

學習風格與學習任務適性化探討 以 STEAM 教育導入科技大學機器人微電影教學為例

胡家紋

摘要

為使通識課中，不同背景之學生皆能有效參與 STEAM 教育，而設計此教學研究方案。本研究於台灣北部一所科技大學中進行，讓 44 名修習傳播技能通識課的學生在「為機器人拍微電影」的 STEAM 專案中，自由選擇任務，並觀察在 16 週的學習歷程中，其學習風格對任務選擇及學習成效的影響。本研究依布魯姆學習目標，設計 PBL 專案導向式學習模組，進行準實驗研究。觀察循序 Sequential (S 型) 和綜合 Global (G 型) 這兩種不同學習風格學生在任務選擇 (STEM, ART)、及三方面學習成效 (知識、技能、情意) 之差異。過程中蒐集學生的知識測驗、劇本作業、影像作品進行文本分析、成效評量、認知負荷與滿意度評量及獨立樣本 t 檢定。研究發現，學習風格的確影響了學習任務的選擇，學生會傾向於選擇合於自己風格的適性任務：循序 S 型，大多選擇組裝機器人的 STEM 工作，而綜合 G 型，大多選擇拍片 ART 任務。任務適性的兩個群組 (S+STEM 及 G+ART) 在創意、知識、技能三項學習成效都較佳，且對學習模式的滿意度較高。反之若任務選擇與其學習風格非適性 (G+STEM 及 S+ART)，除了在三個面向學習成效表現較差之外，其認知負荷亦較高，可以說小組合作中的適性分工，是影響學習成效之關鍵要素。

關鍵詞：STEAM 教育、布魯姆、微電影、學習風格、機器人

胡家紋，國立台灣科技大學應用科技學院助理教授 (本文通訊作者)

電子信箱：mosquito@mail.ntust.edu.tw

來稿日期：2022 年 3 月 29 日；修稿日期：2022 年 5 月 25 日；採用日期：2022 年 9 月 26 日

The Suitability of Learning Styles for Learning Tasks-- A Case Study on Introducing STEAM Education into Robot Microfilm Teaching in a University of Science and Technology

Jia-Wen Hu

Abstract

This teaching research program was designed to enable students from different backgrounds to effectively participate in a general education class. This study was conducted at a university of science and technology in northern Taiwan, forty-four students taking the general education course was asked to choose tasks freely in the STEAM project in “Making a Micro Film for Robots”. The effects of learning styles on task selection and learning outcomes were observed during the 16-week learning process. The instructor set up a PBL project-oriented learning module according to the objectives of Bloom’s taxonomy. By collecting and analyzing the questionnaires, knowledge tests, script assignments, and video works of students, this study found that learning styles did affect the choice of learning tasks, and students preferred to choose tasks matching with their learning styles. Students of the sequential learning style (S style) mostly chose the STEM task of assembling robots, while those of the global learning style (G style) mainly chose the ART task of shooting films. The two groups with matching style and tasks (S + STEM and G + ART) obtained better learning outcomes in creativity, knowledge, and skills, had higher satisfaction in learning than their un-matching counterparts. On the contrary for the style-task matched groups, (G + STEM and S + ART), then they would have a high cognitive load in addition to poor performance of learning effectiveness in the aforementioned three aspects. Therefore, an appropriate division of labor in group collaboration is a key factor affecting learning effectiveness.

