

以多群組結構方程模型探討前瞻科技短期跨域實作課程之學習成效

張總礚^{1,*} 陳泓勳²

¹國立陽明交通大學 校務大數據研究中心

²國立陽明交通大學 教學發展中心

摘要

本研究目的為探討跨域生與本系生在前瞻科技短期跨域實作課程中的學習成效差異，及影響其學習的相關因素。研究透過訪談瞭解學生課後的認知發展特徵，並比較跨域生及本系生選課動機、主動學習及學習成效之差異。同時也探討主動學習在選課動機及學習成效間的中介效果，及學習初始能力(跨域生、本系生)在研究模型中是否具有調節效果。研究對象為北部一所大學，參與106至108學年度第一學期短期跨域實作課程之學生。本研究採用問卷調查法招募158位選修短期跨域實作學生填寫選課動機、主動學習及學習技能量表，並輔以訪談法招募87位學生敘說學習收穫及困境，並從訪談內容判斷學生的認知發展階段。研究發現學生參與課程後，有81.6%認知發展階段落在理解及應用階段。跨域生及本系生的選課動機、主動學習及學習成效無顯著差異。主動學習能中介選課動機與學習成效間的關係，以及學習初始能力(跨域生、本系生)在研究模型中具有調節效果。

關鍵詞：前瞻科技、短期課程、創新教學、跨域實作、學習成效

壹、緒論

短期(short-term)課程的學習效果經常受到質疑，可能源自於課程內容未連結學生的生活經驗(Moon, 2004)，以及課程設計無法啟發學生主動學習(active learning)能力(Houseknecht, Bachinski, Miller, White, & Andrews, 2020)，學生僅能在短期間內被動地吸收老師提供的知識，無法有效地實踐課堂所學(Moon)。近期，短期課程逐漸受到學界重視，為提升課程的學習效果，開始引

入實作、探究、研究或問題導向等學習方法(Shaffer et al., 2010; Wenzel, 2006)。許多科學教育工作者皆明白，基於探究或研究型實驗室在教學上具備效益，它能提高學生的自主性(White & Nitkin, 2014)、成就感(Deckert, Nestor, & DiLullo, 1998)及對相關主題的興趣(Ramos Goyette & DeLuca, 2007)。而科學、科技、工程與數學(Science, Technology, Engineering, and Math, STEM)的整合教學模式也以探究式及實作式教學法滿足學生的學習基礎知識後，繼續延伸學習的整合性及

*通訊作者：張總礚，simple@nycu.edu.tw

(投稿日期：民國110年3月2日，修訂日期：民國110年9月19日，接受日期：民國110年9月19日)

延續性課程需求，使學生能夠從更廣、更多元的可能性去探究問題的本質，進而使學生的科學素養能夠有所增長(Maryland State Department of Education, 2012)。這種以學生為中心的教學法最終可幫助學生提高應用科學過程的能力。

短期課程的教學模式也經常被應用於跨域(interdisciplinarity)的學習環境(Moon, 2004)，研究發現跨域的教學法可以提高學生對科學概念的表達(Bicak & Bicak, 1990)，以及不同科學課程思維間的相互關聯的理解(Kosal, Lawrence, & Austin, 2010)。因此，跨域的學習經驗可以幫助學生發展他們運用跨學科的特性，以及與其他學科的交流及合作能力來滿足學習需求(Brewer & Smith, 2011)。近期，國際上許多大學皆提出短期跨域實作課程來打破學科界線，增加專家或學生間相互學習的機會(Bronet, Smith, Holland, & Cramer, 2005; Shekhar & Borrego, 2017)，特別是科技引領各界試圖改善人類環境、政治、健康及社會等複雜問題時，更需要組織跨域團隊，從不同領域的觀點或技術解決複雜結構的問題(Newell, 2001)。教育界則站在人才培育的角度，建構以學習者為中心的環境，引導學生組織小型跨域團隊嘗試解決現實世界中的複雜問題，鼓勵學生透過分析問題、從多個來源獲取訊息並合作提出連貫的解決方案，來為自己的學習負責(Takavol & Reicherter, 2003)。此種學習方式能有效提高學習滿意度、推理、問題解決及合作能力(Albanese & Mitchell, 1993)。

國內教育部近年來推動跨域學習政策，許多高等教育機構紛紛規劃以跨域為主軸的短期實作課程、微學分或工作坊等。由於短期課程常被界定為提供學生探索、分享及交流等目的，極少相關研究探討短期課程或為

它提出一套成效評估方案。特別是以前瞻科技為主題的短期跨域實作課程，受到學校的教學人力、環境及資源影響，在有限的條件下要建構一套具規模的成功方案實屬不易。本研究將以臺灣北部一所大學的前瞻科技工坊為研究對象，該方案包含七個領域小組(如：機器人、擴增實境[Augmented Reality, AR]、虛擬實境[Virtual Reality, VR]、物聯網)，每個領域小組依循學生的學習需求，開設創新議題的課程內容。本研究目的為建立一套適合評估短期跨域實作課程之評量方法，並利用此方法探討跨域生及本系生在前瞻科技短期跨域實作課程中的學習成效差異及其學習影響因素。

貳、文獻探討

一、短期跨域實作學習

跨域起源於柏拉圖、亞里斯多德和黑格爾等多位哲學思想家，他們認為真正有學識的人應該將他們的知識整合為一體而非細分(Klein, 1990)。到了19世紀，工業革命和知識爆炸性成長導致學界被劃分為多個學科。隨著時間的推移，每個學科都築起了知識的圍牆，以保持不可或缺的地位。然而，複雜的社會、政治、健康和環境問題無法藉由單一學科來解決(Buchbinder et al., 2005)。Newell (2001)指出跨域是解決複雜問題的必要手段，特別是複雜的結構和行為，解決此類艱鉅任務需要多個利益相關者的觀點。近年來，學界開始呼籲拆除學科之間的界線，促進跨域合作，鼓勵學生人際互動和反思學習(reflective learning) (Haynes, 2002)，才能有效促進學生理解不同學科觀點之關聯性，整合不同領域的思維或技能，進而提高學習動機(motivation) (Klein)。

勇於跨域的人常對問題保持懷疑的態

度，Dewey (1997)認為只有在反思時才能產生真正的學習，因學習過程需經歷內部的自我對話，這種後設認知能使學習者將學習轉移到新的情境中(Bransford, Brown, & Cocking, 2000)。Kolb (1981)歸納此認知轉變歷程提出體驗學習理論(experiential learning theory)，該理論定義學習是過程、知識是結果，當學習者沉浸於學習體驗時，學習能轉變成知識。Kolb (1984)認為最有意義的學習為學習者透過抽象概念(abstract conceptualization)、主動驗證(active experiment)、具體經驗(concrete experience)或反思觀察(reflective observation)四個階段，將學習體驗轉變為知識的過程。此概念也應用於「跨域實作學習」(interdisciplinary hands-on learning)，強調課程設計須與學生生活和社會需求相連結，讓學生在學習過程中透過動手做(learning by doing)及情境體驗去理解知識概念、體驗真實的環境和問題解決歷程(Schwartz & Dunkin, 2000)。當實作學習與跨域結合時，能吸引不同領域的學生參與，學習過程中能激盪出新的知識概念或技術，再透過問題解決或實作歷程強化理論與實務的連結(Ryser, Halseth, & Thien, 2009)。

為了促進不同領域的學生相互學習，各界紛紛規劃短期課程、工作坊或演講，目的是在短時間內提供一系列強化學習活動，提供學生體驗或探索不同領域的知識(Bronet et al., 2005)。近期，校園中的短期跨域實作學習也常透過轉化學習、自主學習、體驗學習(experiential learning)和合作學習等課程設計，來改變學生的思維習慣，這些轉變須依賴積極參與感興趣的話題，導致體驗學習活動的興起(Kolb, 1984)。體驗學習是指任何能讓學生進入體驗的活動，而非透過書籍或研究參與，包含：實驗、模擬、實地考察、社區訪談、專家小組和服務學習等都是體驗學

習的例子(Svinicki & McKeachie, 2011)。體驗學習另一方面是增加主題與學習者的關聯性，Eyler (2009)認為將學生帶入社區的體驗學習活動，使學生能夠與社區互動，增加瞭解世界問題的機會。

