活動、師生共學、教學場域、評量、創客盛會和創客接力等要項，規劃師生參與創客教學活動，並依照 CEO- $I^2M^2E^2$ -SF 的教學設計內容，定調每個動態運作步驟，最後呈現創客教學成果。教學單元設計是以日本中山正和(Nakayama Masakazu) 教授英文姓名首字，創造命名的 NM 創意方法進行教學設計。

單元教學設計

一、教學目標和行為目標

創客在教學實驗的教學目標和行為目標如下：

1. 理解應用創意技法，表現創客行動（認知目標）
 - 1.1 能理解 NM 類比創意技法的基本理論
 - 1.2 能理解 NM 類比創意技法的創作步驟
 - 1.3 能分析 NM 類比創意技法的應用案例
2. 搜尋創意創客資訊，形成創客文化（技能目標）
 - 2.1 能搜尋創意創客資訊並自製影片上傳社群
 - 2.2 能瀏覽創客作品，提出創客文化經驗
 - 2.3 能熟練創客空間設施創作作品
 - 2.4 能創作並解說創意想像作品
3. 參與創客社群，分享創意設計作品（情意目標）
 - 3.1 能欣賞和分享創意設計作品。
 - 3.2 能參與博覽會展示作品並和創客社群互動。

二、教學活動和創客行動

這主要包括：

1. 創意獻寶——學生蒐集創意或創客作品，進行 3-4 分鐘的簡報、案例說明或實務示範操作，引起學習動機和連結學習主題。
2. 講授教學單元——可作支援創客行動的隱性知識，以及創客創作行動的技術引導。
3. 進行腦力激盪——團隊開始積極構思作品和進行創客實作活動的方案。
4. 創客實作活動——依據記錄創意技法討論作業單，記錄繪製直接類比、擬人類比、象徵類比、幻想類比等類比討論結果，或以 5W2H（Who/What/Why/When/Where/How/How much）表格，記錄創客思考內容，應用 NM 類比創意技法的創作步驟，令創客依據 NM 法進行實作活動。
5. 創客作品分享評量和回饋——透過創客成果分享、評量和回饋，以作創客再創作的持續動力。

這五部分教學活動和創客行動，分別安排在 CEO-I²M²E²-SF 教學模式中。

三、師生共學

透過創客教學實驗設計，創客需要手腦並用和善用工具、資訊和資源，創作所要表達的想像創意作品。具體來說，教師和學生都必須面對創客材料工具處理、創客資訊網絡比較、創客社群激盪分享、創客作品 PBL (problem-based learning) 問題導向學習實作、創客作品產出驗證、創客行動分享評量、創客作品回饋等問題，師生必須共學如何以創意解決問題。

四、教學場域

教學場域分別在普通教室授課，創客創作則在展演教室和跨領域微創中心，運用工具、材料和設備進行創客行動。

五、創客盛會和評量

創客盛會為創客提供對外公開分享作品的機會。本研究規劃創客表現創意暖燈的創作，創客作品參加通識博覽會展示活動。評量活動則包括展示作品說明評分，作答調查問卷得知創客教學實驗的學習知覺，了解創客教學模式的產出表現。