Keywords : STEAM, Bloom, Microfilm, Learning Style, Robot

壹、前言

一、研究動機

在 COVID-19 之中，教育的型式在世界各地都發生了很大的變化，突來的疫情，打亂了老師們原有的教學計劃，雖然我們身處在相對安全的台灣，但通識課的大班群聚的確是在當時所不允許的，我們必須改採虛實整合的模式，那麼線上課教什麼？實體課做什麼？兩者如何配搭才能維持一定的教學品質呢？本研究所實行之傳播技能課堂，將試行以 SPOC + STEAM 之方式，以小規模線上私播課引導知識傳授技能；手做機器人，引發學生動機與創意，讓學生在時空自主的情況下完成學習任務，而不同學習風格的學生，其學習歷程與學習成效，是本研究關注的議題。

傳播技能這門課，在台灣北部一所科大中，是很受歡迎的一門課。自 101 學年度開課以來，每年選課人數都超過三百人，學生要經過電腦抽選才能進入這門課，這剛好成為了隨機樣本，抽到的學生，大多很珍惜能進課堂的機會積極表現，課程也因教授傳播趨勢、自媒體手機拍攝等流行實用的內容，得到學生很高的評價（教學評量平均 4.74）；通常也會搭配校內外的微電影競賽來進行影片驗收，鼓勵學生以期末影音作品參加競賽，八年來學生在校內外 8 項影片競賽中，拿下共計 17 個獎項，競賽誘因確實能提升學生學習動機。2020 年因 COVID-19 疫情之故，各界並無適合的微影音競賽可以投件，為能激勵學生的參與，研究者回到課

堂的本體，透過創新教學設計，融入時下最新的機器人元素來提昇學生的學習參與。

聆聽學生的聲音，從過往教學評量的質性問答回饋意見中發現，學生喜歡互動型的教學模式、和新鮮的教法，但是有以下兩個問題：第一個問題，工程學院的同學認為自己比較老實沒有創意，在這種需要創作和表演的科目上沒得發揮。向來工程人才的培育注重邏輯思維，而藝術人才則重視創意思維（Chien & Chu, 2018），在課堂互動中我常常可以猜出誰是理科生誰是文科生，可以說他們大部份帶有該科背景 Style，於是研究者不禁好奇，這種 Style，真的是因為學科背景的養成，還是個人風格？而影響學習成效的因素，會是理科生來修了文科課嗎？於是就想透過所羅門學習風格量表（Marosan, Savic, Klasnja-Milicevic, Ivanovic, & Vesin, 2022），用科學的方式分出兩種學習風格（循序 S 和綜合 G），這兩種學習風格的思維方式與學科背景能夠對應，再進一步來觀察分組合作時的分工狀況，是否也會受到背景和風格的影響。

第二個問題，分組作業分工不均，是一般在影片製作時常見的困擾；基於上述，所謂的冗員會不會只是因為分配的任務使得他無法發揮？於是本研究欲採用時下最新的教學法 STEAM，導入科學工藝玩具，讓學生先合作組裝機器人，再以組好的機器人為主角演出拍攝微電影，將 STEM 與 ART 兩種思維模式結合在一起，希望能讓來自不同科系背景的學生都能有所發揮，而不同的學習風格是否會影響分工和學習成效，是本

研究同步觀察的主題。

本研究欲導入機器人科學工藝玩具，增加課堂的趣味性，以新時代的 STEAM 6E 教學法 (Burke, 2014) 的六大步驟：參與 (Engage)、探索 (Explore)、解釋 (Explain)、操作 (Engineer)、深化 (Enrich)、評量 (Evaluate)，來達成布魯姆的經典教學目標 (Bloom, 1956)，分別是：創造 (Create)、記憶 (Remember)、理解 (Understand)、應用 (Apply)、分析 (Analyze)、評鑑 (Evaluate)。並以學習三大領域目標 (認知、情意、技能) 來檢核學習成效。這是一種穿越時空的對話，也許是教者的心所想皆同，總是努力地希望透過一些適當的方法，讓學生學得紮實。用解釋，使學生在知識面能記憶和理解；透過操作，得以應用技能；透過深化，增進分析的能力；透過評量，使學生能自評他評；透過探索，讓學生能舉一反三地創造。

二、研究問題

本研究將透過 STEAM 教學模式，將學習任務分為 STEM 組機器人和 ART 拍影片，由學生自主選擇任務，期以適性化的學習任務，增進其在認知、技能、情意三方面的學習成效，本研究問題與目的細化描述如下：

