

開源設計:以 CDIO 專案導向跨域整合培育從造房子到造生活的建築創客

Wiki Design: The Integration of CDIO-based Learning and PBL for the Incubation of Life Making Architecture Makers

壹、研究背景與目的

一、研究背景與動機

◆ 說明申請人於課程教學現場試圖解決之問題及問題之重要性

告訴我，我會忘記；給我看，我不記得；讓我做，我會了解進而創造！」

本教學研究計畫的重要核心價值在於從實作學習中培養人才的「創客教育」。有別於技職體系以技術訓練為導向的實作訓練模式，創客教育主要著重在創新、創意、與創業的策略性思維養成與問題解決能力的培養。創客觀念的產生代表當代的社會趨勢已從二十世紀強調的標準化製造轉換到今天「自造」的實驗，也是創意創新商品化的契機。校園創客要發展的應該是一種精神，態度，並培養可以落實的能力，翻轉的手法會以(1)創意設計善用科技、(2)創新思維動手實踐、(3)跨域合作開源共享、以及(4)開創生活社會實踐(沈揚庭, 2015)這四大理念核心價值為依歸。因此我們的高等教育若能跳脫專攻領域分化的既有窠臼，以美學素養與設計能力鏈結跨領域的專業能力，共同尋求「如何設計未來」這個願景，相信必能夠替未來的教育、產業與社會創造出一波嶄新的生活典範轉移。

當我們環顧四周卻發現沒有人著手開始著手改變從 19 世紀以來就一成不變的校園；當我們們在最後一聲鐘敲響時推開校園的門... 我們難道沒有一絲毫的懷疑是該改變的時候了嗎？如果連監獄都還比學校的一切都還要新的時候，我們該對於學生認為學校不重要該感到驚訝嗎？

美國現任總統歐巴馬(Obama, 2008)為了推動美國學校環境與教育的改革，陳述了上面一段如同醒鐘般的重話。歐巴馬也據此在 2009 年提出「教育創新」十年計畫，編列預算四億美元，計畫培養訓練超過十萬名的 STEM 老師(科學/Science、科技/Technology、工程/Engineering、及數學/Mathematics)，提升美國學生的科學和數學的能力。隨著計劃地展開，近年來因為「跨領域」概念的盛行，STEM 的趨勢也開始被注入藝術(Art)的概念，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，進而創造出前所未有、讓人驚嘆的新事物。該計畫所培養出來的師資捨棄傳統的講課式教學，進而取法「創客精神」(Maker Spirit)，透過「動手做」的實際任務，整合知識，讓科學更有趣實用。相關教育改革的推動模式包括：改變教室空間、規劃新課程、挪走傳統的評量，重建學校為有創客精神的學習場域。因為計畫的推動者相信，「實作學習」可以培養二十一世紀最需要的四大關鍵能力：創新、獨立思考、動機與解決問題。然而在台灣，動手做是一種邊緣化、補救型、更是被低估的學習活動，總讓人聯想到 DIY 材料包，技職體系的技能培養，或是成績後段班學生不得已的選擇。因此如何導正此一觀念，並將實作的精神與大學教育緊密的結合，將會成為左右未來台灣大學畢業生是否具備與世界人才共同競爭能力的關鍵。

引發實作學習的另一個關鍵在於「創客運動」(Maker Movement)的興起和相關設備的普及。所

謂「創客」(Maker)，意指動手實現創意者，利用開放的資源與逐漸低廉和普及的數位製造設備，從實做中完成創新、創意、甚至創業。創客運動被形容為「第三波工業革命」，根據維基百科的解釋：第一次工業革命是蒸汽動力讓人們從手工製造轉向機器製造。第二次工業革命是電力的發明讓製造業轉向大規模製造。在網路社群的共創分享基礎下，第三波工業革命讓「全民製造、量身訂做、小量生產」成為可能。創客運動的興起與製造業的民主化、去中心化有重要的依存關係，因為在網路世代，透過開放軟體程式的分享，以及跨界領域共同創造與合作，再加上數位機具如 3D 列印的普及化，造就人人都有機會打造出下一個世代產品原型，進而改造世界。

台灣大學教育近年來面臨少子化的衝擊，過去大量培育分工專精人才的觀念似乎已與時代產生脫節，然而這波的產業革命或許是個重要的轉型契機，讓大學教育能夠重新定位教育的本質，以及希望培育出的人才類型。「告訴我，我會忘記；給我看，我不記得；讓我參與，我會了解進而創造!」。

本教學研究提出專案導向的學習方法(Project-based Learning, PBL)，目標是透過專案的實踐過程，培育學習者從設計到實作(Design to Building)的綜合思考和解決問題的能力，驅動未來產出創業家所必備的條件。本研究的專案導向教育歷程由 MIT 所發展的 CDIO---構思(Conceive)、設計(Design)、實踐(Implement)、運作(Operate) 四大步驟作為專案操作的主軸，這四個階段彼此之間有強烈的依存關係，目標是養成能從設計的發想與思考為開端，並將其進行可行性的評估與原型實作，最終更能以市場化行銷甚至達到創業能量的人才。

二、研究主題與目的

◆ 教學實踐研究計畫主題及研究目的 (如：既有課程突破、新設跨領域課程規劃等)

本計畫取名為開源設計(Wiki Design)，計畫的核心在於 W，是取自維基百科 Wikipedia 的字首，目的是援引維基百科眾人開源共構的核心理念，將大學的核心價值重新定位成由企業端、社區端、以及企業端所共同構成的一個樞紐，而這個運轉的樞紐我們稱之為開源大學設計中心(圖 1)。

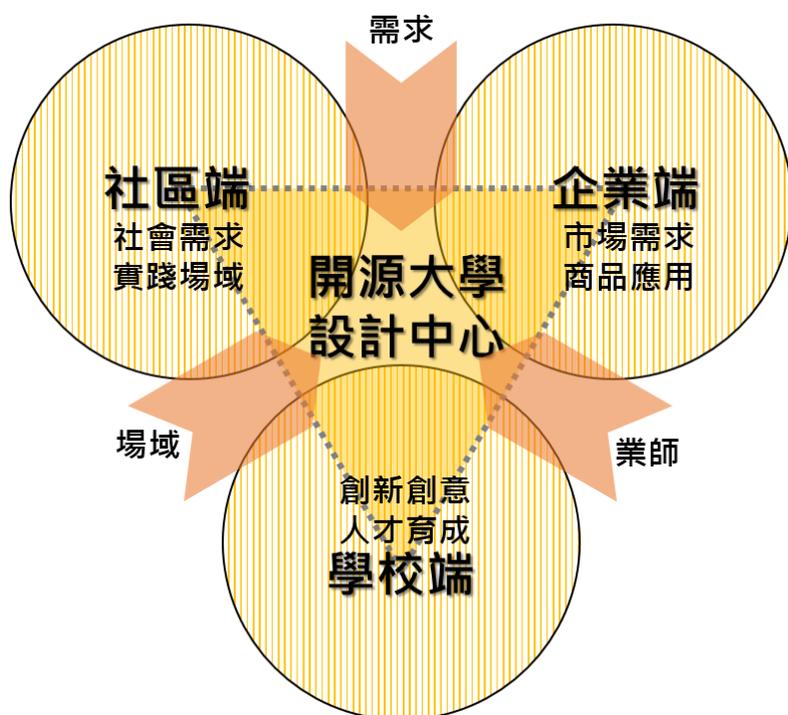


圖 1: 開源設計所鏈結的三方關係與資源

從上述的架構中可以發現，我們期待的並非單純的在學校教育體制內的改革，而是把大學當成一個開放性的設計中心，這個設計中心他有著學校教育上創新創意人才育成的天職，但他成長的養分和孵化的場所卻不僅止於校園，而是從企業端與社區端提取真實的需求，並以兩者作為應用和實踐的生活實驗室(Living Lab)。

因此社區與企業端兩者能夠提供最真實的問題與「需求」；學校與企業的結合能引入解決真實問題與需求所需要的應用型知識與「業師」；而學校與社區的結合能讓最終所產出的成果回饋到真實的「場域」進行實踐，如此一來學校他將變成一個取之於社會並回饋於社會，並能跟整體產業脈動緊密結合的樞紐，設計中心是為帶動關連性的夥伴共同育成學用合一人才而設計，而其所設計的產品本身便具備產業應用和社會實踐的完整生命週期，造就學校、企業、社區三者共構共榮的大學生態體系。

在開源大學的論述前提下，本研究計畫歸結出需要以專案導向式的學習(Project-based Learning)來鏈結學校、產業、社區三方資源的結論，並更進一步的提出應以 MIT 工程教育所揭櫫的從做中學的「CDIO 創新教育流程」，透過構思(Conceive)、設計(Design)、實現(Implement)和運作(Operate)改革現有課程設計，同時結合史丹佛 D School 倡導的真實專案、真實設計、真實產業三個真實(real project、real design、real company)，發展真實專案的學習模式，突破既有學習流於紙本與記憶缺乏真實應用於產業的窠臼。

◆ 教學實踐研究計畫目標

本研究以 CDIO 工程教育模式為架構，結合 PBL 及跨領域思維，增加學生學習的深度及廣度(錯誤! 找不到參照來源。)，並分析創客育成法是否能達成提升學習成效，以及探討未來翻轉教育模式所需之要素，並結合學校的教育改革架構，發展出一套應用於創客世代人才培育的「創客育成法」。本研究計畫的具體目標包括：

1. 發展創客育成法並探究其應用於課程改革之可行性。
2. 實踐以 PBL 導向式的真實專案學習模式。
3. 實踐從設計到製造(Design to Build)的一體化學習流程。
4. 以真實建造對學科知識與技術進行整合性運用與實現。
5. 發展適性評估模式以檢測學習成效與持續改進創客育成法。

貳、文獻探討

◆ 說明與本實踐研究計畫相關之國內外文獻及研究發展(如：相關教學實踐的個案參與或觀察資料等)