規畫教學單元設計的主要概念如圖二所示。

創客教學模式動態運作

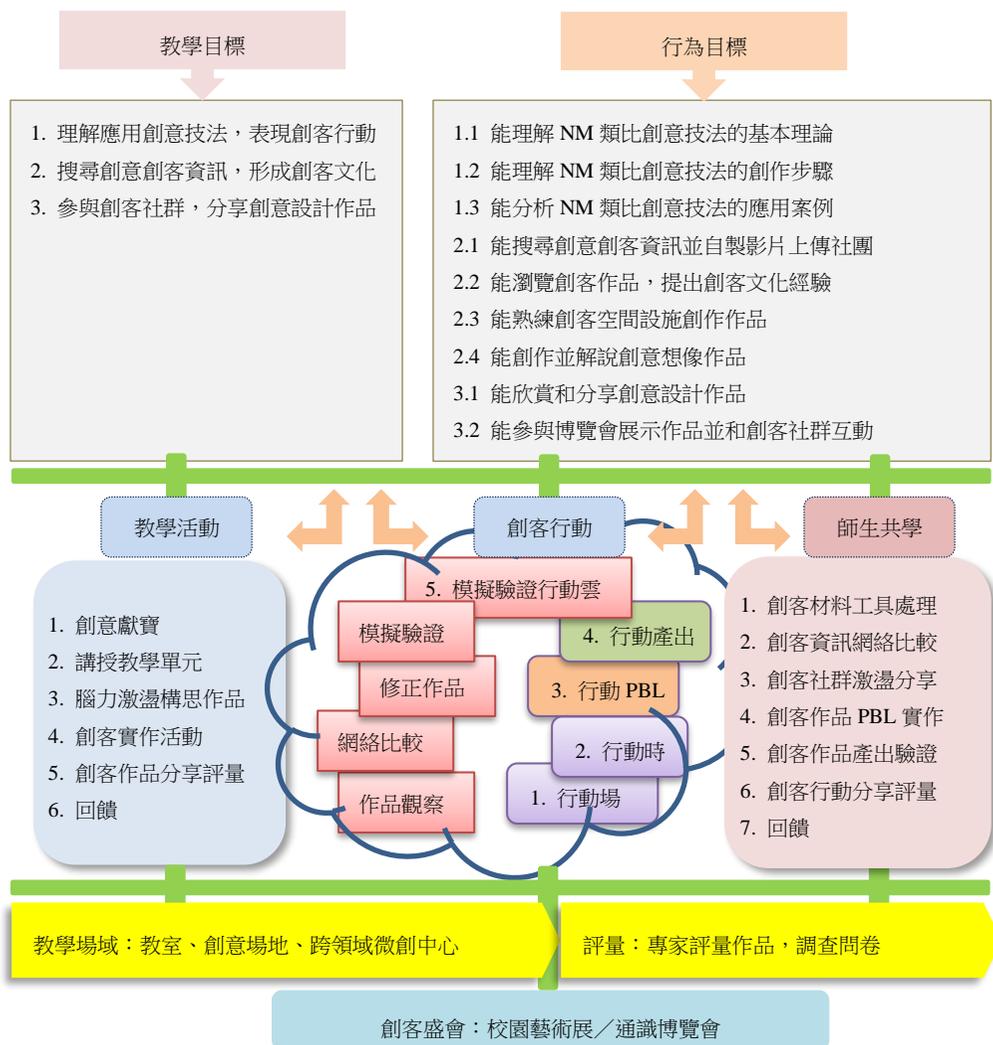
本研究是以創客教學模式 CEO-I²M²E²-SF 為實驗組創客教學的實驗依據。以下說明此模式在教學實驗過程的動態運作要點。

第一階段：CEO

此階段 CEO 的教學設計理念，是將每個創客視為學習執行長 (chief executive officer, CEO)；創客是教學實驗的主角和學習經理，需要具備高度學習動機、投入更多學習時間和動手做創意想像作品，才能完成創客行動任務。

本研究觀察第一階段 CEO 教學實驗的過程發現：創客蒐集資訊 (collection, C) 可以從網際網路、專利網站、創客報導 (例如 Kickstarter、嘖嘖等募資網站，淘寶網、愛稀奇、Pinterest 各國專利網站、創客盛會報導影片等)，蒐集資訊的步驟促進創客對於社群媒介 (maker group/media, M) 等技術、趨勢、想像和創意的認知熟練，特別是創客在教學活動「創意獻寶」中，能因為自己蒐集資訊獲得寶藏，課堂報告分享和同學回饋，學習發揮想像創意。

圖二：本研究教學單元設計



在表現創意（expression, E）上，學生因為蒐集資訊，在觀察事實、比較差異、反思行動中可以得知自己該如何呈現「創意獻寶」，甚至是日後「創客盛會」的表現形式，熟知創客行動真義。教師在此階段宜適當補充相關資訊，並指導學生表現創意的關鍵，以作創客後續自我發現如何展現創客行動、掌握創意想像理論的要義。