二、短期跨域實作學習的課程設計

根據Bronet等(2005)對全國工業和產品設計項目進行的調查發現，職場將專業人員分為兩類，一類強調技術或工程專業知識(如工程學校)，另一類強調美學或藝術專業知識(如藝術或建築學校)，兩者間幾乎沒有重疊，他們無法整合彼此的見解和專業知識，也未能將產品如何塑造出社會和文化間的關聯性，或這些關聯性如何塑造產品的專業知識納入課程中。為了強化學科間的交流，讓科技幫助人類解決社會及環境問題，學界透過短期課程或工作坊營造跨域環境，讓原本在工程環境中僅會迅速索取關鍵參數列表、將社會的複雜問題簡化為單純問題的學生，轉化為在多學科環境中的產品設計過程能關注社會問題者(Bronet et al.)，這些學習行為轉變的關鍵在於有效的課程設計。

短期課程因時間短，課程設計成為學習成敗的關鍵。目前「影響力」(impact)是短期課程和工作坊的教育目標，其目標並非於課程結束時獲得知識和技能，而是在實踐中發生相關的改變，特別是對學生的學習、培育和專業發展的影響性(Moon, 2001)。課程發展第一個考慮因素為學習目標和預期成果，目標是授課教師或輔導員意圖表達對預期學習範圍或課程整體方向的指示，它受到專業標準、資格、課程內容及培育需求等結構因素的影響。學習成果則是表達學習者在課程結束時學到的東西，或學習者透過課程能夠做的事情(Moon, 2001; White & Nitkin, 2014)。

一般而言，課程通常能保證目標的實現，但不能保證學習成果的實現，因為它受到學習者參與課程與否的影響(Moon, 2004)。

至於短期課程設計近幾年迅速發展，如：體驗學習(White & Nitkin, 2014)、問題導向學習(problem-based learning) (Buchbinder et al., 2005)、討論學習(discussion-based learning) (Hanson & Stultz, 2015)及反思學習(Moon, 2004)等，皆對學生學習有明顯的影響。其中體驗學習最常被應用於短期跨域實作課程及工作坊(Moon)，課程依循Kolb (1984)的體驗學習理論設計活動，實施內容通常包含：(一)理解問題和形成團隊、(二)概念的形成、(三)概念的選擇及重複練習、(四)建構原型及(五)作品展示等五個階段。課程初期，授課教師引導學習者釐清問題及寫出問題解決流程，透過這些流程學習者須思考如何運用學科知識或技術來解決問題。接著，依照學習者的背景組成跨域團隊，在課堂上或課後允許教師(或助教)參與學生的合作學習，也允許學生利用網路資源、軟體、實驗(實作)儀器或參訪相關機構。最終要求每組學生展示作品，並由教師、同儕及專家給予回饋，目的為促進團隊合作、反思和設計的結合(Bronet et al., 2005)。這種邊做邊學的課程設計為短期實作課程的核心，讓學生意識到透過努力解決問題，才能理解和定義問題的學習歷程。

三、短期跨域實作學習成效之影響因素

(一)短期跨域實作的學習成效

學習成效為判斷學生學習成果的指標，包含：認知(cognition)、情意、技能及行為改變等評量項目(Bloom, 1956; Marzano, 2001)，目的讓教師獲得教學品質的回饋，及使學生

瞭解自身的學習狀況，並作為教學及學習改善的依據(Guay, Ratelle, & Chanal, 2008)。短期跨域實作的成效評估也依循這四項指標檢驗學生的學習效果。在認知方面常採用Bloom的認知領域教學目標去評估學生學習的認知程度，該理論強調認知歷程的漸增複雜性階層概念，目的為促進學生保留和遷移所習得的知識。Anderson與Krathwohl (2001)修訂了Bloom的理論，將認知六階層調整為：1.記憶(remember)：從長期記憶中提取相關知識；2.瞭解(understand)：從教學內容中創造意義，並連結所學新知及舊經驗；3.應用(apply)：使用程序知識來執行作業或解決問題；4.分析(analyze)：將材料或理論分解成局部，並找出局部之間對整體結構的關聯；5.評鑑(evaluate)：根據規準和標準做判斷；及6.創作(create)：利用現有的元素創造理論或作品，形成一個完整且具功能性的整體。Bloom認為有組織、有關聯性的知識相較於特殊性或孤立性的知識更容易被學習及保留，當教師提供一個能實踐高層次認知水平的環境時，學生意識到知識能應用於真實世界，會更願意冒險並接受挑戰提出解決方案(Crowe, Dirks, & Wenderoth, 2008)，特別是在跨學科的短期課程或研討會的環境中，組織跨域團隊解決複雜問題的過程，增加學生過去經驗及新知的連結，及反思和回應他人的機會(Buchbinder et al., 2005)，這些學習歷程將促進學生的高層次認知發展。

此外，短期跨域實作尚有幾項重要的成效指標。首先，動手做為實作學習的核心，理論基礎源自於Kolb (1981)的體驗學習理論，強調在經驗中學習，透過有意識的感官覺察過程，經由程序性的反思和論證，將經驗轉換成知識的過程(Healey & Jenkins, 2000)。理論也將學習過程分為四階段，1.具體經驗：以個人的感覺進行學習，像沉浸在

一個特殊情境中，對所接觸到的人事物有強烈的感受。2.反思觀察：以實際操作進行學習，有能力及耐心完成任務，透過主動驗證去影響周遭的人事物。3.抽象概念：做任何決定之前會仔細觀察周遭環境及事物的變化，偏好透過不同角度觀察事情，並尋求事情真正的意義。4.主動驗證：強調以思考進行學習，從邏輯分析概念瞭解所有情境後，歸納出有系統、有計畫的行動程序(Kolb)。Kolb的理論基礎強調反思觀察及主動驗證的重要性，Buchbinder等(2005)，以及Godman與Kingma (2013)的研究皆發現，在短期課程中若學生積極分享個人觀點，並理解他人或其他學科觀點，表示學生進入反思過程，此過程將導致抽象概念化。Moon (2004)則發現若學生能再透過實驗或實作積極地展示所學，則能帶來更進一步的新體驗。表示知識的建構是由具體經驗出發，從反思觀察中形成概念和推論，並在新情境中考驗概念。

其次，合作問題解決(collaborative problem solving) (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2012, 2015)是指在問題解決的過程中，能有效透過與團隊成員的溝通、分享及合作，共同提出問題解決的方案並加以實踐，以達合作問題解決。合作問題解決主要包含四個歷程為：探索問題與理解問題、表徵問題、計畫與執行、監控與反思；以及三大能力為：相互理解、適切的解決問題行為及維持團隊互動(OECD)。此能力在組織跨域團隊處理複雜問題時受到重視，它可促成跨學科的討論、觀點分享及分工合作(Godman & Kingma, 2013)。短期課程及工作坊也多以小組討論方式鼓勵學生探索、跨域和合作學習，相關研究發現學生參與小型跨域研討會的好處為獲得合作、支持及問題解決方法的機會，這些共同學習的經驗也會減少孤立感和意識到

自己專業的局限性，藉由團隊學習修正專業上的誤解或分享自己意見(Pomeroy & Philp, 1994)，這些資源有利於學生在該領域上持續精進。

最後，跨域能力(interdisciplinary capability)意旨兩個、多個學科或既定專業領域中，整合知識和思維模式以產生認知進步的能力，例如解釋現象、解決問題或創造產品(Boix Mansilla & Duraising, 2007)。或是藉由跨域學習及研究過程中吸取相關學科的見解，並整合這些見解，提升概念理解的全面性(Newell, 2001)。一般而言，跨域能力包含知識、技能和態度三個維度的相互作用(Andersson & Andersson, 2006)。「知識」是指透過教育計畫所獲得的領域專業知識，且需要對其他密切相關學科的核心知識有全面性的認識。

「技能」則著重於與不同專業領域者互動的能力，如：溝通、協調、妥協、傳達自己的知識，以及評估其他專業人士意見的能力。

「態度」是指學生(或專業人士)從自己的專業領域跨越到另一個領域的意願(Andersson & Andersson)。因此，知識和技能代表構成職業基本角色的能力維度，態度則與跨域能力密切相關，隨著知識和技能在教育計畫中逐漸發展，態度也會隨之發展。

(二)選課動機與學習成效

短期跨域實作課程多以開設特定主題為主，吸引對該主題有興趣的不同領域學生(或專業人士)，學習成效深受學生的動機(Cortright, Lujan, Blumberg, Cox, & DiCarlo, 2013)影響。因為學習的開端是選課，接續才是學習投入，而選課涉及學生對學習內容的選擇與決定，反映出隱含的學習動機(Ryan & Deci, 2006)。從自我決定論(self-determination theory)的角度觀之，秉持自主性動機(autonomous motivation)者選課會考