翻轉教育(Flip Education)一詞源自於翻轉課堂(Flipped Classroom)，「翻轉」的概念最早可以追溯到科羅拉多州的數學老師卡爾(Karl Fisch)，2010年丹尼爾(Daniel Pink)稱之為「Fisch flip」或翻轉式思維。而在此名詞正式出現前，2007年化學老師強納森(Jonathan Bergmann)與亞倫(Aaron Sams)就在錄製課程，讓缺席的學生自學；哈佛教授Eric Mazur也率先在1990年代嘗試同儕教學，改變原本的講課形式。翻轉教學建立了一個讓學習者可以獲得適性且個人化教育的架構(Bergmann and Sams, 2012)，這種創新教學模式已有許多國內外研究指出確實能有效提升學習(DesLauriers et al., 2011)。而奧多德和阿吉拉爾(O'Dowd and Aguilar-Roca, 2009)也表示翻轉教學可提高學習專注力和批判思考能力，並改進學習態度。翻轉教育打破傳統以教師為中心的教學模式，將中心轉換到學習者身上的教育內涵，根據每位學生的特性做調整，讓課堂的進行致力於探索更深度的主題、創造更多元的學習機會，因此學習者的知識建構是主動的。翻轉教育給予學習者很多彈性的空間與時間去學習，能夠讓學習者自行建構知識且達到自學的目的，將知識深化為能力。因此本研究文獻回顧PBL、CDIO工程教育模式及Stanford D-School的跨領域合作思維，深究其核心價值並希冀最終能整合應用於創客育成法之架構與發展。

一、PBL 教學原理與應用

本研究以 PBL 教學原理作為創客育成法的核心，以解決問題並實踐專案為出發點，增進學習者自主學習的能力，同時培養深入且能有效應用的專業能力。專案導向學習(Project-Based Learning, PBL)源自於1970年代初期加拿大麥克瑪斯特大學(McMaster University)醫學院。過去醫學院傳統教學法為了訓練未來的醫生通過國家考試，學習者接受冗長的講授課程及閱讀大量需背誦的資料，但造成當這些學習者實際進入醫院時，無法實際應用所學。為了解決這個問題，麥克瑪斯特大學醫學院教授們結合起來發展出一套實驗性課程，給予假想病人與病歷，並讓學習者以小組討論給予病患治療，以便讓學習者在擔任實習醫生時面對診療上的挑戰，直到21世紀初期，逐漸成為各大醫學學院的主要教學策略，1990年開始被廣泛應用於各專業領域，成為世界各國培育專業人才的重要模式之一，如美國南伊利諾大學(Southern Illinois)、夏威夷大學(Hawaii)等，陸續加入實施問題導向學習教學；至目前問題導向學習不僅

已多次極成功的應用於不同的醫學計劃中，甚至廣泛應用於全世界其他健康科學，數學，法律，教育，經濟，商業，社會研究和工程等領域的教育。

現今為因應創客經濟時代的人才需求，學校教育的目標除了著重於專業知識的獲得外，也更應該培養學生具備創意、批判、思考、合作和應用等特質。將 PBL 應用於學習歷程中，學習者以小組方式被置於專案實務的情境中，探究真實世界問題及挑戰，由問題引起學習者對知識的好奇並啟發其使用先前知識，讓學習者應用各種訊息資源來建構專案，並透過教師引導與設計學習環境來啟發學生的問題解決能力，以幫助學習者對於該專案有更深入的正作應用成效。PBL 最大的優點在於以學生為中心，成為學生主動學習的驅動力，而這樣的學習狀態也幫助學生吸收並保留知識，過程中學生透過自我導向學習(Self-Directed learning)以及小組合作學習來獲得新知識、新技能，在小組合作學習的過程當中更同時促進溝通、解決問題、批判性思維、協作和自主學習技能的發展。而教師則是學生學習的引導者或促進者，藉以培養問題解決能力與決策判斷能力。

美樂·西維斯(Hmelo-Silver)於 2004 年指出 PBL 是一種學生透過問題解決而學習的教學策略，而問題解決並沒有標準的單一答案。PBL 的問題設計對於 PBL 的方法而言，問題在學習的一開始就出現，而非是課程結束後(傳統的演講式教學)才提供給學生。PBL 在專案當中的問題可以是一個情境、個案、挑戰、難題或困境、謎題或是其他能夠激發學習動機的因子。統整 PBL 的相關文獻後，他們認為一個好的問題應該包含以下七個要素：

1. 引起動機
2. 從專業到社會生活等層面的真實世界問題
3. 能夠容納各種不同的意見、假設以及能夠引發持續性的討論的
4. 包含多種面向的：從物理的、認知的、社會的、情感的到道德面向的
5. 包含能夠引發合作學習的的剌激因子
6. 能夠使學生獲得關鍵概念或是能夠獲得實踐能力
7. 能夠增強能力的發展，例如：批判性思考、資訊能力、創造性的問題解決方式。

PBL 也可歸納成三大類可以被使用到問題設計過程當中的不同媒體型式，包括了：生活經驗(Lived experiences)、擬真的經驗(Simulated experiences)以及數位經驗(Digitized experiences)。生活經驗貼近學生的生活，是最為經常被使用來做為問題設計的因子；擬真經驗利用類似角色扮演或是問題情境的方式，讓學生在這個過程當中學習專業的角色；而數位經驗可分為五個步驟來說明 PBL 的問題設計過程，依照順序為腦力激盪與故事版、資源、版本確認、發揮自己的資源庫、評估以及實踐問題。目前，醫學和工程研究是 PBL 實踐的兩個主要領域，加拿大的麥克馬斯特大學(McMaster University)實施了四十多年的藥物治療方法，丹麥的奧爾堡大學(Aalborg University, AAU)在工程研究方面也應用 PBL 二十多年。

二、CDIO 工程教育模式

在 PBL 的核心架構下，本研究以 CDIO 工程教育模式作為人才培育的操作流程，使教學與專案實踐的流程能更為聚焦與系統化。CDIO 工程教育理念是 2011 年由美國麻省理工學院聯合瑞典查爾穆斯技術學院、林克平大學、皇家技術學院，共同創立的一種全新工程教育理念。CDIO 工程教育的發展啟發自工程產品的生產流程和系統的生命週期，CDIO 分別代表構思(Conceive)、設計(Design)、實現(Implement)、運作(Operate)，其中，「構思」階段分析顧客需求，以發散性思維考量所面臨之問題與需求；「設計」以使用者導向來進行需求設計，尋求跨領域的設計解決方案；「實現」係指將設計轉換為原型的過程，包括方案確認與原型製作；「運作」階段根據實際運作的考驗，改進所遭遇的實際問題，並不斷修正及反覆測試，使該專案達到最佳狀態。

CDIO 透過實施一個完整的專案來達到教學目標，強調培養學生掌握扎實的工程基礎理論和專業知識，並應用於實際環境中 (Crowley,2007)。CDIO 教育理念提倡在基礎知識、個人能力、團隊溝通能力和系統能力四個層面上進行綜合培養的教學模式，使之能夠成為符合企業實際需要的人才，是「做中學」(Learning by doing)和「專案式的教育和學習」概念的詮釋，透過主動解決真實問題為導向的學習方法，把理論與實踐結合。然而 CDIO 不是一個固定的模式，而是一個開放性的系統，CDIO 提供一個普遍適用於人才培育的 12 條基準(表 1)，為提高可行性，可根據各個不同領域實際狀況進行調整，這 12 條標準解釋了 CDIO 計畫理念 (標準 1: 以 CDIO 為基本環境)、專案發展 (標準 2: 學習目標、3: 一體化教學計畫、4: 工程導論)、從設計到實現經驗及操作 (標準 5: 設計實作經驗、6: 工程實踐場所)、新的教學方法 (標準 7: 綜合性學習經驗、8: 主動學習)、教師發展 (標準 9: 教師能力提升、10: 交教師教學能力的提高)、計畫與評估 (標準 11: 學生考核、12: 專業評估)。2005 年，瑞典國家高教署 (Swedish National Agency for Higher Education) 採用這 12 條標準進行評估，結果表明，新標準比原標準適應面更寬，並以 12 條標準為工程教育的系統化發展基礎。

表 1: CDIO 12 項標準架構表

CDIO 12 項標準架構表	
類別	標準
課程理念	1.情境脈絡
課程發展	2.學習成果、3.整合式課程、4.導論
設計-實施經驗和場域	5.設計-實施的經驗、6.場域
教學和學習方法	7.整合式的學習經驗、8.主動學習
教師發展	9.提高教師的能力、10.提高教師的教學能力
評量和評估	11.學習成效評量、12.課程評估

三、Stanford D-School 的跨領域合作思維

本研究除以 CDIO 教育模式為流程的規劃外，更納入 Stanford D-School 的跨領域合作思維，使小組成員能將各自專業相互結合加成，形成有效的跨域同儕學習與合作。D-School 由史丹佛大學機械工程學系教授的大衛 (David Kelley) 於 2004 年創立，是一個跨領域的學程，如今儼然成為史丹佛大學重要的創新教學象徵之一。「設計思維」是該學院提供的一個跨領域結合創意與分析的新學習方法，強調 Real Project、Real Design、Real Company，找出真實存在的問題，進行真實設計，並實作出成品或服務模式，再接受運作測試及使用者回饋。跨領域合作思維分為五個階段：共鳴 (Empathy)、定義 (Define)、創造 (Ideate)、原型製作 (Prototype)、測試 (Test)。「共鳴」階段以人為本思考，發散思考各種問題；「定義」階段收斂前一階段之問題，找出使用者的核心需求，定義核心問題；「創造」階段以不同背景之學習者，發散各種不同專業可能解決問題的方法，幫助使用者解決問題；「原型製作」時以現有資源來收斂及開始製作產品原型或方案；「測試」階段實際尋找受試者來體驗並完成專案。整個過程並不是一個以跨領域無限發散的過程，是以縮放的方式來進行整個專案，跨領域主要發散於兩個部分：第一個部分於「共鳴」階段由各個不同領域的人去思考發散探討不同面向的問題；第二部份於「點子發想」階段，各領域發散可能解決的方法，提出各種可能解決方案。將不同的技術整合到收斂，最後找出最合適該專案的方式去呈現原型。

D-School 的跨領域合作思維透過跨領域設計思考流程創造出不同領域學習者皆能相互交流與腦力激盪的學習環境，並透過發散與收斂的操作模式來管理專案發展的過程，增加跨領域團隊創新開發時合作的密合度。