在組織整合（organization, O）方面，重視師生共同整合教學所需資源，包括創客分組、教學內容的理解應用、完成作業單、應用資源於創客行動、創客需求材料、實作場域環境、設施使用規則等問題；教學實驗若有良好的組織整合，有助促進創客文化的楷模學習認知和持續探究動力。

第二階段：I²M²E²

此階段 I²M²E² 的教學設計理念強調：教師規劃和傳遞教學內容 (instruction, I)；創客在師生、社群、同儕和團隊之間的學習互動 (interaction, I)；引起創客學習和實作的動機 (motivation, M)；準備好的手作材料和授課學習教材 (material, M)；應用解釋 (explanation, E) 到從做中學；做出成果並展示具體產出 (exhibition, E)。如此一來，將能充分發揮 I²M²E² 的教學效能，轉變為 I² = (ME)² 學習共同體的加值效果，有助於創客動手做想像創意作品，主動積極玩出期待的創客行動成果，同時有助於創客空間 (maker space, S) 相關設備器具的正確使用，創客社群媒體的探索參與互動，形成創客行動特有的創客文化。

本研究觀察教學實驗的過程發現：從觀察創意暖燈作品獲致實驗組創作 24 件作品，以及控制 A 和 B 組 20 件和 19 件作品的教學者與學習者互動歷程，講授教學和師生互動的 I² 教學共識愈高，解釋應用和展示成果的 (ME)² 創客行動表現能量愈高。換言之，創客經由課程學習認知和具體操作行動，愈能善用創客行動場所各項設施，願意投入更多創客行動時間，對於創作行動所面臨的問題，更能經由問題發現、蒐集資訊、腦力激盪、試做修正、再激盪討論、再驗證問題導向解決的學習，以及掌握模擬驗證行動雲的創作觀察，對照網絡比較現有產品，修正作品重複出現的問題，模擬驗證最佳行動產出作品。據此，在創客空間的運用、創客社群的涉獵和創客文化的涵育上，亦能產生正向的創客行動力。

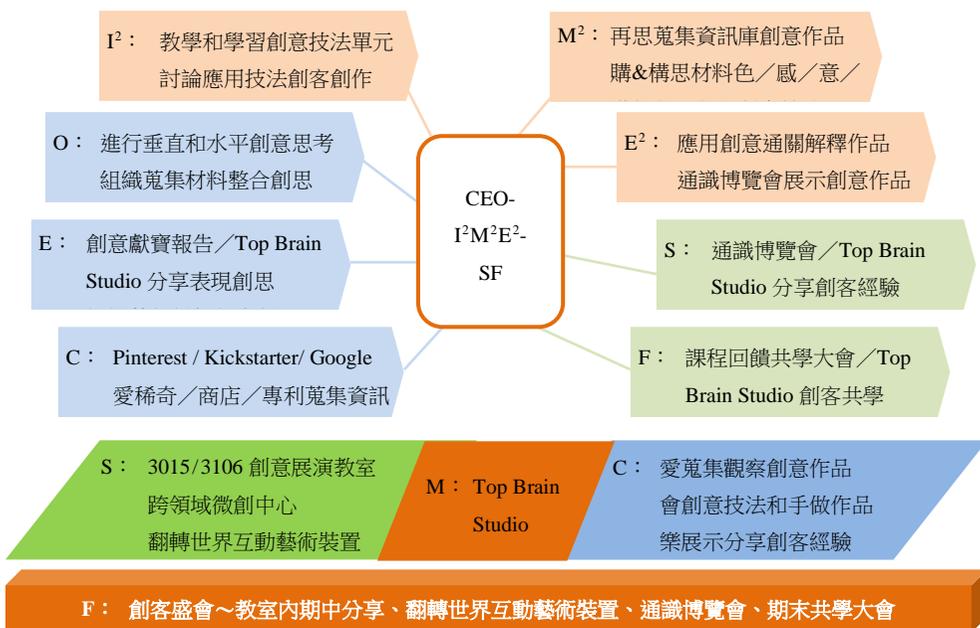
第三階段：SF

此階段 SF 的教學設計理念，即是分享經驗 (share, S) 和共學回饋 (feedback, F)，將創客成果在創客盛會，透過社群網站、互動裝置藝術和博覽會，分享學習創作經驗和共學回饋效益。本研究建置班級課程專屬臉書社團「Top Brain Studio」，邀請創客將創意資訊和創客作品放置在社群分享，提供即時回饋。