量個人內在興趣及未來生涯目標，進而促發積極的學習投入。反之，選課時以避免不及格、偏好得高分為由，或被動地接受他人建議皆屬於外在資訊動機(extrinsic informational motivation)，會減損內在學習動力且擔心學習成果不佳等惡性循環(Ryan & Deci)。李宜玫與孫頌賢(2010)使用臺灣高等教育資料庫研究大專校院學生的選課動機時發現，大學生在學習行為、滿意度與學習投入時間受到自主性動機的正向影響，以及受到外在資訊動機的負向影響，證實了引導大學生採取積極與自主學習態度的重要性。Cortright等也發現若學生對學習主題具備強大的好奇心及內在動機，且教師能依循學生的特質去設計課程，透過課程活動將能激發學生主動學習、善於學習及渴望學習新事物的習慣，學習結束後這些學生的課程表現也會明顯的成長。

(三)主動學習在選課動機與學習成效間扮演中介角色

主動學習是指規劃有意義的活動讓學生主動或積極地投入課堂學習，此方法被教育者大量應用於創造正向的學習環境(Shekhar & Borrego, 2017)，教師們認為學生想瞭解現實世界及畢業後所面臨的複雜性問題，在學期間為學生提供一個參與真實世界及主動學習的環境，更能促進學生反思、團隊合作、加速學科內和跨學科等學習效果(Buchbinder et al., 2005)。在STEM學科研究中，特別是工程、化學領域也被證實使用主動學習方法所產生的學習效果優於傳統講授教學，它能幫助學生提高成績、釐清概念、增加學習成功率及改變學習態度等(Houseknecht et al., 2020)。短期課程的相關研究也證實主動學習行為受到學習動機的影響(Handadi & Sumarmin, 2019)，而主動學習行為又可促進學生的成績和學習成效的提升(Houseknecht

et al.; Shekhar & Borrego)。此外，Buchbinder等發現當教師將實作教學應用於跨域工作坊中，則提供一個主動學習機會讓學生應用知識去解決問題，學生可透過學習獲得更高層次的認知發展，再透過動手做將知識轉化為技能，進而啟發自我創造力及跨域能力(Bronet et al., 2005)，也能在跨域的團隊互動中習得合作能力(Pomeroy & Philp, 1994)。驗證這種主動學習於研究模型中所產生的中介效果，學者建議採用結構方程模型(structural equation modeling)，因該方法可將所有變項同時置入一個模型中進行估計以減少誤差。若研究資料屬於小樣本則建議採用基於拔靴法(bootstrapping)的結構方程模型估算路徑的直接及間接效果(MacKinnon, 2008)，該方法不需考慮常態分配假設的違反與否，在小樣本研究中是相當實用的統計方法。

(四)學習初始(initial ability)能力在研究模型中扮演調節角色

學習因素模型容易受學生背景的影響，然學習初始能力則是其中一個干擾因素(Handadi & Sumarmin, 2019)，它意指學生在學習特定學科內容時，已經具備相關的知識與技能基礎，及對學習內容的認識及態度，教師也將學生的初始能力作為教學的起點。根據Handadi與Sumarmin的研究發現若學生具備與課程主題相關的初始能力，且對主題產生強烈的好奇或興趣者的學習表現較佳，進行學習研究時須考慮學習初始能力對研究結果的干擾。為了驗證理論模式用於解釋不同群體的適切性，多採用多群組結構方程模型(multiple-group structural equation modeling)探討理論模式與觀察資料間的適配程度(Marsh & Grayson, 1990)，它能同時估計研究模型中多個變項間的關聯性，且排除變項的測量誤差和無關聯性的殘差，相較於傳統迴

歸更能準確的驗證變項間的關聯性(Marsh & Grayson)。若研究資料為小樣本，則建議使用基於拔靴法的多群組結構方程模型估算路徑的直接及間接效果(MacKinnon, 2008)。

四、研究目的與問題

為驗證短期跨域實作課程對學生學習所產生的效果，本研究先透過學生敘說參與課程之學習歷程轉變並歸納認知發展特徵，從中瞭解學生修課後的認知發展階段。接著，探討跨域生及本系生的選課動機、主動學習及學習成效(含：認知發展階段、跨域能力、動手做及合作問題解決)之差異。最後，檢證主動學習在選課動機與學習成效間的中介效果，以及學習初始能力(跨域生、本系生)在研究模型中的調節效果。

基於上述動機及研究目的，提出本研究問題如下：

- (一)參與短期跨域實作課程學生的認知發展階段分布為何？
- (二)跨域生及本系生的選課動機、主動學習及學習成效是否有差異？
- (三)主動學習是否在選課動機及學習成效間扮演中介角色？
- (四)學習初始能力(跨域生、本系生)在研究模型中是否有調節效果？

參、研究設計

一、前瞻科技短期跨域實作課程設計

目的為規劃具有特色性、前瞻性與創新性的研發題材，課程強調創意、創新、創造學習能量，讓全校大學生積極跨域參與新興科技與最新議題。為提升跨域教師共備共授

與學生跨域學習機會，學校創建13個共創空間及主題式實作空間，搭配跨域實作課程，提供跨域交流、合作共創、知識整合及實作之機會。該課程於2017年推動，將課程劃分為七個領域，含：虛擬創作、擴增實境／虛擬實境、機器人、物聯網、數位製造、無人機及人機互動(表1)。每個領域小組艱鉅使命，為打造短期跨域實作的前瞻性議題，校方依循領域特性召集不同專長教師組成領域小組，負責訂定領域目標、課程地圖、教材發展、課程審查、授課，及規劃專業領域實驗空間與設備等。如虛擬創作領域小組由八位傳播科技、藝術及建築專長教師組成，開設的課程包括：虛擬創作VR360、3D基礎建模、快速建模與實景擷取等。教學法依循跨域實作精神採用體驗觀察、小組討論及實作教學法。評分方式採多元評量方法，評估學生課堂參與、討論、實作、專題等成績(表1)。

課程實施流程為授課教師設計課程內容後送交領域小組審查，通過後由業管單位發送開課訊息招募學生，若選修人數過多則進行隨機選取，或由授課教師依照課程的屬性與難度選取適合之修課學生。由於短期跨域實作課程為9小時0.5學分或18小時1學分之短時數課程，學習內容主要選取主題入門或初階的核心概念及技能作為學習重點，如：機器人的學習內容為Locobot基礎技術；Python為軟體應用及程式編寫；VR360創作為360度影片製作、構想與規劃。課程實施的流程依序為核心知識及技術講解、實作或實驗，以及評論修改與展出。評量方式，實作、實驗或作品成績約占60～80%，課堂參與及出席占20～40%，目的期望學生習得各領域基本的知識概念、實作技能、合作問題解決及跨域能力。

表1：前瞻科技短期跨域實作課程一欄表

領域小組	領域小組介紹／課程目標	教師專長	課程數	課程名稱(舉例)	教學方式	評量方式
虛擬創作 虛擬實境	企圖瞭解人類如何透過虛擬技術改善日常生活。課程目的為促進學生共同創作，將多媒體數位化實作成果，提升到理論和研發層次。	傳科、藝術、 建築	16	1. 虛擬創作：VR360 2. 3D基礎建模 3. 快速建模與實景擷取	體驗觀察、 小組討論、 實作教學	課堂參與、討 論、實作、專 題
擴增實境 虛擬實境	AR/VR具有高互動性及廣泛應用性。課程結合資訊技術、設計及視覺等領域，培養學生兼具AR/VR技術、設計與使用者經驗。	資訊、設計、 傳科、視覺、 藝術	10	1. XR系統之設計、創新與評估AR/VR技術與應用 2. 幾何建模介紹	體驗觀察、 小組討論、 實作教學	討論、考試、 實作、專題
機器人	機器人結合感測、資訊、網路、控制技術及人工智慧。課程提供學生創意學習與專題實作空間，培養學生解決實際問題之能力。	電機、資工、 機械、光電、 科法	9	1. 人體動作擷取實驗 2. 客製化輔護具設計 3. AI機器人開發工作坊	體驗觀察、 小組討論、 實作教學	課堂參與、作 業、實作、專 題
物聯網	物聯網為一種計算、機械、數位機器相互關聯的系統。課程提供學生動手做來實踐未來智慧生活、智慧城市、智慧交通等願景。	資訊、電機、 生科、建築	12	1. 物聯網裝置與平臺 2. 物聯網程式設計及應用 3. 5G物聯網核心技術	小組討論、 實作教學	課堂參與、討 論、考試、實 作
數位製造	結合3D列印及精密加工等技術，課程促進學生理解相關硬體機臺、材料、建模軟體、創意設計等之相關知識及培養應用潛力。	機械、材料、 電機、電子、 資訊、設計	9	1. 3D建模與列印實作 2. 雷射切割加工實作 3. 三維掃描與幾何重建	體驗觀察、 小組討論、 實作教學	個案分析、實 務練習 課程習作
無人機	無人機常使用遙控、導引或自動駕駛。課程介紹無人機的飛行原理，及引導學生自組無人機，並具備解決機電整合問題的能力。	電機、資訊、 機械	4	1. 數值最佳化於機翼設計應用 2. 小型固定翼無人機設計簡介 3. 四旋翼無人機理論與設計	體驗觀察、 小組討論、 實作教學	課堂參與、作 業、實作、專 題
人機互動	針對未來科技及使用者經驗需求所設計的專業課程。目的為培養學生人機互動與使用者經驗所需的專業能力、知識及技能。	資訊、管理、 人社、客家	8	1. 使用性設計與準則性評估 2. 互動設計工作坊與原型製作 3. 虛擬實境基礎課程	體驗觀察、 小組討論、 實作教學	課堂參與、作 業、實作、專 題