參、研究方法與架構

一、大學教育翻轉

臺灣長期以來教育受升學主義之影響，加上制度改革不易，在競爭壓力愈趨激烈的狀態下，以至於出現考試領導教學現象，使教學逐漸側重記憶與理解的部分，無法使學生多元化學習與發展。目前教育對學科分類的各個專業教育的價值主要是從學科課程願景、大綱、目標及架構展開，其本身不一定是學生旨趣所在。未來真正關切的是其實踐後的成果，且目前專業技能教育因重學術輕實用，導致學生缺乏實作訓練，所學未盡符產業之需，造成學用之落差，亦無法橫向連結，培養二十一世紀核心能力，蒐集、分析與組織資訊的能力、溝通表達與資訊傳達的能力、規劃及組織活動的能力、團隊合作的能力、解決問題的能力等。因此，現今教育需要改善學科分工與學用差落，發展一個可以回應改變的教育理論或架構。

本研究重新思考為來學習的樣貌，將大學課程規劃學習彈性，可以讓每一個人根據自己學習生涯的彈性，將大學階段分為「通識層」、「精熟層」、「實踐層」三個階段，將大學四年的教學在組織與架構上做創新性地調整，且在不同的層別當中加入不同的刺激以培養學生在社企化的過程中，將服務與學習相結合，發揮個人潛能、各展所長，成為具有專業技能、有社會意識和企業家敏銳性的人才，帶動社會運轉。

未來大學學系系統架構，應改變學科分工與學用落差，強調課程連貫性與統整及培養學生核心能力，以因應未來與社會接軌之需要，期待能透過課程更多的彈性組合，如鼓勵課程與市政府、社區、企業、非營利組織合作，推動參與式社區學習以及社會企業創業課程，以增加學生實務經驗與操作能力。透過課程更多的彈性組合，讓各個課程彼此鏈結。因此，本研究探討將傳統大學整體性架構作調整，以及課程組織的變革，讓為期四年的大學教育期間分為通識層、精熟層與實踐層三個層次，按順序循序漸進式的發展，形成高等教育未來人才培育之基本架構。各個層次皆具備有諸多延伸學習的潛力，能夠媒合多種領域，並延伸出工作坊、講座、微學分，作為知識的探索，或是課程及時補足不足之處的工具模組。

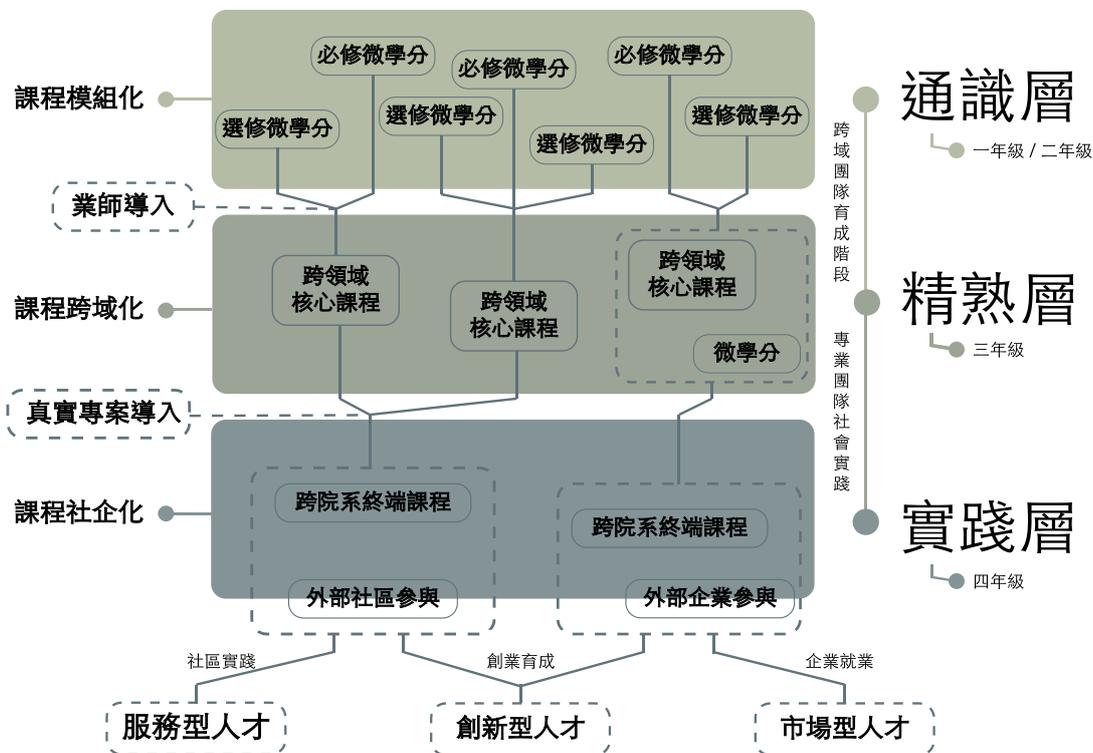


圖 2: 整體性課程架構調整模式

本研究以 CDIO 工程教育模式為架構，結合 PBL 及跨領域思維，增加學生學習的深度及廣度，並分析創客育成法是否能達成提升學習成效，以及探討未來翻轉教育模式所需之要素，並結合學校的教育改革架構，發展出一套應用於創客世代人才培育的「創客育成法」，規劃教學模式的改革，改變教師與學生的相互學習模式，從做中學帶動新一波的全校課程設計及教學模組，讓學校之基礎課程、核心課程與終端統整課程，能有更堅實的操作基礎。本研究發展創客育成法並實際投入大學課程當中進行翻轉教學模式的設計研究，將創客精神融入教學設計，希冀建構一個能夠培育二十一世紀創客人才的教學模式。

二、創客育成法

本研究提出「創客育成法」，以 PBL 的教學方式進行教學，強調專案導向做為學習主軸，在實踐過程中直接找到對應的知識應用面。在執行上，透過 CDIO 為流程安排整個架構，由構思、設計、實踐、運轉的流程操作，培養從思考到實踐之人才，縱深學習者專才的能力。在執行過程中以 D-School 跨域合作的方式來做發散與收斂，使不同領域的學習者相互合作與學習，最後培育出具有創客精神之跨域合作 T 型人才（圖 3）（沈揚庭，2016）。

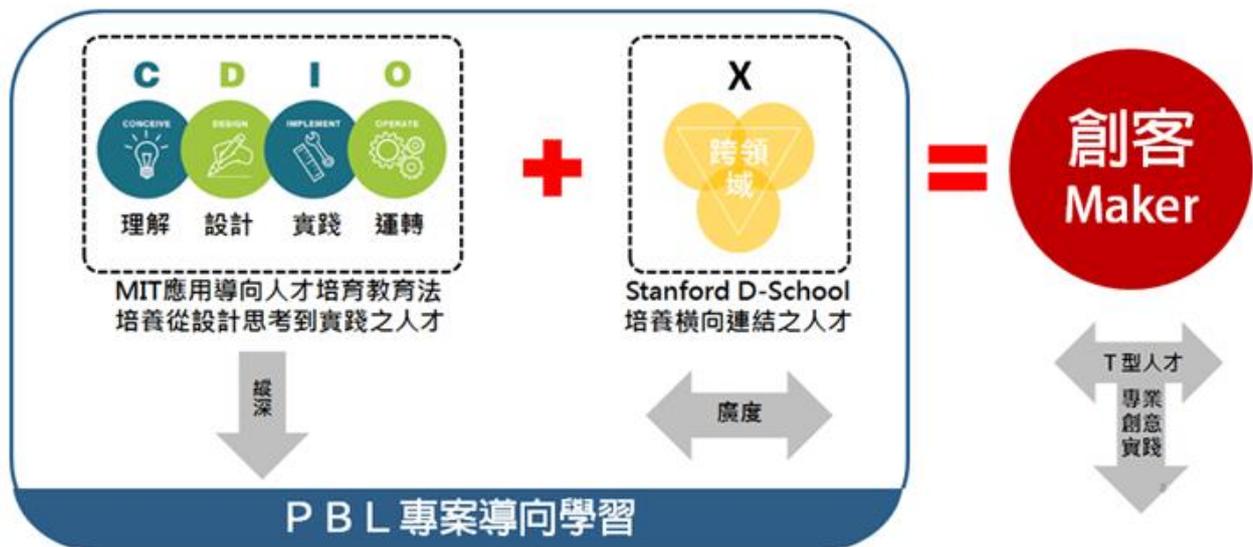


圖 3: 創客育成法組成架構

創客精神最重要的核心價值在於動手實踐的過程，並透過團隊實際的進行跨域合作，因此為培育具有這些特質的學習者，本研究投入設計課程的改革將以 PBL 為整體架構，導入 CDIO 工程教育模式與 D-School 的跨域合作思維，發展出「創客育成四大階段」（圖 4）：第一階段：導論階段對應 CDIO 之構思 (Conceive) 部分，透過使用者模擬訪談找出需求；第二階段：將構思 (Conceive) 及設計 (Design) 對應於發展設計理解與思考階段，引導學習者透過使用者需求分析、腦力激盪創意發想與收斂，規劃以人為中心的設計與服務；第三階段：將 CDIO 實現 (Implement) 階段，利用數位製造機具將設計轉換為產品原型、過程或系統整合與測試，發現並解決問題；第四階段：將運作 (Operate) 階段透過商業畫布的實際應用，思考商業模式中的元素相互作用，滿足市場需求。最終以簡報發表、攤位擺設的方式讓學習者實際演練產品呈現與行銷。另一方面，圖 3 底圖的虛線同時也呈現了各階段的發展流程是在操作上的收放屬性。第一階段導論是屬於逐步發散的過程，有利於找出多元的使用者需求；第二階段則是從眾多的需求中逐步的收斂成具體的設計方案，有利於最適方案的產生；第三階段則側重於透過跨領域的知識與技術尋求複雜問題的解決，因此建議要進行多向度的原型初步實作；最後一階段則是正式收斂到最適切的可運行原型 (Workable Prototype)，並對該具體成果進行使用者測試和行銷策略。