本研究觀察教學實驗的過程發現：分享經驗和共學回饋令創客有公開平台和公共空間展示創作成果，有助創客投入更多時間、學習動機和創客實作力。創客教學模式的動態運作見圖三。

Martin & Dixon (2013) 曾經就創客角色和創客實作議題，訪談參加創客運動校外創客社團的 17 位青年學子，得出三方面結論：(1) 創客社群是開放的，但亦需要主動積極的參與；(2) 創客風潮翻轉了傳統觀念的學習模式；(3) 「想」和「做」連結了整個跨領域的學習過程。此外，參與創客運動對於創客文化的精神和創作產品的想法非常重要，整個創客風潮的想法亦會反映創客文化在科技、社會和文化工具等其他領域的影響力。Giannakos et al. (2015) 指出年輕新世代在創客學習過程中，具備足夠的共同創新能力和知識性的創客思維，可以分享給更多不同領域的年輕世代，

圖三：創客教學模式的動態運作



註： 1. CEO-I²M²E²-SF 每個步驟外的方格，表示該階段最受影響和最須完成的創客活動目標。
 2. CEO-I²M²E²-SF 方格下的 C 表示創客文化 (culture)，F 表示創客盛會 (faire)，M 表示創客社群 (media)，S 表示創客空間 (space)。

認識創客文化和經驗，亦可以在創客空間透過投入於設計思考的決策，逐漸培養對科技的敏感度和做決策所需的能力，應用在藝術方面的娛樂技術、新媒體、遊戲、機器人、玩具等領域；如能再凝聚國際研究員、學者、設計師和創客等，則可共同推廣創客創新能力成為 21 世紀應具備的核心能力。研究者亦發現，提供創客教學模式 CEO-I²M²E²-SF 三階段學習產出作品，賦予創客更多主動探索、行動和共學的學習機會，以及創意解決問題的具體實作和想像創意的挑戰。

考驗創客教學模式的學習認知差異

教學實驗的實驗組接受創客教學設計模式 CEO-I²M²E²-SF，控制 A 組和控制 B 組接受一般教學設計。由於本研究為不等組前後測設計的準實驗研究，為了避免受試學生起點行為的差異令實驗效果混淆，因此以創客教學設計、一般教學設計為自變項，分別以「創客大學生參與教學設計表現想像創意作品的實驗效益調查問卷」的創造力表現、創意問題解決、創客教學設計等分量表前測分數為共變量，實驗組和控制組在調查問卷的後測分數為依變項，進行共變數分析考驗，藉以了解實驗組接受創客教學

設計和控制組接受一般教學設計，在創造力、創意問題解決和創客教學設計的學習認知差異。考驗創客教學實驗的學習認知差異，如表二所示。

表二：創客教學設計實驗在表現想像創意作品的共變數分析摘要

層面	組別	<i>n</i>	後測調整 平均數	變異 來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i> 值	η^2	事後比較
創造力 表現	1. 實驗組	48	67.10	共變量	1655.69	1	1655.69	4.576*	.074	1 > 2 > 3
	2. 控制 A 組	41	61.89	組間	585.27	2	292.63			
	3. 控制 B 組	29	61.79	組內	7920.51	114	63.95			
創意問題 解決	1. 實驗組	48	47.26	共變量	466.80	1	466.80	3.819*	.063	1 > 2 > 3
	2. 控制 A 組	41	43.55	組間	342.96	2	171.48			
	3. 控制 B 組	29	42.69	組內	5119.29	114	44.90			
創客教學 設計	1. 實驗組	48	49.21	共變量	1211.14	1	1211.14	4.612*	.075	1 > 2 > 3
	2. 控制 A 組	41	45.32	組間	392.56	2	196.28			
	3. 控制 B 組	29	44.88	組內	4851.28	114	42.56			