註：AR：擴增實境(Augmented Reality)；VR：虛擬實境(Virtual Reality)；XR：X Reality；AI：人工智慧(Artificial Intelligence)；5G：第五代行動通訊技術(5th Generation Mobile Networks)。

二、研究對象及資料蒐集流程

研究對象為北部一所國立大學106至108學年度第一學期開設的68門短期跨域實作課程。由於課程不定期開設，研究人員須配合課程時間，於課前向授課教師說明研究目的及流程，若教師認為課程可配合研究實施，則由研究人員到班上向學生解釋研究內容及參與者權益。本研究採用問卷調查法並輔以訪談法蒐集自願樣本，當學生同意參與研究後，要求他們課前填寫選課動機量表，課中填寫主動學習量表，課後填寫動手做、合作問題解決及跨域能力量表，共158位學生完成問卷填寫(含大學生111人、研究生47人；跨域生130人、本系生28人)。為進一步瞭解學生學習過程中認知與技能的轉變，委託課程管理單位發送訪談邀請給所有修課學生，共招募87位學生參與訪談(含大學生50人、研究生37人；跨域生63人、本系生24人)，訪談時間約30分鐘，過程同步錄音並謄成逐字稿後，依據Bloom (1956)的認知領域六層次進行資料編碼。由於修課生及願意參與調查的學生人數有落差，需進一步檢查二群學生之背景差異。卡方檢定結果發現人文社會學院學生參與調查的比例高於資訊及電機學院學生($\chi^2 = 34.42, p < .001$)，跨域生參與調查比例高於本系生($\chi^2 = 10.84, p < .001$)，至於不同學制學生參與調查比例無差異($\chi^2 = .54, p > .05$)。

三、研究工具

(一)選課動機

基於內外動機觀點，瞭解學生選課因素背後所隱含的學習動機(Ryan & Deci, 2006)。調查工具改編自李宜玫與孫頌賢(2010)的選課動機量表，分為兩個構面：1.自主性動機：源自於個體內在自發性的興

趣、好奇或生涯規劃等因素所引發的自主性行為動力，題目如「搶先學習具實用性的新科技題材」，共五題。2.外在資訊動機：意指個體因工具性目的或受外部環境的誘惑，而引發行為動力，如：成績、獎勵、評價等，題目如「考量成績是不是容易及格」，共五題。量尺採用李克特5點量尺(完全沒有影響 = 1分 ~ 有全部影響 = 5分)，得分越高表示行為動力受內、外在影響程度越高。預試分為兩階段，第一階段選取研究對象學校中486位自願填寫問卷的學生樣本(大學292位、研究生194位；男生316位、女生170位)。回收後的資料進行項目分析、探索性因素分析(exploratory factor analysis)及信度考驗。項目分析採內部一致性的分析方式，保留題目與構面相關係數高於.4之題項。本量表題項與構面相關係數落在.62 ~ .84之間，因此10個題項全數保留。探索性因素分析的Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)值為.84，Bartlett球形檢定達顯著($p < .001$)，特徵值為3.98，解釋變異量為57.49%，各題項的因素負荷量介於.35 ~ .87之間；內部一致性Cronbach's α 自主性動機.83、外在資訊動機.74。第二階段同樣選取該校自願填寫問卷的460位(大學276位、研究生184位；男生299位、女生161位)，回收後的資料進行驗證性因素分析(confirmatory factor analysis)以檢證量表之建構效度。驗證性因素分析考驗結果為 $\chi^2(34, n = 460) = 238.24, p < .001$ ，比較性適配指標(Comparative Fit Index, CFI) = .87，標準化均方根殘差值(Standardized Root Mean Square Residual, SRMR) = .08，近似均方根誤差(Root Mean Square Error of Approximation, RMSEA) = .11，適配度不佳參考修正指標(Modification Index, MI)值建議，模型經過二次修正後，適配度為 $\chi^2(32, n = 460) = 178.93, p < .001$ ，CFI = .91，SRMR = .07，RMSEA = .09。

(二)主動學習

從主動學習觀點，瞭解學生參與課堂活動時的積極性及投入程度，並透過參與活動去建構新的知識和科學技能(Shekhar & Borrego, 2017)。調查工具參考相關文獻自編量表，題目如「我會主動參與實驗或實作」，共六題。量尺採用李克特5點量尺(不曾如此 = 1分 ~ 總是如此 = 5分)，得分越高表示主動學習程度越高。二階段預試樣本與選課動機量表相同，第一階段預試結果為，項目分析各題項與構面的相關係數落在.72 ~ .87之間，保留全部題項。探索性因素分析的KMO值為.91，Bartlett球形檢定達顯著($p < .001$)，特徵值為4.02，解釋變異量為67.03%，各題項的因素負荷量介於.52 ~ .76之間，量表內部一致性Cronbach's $\alpha = .90$ 。第二階段預試實施驗證性因素分析，測量模型分析結果為 $\chi^2(9, n = 460) = 30.39$ ， $p < .001$ ，CFI = .99，SRMR = .02，RMSEA = .07，具良好適配度。

(三)學習成效

1. 認知發展階段

(1)問題綱要

訪談目的為瞭解學生參與短期跨域實作課程的學習歷程。訪談前請學生先回憶參與課程時的動機，作為訪員與學生建立互動關係的暖身題，題目如「你為什麼想選修這門課呢？」。隨後要求學生描述印象深刻的正向學習經驗，意旨知識或技能建構過程中，帶給個人的成長、收穫或正向情緒，題目如「你認為學習過程中最有趣、最有收穫的學習經驗有那些呢？你的感受是什麼呢？」同時也須回答記憶最深刻的學習困境，意旨學習過程中最挫折、最難克服或學習負向情緒，題目如「你認為學習過程中最挫折、最困難的學習經驗有那些呢？你的感受是什麼

呢？」最後請學生回答學習的轉折經驗，意旨學習過程中由負向經驗轉為正向經驗的歷程，題目如「學習過程中你曾經遇到挫折後，經由自己克服困境，從中獲得成長的經驗嗎？」學生描述各項學習經驗時，訪員會引導學生敘說知識或技能建構過程，以及如何將知識或技能應用於實作主題、同儕合作與尋求協助。問題綱要初稿編制完成後，為確保題目能反映研究問題，邀請兩位授課教師及一位教育專家進行內容檢視，針對題目語意敘述、問題呈現方式提供意見，以符合題目編制的專家效度和內容效度要求。隨後邀請兩位參與短期跨域實作學生進行題目預訪，透過訪談確認題目內容無誤後，據此形成正式問題綱要。

(2)計分編碼

由於訪談樣本來自68個不同主題課程，研究者根據Anderson與Krathwohl (2001)修訂Bloom (1956)的認知發展階段定義，以及Krathwohl (2002)歸納的漸增複雜性認知發展特徵建立編碼表，嘗試歸納各種認知發展特徵。編碼表內容包括：認知發展階段、定義及行為特徵(表2)。當訪談錄音檔轉成逐字稿後，研究者邀請兩位研究人員利用編碼表為學生的訪談逐字稿進行編碼，編碼前先依據研究目的向研究人員解釋編碼表內容，並於現場隨機選取五位學生的逐字稿練習編碼以建立共識，編碼原則取最高發展階段。過程中也請研究人員針對編碼表內容提出建議並共同修正，以確保編碼表之效度。當建立編碼共識後，由兩位研究人員獨立執行編碼工作。編碼完成後利用SPSS 26版計算評分者信度，Krippendorff $\alpha = .8$ 。