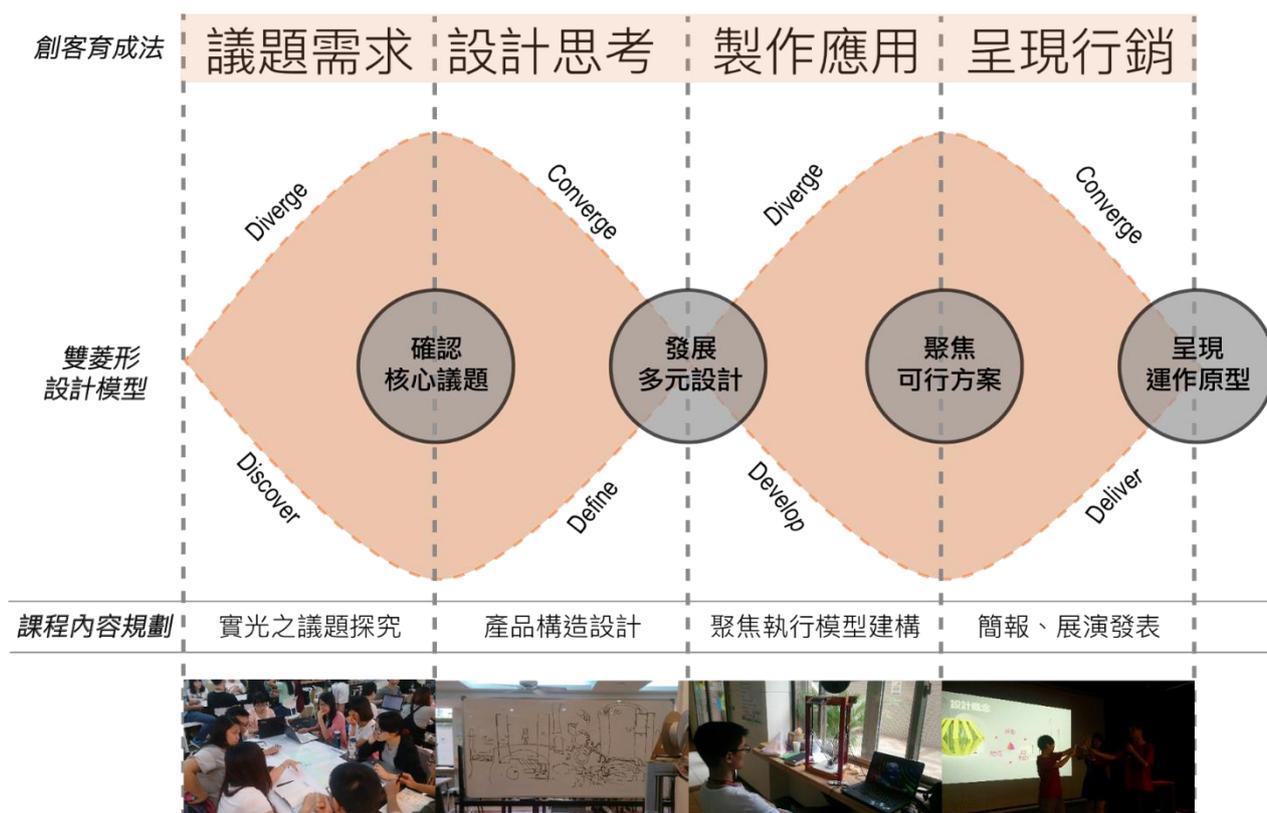


圖 4: 創客育成法應用於課程規劃設計

本專案透過導入 CDIO 的精神，以專案導向學習(PBL)為主要教學手段和流程，最終將於城市中打造 1:1 實際比例的構造物原型，用以驗證從智慧城市節點的服務模式。

1. Conceive 構思階段: 在城市中找尋適合的建築基地，構思適合議題與服務模式。
2. Design 設計階段: 根據議題進行服務模式設計與構築型式設計。
3. Implement 實踐階段: 具體將服務模式與構築型式整合並進行真實構築。
4. Operate 運轉階段: 透過策展模式整合成果展示之，並以生活實驗室概念加入使用者的實際使用行為和回饋評估。

本研究以跨領域思維培養橫向連結之人才，跨域雙菱形設計模型操作在不同學院間規劃跨領域學程，以創意設計思維方式，整合不同學科背景跨領域的學生及社會人士，在做中學的精神下，共同推動專案實作學習。以跨領域合作進行的過程當中，運用跨領域思維之設計思考及雙菱形設計模型，其精神在以人為本，透過使用者觀點，從失敗過程中反覆修改原型，找出最貼近使用者的有效設計。在反覆思考的過程應用雙菱形的設計模型所提及之發散與收斂的循環。在第一個菱形當中，專案經由初步的設計研究，拓展思考的空間來探索問題，然後才開始收斂到一個真正的且根本的問題；同樣地，在第二個菱形使用設計研究的工具嘗試多元的解決方案與工具，漸漸收斂並尋找可行之製作及應用方案，才收斂集中在一個最後的提案，呈現運作原型。本研究認為多項學科導入，破除僅能單項學科的進行的教學模式，安排課程進行跨領域合作，藉由各領域不同觀點及經驗的腦力激盪，培養溝通與問題解決能力，進行使用者需求分析、創意發想與收斂，創新實踐的訓練，共同探討複雜問題，並兼顧產品技術與商業營運的設計。透過具體操作過程，能夠在最短期間讓學生學習到透過團隊合作、創意設計的模式，達到「深度實作、深度思考、深度內化」的學習效果。

三、專案導向式學習規劃

(1) 專案緣起

「我的建築哲學？就是把群眾帶進來參與建造過程！」這句話是 2016 年建築普立茲克獎得主，來自智利的建築師亞歷山大·阿拉維那 (Alejandro Aravena) 對其建築哲學所下的註解。48 歲的亞歷山大是智利第一位榮獲普立茲克獎的建築師，同時也是 2016 年威尼斯雙年展策展人及哈佛大學設計學院講座教授。

亞歷山大建築師與其事務所 ELEMENTAL 對上述的宣言所做的最好印證是智利伊基克的金塔蒙羅伊住宅 (Quinta Monroy) 一案。該案是配合智利政府公共政策下所興建的 2,500 間社會住宅，亞歷山大建築師稱之為「可持續擴建」的社會住宅。有別於一般社會住宅政府交屋時必然是落成的觀念，金塔蒙羅伊住宅以「半成好房子」(Half of a good house) 設計著稱，在住宅單元的規劃上設計出未來適宜增建的住宅型式，包括預設增建後不影響空間採光及空氣循環的配置。會有此特殊的考量是由於對社會住宅有需求者多半處於經濟上的弱勢，因此亞歷山大建築師在設計上為居住者留出空間，一方面降低住戶所需要負擔的直接成本；另一方面這些可持續擴建的空間也允許住戶在經濟狀況改善時，可以自己動手加以完善，從而實現客製而民主化的中產階層生活模式。

(2) 專題目標

重新定義人為介入(構造物)與城市(節點)的關係，並以智慧市民由下而上(Bottom Up)的概念找尋能回應智慧城市服務模式的節點，並發展對應的構造物提供服務，並透過真實構築的方式運用相關知識與技術，打造能融入市民生活需求的智慧城市整合性服務。半成好房子在開始進行設計的那一刻起，「參與式設計」(Participatory Design)的概念便被亞歷山大建築師導入到整個專案。亞歷山大建築師表示：「參與式設計的意思是讓要入住的家庭和我們一起討論，幫助設計團隊決定他們需要我們提供甚麼，而哪些部分可以留白不做，讓入住的家庭自己依需求擴建完成」。事實上這個概念也忠實的反應出建築生命週期最容易被忽略但卻是影響使用者最深遠的使用維運階段，許多的需求往往不是設計階段所能夠被完全預想與顧及的，再加上使用者的生活模式也非一成不變，也因此許多的建築物，尤其是住宅，在經過一段時間的使用後往往會變得與當初設計有所差異。舉例來說，台灣的鐵皮屋文化便是一個很好的例子，雖然擴建的過程往往是違法的，但同時也彰顯出住戶需求的擴增，使得住宅所留下的屋頂空白備可持續性的利用。更進一步來說，若能更正面且有計畫的考量到建築所能留下的空白，建築物將有機會與住戶一同成長，形成活的建築(Living Building)。

(3) 深碗教學

本專案是由三門課程組成，分別是核心課程：「建築設計(九)」，以及兩門支援性課程：「敷地計畫、計算機輔助設計」(圖 5)。在操作的方法論上，將以建築設計(九)作為核心，以專案導向式學習(PBL)融入 CDIO 流程作為主要軸向。兩門支援性課程分別是在 C/D(構思/設計)階段支援的敷地計畫課程，用來強化學生透過參與式設計與都市敷地的思維來進行議題的構思以及設計之能力，期待能從中找出回應智慧城市服務與應用的深入課題，並能夠以適當的手法進行介入以解決問題；在後期 I/O(實踐/運轉)階段支援的計算機輔助設計課程，其功效在於協助學生能夠將上一階段所設計的專案進行具體的實踐，包括透過 3D 繪圖以及建築資訊模型(BIM)的知識及技術訓練，能夠具體地將其應用在設計實踐上，完成真實比例的構造物達到真實驗證的成效。最終這三門課程將翻轉過去僅以考試或報告的教學窠臼，轉而透過聯合策展的方式展現跨域合作的成果，除了進行實體展示

外，更期待藉此獲得潛在用戶的使用性回饋，完成 CDIO 最後一哩路 O(運轉)的徹底實現。

除此之外，本計畫亦希冀能創造跨領域跨專業的合作，因此會嘗試與不同的院系進行跨領域的學習交流。跨院系之間的交流最大的難處在於時間上的掌控和課程上的目標與過程的協調性。因此本研究計畫邀請協同合作的課程都會主要以 CDIO(理解 (Conceive)、設計 (Design)、實現 (Implement)、運作 (Operate))作為操作的進程架構，其關鍵優勢是彼此之間可以相互觀察與理解階段性的進展正落於 CDIO 的哪個階段，此外因為階段任務目標的共通性，跨院系之間可以選擇在相同階段進行課程的跨域合作，而不會因為彼此之間發展階段或性質的不同而無法協同(圖 6)。