* $p < .05$

教學實驗在創造力的學習認知

經由共變數分析，結果顯示：實驗組創客大學生參與教學實驗，接受創客教學模式 CEO-I²M²E²-SF，在創造力學習認知對於表現想像創意作品的效果顯著高於控制組一般教學設計，且達顯著差異 ($F = 4.576, p = .012$)，淨相關為中效果量 ($\eta^2 = .074$)；經事後比較後測分數，得知實驗組 > 控制 A 組 > 控制 B 組。亦即實驗組接受「CEO-I²M²E²-SF」創客教學設計，在創造力學習認知對於表現想像創意作品的效果，優於控制組接受一般教學設計。「CEO-I²M²E²-SF」創客教學設計有益於啟發創客創造力學習認知，表現想像作品。

教學實驗在創意問題解決的學習認知

經由共變數分析，結果顯示：實驗組創客大學生參與教學實驗，在創意問題解決學習認知上顯著高於控制組一般教學設計，達顯著差異 ($F = 3.819, p = .025$)，淨相關為中效果量 ($\eta^2 = .063$)；經事後比較後測分數，得知實驗組 > 控制 A 組 > 控制 B 組，亦即實驗組接受 CEO-I²M²E²-SF 創客教學設計，在創意問題解決學習認知對於表現想像創意作品的效果，優於控制組接受一般教學設計。CEO-I²M²E²-SF 創客教學模式有益於啟發創客創意問題解決的學習認知，表現想像作品。

教學實驗在創客教學設計的學習認知

經由共變數分析，結果顯示：實驗組創客大學生參與教學實驗，在創客教學設計學習認知上顯著高於控制組一般教學設計，達顯著差異（ $F = 4.612, p = .012$ ），淨相關為中效果量（ $\eta^2 = .075$ ）；經事後比較後測分數，得知實驗組 > 控制 A 組 > 控制 B 組，亦即實驗組接受 CEO-I²M²E²-SF 創客教學設計的學習認知，對於表現想像創意作品的效果，優於控制組接受一般教學設計。CEO-I²M²E²-SF 創客教學設計有益於創客在教學設計的學習認知，表現想像作品。

綜觀教學實驗透過問卷調查學習者在創造力、創意問題解決和創客教學設計的學習認知，均呈現實驗組 > 控制 A 組 > 控制 B 組的顯著差異，顯示實驗組在 CEO-I²M²E²-SF 的教學設計，確實比控制組一般教學設計的引起動機、進行創意單元教學、腦力激盪討論和實作分享等四步驟，更為顯著可行。研究者比較實驗組和控制組兩種教學設計，推論實驗組創客在師生、社群、同儕和團隊之間的學習互動；提供創客空間，鼓勵參與創客社群和學習創客文化，學習者在這個歷程必須應用解釋到從做中學；做出成果並展示具體產出。反思的互動、解釋和展示的教學執行因素，完全搭配創客空間、文化、社群和盛會的創客活動關鍵要素；控制組未融入創客活動到一般教學設計，只是鼓勵自由參與創客盛會，可能是影響實驗組和控制組顯著差異的重要因素。

Fu (2019) 在中國的大學應用創客教育加上小型私人線上課程 (small private online course, SPOC) 的教學模式，顯示創客實作加上 SPOC 的教學模式能改善大學政治經濟學課程的教學素質，有效提升學生創新能力和問題解決技能的教學效能。本研究與 Fu 的研究強調實作和線上分享教學歷程和成果，以及增強創意問題解決的學習知覺，均呈現顯著教學效能。

誠如 Browder et al. (2019) 的研究指出，創客運動是下一個工業革命的驅動者，創客猶如生產者，透過數位科技的分享，激勵產業升級、先進製造和經濟發展，如能發展一個創客運動模式，將可促成社會變遷、科技資源和知識創造與分享的世界。Van Holm (2015) 亦指出，創客如能發現使用者的解套方法，創客產出是有產業市場的。本研究邀集 9 位有興趣後續接力研發的創客，從創意想像作品選擇、創意商品化討論表現形式、轉換材料、重新結構、意義功能、合作廠商、價格定位、包裝設計、識別標誌、意識命名、行銷管道和差異特色等方面，進行多層次創意問題解決討論、模擬樣本和試做測試，乃至和廠商多次溝通修正作品導向，至今已完成第一階段商品開發和行銷，表三和圖四展示相關說明和成果。