2. 學習技能

學習技能為測量學生在一段時間學習、練習後所獲得的能力(Marzano, 2001)。採自

表2：認知發展階段編碼表

階段	定義	行為特徵
記憶	從長期記憶中提取相關知識	回憶：當問題出現，能從長期記憶中提取相關知識。 再認：從長期記憶中找出與呈現訊息一致或相似的知識。
瞭解	理解知識意義，並連結新知識與舊經驗	詮釋：重新解釋文字、圖片、數字或音符的知識表徵。 舉例：針對一般概念或原則知識，舉出一個特定的例子。 分類：指出某事物的特徵或組型隸屬於某一特定類別。 摘要：陳述所呈現資訊中的要義或要點。 推論：根據事實去推演或推測。 比較：辨別兩個或多個實體(問題、想法、事件)間的異同。 解釋：合理說明事物改變的原因、關聯性或發展規律。
應用	使用所學解決問題或應用到其他情境	執行：遇到熟悉的任務時，知道採用那些程序性知識執行任務。 實行：遇到不熟悉的任務時，在瞭解問題後，能採用過去所學或修改後的程序性知識來解決問題。
分析	分解知識概念或指出概念之間的關聯性	辨別：從完整結構中根據關聯性或重要性，區辨局部或部分結構。 組織：指出情境中的各種元素，並能將這些元素統合成一體。 歸因：從外部訊息或線索推測原因的過程。
評鑑	根據規準與標準做判斷	檢查：尋事物內部的矛盾與邏輯謬誤。 評論：依據外部規準或標準進行判斷。
創作	重組元素或局部，創造新的組型或結構	產生：涉及知識表徵，在特定標準下，產生多種可能性或假設。 計畫：在滿足問題標準的條件下，發展多元化的問題解決計畫。 製作：明確地執行問題解決方案。

編量表，分為三個測量構面：(1)動手做：依據Kolb (1981)的體驗學習理論撰寫題項，測量學生是否透過實作學習，讓具體經驗經由反思觀察轉換成抽象概念，最後進行主動驗證的過程。題目如「能完全投入於課堂操作活動中，有興趣自己動手做」，共四題。(2)合作問題解決：依據OECD (2015)提出的合作問題解決發展量表，評估學生是否瞭解自己和他人在團隊中扮演哪種問題解決角色，是否遵守合作規則，相互監控、提供回饋與適應團隊組織和角色。題目如「能瞭解自己在團隊中所扮演的角色」，共四題。(3)跨域能力：依據Klein (1990)的跨域概念撰寫題項，評估學生能融入其他領域的思維模式及技能，運用整合後的知識及技能解決問題。題目如「能整合並運用跨域知識來解釋課堂上的概念」，共三題。採用李克特5點量尺(完全沒有技巧= 1分 ~ 有完整技巧= 5分)，得

分越高表示學習技能程度越高。二階段預試樣本與選課動機量表相同，第一階段預試結果為，項目分析各題項與構面的相關係數落在.82 ~ .93之間，保留全部題項。探索性因素分析的KMO值為.93，Bartlett球形檢定達顯著($p < .001$)，特徵值為6.88，解釋變異量為78.82%，各題項的因素負荷量介於.58 ~ .94之間，量表內部一致性Cronbach's α 動手做為.92、合作問題解決.87及跨域能力.89。第二階段驗證性因素分析考驗結果為 $\chi^2(41, n = 460) = 66.44, p < .001, CFI = .99, SRMR = .03, RMSEA = .05$ ，適配度良好。

肆、研究結果

一、認知發展階段

表3為使用學生訪談內容進行認知發展階段編碼的次數分配表。87位學生參與短期

跨域實作課程後，有16位學生(18.40%)的認知發展階段落在「階段一：知識」，表示這些學生僅能記憶、背誦或模仿課程內容，如學生提及「我沒學好嘞！我只會模仿老師的程式，重新寫一次」(S23)；「助教會一步一步教我組裝模型，但我仍不理解組裝的原理」(S46)。有31位學生(35.60%)的認知發展階段落在「階段二：理解」，表示已經掌握及理解課程的知識概念及技能，如學生提及「課程讓我理解3D列印的原理，並實際完成課堂上任務」(S07)；「VR課程讓我知道要架場景的code要怎麼寫」(S78)。另有40位學生(46.00%)認知發展階段達「階段三：應用」，表示能將課堂所學的知識或技術應用到另一個場域或情境，如學生提及「我將太陽能轉換成電力的原理應用在能源屋競賽

中」(S24)；「我應用R語言課程中學習到的統計方法，處理自己的論文數據」(S05)。整體上有81.60%的學生參與短期跨域實作學習後，反映出能理解或應用課堂的知識概念或技能。研究同時透過卡方檢定瞭解跨域生及本系生學習後的認知發展階段是否有差異，分析結果顯示兩群學生的認知發展階段未達顯著差異($F = 1.16, p > .05$)，表示認知發展階段水平相近。

二、各變項的差異檢定

表4為跨域生及本系生各變項的 t 檢定，結果顯示均未達顯著差異($t = -1.27 \sim 0.82, p > .05$, Cohen's $d = -0.27 \sim 0.05$)，表示兩群學生評估自己各項學習表現相似。

表3：認知發展階段的次數分配

認知發展階段	跨域生($n = 63$)		本系生($n = 24$)		合計($N = 87$)	
	次數	百分比	次數	百分比	次數	百分比
階段一：知識	13	20.60	3	12.50	16	18.40
階段二：理解	23	36.50	8	33.33	31	35.60
階段三：應用	27	42.90	13	54.20	40	46.00
合計	63	100.00	24	100.00	87	100.00

表4：跨域生及本系生各變項的 t 檢定

構面	跨域生		本系生		<i>t</i>	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>
	<i>n</i>	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>n</i>	<i>M</i> (<i>SD</i>)			
選課動機							
1.自主性動機	130	3.64 (0.77)	28	3.59 (1.26)	0.82	.06	0.05
2.外在資訊動機	130	2.51 (0.77)	28	2.73 (0.94)	-1.27	.21	-0.26
主動學習							
3.主動學習	122	4.14 (0.65)	28	4.30 (0.52)	-1.22	.23	-0.27
學習成效							
4.認知發展階段	63	2.22 (0.77)	24	2.42 (0.72)	-1.07	.29	-0.27
5.動手做	128	3.86 (0.83)	28	3.97 (1.00)	-0.64	.53	-0.12
6.合作問題解決	126	3.42 (1.08)	28	3.57 (1.10)	-0.66	.51	-0.14
7.跨域能力	127	3.89 (0.89)	28	4.10 (0.85)	-0.15	.25	-0.24

三、主動學習的中介效果

利用結構方程模型檢驗選課動機是否透過主動學習影響學習成效。統計軟體採用Mplus 7.0 (Muthén & Muthén, 2012)，模型適配指標包括：RMSEA、CFI及SRMR，當RMSEA ≤ .08，CFI > .90和SRMR ≤ .08時，模型適配度可被接受(McDonald & Ho, 2002)。進入正式模型分析前先檢查資料的常態分布及呈現相關矩陣。表5各變項偏態落在-0.76 ~ 0.66之間，峰度落在-1.08 ~ 1.20之間，表示各變項皆落在偏態± 3、峰度± 10的常態分布範圍內(Hair, Black, Babin, Anderson, & Tatham, 2006)。相關矩陣顯示(表5)，跨域生(左下)的選課動機、主動學習及學習成效各變項間呈正相關($r = .20 \sim .72, p < .05$)，表示當跨域生的選課動機及主動學習程度越高時學習成效也越好。本系生(右上)的選課動機、主動學習及學習成效各變項間也呈正相關($r = .43 \sim .84, p < .05$)，表示當本系生的選課動機及主動學習程度越高時學習成效也會越好。模型檢驗結果顯示適配度良好($\chi^2 = 21.30, df = 7, p < .01$ ，CFI = .99，RMSEA = .05，SRMR = .05)，自主性動機可正向預測主動學習($\beta =$

.80, $p < .001$)、動手做($\beta = .48, p < .001$)、合作問題解決($\beta = .40, p < .01$)及跨域能力($\beta = .57, p < .001$)。主動學習正向預測動手做($\beta = .42, p < .001$)、合作問題解決($\beta = .38, p < .01$)及跨域能力($\beta = .41, p < .001$)。接著採用拔靴法重複抽樣2,000次求取95%的信賴區間(Confidence Intervals, CI)，以檢驗主動學習在研究模型中的間接效果。結果顯示自主性動機透過主動學習影響動手做($b = .32, p < .001$)、合作問題解決($b = .28, p < .01$)及跨域能力($b = .31, p < .001$)，表示自主性動機可透過主動學習間接影響動手做、合作問題解決及跨域能力。