- (一) 學習任務的選擇是否受到學科背景的影響？
- (二) 學習任務的選擇是否受到學習風格的影響？

- (三) 學習風格與學習任務一致之適性者，
認知方面的學習成效
(知識測驗成績) 是否高於非適性者？
- (四) 學習風格與學習任務一致之適性者，
技能應用方面的學習成效
(攝影應用作品成績) 是否高於非適性者？
- (五) 學習風格與學習任務一致之適性者，
技能創造方面的學習成效
(劇本創作作品成績) 是否高於非適性者？
- (六) 學習風格與學習任務一致之適性者，
情意方面在學習模式滿意度是否高於非適性者？
- (七) 學習風格與學習任務一致之適性者，
情意方面在認知負荷上是否低於非適性者？

在透過前測問卷 (附件一) 了解學生的科系背景及學習風格後，觀察紀錄學生的任務選擇、學習歷程及學習成效。其中，學習風格對認知方面的影響，將透過不同風格者之線上測驗成績來做知識評量；學習風格對技能創意力方面的影響，將透過不同風格者劇本創作作品成績來比較；學習風格對技能應用力方面的影響，將透過不同學習風格者之照片作業成績來比較。情意面的影響性，將透過後測問卷 (附件二) 中的認知負荷量表和學習模式滿意度量表來測量。後測問卷亦可得知不同學習風格者的任務選擇，反觀其學習過程中的影響性。

此外，本研究亦欲探討適性任務是否為影響學習成效的關鍵調節變項，因此將學生的學習風格分為循序 Sequential (S 型)，綜合 Global (G 型) 之後進行準實驗，觀察其在自主選擇組機器人的 STEM 工作或拍影片 ART 工作時的學習表現，再就適性者與非適性者在認知 (知識測驗)、技能 (應用力、創意力)、和情意 (滿意、負荷) 三方面之學習成效進行分析比較。本研究希望找出真正影響學生學習成效的因素，以作為老師們教學之參考。也希望藉由適當的跨學科教學設計拋磚引玉，給老師們更多的創新創意。

貳、文獻探討

一、從 STEM 到 STEAM

STEM, 1986 年, 美國國家科學委員會 NSB 發表的工程教育報告中, 提出科學、數學、工程和技術教育集成的綱領性建議, 開啟了 STEM 教育這個新名詞, 概念是將包括科學 (Science)、數學 (Mathematics)、工程 (Engineering)、技術 (Technology) 等學門綜合成一個學群來討論, 後來簡稱 STEM。在「The Case for STEM Education Challenges and Opportunities」這本書中, Bybee (2013) 提出這種四合一的教學模式, 能幫助培養學生在 21 世紀的關鍵能力。基於四個學科領域的整合 (Henriksen, 2014), 幫助學生從不同的角度應用他們的知識, 從而產生對複雜問題的解決方案, 這樣做有機會來發展學生的創造潛力。這種組合性的教學方案, 以多個主題形成一個專

案, 每個主題有一個主要學科, 需整合至少兩個學科, 需同時保持所涉及學科的中心焦點 (Genek & Küçük, 2020)。

亦有學者將機器人引入工程教育 (Casad & Jawaharlal, 2012), 使生硬的理論課透過有趣的實作來進行, 於是, STEM 也被稱為「機器人教育」或「跨科際整合型教學」(Sanders, 2012), 期能以此模組結合理論與實務, 並主張其適用於跨領域學習。跨科整合的教學模式主要是為了提高學生的學習參與, 且更加注重學生的學習歷程, 將學習與日常結合, 以科學方法解決現實生活中的問題 (Bozkurt Altan & Tan, 2021)。教育工作者也應該更加關注學科之間的相互作用、以及教學內容知識間的相關性 (Capraro, R., Capraro, M., & Morgan, 2013)。這種新的學習方法, 從傳統以教師為中心改變為以學生為中心, 廣泛應用於各科目的教學改進 (Bahrum, Wahid, & Ibrahim, 2017)。要同時兼顧學科專業、學生的興趣和學習成效, 對教學設計者來說是很大的挑戰, 教師在投入之前應了解為何而做, 且所有參與者必須在共識下進行, 才能真正引導學生將科技應用於現實生活。