表三：時尚樹屋燈發展為光明燈的創客接力研發歷程

研發歷程	研發關鍵	腦力激盪結果說明
1. 原始創作 重新定義	1. SWOT 檢視作品 2. 作品商品化評估 3. 相關產品檢索 4. 重新定義商品	1. 時尚樹屋燈類比時尚，可以做時尚小夜燈，但目前類似時尚商品相當多。 2. 保留可以方形鏤空透光感覺，可以使用複合手做媒材，表現特殊意義的燈。
2. 創意發想	1. 創意類比發想 2. 商品創意特色	1. 燈的類比想像，燈是可以是很科技、藝術、實用、禪意、珍藏、有意義的。 2. 可以放在房間內很實用，放在佛像旁是很禪意的藝術，送禮則值得珍藏有意義。
3. 原型再製	1. 商品結構分析 2. 製程材料控制	1. 區分燈罩（壓克力雷射雕刻）、燈蓋蕊心（3D 列印）、燈心（呼吸燈）、燈座（實木）、管路（電子零件通道）等五部分，應用創客空間器材和社群交流相關資訊。 2. 創客需要進行電腦繪圖提供雷射雕刻和 3D 列印處理輸出，銜接電路並做電流測試焊接通路，實木採 CNC 銑床鑽洞並用砂磨機磨亮。
4. 完成並 測試產品	1. 搜尋供材廠商 2. 創客產品製作 3. 測試產品穩定性 4. 測試產品耐受性	1. 依照產品需求的功能、使用、時尚、永續、獨特和普遍等特性，尋求價格合適的材料。 2. 使用檢測器材，驗證燈的光源穩定度和安全性。 3. 檢測燈罩、燈殼、實木和電池置入盒的耐受度。
5. 實踐行銷 構想	1. 實體展售評估 2. 上架配件準備 3. 測試市場接受度	1. 評估實體展售店代銷、製作產品支出、包裝設計材料等經費，訂出售價。 2. 研議商品名稱、設計品牌 logo、包裝設計。 3. 參與上架相關活動，反思創客價值。

圖四：時尚樹屋燈作品發展為光明燈商品

時尚樹屋燈
作品外觀時尚樹屋燈
作品亮燈研發光明
商品燈芯紅白光明燈
商品外觀變換 7 色
光明燈商品

結論與建議

結論

大學創客教學設計模式需要師生共構共變

本研究發現在第一階段 CEO 教學設計，創客大學生需要具備高度學習動機、投入更多學習時間和動手做創意想像作品，才能完成創客行動任務；在第二階段 I²M²E² 教學設計，創客從課程學習認知和具體操作行動，經由創作行動面臨問題、發現問題、蒐集資訊、腦力激盪、試做修正、再激盪討論、再驗證問題導向解決的學習，才能產生正向的創客行動力；第三階段 SF 教學設計，創客需參與社群網站、互動裝置藝術和博覽會等，方能實踐分享和共學回饋創客實作經驗和行動效益。

綜上研究發現，可以推論 CEO-I²M²E²-SF 教學實驗，簡單說是個「想、做、享」的教學歷程和成果。在 CEO 階段需要釐清並珍視自己是「主角」，願意花時間做足創客心態和實質付出的角色扮演，多數創客大學生擅長從網際網路挖掘想像創意商品，但較少涉獵各國專業性的專利網站，或是 Maker Lab 的系列報導資訊，這意味教學實驗中的創客偏向淺層蒐集資訊，無法探索專業性社群作深入研究發展。其次，在第二階段 I²M²E²，教師適當補充相關資訊，提「點」出創客表現創意的關鍵，是創客掌握創意理論要義作創意作品的關鍵。此外，師生共同整合教學所需資源，教師須以「大總管」角色，無壓力並暗地監控教學實驗，掌握創客進度和創意解題等多種情況，促進創客文化的楷模學習認知和持續探究動力。最後，在第三階段 SF 教學設計，創客團隊渾然自成的表現成果，才有可能創客主角、教師大總管和參與觀眾共構共變產生的實踐分享經驗和回饋效益，成就有行動內涵和價值意義的創客盛會。