四、學習初始能力的調節效果

為進一步瞭解學習初始能力(跨域生、本系生)在研究模型中是否具有調節效果，採用多群組結構方程模型進行檢驗，結果顯示適配度良好($\chi^2 = 23.83, df = 10, p < .01$ ，CFI = .99，RMSEA = .06，SRMR = .06)。如圖1所示，跨域生的自主性動機正向預測主動學習($\beta = .87, p < .001$)、動手做($\beta = .52, p < .001$)、合作問題解決($\beta = .38, p < .05$)及跨域

表5：各變項基本敘述統計及相關矩陣

構面	<i>n</i>	<i>M</i> (<i>SD</i>)	偏態	峰度	1	2	3	4	5	6	7
選課動機											
1.自主性動機	158	3.63 (0.87)	-0.51	0.02	1	.60***	.68***	.85	.74***	.49**	.67***
2.外在資訊動機	158	2.55 (0.80)	0.66	0.57	.39***	1	.46*	.43	.51**	.22	.43*
主動學習											
3.主動學習	150	4.17 (0.63)	-0.74	1.20	.53***	.15	1	-.37	.81***	.35	.68***
學習成效											
4.認知發展階段	87	2.28 (0.76)	-0.51	-1.08	.32	.14	.45*	1	0	0	.42
5.動手做	156	3.88 (0.86)	-0.64	0.41	.54***	.29***	.67***	.31	1	.54**	.84***
6.合作問題解決	154	3.45 (1.08)	-0.59	-0.10	.36***	.31***	.45***	.49**	.57***	1	.46*
7.跨域能力	155	3.92 (0.88)	-0.76	0.50	.55***	.20*	.63***	.44*	.72***	.56**	1

註：1.相關矩陣左下跨域生、右上本系生。

2.* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$ 。

能力($\beta = .67, p < .001$)；外在資訊動機正向預測合作問題解決($\beta = .23, p < .05$)；主動學習正向預測動手做($\beta = .39, p < .01$)、合作問題解決($\beta = .34, p < .05$)及跨域能力($\beta = .35, p < .01$)。本系生的自主性動機正向預測主動學習($\beta = .55, p < .001$)及動手做($\beta = .31, p < .05$)；外在資訊動機正向預測主動學習($\beta = .43, p < .05$)；主動學習正向預測動手做($\beta = .64, p < .001$)、合作問題解決($\beta = .70, p < .001$)及跨域能力($\beta = .76, p < .001$)。同樣採用拔靴法，重複抽樣2,000次求取95% CI，檢驗學習初始能力(跨域生及本系生)在研究模型中的調節效果。結果顯示跨域生的自主性動機透過主動學習影響動手做($b = .34, p < .01$)、合作問題解決($b = .30, p < .05$)及跨域能力($b = .31, p < .05$)。本系生的自主性動機透過主動學習影響動手做($b = .36, p < .001$)、合作問題解決($b = .39, p < .001$)及跨域能力($b = .42, p < .001$)；外在資訊動機透過主動學習影響動手做($b = .28, p < .001$)、合作問題解決($b = .30, p < .001$)及跨域能力(b

$= .33, p < .001$)。表示跨域生的自主性動機可透過主動學習影響動手做、合作問題解決及跨域能力；本系生的自主性動機及外在資訊動機可透過主動學習影響動手做、合作問題解決及跨域能力。

伍、結論、討論與建議

一、結論

短期跨域實作課程作為體驗、探索或分享之目的時，多以短時數、工作坊或演講等型態呈現(Bronet et al., 2005)，為了增進不同背景學生快速理解主題的核心概念或技術，多採用學生中心的教學設計(Wenzel, 2006)，此種課程型態在教育或職業訓練環境中越來越受到重視(Shaffer et al., 2010)。然課程多以滿意度或開放式回饋衡量課程成效(White & Nitkin, 2014)，缺乏系統性的課程評估。因此，本研究以北部一所大學的前瞻科技短期跨域實作課程為研究場域，建立一套適合評估該課程之方法，並驗證其課程設計的有

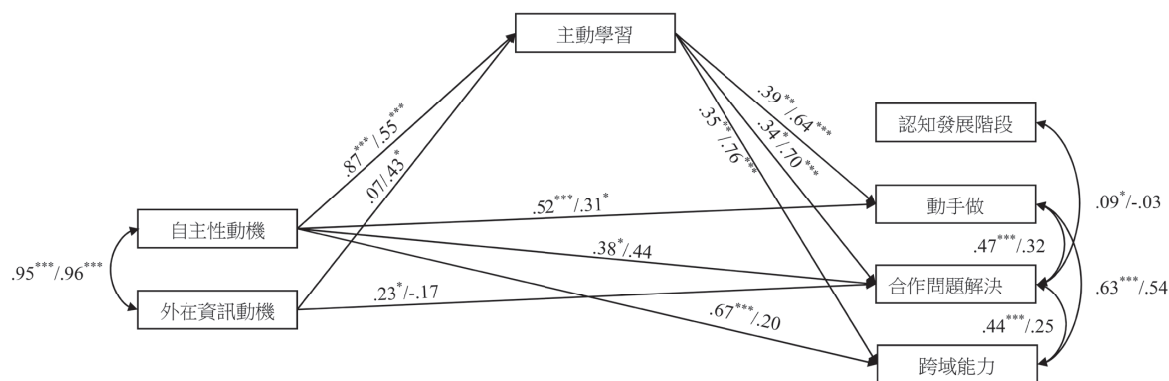


圖1：主動學習在選課動機與學習成效間的中介效果。路徑採標準化係數(前 = 跨域生、後 = 本系生)，黑線表示顯著路徑，不顯著路線未標示。 $\chi^2(10) = 23.83, p < .01$ ，比較性適配指標(Comparative Fit Index, CFI) = .99，近似均方根誤差(Root Mean Square Error of Approximation, RMSEA) = .06，標準化均方根殘差值(Standardized Root Mean Square Residual, SRMR) = .06

註：* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$ 。

效性。研究透過學習歷程訪談發現，修課學生課前超過70%不具備該領域的知識與技能，修課後學生的認知發展階段有35%為理解階段、46%為應用階段。表示參與課程後有超過80%學生能理解該主題的核心知識及技術，更有超過46%的學生能將所學應用到其他情境中。考量學生背景可能影響學習效果，研究進一步比較跨域生及本系生各學習變項之差異，發現選課動機、主動學習及學習成效皆無差異，表示兩群學生在短期跨域實作課程中能學得一樣好。

為瞭解影響短期跨域實作學習成效之因素，本研究基於理論基礎建構一個多因素學習模型。模型檢驗後發現，自主性動機能透過主動學習影響動手做、合作問題解決及跨域能力；但主動學習無法中介自主性動機、外在資訊動機與認知發展階段之間的關係，表示主動學習在模型中僅能中介部分變項間的關係。為進一步瞭解跨域生及本系生模型路徑是否有差異，研究利用多群組結構方程模型探討兩群學生變項間的關聯性，發現跨域生選課時傾向於持自主性動機，而自主性動機會透過主動學習正向影響動手做、合作問題解決及跨域能力；本系生選課時持自主性動機及外在資訊動機兩種傾向，兩種動機皆能透過主動學習正向影響動手做、合作問題解決及跨域能力。同時也發現兩群學生的主動學習皆無法中介自主性動機、外在資訊動機與認知發展階段之間的關係。表示兩群學生的主動學習在模型中僅能中介部分變項間的關係，且從路徑係數發現兩群學生的學習特徵及路徑存在差異性。

二、討論

研究對象學校的短期跨域實作課程以

前瞻科技為主軸，提供學生體驗、探索及延伸領域新知之機會。課程目標以引發學生跨域學習興趣，及理解領域的核心知識與技術為主。本研究從87位學生訪談中獲知，70%學生課前未接觸過課程主題的相關知識及技能，經過學習後超過80%學生已經能理解領域的核心知識及技術，其中46%學生能將所學應用於新情境中。對照Crowe等(2008)分析生命科學領域正式課程的教學目標及評量方法發現，超過75%的課程目標設定為「階段二：理解」知識概念，且課堂上評量學生的方法多採用考試，使得學生為了獲得高分採取背誦或短期記憶去應付課程要求，修課後更有超過80%的學生認知發展階段僅落在「階段一：記憶」至「階段二：理解」之間。表示即便是短時數的教學，只要教師提供有利於學生學習的跨域實作情境，讓學生親自驗證知識原理，也能獲得比一般課程更佳的學習效果。至於本研究20%左右學生的認知發展稍落後，可能為學生對該領域未產生興趣，課程設計容許學生透過短期課程探索自我性向，學生從學習中確認自我的興趣也是課程目標之一。