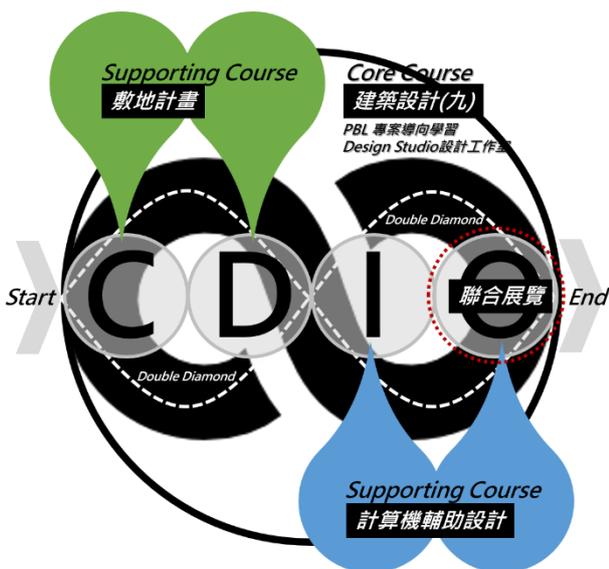


圖 5: 院內課程連結關係示意圖

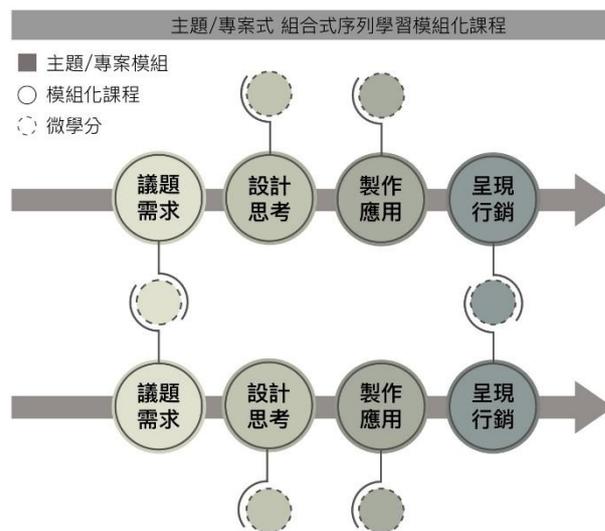


圖 6: 跨域課程連結示意圖

四、研究假設與實證方法

本計畫所題的課程以建築設計為核心，在內部會連結支援性課程與微學分，使其對於專案導向的學習能產生深碗課程的配搭效果，對外則會以 CDIO 為架構和跨領域院系進行課程合作，在流程上則可以參考表 2 的規劃。本研究主要的對象為建築設計課程的修習同學，預估每學期會有接近 100 位的修習人次，其中約 10% 會被選取加入本計畫進行創課育成法的培育。換句話說本計畫的實驗組大約為 10 人，對照組則有 90 餘位(對照組亦可隨機抽出與實驗組匹配人數以力比較)。

表 2: 課程時程與關連性規劃

周次	單元名稱與內容	主體授課方式	支持的課程	跨域合作課程
1	Conceive-智慧城市議題發想與建構	小組討論	數地計畫	都資實習
2	Conceive-智慧城市議題發想與建構	小組討論	數地計畫	都資實習
3	Conceive-智慧城市議題發想與建構	小組討論	數地計畫	都資實習
4	Conceive-智慧城市議題發想與建構	小組討論	數地計畫	都資實習
5	Design-智慧城市服務模式與構築設計	設計討論	數地計畫	都資實習
6	Design-智慧城市服務模式與構築設計	設計討論	數地計畫	都資實習

7	Design-智慧城市服務模式與構築設計	設計討論	敷地計畫	都資實習
8	期中評圖	專家評圖	微學分課程	都資實習
9	Design-智慧城市服務模式與構築設計	設計討論	敷地計畫	都資實習
10	Design-智慧城市服務模式與構築設計	設計討論	敷地計畫	都資實習
11	Implement-構築空間實作	實作演練	計算機輔助設計	都資實習
12	Implement-構築空間實作	實作演練	計算機輔助設計	都資實習
13	Implement-構築空間實作	實作演練	計算機輔助設計	都資實習
14	Implement-構築空間實作	實作演練	計算機輔助設計	都資實習
15	Implement-構築空間實作	實作演練	計算機輔助設計	都資實習
16	Operate-1:1 實體施作與策展	執行策展	微學分課程	都資實習
17	Operate-1:1 實體施作與策展	執行策展	微學分課程	都資實習
18	期末展覽	評圖展覽	微學分課程	都資實習

本計畫在前面有論述計畫目標，包括：

1. 發展創客育成法並探究其應用於課程改革之可行性。
2. 實踐以 PBL 導向式的真實專案學習模式。
3. 實踐從設計到製造(Design to Build)的一體化學習流程。
4. 以真實建造對學科知識與技術進行整合性運用與實現。
5. 發展適性評估模式以檢測學習成效與持續改進創客育成法。

從上述幾點可以歸納出研究操作及假設為：創客育成法投入以 PBL 為核心的 CDIO 導向教學能夠收到學生在學習成效提升的效果。本研究進一步將學習成效拆分成 1.創客育成法成效、2.學生學習成效兩者。

1. 創客育成法成效評估部分：

本研究問卷量表題項之建構，根據創客育成法之組成要素，即創客、PBL、跨域合作及 CDIO 工程教育模式，歸納出創客育成法學習成效影響因素與學習成效指標，並參閱 Kirkpatrick 四階層評估模型設計而得。問卷發放部分，採取書面調查法，於課前、課中及課後對學生進行調查，比較創客育成法於導入前、過程中及投入後的效果及影響。

2. 學生學習成效部分：課後進行紙本填答，學生學習成效問卷設計回應 CDIO 課程大綱標準 11：評量學生個人、人際交往能力及產品、流程與系統能力，以及專業知識的學習成果。由標準 11 提及之五個面向，對應出學科知識、個人學習、協同合作、工程實踐能力、創新能力五個面向來評估學生學習成效。不僅能夠透過自評讓學生思考學期過程中，知識到應用的關係，以及更加了解自我學習情況；亦能探究建築與都資兩系之間，同學跨域分組時各自在當中的學習成效，並將自評與互評問卷做為對照樣本，了解學生能力實際培養情形。

透過問卷評估，可以提供數據幫助本研究了解及判斷創客育成法之投入是否達到目標及有效運作，對整體造成改變。如同將課程事先投入兩個短期模組課程作為學期制課程的前導，回應 CDIO 中的第 12 項標準：以持續改善為目標，回饋予學生、教師及其他利益相關人。然而，本研究並未使用 CDIO 工程教育所提供之 12 項標準作為教育計劃改革和評估的指導方針。因為本研究除了以 CDIO 工程教育為創客育成法之基石外，亦包含了多少教育架構設計及模型組合而成，為探究其整體課程發展之整體性，Kirkpatrick 能幫助本研究針對學生訓練項目進行有層次與系統的分類，評估學生在創客育成法學習機下，所產生的反應評價、知識內化、行為轉換，及績效貢獻程度，以下將對 Kirkpatrick 四層次評估模式做介紹。

美國訓練與發展協會(American Society of Training and Development, ASTD)認為，評估課程的學習成效可以改善課程，確定教材是否達成學習目標以及評估其價值 (Van Buren, 2002)。本研究以 Donald L. Kirkpatrick 於 1959 年提出 (Kirkpatrick, 1977)，對於訓練成效，評估的四個層次：反應(Reaction)、學習(Learning)、行為(Behavior)、成果(Result)，為本問卷設計基礎，了解學生於創客育成法之學習成效。Kirkpatrick 模式屬於總結式評鑑，其主要在衡量訓練課程之效果、效率、價值或貢獻，該模式於每一個層級均有其中心議題及明確的評估項目(表 3)。

有別於傳統的評估模式，Kirkpatrick 評估模式的特點在於關注學生學習之後，知識的遷移與技能的獲得和實踐應用能力的改變，同時關注學生學習之後，對組織社會的影響。以本研究為例，在創客育成法之課程架構調整下，運用 Kirkpatrick 評估學習成效，藉由檢視學生的滿意度、知識技能的獲得、課程結束後的表現情形、呈現或反映在學校組織社會的影響程度來加以了解。其中反映層次評估學生對課程的接收度和滿意度單；學習層次評估學生對於學習所獲得的概念、知識及技術等的理解或吸收程度；行為層次評估接收課程教導後行為改善的程度，是否應用於專案開發；結果層次評估學習後所產生之最後結果，核心能力的養成與否及對組織目標之貢獻及成效程度。

本研究依據 Kirkpatrick 四階層模式予以進行題項設計外，採用李克特(Likert scale)五尺度量表方式填答，依據受試者對每一題的看法，問題的同意程度由非常不同意(1)到非常同意(5)系統性資料蒐集進行資料編碼與檢視。李克特量表由美國社會心理學家李克特(Rensis Likert)於 1932 年首先提出，並因此得名，是目前社會調查和心理測驗等領域中最常使用的一種態度量表形式 (Likert, 1932)。李克特量表由一組與主題相關的問題或敘述組成，用來表明被受測者對於某一事物的態度、看法、評價或意見，對每一個題目給出表示五種等級的答案，而個題得分累加後即可得出態度總分，反映被受測者對某事物或主題的綜合態度，量表總分越高，說明受試者對某事物或主題的態度越積極。

表 3: Kirkpatrick 應用課程問卷設計

層次	定義	舉例
反映層次	針對受訓者對訓練課程內容及規劃之滿意度調查。	A 3 我認為本次的幾位講師教學內容具有啟發性 A 4 我認為從設計理解與思考、設計製作與應用、到設計呈現與行銷的工作營流程是重要的 A 6 我認為此工作營空間非常適合用於本次的學習
學習層次	評量受訓者根據課程所習得之知識技能與態度的增進程度。	B 1 我有學到如何進行設計理解與思考 B 2 我有學到如何進行設計製作與應用 B 3 我有學到如何進行設計呈現與行銷
行為層次	評量受訓者在訓練課程後，所造成的學習遷移狀況，是否能有效實際應用。	C 1 我能夠將設計理解與思考用於本次工作營的專案開發 C 5 我能夠與跨域學員合作完成本次工作營的專案開發 C 6 我能夠應用所學完整執行本次工作營的專案開發
結果層次	參與者完成訓練後所帶來的轉變結果、效益及貢獻。	D 2 我能夠以更多元的文化觀和國際觀進行思考 D 4 我能夠在未來就業市場上具備更多元的競爭力 D 6 我能夠開始與不同背景的人進行溝通與協調

將問卷進行資料編碼與檢視後，將數據匯入 SPSS12 軟體進行統計分析。SPSS 是統計產品與服務解決方案(Statistical Product and Service Solutions)的簡稱，1968 年，美國史丹佛大學(Stanford University)的三位研究生所開發出的軟體，爾後成為 IBM(International Business Machines Corporation)公司推出的一系列用於統計學分析運算、數據挖掘、預測分析和決策支持任務的軟體產品及相關服務的總稱。SPSS 系統分析信度，旨在針對問卷之內部一致性，避免因為語意之問題、尺度標示之問題、分類模糊的問題，使填答者不知所云，而就其自己的理解加以填答，造成了填答者間頗不一致的現象，而喪失了問卷之效度。因此，本研究以 SPSS 作為問卷之分析工具，檢驗問卷之信度與效度分析。