大學創客教學設計模式的學習知覺獲得驗證

實驗組和控制組透過調查問卷的前、後測施測結果，進行共變數分析，獲致教學實驗在表現創造力 ($F = 4.576, p = .012$)、創意問題解決 ($F = 3.819, p = .025$) 和創客教學設計 ($F = 4.612, p = .012$) 等層面達顯著差異；經由事後比較各層面，均呈現實驗組 > 控制 A 組 > 控制 B 組，意即實驗組經由創客教學模式 CEO-I²M²E²-SF 的教學介入，顯著優於控制 A 組和控制 B 組的一般教學設計教學介入；控制 A 組一般教學設計教學介入，亦優於控制 B 組的介入。據此，教學實驗驗證 CEO-I²M²E²-SF 對於創客教學有其顯著效果和可行性，而表現創造力、創意問題解決、創客教學設計等層面，則為創客學習認知表現想像創意的重要因素。

審視調查問卷題項和觀察創客教學實驗，得知影響想像創意作品學習認知的重要因素為：(1) 表現創造力——表現創作、個人特質、思考歷程或創意解決問題時的

能力；(2) 創意問題解決——面對問題處境時從認識挑戰、產生點子、準備行動、規劃方法等步驟處理問題；(3) 創客教學設計——教師對於教學實驗進行師生互動、教學活動、教學內容、教學方法、評量設計等系統性規劃。從教學實驗共變數分析顯示，大學創客教學模式整合創客行動，在表現創造力、創意問題解決和創客教學設計等層面得到科學客觀的驗證。

建議

本研究獲致這樣的結論：大學創客教學設計模式需要師生共構共變，大學創客教學模式在創客學習知覺獲得認同。據此，CEO-I²M²E²-SF 教學模式可在大學創客教學應用，以作教師指導創客創作想像創意作品的教學模式。教師教學時宜關注表現創造力、創意問題解決和創客教學設計的影響因素，需要鼓勵創客自主行動的學習力。對於出色並具有想像的創意作品，可以另組創客接力團隊，依照原始創作重新定義、創意發想、原型再製、完成並測試產品和實踐行銷構想，進一步研發為商品。

參考文獻

- 大學校院課程資源網 (2020)。《課程查詢：找課程》。http://ucourse-tvc.yuntech.edu.tw/web_nu/search_course.aspx
- 台大創新設計學院 (2020)。《關於學院》。<https://dschool.ntu.edu.tw/about>
- 李欣宜 (2015)。〈行政院啟動 vMaker 計畫，三階段打造創客力〉。《數位時代》。<https://www.bnext.com.tw/article/35888/BN-2015-04-07-222857-109>
- 林生傳 (2003)。《教育研究法：全方位的統整與分析》。心理出版社。
- 陳長益 (2006)。《陶倫斯創造力測驗成人適用精簡版指導手冊》。心理出版社。
- 鍾政偉、羅依婷、王瑜君 (2018)。〈Maker space how to make money —— 以商業模式探討台灣創客基地發展之研究〉。《高雄師大學報：教育與社會科學類》，第 44 期，頁 1-15。
- Browder, R. E., Aldrich, H. E., & Bradley, S. W. (2019). The emergence of the maker movement: Implications for entrepreneurship research. *Journal of Business Venturing*, 34(3), 459–476. <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2019.01.005>
- Chen, R., Zheng, Y., Xu, X., Zhao, H., Ren, J., & Tan, H. Z. (2020). STEM teaching for the Internet of things maker course: A teaching model based on the iterative loop. *Sustainability*, 12(14), Article 5758. <https://doi.org/10.3390/su12145758>
- Doppelt, Y. (2009). Assessing creative thinking in design-based learning. *International Journal of Technology and Design Education*, 19(1), 55–65. <https://doi.org/10.1007/s10798-006-9008-y>