從差異分析中也發現兩群學生各項學習表現一樣好，即使不具備領域基礎的學生，參與短期跨域實作學習活動後，也能獲得與本系生相同的知識或技能水平。此結果與Handadi與Sumarmin (2019)的研究結果不同，他們發現學習效果受到學生專業背景或學習初始能力的影響，即便課程設計完善，具備學科基礎能力之學生的學習表現仍然較佳。Ryser等(2009)也發現學生過去的學習經驗(如：選修科目、成績)會影響課堂投入及學習表現。然本研究對象學校的課程設計以前瞻科技為主題，教師以電機、資訊及機械等領域為主，如：無人機、AR/VR、數

位製造等，這些課程要求學生需具備程式語言能力，一般而言該項能力越佳者課堂表現也越出色，對於人文、法律、生命科學等非電資相關學系學生而言，入門這些領域相對難度較高。而有趣的是本研究的跨域生及本系生在短時數的跨域實作課程中的學習效果一樣好，皆知覺自己從學習中獲得大部分的能力，且教師評估兩群學生的學習表現也相近，反映出短時數的實作學習適合不同學習基礎之學生。

為瞭解變項間的關聯性，研究檢驗多因素學習模型後發現，主動學習能中介自主性動機、動手做、合作問題解決及跨域能力間的關係。研究結果部分相似於Ekwueme, Ekon與Ezenwa-Nebife (2015)的研究，認為當學生產生自發性的學習投入時，是受到學習內在動機的影響，而產生主動參與課堂活動的行為，此行為能促進認知、技能等各項能力的發展。至於主動學習無法中介自主性動機、外在資訊動機與認知發展階段之間的關係，可能為認知發展階段的訪談樣本數較少，提高了中介效果估計值及標準誤之相對偏誤，造成中介效果不顯著(MacKinnon, 2008)。

研究同時也透過多群組結構方程模型得知，跨域生的自主性動機能透過主動學習正向影響動手做、合作問題解決及跨域能力；本系生的自主性動機及外在資訊動機能透過主動學習正向影響動手做、合作問題解決及跨域能力；但兩群學生的主動學習皆無法中介自主性動機、外在資訊動機與認知發展階段之間的關係。從路徑係數中發現，本系生的外在資訊動機會透過主動學習正向影響學習成效，而跨域生此路徑卻無中介效果。可能為部分本系生參與課程是受到同系所的教師推薦，此現象在選課動機中屬於外在資訊動機，這些學生為了符合教師要求會積極投

入學習，獲得良好的學習表現，相較於跨域生則缺乏教師推薦這項管道。模型同時也發現跨域生的自主性動機對動手做、合作問題解決及跨域能力有正向直接效果，外在資訊動機對合作問題解決有正向直接效果；而本系生僅有自主性動機對動手做有正向直接效果。研究結果與多數學習動機的相關研究相符，認為內外動機同時存在於個體中，僅有程度上的差別，需視學習當下為內在動機驅動學習或外在動機主導學習(Ryan & Deci, 2006)。從整體的路徑係數獲知，跨域生相較於本系生更強調自主性動機驅動學習，他們的自主性動機對各項學習成效的正向影響效果相較於本系生更明顯。至於跨域生的自主性動機及外在資訊動機同時對合作問題解決產生正向影響，可能為學生在團隊合作過程中除了投入於問題解決外，還需考量同儕觀感及評價，而產生內外動機同時正向影響合作問題解決的現象。

三、建議

上述研究結果反映出短期跨域實作教學帶給學生許多實質的學習效益，然而研究實施過程中也發現幾項研究限制。首先，資料蒐集過程中，學生須參與各項問卷施測、訪談及同意提供成績，隨著時間拉長樣本也隨之流失。建議未來研究應構思讓學生持續參與研究的誘因，並於課程結束後立即實施訪談，一方面學生對學習內容還記憶深刻，另一方也可透過授課教師鼓勵學生參與研究增加訪談樣本數。其次，本研究嘗試找尋課程的長期價值，連續蒐集五個學期的短期跨域實作學生學習資料，但這些學生多數仍在學，尚無法探討課程對學生生涯發展的影響。若從持續學習的角度探討學生是否持續修習相同領域的課程，卻發現持續於相同領域學習的學生人數不多，分析結果無法推論。建議未來研究可持續蒐集學生的學習

資料，追蹤學生修課及畢業後的狀況，驗證課程對學生學習有哪些影響？多少比例學生持續學習？及課程的長期價值為何？最後，從學生訪談資料中發現不同領域課程的入門標準存在差異，該校學生偏好資訊相關課程，如：機器人、物聯網、人機互動等。然而這些課程對非電資領域學生的入門門檻相對高，但研究卻發現跨域生與本系生學習成效相近。建議未來研究可深入瞭解不同領域教師如何設計課程及如

何輔導多元背景學生學習，才能同時提升跨域生與本系生的學習效果。

誌謝

本研究蒙行政院科技部補助專題研究計畫經費(MOST 108-2511-H-009-001)，並經責任主編及三位審查委員提供修訂意見，在此特致謝忱。

參考文獻

1. 李宜玫、孫頌賢(2010)。大學生選課自主性動機與學習投入之關係。《教育科學研究期刊》，55(1)，155-182。doi:10.3966/2073753X2010035501006
[Lee, Y.-M., & Sun, S.-H. (2010). The relationship between autonomous motivation of course-taking and learning engagement on college students. *Journal of Research in Education Sciences*, 55(1), 155-182. doi:10.3966/2073753X2010035501006]
2. Albanese, M. A., & Mitchell, S. (1993). Problem-based learning: A review of literature on its outcomes and implementation issues. *Academic Medicine*, 68(1), 52-81.
3. Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Eds.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York, NY: Longman.
4. Andersson, N., & Andersson, P. H. (2006, June). *Interdisciplinary skills in architectural and engineering education programs—The pedagogical challenge*. Paper presented at the 4th Pedagogical Inspiration Conference, Lund, Sweden.
5. Bicak, C. J., & Bicak, L. J. (1990). Connections across the disciplines. *Journal of College Science Teaching*, 19(6), 336-339, 346.
6. Bloom, B. S. (Ed.). (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals (Handbook I: Cognitive domain)*. London, UK: Longmans.
7. Boix Mansilla, V., & Duraising, E. D. (2007). Targeted assessment of students' interdisciplinary work: An empirically grounded framework proposed. *The Journal of Higher Education*, 78(2), 215-237. doi:10.1080/00221546.2007.11780874
8. Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.). (2000). *How people learn: Brain, mind, experience and school* (Expanded ed.). Washington, DC: National Academy Press.
9. Brewer, C. A., & Smith, D. (2011). *Vision and change in undergraduate biology education: A call to action*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
10. Bronet, F., Smith, E., Holland, E., & Cramer, S. (2005). The interdisciplinary workshop:

- Immersion into the pedagogy of team-based design. In D. Covo & G. M. Basurto (Eds.), *Encounters/encuentros/recontres* (pp. 193-200). Washington, DC: Association of Collegiate Schools of Architecture.
11. Buchbinder, S. B., Alt, P. M., Eskow, K., Forbes, W., Hester, E., Struck, M., et al. (2005). Creating learning prisms with an interdisciplinary case study workshop. *Innovative Higher Education*, 29(4), 257-274. doi:10.1007/s10755-005-2861-x
 12. Cortright, R. N., Lujan, H. L., Blumberg, A. J., Cox, J. H., & DiCarlo, S. E. (2013). Higher levels of intrinsic motivation are related to higher levels of class performance for male but not female students. *Advances in Physiology Education*, 37(3), 227-232. doi:10.1152/advan.00018.2013
 13. Crowe, A., Dirks, C., & Wenderoth, M. P. (2008). Biology in Bloom: Implementing Bloom's taxonomy to enhance student learning in biology. *Life Sciences Education*, 7(4), 368-381. doi:10.1187/cbe.08-05-0024
 14. Deckert, A. A., Nestor, L. P., & DiLullo, D. (1998). An example of a guided-inquiry, collaborative physical chemistry laboratory course. *Journal of Chemical Education*, 75(7), 860-863. doi:10.1021/ed075p860
 15. Dewey, J. (1997). *Experience and education*. New York, NY: Simon & Schuster.
 16. Ekwueme, C. O., Ekon, E. E., & Ezenwa-Nebife, D. C. (2015). The impact of hands-on-approach on student academic performance in basic science and mathematics. *Higher Education Studies*, 5(6), 47-51. doi:10.5539/hes.v5n6p47
 17. Eyler, J. (2009). The power of experiential education. *Liberal Education*, 95(4), 24-31.
 18. Godman, M., & Kingma, E. (2013). Interdisciplinary workshop in the philosophy of medicine: Bodies and minds in medicine. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 19(3), 564-571. doi:10.1111/jep.12059
 19. Guay, F., Ratelle, C. F., & Chanal, J. (2008). Optimal learning in optimal contexts: The role of self-determination in education. *Canadian Psychology/Psychologie Canadienne*, 49(3), 233-240. doi:10.1037/a0012758
 20. Hair, J. F., Black, B., Babin, B., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2006). *Multivariate data analysis* (6th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
 21. Handadi, R., & Sumarmin, R. (2019). Influence of role playing model and entry behaviour to biology competence of class VIII student of SMP Negeri 17 Kerinci. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 14(2), 191-199.
 22. Hanson, P. K., & Stultz, L. (2015). Collaboration-focused workshop for interdisciplinary, inter-institutional teams of college science faculty. *Journal of College Science Teaching*, 44(6), 30-37.
 23. Haynes, C. (2002). *Innovations in interdisciplinary teaching*. Westport, CT: Oryx Press.