為瞭解創客育成法之成效，本研究將 PBL、CDIO、跨領域合作、創客精神 四個要素分別投入 Kirkpatrick 四層次量化問卷 中，依不同比例分佈於問卷，顯示各層次所反應出的結果。問卷佐以質性問卷的回饋，幫助本研究了解創客育成法在培育創客之課程設計之成效。問卷分為六大部份，第一部分設計 3 題，針對創客育成法之整體滿意度做問答；第二部分至第五部分分別以 Kirkpatrick 四層次依序設計，每個部分 12 題，共計 51 題；最後第六部分為質性問答題，共兩題，對創客育成法之投入做自我學習成效評估。

研究將 PBL、CDIO、跨領域合作、創客精神四個要素分別投入 Kirkpatrick 四層次量化問卷中，依不同比例分佈於問卷，並按 4 層次順序擺放問題，對學期制課程參與同學施測。並在設計問卷題目時避免太過冷僻的專業詞語，避免受測者對問卷題目的遣詞用字產生疑問。表 4 個別提出各個層次所對應之組成要素所設計的題目範例對應表：

表 4: 創客育成法四要素對應 Kirkpatrick 四層次 (隨機抽取範例)

層次	問題設計	要素識別
反應層次	2.1 從本次的課程學習經驗當中，教師有教導或鼓勵同學進行資訊分享與整合	跨域合作
學習層次	2.5 從本次的課程學習經驗當中，我有學到如何對議題需求進行探究	CDIO
行為層次	2.9 從本次的課程學習經驗當中，我能夠應用所學於專案開發的過程	PBL
結果層次	2.12 從本次的課程學習經驗當中，未來我能夠協助團隊發覺生活問題並運用創意進行改善與實踐	創客精神

問卷設計將問題分成從非常不同意到完全同意五個尺度(完全不同意=1，不同意=2，中立=3，同意=4，完全同意=5)，答案越正向分數越高，測評問卷格式範例如表 5

表 5: 課程評估問卷範例

◆ A_4.4 從本次的學習經驗當中，我能夠與不同背景的同学進行跨領域合作						
完全不同意	1	2	3	4	5	完全同意

本研究因研究問題之旨趣，欲探究常建築與都資兩系之間，同學跨域分組中，不同學生在不同能力當中的學習成效，在學生學習成效問卷中，學生於整個課程結束後進行自我測評以及同儕互評，作為必較樣本。自我測評可以幫助學生思考他們的學習經驗不僅有助於他們更清楚理解所學到的知識與應用之間的關係。同儕互評方面，由同組的學生，在與他人互動的學習歷程中，根據本研究之問卷跳脫學生的角色，嘗試以教師的角色去評量其他同組同學。藉此，提供本研究多元化的資訊，進而與同學自評做為對照，達到學生學習成效之可信度，作為本研究之學生能力培養之研究。

學生學習成效部分回應 CDIO 課程大綱標準 11：評量學生個人、人際交往能力及產品、流程與系統能力，以及專業知識的學習成果。由標準 11 提及之五個面向，對應出學科知識、個人學習、協同合作、工程實踐能力、創新能力五個面向來評估學生學習成效。透過同儕互評了解學生彼此實際學習情況填答，學生在進行測評時，同時填答自評與互評問卷，作為相對應的公平性。問卷依據個人能力之培養分為五大面向反饋同儕學習狀況，每一類兩題，共計 10 題，同儕互評問卷格式範例如表 6：

表 6: 同儕互評問卷範例

◆ B_4.1 我覺得他/她能夠善用所學的知識與技能於專案中						
完全不同意	1	2	3	4	5	完全同意

根據上述所呈現之問卷範例，對學期制課程所參與的學生進行測評，期望能夠藉由問卷了解創可育成法之成效，並從中分析創客育成法分別於建築系與都資系之成效，以及學生的反應；更進一步地，了解學生個人學習成效，評估創客育成法是否能有效提升學生五大面向之能力。

◆ 實施程序

本研究的問卷實施程序分成前測、中測、後測三個階段，三階段的問卷將會一致，以比較學生在接受不同階段與程度的創課育成法後所反映出來的學習成效。

1. 前測階段: 前測的目的是做為比較資料的材料，因此會在本計畫的課程尚未實施前便對所有參與學生進行普查，建立起對於過去課程累積至今的一個標準前置資料。
2. 中測階段: 中測階段主要檢驗學生在初步投入創客育成法後的成效，目的是從資料中觀察出創客育成法所需要及時修正或是可以持續強化的地方，以便調整出對學生學習最有幫助的教學方法與內容。
3. 後測階段: 後測階段則是在課程完成後實施，此時創課育成法已全部實作完畢，可以進一步的檢驗學生在接受完整的創課育成法後學生的學習成效。透過前中後測間的比較，本研究便可以評估創客育成法的投入成效，以及學生本身在學習上的成效兩者，如此一來便能夠找出優勢與劣勢的項目，以做為持續改進創客育成法的依歸。

◆ 資料處理與分析

所謂信度是指針對問卷之內部一致性，避免因為語意之問題、尺度標示之問題、分類模糊的問題，使填答者不知所云，而就其自己的理解加以填答，造成了填答者間頗不一致的現象，而喪失了問卷之效度。學者 Nunnally 認為 Cronbach's alpha(α)應大於 0.7，若 Cronbach's alpha(α)低於 0.35 者則必須拒絕 (Nunnally, 1978)，各問卷之信度分析如表 7。本研究以 Cronbach's alpha(α)係數來衡量其信度，信度分析採用 SPSS12 統計軟體，針對回收問卷進行信度分析結果。

表 7: 各項問卷信度分析規劃

變數名稱	個數	Cronbach's alpha(α)信度
建築系	前測	
	中測	
	後測	
都資系	前測	
	中測	
	後測	

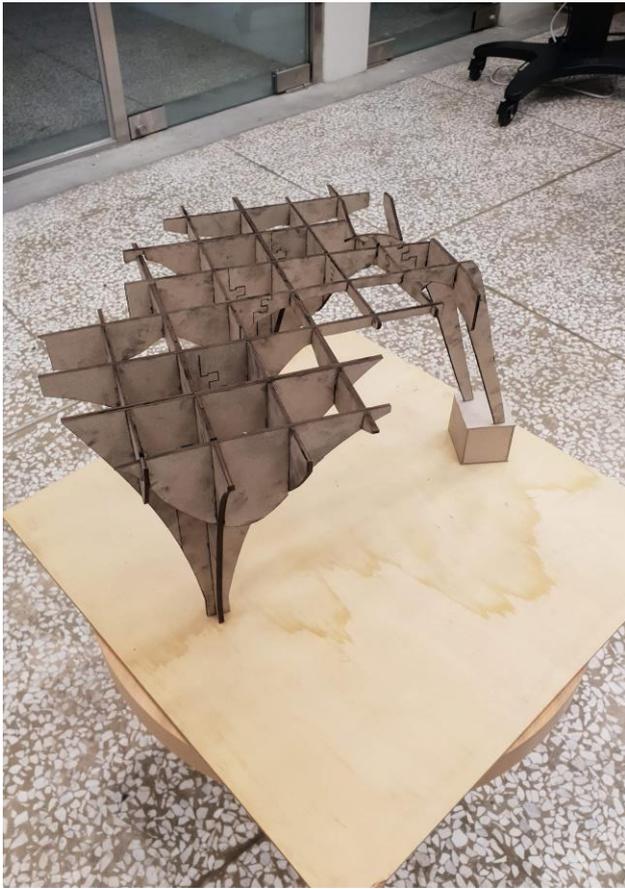
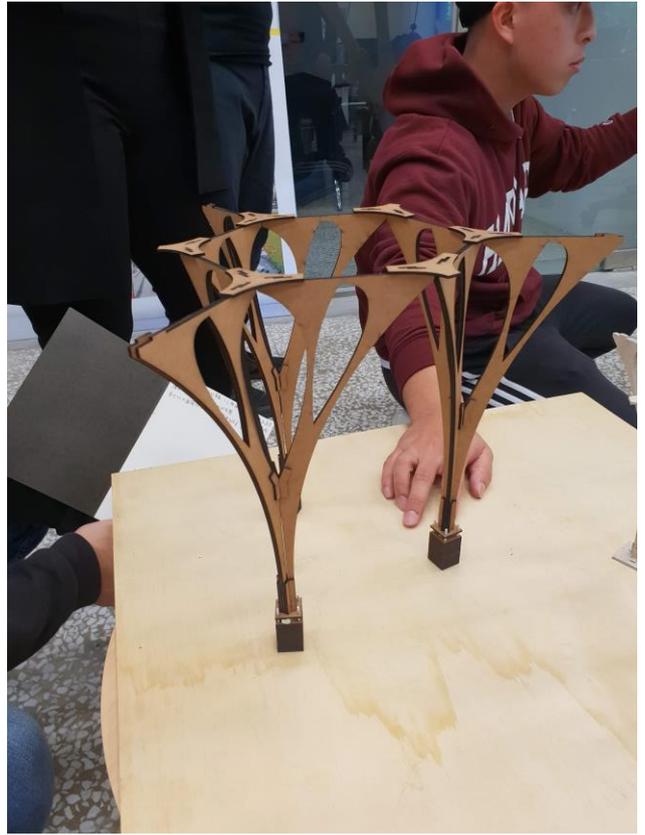
肆、完成工作項目與成果

本研究計畫的教學具體成果會展現在新課程的規劃與執行(CDIO 基礎的專案導向式教學)，以及創新教材教法的專案成果上(從設計到製造的一體化流程)。本專案的成效特點在於實際專案的產出以及聯合策展的概念，因本專案所提出的課程會以專案導向式學習為主軸，故過程中都會以「做中學」的從設計到製造一體化流程，持續的產出各種試驗性的試驗作品或原型，甚至是已具備真實使用的實體構築。最終亦將會把專案成果進行公開的展覽，聯合各項支持性的課程或教學活動進行聯合策展，將學生學習成果推向具體實踐與運轉回饋的另一高峰，使學生被看見，進而有機會成為社會與企業須用即用人才。