- Dopplick, R. (2015). Maker movement and innovation labs. *ACM Inroads*, 6(4), 108. <https://doi.org/10.1145/2829975>
- Dougherty, D. (2011). *We are makers*. <https://www.youtube.com/watch?v=mlrB6npbwVQ>
- Dougherty, D. (2012). The maker movement. *Innovations*, 7(3), 11–14. https://doi.org/10.1162/INOV_a_00135
- Dougherty, D. (2013). *The maker mindset*. <https://llk.media.mit.edu/courses/readings/maker-mindset.pdf>
- Fu, Y. (2019). A “maker education + SPOC” teaching model for college political economics courses. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(3), 139–150. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i03.10103>
- Giannakos, M. N., Divitini, M., Iversen, O. S., Koulouris, P. (2015). Make2Learn: Fostering engagement and creativity in learning through making. In M. N. Giannakos, M. Divitini, O. S. Iversen, & P. Koulouris (Eds.), *Proceedings of the workshop of making as a pathway to foster joyful engagement and creativity in learning (Make2Learn) in conjunction with the International Conference on Entertainment Computing (ICEC 2015)* (pp. 1–6). Norwegian University of Science and Technology.
- Goff, K., & Torrance, E. P. (2002). *Abbreviated Torrance test for adults: Manual*. Scholastic Testing Service.
- Isaksen, S. G., Dorval, K. B., & Treffinger, D. J. (2000). *Creative approaches to problem solving: A framework for change*. Kendall/Hunt.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
- Maker Education Initiative. (2020). *Overview*. <https://makered.org/makercorps/overview/>
- Martin, L. (2015). The promise of the maker movement for education. *Journal of Pre-college Engineering Education Research*, 5(1), 30–39. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1099>
- Martin, L., & Dixon, C. (2013). *Youth conceptions of making and the maker movement*. https://www.exploratorium.edu/sites/default/files/pdfs/IDC_2013_Martin_Dixon.pdf
- MIT Fab Central. (2020). *Coronavirus tracking project for rapid-prototyping response*. <https://gitlab.cba.mit.edu/pub/coronavirus/tracking/-/blob/master/README.md>
- Peppler, K., & Bender, S. (2013). Maker movement spreads innovation one project at a time. *Phi Delta Kappan*, 95(3), 22–25. <https://doi.org/10.1177/003172171309500306>
- Sadler, J., Shluzas, L., Blikstein, P., & Katila, R. (2016). Building blocks of the maker movement: Modularity enhances creative confidence during prototyping. In H. Plattner, C. Meinel, & L. Leifer (Eds.), *Design thinking research: Making design thinking foundation* (pp. 141–154). Springer International.
- Van Dooren, E., Boshuizen, E., Van Merriënboer, J., Asselbergs, T., & Van Dorst, M. (2014). Making explicit in design education: Generic elements in the design process. *International Journal of Technology and Design Education*, 24(1), 53–71. <https://doi.org/10.1007/s10798-013-9246-8>

- Van Holm, E. J. (2015). Makerspaces and contributions to entrepreneurship. *Procedia — Social and Behavioral Sciences*, *195*, 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.167>
- Zamora-Polo, F., & Sánchez-Martin, J. (2019). Teaching for a better world. Sustainability and sustainable development goals in the construction of a change-maker university. *Sustainability*, *11*(15), Article 4224. <https://doi.org/10.3390/su11154224>

An Experimental Study of Constructing Maker Teaching Model

Tsuilien SHEN

Abstract

Makers studying at university are the main powerful pioneers for developing innovative knowledge society. This research aimed to construct a feasible model of maker teaching, to explore the differences of learning perception of the maker instructional model, and to develop the subsequent process of product creation. Nonequivalent pretest-posttest designs of the quasi-experimental research was employed. Research participants included 132 college students from three classes of creativity-related courses, who participated a 6-week experiment. They were divided into the experimental group and two control groups. A questionnaire was employed to test their differences of learning perception. Results found that: (a) for the maker instructional model, CEO-I²M²E²-SF, a collaborative constructive relationship should be built between instructor and makers; (b) in terms of the performances of learning perception under the maker instructional model, significant differences were found in the dimensions of creativity, creative problem solving, and maker instructional design; (c) there were educational and marketing values in the subsequent process of product creation by makers.

Keywords: maker; instructional design; maker instructional model; creative problem solving