24. Healey, M., & Jenkins, A. (2000). Kolb's experiential learning theory and its application in geography in higher education. *Journal of Geography*, 99(5), 185-195. doi:10.1080/00221340008978967
25. Houseknecht, J. B., Bachinski, G. J., Miller, M. H., White, S. A., & Andrews, D. M. (2020). Effectiveness of the active learning in organic chemistry faculty development workshops. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(1), 387-398. doi:10.1039/C9RP00137A
26. Klein, J. T. (1990). *Interdisciplinarity: History, theory, and practice*. Detroit, MI: Wayne State University Press.
27. Kolb, D. A. (1981). Experiential learning theory and the learning style inventory: A reply to Freedman and Stumpf. *Academy of Management Review*, 6(2), 289-296. doi:10.5465/amr.1981.4287844
28. Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
29. Kosal, E., Lawrence, C., & Austin, R. (2010). Integrating biology, chemistry, and mathematics to evaluate global water problems. *Journal of College Science Teaching*, 40(1), 41-47.
30. Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory Into Practice*, 41(4), 212-218.
31. MacKinnon, D. P. (2008). *Introduction to statistical mediation analysis*. New York, NY: Erlbaum.
32. Marsh, H. W., & Grayson, D. (1990). Public/catholic differences in the high school and beyond data: A multigroup structural equation modeling approach to testing mean differences. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 15(3), 199-235. doi:10.3102/10769986015003199
33. Maryland State Department of Education. (2012). *Maryland STEM: Innovation today to meet tomorrow's global challenges*. Baltimore, MD: Author.
34. Marzano, R. J. (2001). *Designing a new taxonomy of educational objectives*. Thousand Oaks, CA: Corwin.
35. McDonald, R. P., & Ho, M.-H. R. (2002). Principles and practice in reporting structural equation analyses. *Psychological Methods*, 7(1), 64-82. doi:10.1037/1082-989X.7.1.64
36. Moon, J. (2001). *Short courses & workshops: Improving the impact of learning, training & professional development*. London, UK: Kogan Page.
37. Moon, J. (2004). Using reflective learning to improve the impact of short courses and workshops. *Journal of Continuing Education in the Health Professions*, 24(1), 4-11. doi:10.1002/chp.1340240103
38. Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (2012). *Mplus user's guide*. Los Angeles, CA: Author.
39. Newell, W. H. (2001). A theory of interdisciplinary studies. *Issues in Integrative Studies*, 19,

1-25.

40. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2012). *Better skills, better jobs, better lives*. Retrieved December 20, 2020, from http://www.oecd.org/education/imhe/IMHEinfos_Jult12_EN%20-%20web.pdf
41. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2015). *Improving schools in Scotland: An OECD perspective*. Retrieved December 24, 2020, from <https://www.oecd.org/education/school/Improving-Schools-in-Scotland-An-OECD-Perspective.pdf>
42. Pomeroy, V. M., & Philp, I. (1994). Healthcare teams: An interdisciplinary workshop for undergraduates. *Medical Teacher*, 16(4), 341-346. doi:10.3109/01421599409008271
43. Ramos Goyette, S., & DeLuca, J. (2007). A semester-long studentdirected research project involving enzyme immunoassay: Appropriate or immunology, endocrinology, or neuroscience courses. *CBE—Life Sciences Education*, 6(4), 332-342. doi:10.1187/cbe.07-01-0001
44. Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2006). Self-regulation and the problem of human autonomy: Does psychology need choice, self-determination, and will? *Journal of Personality*, 74(6), 1557-1586. doi:10.1111/j.1467-6494.2006.00420.x
45. Ryser, L., Halseth, G., & Thien, D. (2009). Strategies and intervening factors influencing student social interaction and experiential learning in an interdisciplinary research team. *Research in Higher Education*, 50(3), 248-267. doi:10.1007/s11162-008-9118-3
46. Schwartz, T. L., & Dunkin, B. M. (2000). Facilitating interdisciplinary hands-on learning using LabVIEW. *International Journal of Engineering Education*, 16(3), 218-227.
47. Shaffer, C. D., Alvarez, C., Bailey, C., Barnard, D., Bhalla, S., Chandrasekaran, C., et al. (2010). The genomics education partnership: Successful integration of research into laboratory classes at a diverse group of undergraduate institutions. *CBE—Life Sciences Education*, 9(1), 55-69. doi:10.1187/09-11-0087
48. Shekhar, P., & Borrego, M. (2017). After the workshop: A case study of post-workshop implementation of active learning in an electrical engineering course. *IEEE Transactions on Education*, 60(1), 1-7. doi:10.1109/TE.2016.2562611
49. Svinicki, M., & McKeachie, W. J. (2011). *McKeachie's teaching tips: Strategies, research, and theory for college and university teachers* (13th ed.). Belmont, CA: Wadsworth.
50. Takavol, K., & Reicherter, E. A. (2003). The role of problem-based learning in the enhancement of allied health education. *Journal of Allied Health*, 32(2), 110-115.
51. Wenzel, T. J. (2006). General chemistry: Expanding the learning outcomes and promoting interdisciplinary connections through the use of a semester-long project. *CBE—Life Sciences Education*, 5(1), 76-84. doi:10.1187/cbe.05-05-0077
52. White, S. K., & Nitkin, M. R. (2014). Creating a transformational learning experience: Immersing students in an intensive interdisciplinary learning environment. *International Journal*

for the Scholarship of Teaching and Learning, 8(2). Retrieved January 22, 2021, from <https://digitalcommons.georgiasouthern.edu/ij-sotl/vol8/iss2/3/>

The Learning Outcomes in Short-Term Advanced Technology Interdisciplinary Hands-On Courses Using Multigroup SEM

Hui-Tzu Chang^{1,*} and Hung-Hsun Chen²

¹Center for Institutional Research and Data Analytics, National Yang Ming Chiao Tung University

²Center of Teaching and Learning Development, National Yang Ming Chiao Tung University

Abstract

The objective of this research is to understand the differences in learning effectiveness between students in interdisciplinary studies and major degree programs when participating in the short-term advanced technology interdisciplinary hands-on courses, and the factors that contributed to these differences. Interviews provided insight into the cognitive development characteristics and the differences in course selection motivation, active learning, and learning effectiveness among them. The mediation effect of active learning on course selection motivation and learning outcomes, and whether the initial abilities of students had a moderation effect on the proposed models were also investigated. Participants were selected to join the short-term interdisciplinary hands-on courses in the first semester of 106, 107, and 108 academic year in a university located in a northern district of Taiwan. Investigators recruited 158 students to fill out a survey that had them respond to items that investigated their course selection motivation, active learning, and learning skills. Through interviews, 87 students described their gains and dilemmas in studying by judging their cognitive developmental. After students took part in the courses, 81.6% of the students were found to have an understanding of their own cognitive developmental. No significant differences were found in course selection motivation, active learning, and learning outcomes between students in interdisciplinary studies and major degree programs. Further results indicate that active learning mediated the relationship between course selection motivation and learning effectiveness, while initial abilities of both interdisciplinary and major students had a moderation effect on the proposed models.

Key words: Advanced Technology, Short-Term Courses, Innovative Teaching, Interdisciplinary Practice, Learning Outcomes

* Corresponding author: Hui-Tzu Chang, simple@nycu.edu.tw