STEAM, 2008 年美國維吉尼亞科技大學學者第一次提出, 將藝術納入, 在原有四科的基礎上添加 Art, 相融合而成 STEAM 教育 (Yakman, 2008)。儘管 STEM 培養學生具備分析技能來設計解決方案, 但他們仍然需要更多的創造力才能付諸實踐 (Liao, 2016)。在工程教育中加入藝術的元素, 目的就是提高學生的創造力 (Kim, B. H. & Kim, J., 2016)。一直以來, 工程人才的培

育注重邏輯線性思維，而藝術人才則重視發散非線性思維 (Chien & Chu, 2018)，STEAM 教育將兩種思維模式結合在一起，培養具有跨學科整合技能和創造力的人才。將藝術融入的意義有三：一、在解決問題時，同時運用收斂思維 (STEM 學科的特點) 和發散思維 (藝術和人文學科的習慣)；二、創造個人價值；三、激勵學習動機 (Land, 2013)。將藝術與 STEM 相結合，取兩者的互補性，是一個新的教育領域，即文科和理科之間的互補式教育 (Henriksen, 2017)。本研究為使通識課中來自文科和理科的學生都能參與，設計了「機器人微電影」的學習任務，在組機器人時運用線性收斂思維，在拍微電影時運用非線性發散創意，透過教學設計在藝術、科學和其他學科之間搭一座橋。

STEAM 教育對於學生素養的促進作用是多角度、深層次的，會表現在科技應用能力、跨域創新、有效交流、觀點建構等方面 (Ozkan & Umdu Topsakal, 2017)。學者在 2021 對十年來進行 STEAM 的課程統計發現 (Aguilera & Ortiz-Revilla, 2021)，STEAM 對學生創造力有積極影響，這一點也驗證在此次的研究中，此次參與的學生也大多給予正面的回應，除了給予滿意度達平均 4.23 之外，也認為這樣的活動在生活應用、自我探索與自主學習上都有幫助。

二、STEAM 三態 (STEM+ART、ART+STEM、PBL)

綜合國外研究發現 STEAM 有三種形式 (Aguilera & Ortiz-Revilla, 2021)，分別是以

STEM 為主 ART 為輔的工程導向、以 ART 為主 STEM 為輔的藝術導向、以及統整多個領域完成任務的專案導向，本文再補充一些實際的案例，分三點歸類說明如下：

(一) STEM + ART = 理科 STEAM

有一派學者認為，STEAM 的一切都是源於運算思維，藝術可以是輔助的工具和表現的手法 (Ozkan & Umdu Topsakal, 2021)。透過感觀化的課程設計，以趣味化的方式演繹科學的主題 (Taljaard, 2016)，像物理課上抽象困難的理論，可以透過教材圖文的藝術表現來中和 (Conradty & Bogner, 2020)，以創意的手段來豐富枯燥的課堂。例如，在工業設計課程中，以 CO₂ 動力車為任務，運用 3D 列印來設計零組件和車殼，以模塊化的方式讓來自不同年齡層 (高中、大學) 和不同背景 (工程、設計) 的學生都能順利完成作品 (Chien & Chu, 2018)。為了讓學生學習不同的專業，也會由多位教師合作，例如在程式設計課程中，以英國 BBC 迷你電路板套件，製作聲控紙雕燈，以 Micro-Bit 來控制燈的顏色和亮度，將編程新科技融入到中國傳統紙藝 (異領域專家教授)，完成生活中可以使用的藝術作品。透過模組化的套件，可以降低學生的認知負荷，保留燈光節奏和外觀設計的創意空間，專案式學習對學生創造性認知有積極的影響 (Lu, Lo, & Syu, 2021)。在跨科學習的系列研究中發現，設計思維在工程教育中極為重要，不僅幫助學生將工業落實於產品，也幫老師將科學落實於教學 (Chowdhury, 2015)。在歐美的工程數理課堂上，較多是科學為本創意為輔