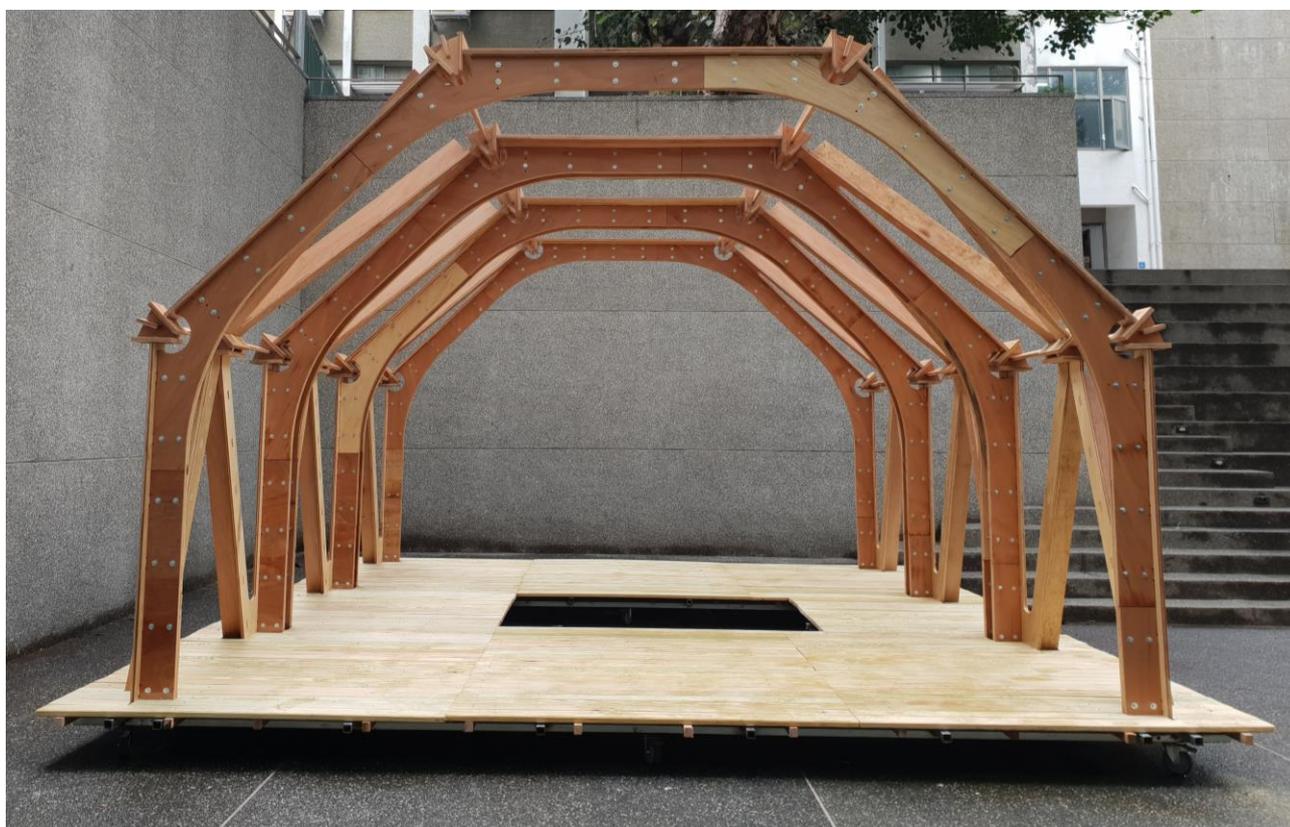
故方案的成效可以直接從成果進行展現與評估，可供檢視的目標如下：

一、產出複數個專案提案與原型





二、產出 1 個實體構築構造物





三、產出數個跨域合作工作營





四、與系所核心目標對應

本方案是以專題導向學習(Project-based Learning)為主要操作手法，在專題發展的過程中除了能逐步建構知識與技術，更能以專案實踐作為知識與技術驗證的依歸。除此之外，透過以專案團隊和學習社群為基礎所構成的設計工作室(Design Studio)，更能具體培育出具備溝通協調與團隊合作軟實力的人才。在此前提下，本方案的學生成效評量概括如下：

表 8: 系所核心能力與學習成效的對應關係

系所核心能力	對應學習成效評量
具備建築設計之基本能力	是否發展具備實踐可能之專案
具備環境規劃之基本能力	是否具備環境議題規畫之能力
具備建築結構、營建管理、環境控制等科技運用基本能力	是否整合相關知識技術並應用於專案
具備建築設計作品展現(圖說及多媒體)之基本能力	是否能有效呈現專案發展流程與最終成果
具備溝通協調、團隊合作、專業倫理與社會責任之能力	是否能與專案團隊成員進行互動與合作
具備認知全球建築趨勢及永續環境相關議題之能力	是否能構思議題並找出具體需求或待解決之問題

表 9: 依據系所核心能力與學習成效之對應關係，進行 Rubrics 評量

Rubrics: 是否發展具備實踐可能之專案	
4	評量標準描述: 發展出具體專案規畫「與」可驗證之專案模型
3	評量標準描述: 發展出具體專案規畫「或」可驗證之專案模型
2	評量標準描述: 發展出初步專案規畫「與」半成熟之專案模型
1	評量標準描述: 發展出初步專案規畫「或」半成熟之專案模型

Rubrics: 是否具備環境議題規畫之能力	
4	評量標準描述: 發展出具體專案規畫方案並轉換成高可行之設計
3	評量標準描述: 發展出具體專案規畫方案並轉換成半成熟之設計
2	評量標準描述: 發展出具體專案規畫
1	評量標準描述: 發展出初步專案規畫

Rubrics: 是否整合相關知識技術並應用於專案	
4	評量標準描述: 專案有用到多項相關知識與技術
3	評量標準描述: 專案有用到單項相關知識與技術
2	評量標準描述: 專案有初步用到相關知識技術但並不成熟
1	評量標準描述: 專案未用到相關知識技術

Rubrics: 是否能有效呈現專案發展流程與最終成果	
4	評量標準描述: 專案能透過圖說「與」多媒體展現成果
3	評量標準描述: 專案能透過圖說「或」多媒體展現成果
2	評量標準描述: 專案僅有初步的成果展現
1	評量標準描述: 專案未能展現成果

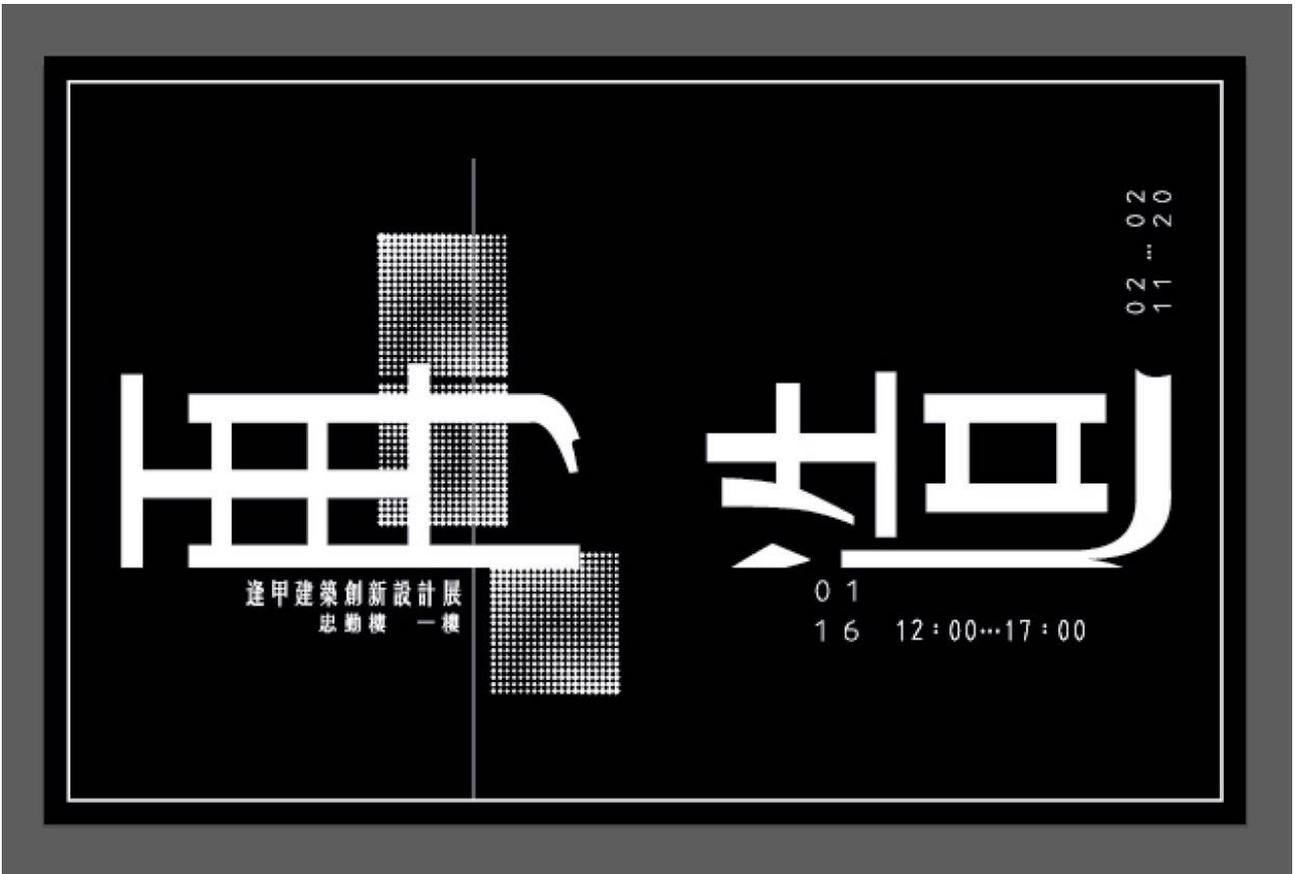
Rubrics: 是否能與專案團隊成員進行互動與合作	
4	評量標準描述: 有透過專案與「多種」領域成員進行互動或合作
3	評量標準描述: 有透過專案與「單一」領域成員進行互動或合作
2	評量標準描述: 專案「少有」與他人互動或合作
1	評量標準描述: 專案「沒有」與他人互動或合作

Rubrics: 是否能構思議題並找出具體需求或待解決之問題	
4	評量標準描述: 專案有構思核心議題，且能找出具體需求或問題並解決之
3	評量標準描述: 專案有構思核心議題，且能找出具體需求或問題，但解法不成熟
2	評量標準描述: 專案有構思核心議題，但未能找出具體需求或問題
1	評量標準描述: 專案「沒有」構思核心議題

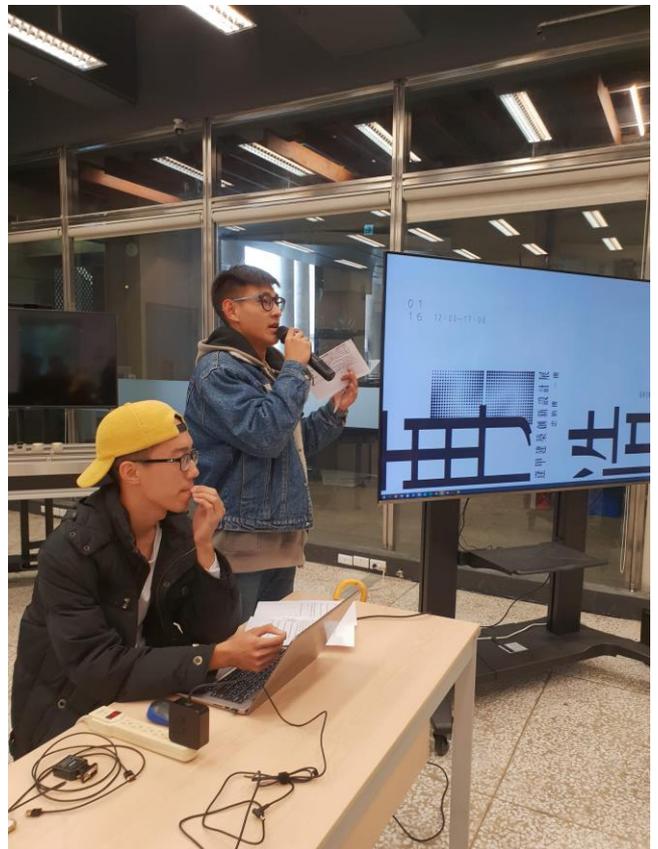
◆ 教學成果公開發表分享

一、產生 1 場聯合成果展覽





二、以學生為主體進行公開發表



三、發表學術文章或專刊進行推廣

本計畫申請者對於教學研究成果的整理不遺餘力，希冀能夠透過各種公開發表的方式擴增對於教育翻轉的貢獻和影響力，相關的文章發表如下

- 沈揚庭*,鄭博仁,李承哲,許佳傑,王彥鈞,李怡瑩,孫子皓, "建築放送台: 邁向群眾的建築社會實踐," Accepted by 建築學報, [TSSCI], 2018. (TSSCI).
-
- Shen, Y. T.*, Chen, X. M., Lu, P. W., & Wu, J. C., "Use BCI to Generate Attention-Based Metadata for the Assessment of Effective Learning Duration," International Conference on Learning and Collaboration Technologies, pp. 407-417, 2018-07. Caesars Palace.

四、透過公開演講擴散影響

- 《建築創客: CDIO 專案導向教學於業界對接解決真實場域問題》，逢甲大學，2019-02-15
- 《智慧營建跨域整合》，逢甲大學教務處，2019-01-08
- 《建築創客的地方創生: 技術導向的社會實踐設計 台南應用科技大學室設系》，2018-12-07
- 《創客的城市游牧! 自造文化與空間思維》，勞動部勞動力發展署，2018-11-19
- 《Architecture Maker: Technology-empowered Design》，大陸華南理工大學建築院研究所沙龍講座，2018-11-12
- 《建築創客: 技術力賦權下的跨域設計與創新實踐》，大陸華南理工大學建築院，2018-11-08
- 《都市即大腦: 運用參與式感應達成人人治理的智慧城市》，彰化師範大學地理系，2018-10-31

伍、参考文献

1. Alliger, G. M., & Janak, E. A. (1989). Kirkpatrick's levels of training criteria: Thirty years later. *Personnel psychology*, 42(2), 331-342.
2. Bankel, J., Berggren, K. F., Blom, K., Crawley, E. F., Wiklund, I., & Östlund, S. (2003). The CDIO syllabus: a comparative study of expected student proficiency. *European Journal of Engineering Education*, 28(3), 297-315.
3. Bankel, J., Berggren, K. F., Engström, M., Wiklund, I., Crawley, E. F., Soderholm, D. H., ... & Östlund, S. (2005). Benchmarking engineering curricula with the CDIO syllabus. *International journal of engineering education*, 21(1), 121-133.
4. Berggren, K. F., Brodeur, D., Crawley, E. F., Ingemarsson, I., Litant, W. T., Malmqvist, J., & Östlund, S. (2003). CDIO: An international initiative for reforming engineering education. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 2(1), 49-52.
5. Crawley, E. F., Malmqvist, J., Lucas, W. A., & Brodeur, D. R. (2011). The CDIO syllabus v2. 0. An updated statement of goals for engineering education. In *Proceedings of 7th International CDIO Conference, Copenhagen, Denmark*.
6. Crawley, E., Malmqvist, J., Ostlund, S., & Brodeur, D. (2007). Rethinking engineering education. *The CDIO Approach*, 302, 60-62.
7. Hallström, S., & Kutteneuler, J. (2004). Experiences from a three-semester design-implement project course. *The Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden*.
8. Jianzhong, Z. (2008). On CDIO model under learning by doing strategy. *Research in Higher Education of Engineering*, 3, 1-6.
9. Kirkpatrick D. L. (1967). Evaluation of training.
10. Kirkpatrick D. L., *Evaluating training programs*. Tata McGraw-Hill Education, 1975.
11. Kirkpatrick, D. L. (1977). Evaluating training programs: Evidence vs. proof. *Training Dev J*.
12. Kirkpatrick, D. L. (2009). *Implementing the Four Levels: A Practical Guide for Effective Evaluation of Training Programs: Easyread Super Large 24pt Edition*. ReadHowYouWant. com.
13. Shen, Y. T., & Lu, P. W. (2012, October). Learning by annotating: a system development study of real-time synchronous supports for distributed learning in multiple locations. In *Information Science and Service Science and Data Mining (ISSDM), 2012 6th International Conference on New Trends in* (pp. 701-706). IEEE.
14. Shen, Y. T., & Lu, P. W. (2013). Engage the power of social community in the lecture-based learning by using the collaborative tagging system. *Journal of Convergence Information Technology*, 8(11), 485.
15. Shen, Y. T., & Lu, P. W. (2014, June). BlowBrush: A Design of Tangible Painting System Using Blowing Action. In *International Conference on Distributed, Ambient, and Pervasive Interactions*(pp. 184-195). Springer, Cham.
16. Shen, Y. T., Lu, P. W., & Chen, X. M. (2017, July). Brain Tagging: A BCI and HCI Tagging System to Evaluate the Learning Contents. In *International Conference on Learning and Collaboration Technologies* (pp. 46-54). Springer, Cham.
17. Shen, Y. T., Shiu, Y. S., & Lu, P. (2016, October). City Probe: The Crowdsourcing Platform Driven by Citizen-Based Sensing for Spatial Identification and Assessment. In *International Conference on Cooperative Design, Visualization and Engineering* (pp. 69-76). Springer International Publishing.
18. Shen, Y. T., Shiu, Y. S., Liu, W. K., & Lu, P. W. (2017, July). The Participatory Sensing Platform Driven by UGC for the Evaluation of Living Quality in the City. In *International Conference on Human Interface and the Management of Information* (pp. 516-527). Springer, Cham.
19. Tianbao, W., & Weidong, C. (2010). Study and Practice on Innovative Engineering Talent

- Cultivation Model Based on CDIO [J]. *Research in Higher Education of Engineering*, 1, 003.
20. WANG, S. W., & HONG, C. W. (2009). CDIO: the Classic Mode of Engineering Education in MIT—An Unscrambling on the CDIO Syllabus [J]. *Journal of Higher Education in Science & Technology*, 4.
 21. Yi-zhen, L. I. N. (2008). Analysing the CDIO Model for Higher Engineering Education [J]. *Journal of Harbin University*, 4, p137-140.
 22. 李隆盛.(1994). 工藝教材教法新趨勢: 模組化的課程設計與解決問題的教學策略. *科技與職業教育的課題* (頁 317-341). 台北: 師大書苑.
 23. 沈揚庭, 方虹翊, 何妍萱, 盧煥錡.(2014). 生灰計畫—混合式香灰材料: 應用於製成模矩化器皿之研究. *2014 藝術論壇: 跨領域藝術融合*, P26-29.台灣.
 24. 沈揚庭, 曾婉瑜, 雷祖強, 徐逸祥.(2016). 體感互動應用於體驗式教學之研究—以「逢甲校園 ISPACE 虛擬實境體感互動」設計為例. *都市計畫與空間資訊研討會*.
 25. 沈揚庭, 雷祖強, 徐逸祥.(2015). 未來教室: 科技中介、社群融入、空間擴增的學習環境. 智慧化居住空間. 專題報導.
 26. 沈揚庭, 劉為光, 徐逸祥.(2015). 智慧城市資訊視覺化互動決策平台. *2015 台灣地理資訊學會年會暨學術研討會*.
 27. 沈揚庭, 蔡明峰, 戴沛吟.(2016, Oct)發展 CDIO 創客育成法應用於專案導向工作坊," 2016 年 E 時代的教育創新國際學術研討會—從翻轉 教室到育從翻轉 教室到育", P17 , 2016-10.
 28. 沈揚庭, 戴沛吟.(2016). 以 CDIO 精神發展創客育成模式之課程設計與評估. *高等教育研究紀要*, 5: 81-100.
 29. 沈揚庭.(2012). 識域: 科技中介, 社群融入, 空間擴增的學習環境. *成功大學建築學系學位論文*, 1-209.
 30. 施勳鈐.(1997). 生活科技課程模組化教學之探討. *中學工藝教育*, 30(7), 16-20.
 31. 查建中.(2008).論“做中學”戰略下的 CDIO 模式. *高等工程教育研究*, (3), 1-6.
 32. 胡文龍.(2014). 基於 CDIO 的工科探究式教學改革研究. *高等工程教育研究*, (1), 163-168.
 33. 曾婉瑜.(2016). 體感互動應用於體驗學習之研究—以逢甲大學 iSpace 為例. *逢甲大學創意設計碩士學位學程學位論文*, 1-130.
 34. 顧佩華, 沈民奮, 李升平, 莊哲民, 陸小華, & 熊光晶.(2008). 從 CDIO 到 EIP-CDIO—汕頭大學工程教育與人才培養模式探索. *高等工程教育研究*, (1).