的，而在亞洲國家，則有比較多藝術為本位以科技為輔的應用方式 (Aguilera & Ortiz-Revilla, 2021)。

(二) ART + STEAM = 文科 STEAM

另一派學者給了 STEAM 更寬廣的定義，主張在人文類科，透過科學的方法來學習，經過邏輯推理訓練，學生將更加依戀人文 (Sentance, Waite, Hodges, MacLeod, & Yeomans, 2017)。這種以 ART 為出發點的概念，較常出現在人文學科 (Yakman & Lee, 2012)。例如我們以現實生活中的時事進行推理辯論，來學習西班牙文 (Henriksen, 2017)。或者，運用科技輔助學習，例如在歷史課堂，透過 AR 及全景照片等技術來製作古蹟文化導覽內容 (Chu, 2021)。在音樂課中，以 Ear Sketch 軟體將節奏和效果模組化，學生便能輕鬆作曲 (Engelman et al., 2017) 將計算這樣公式化的工作交給機器，把創意的空間留給學生，運用新興的軟硬體科技作為學習的手段，營造簡單的學習環境，協助催生具備個性的藝術作品。

(三) PBL (Project Based Learning)

在 K12 的基礎通才教育中，STEAM 著重在單一學科中動手做的過程，而在高等教育專才培育時，則更重視不同專業科目的整合 (Aguilera & Ortiz-Revilla, 2021)，為培養學生能綜合應用各科知識解決真實世界問題的能力，在高教領域，STEAM 常以 PBL 的形式進行 (Capraro, R. et al., 2013)。STEAM 教學需要綜合多個類科的專業，是一種混成式的學習方法，通常會要求學

生以合作的形式來完成專案 (Oner, Nite, Capraro, & Capraro, 2016)。STEAM 常以真實專案要學生多方面去思考如何改善生活方式促進社會進步 (Zhong, Liu, Xia, & Sun, 2022)。例如：在護校物聯網課程中引導學員設計老年輔助設備，如收音機眼鏡、GPS 外套，製作實用美觀的產品 (Chung, Lin, & Lou, 2018)。STEAM 跨科際的融合，有利於學生從不同角度學習跨學科的聯繫，增強用知識解決問題的能力 (Sentance et al., 2017)。而當專案領域跨度較大較為複雜時，學習者面臨無法獨立完成的挑戰時，就以小組為基礎共同參與合作完成任務 (Stahl, Koschmann, & Suthers, 2006)。將分工合作概念融入 STEAM 教育，是目前很常見的「做中學」教學模式，透過適當的分工分擔負荷可以增加自信，提昇學習成效 (Quigley, Herro, & Jamil, 2017)。

STEAM 與 PBL 的整合，鼓勵學生培養好奇心和解決問題的能力，增加提出問題和探索資訊的勇氣，能夠體驗到專案任務中科學知識的相關性 (Adriyawati, Utomo, Rahmawati, & Mardiah, 2020)。本研究之實踐課程「傳播技能」為通識課，歷年以來都是以 PBL (Project Based Learning) 方式進行，強調生活的應用，教授學生攝影剪輯軟硬體科技 (STEM)，以影片作品為驗收 (ART)。而這一次的機器人專案主題，尤其符合上述 PBL 之形式，以專案導向合作學習。小組分工讓學生自行選擇學習活動 (組機器人 STEM 或拍片 ART)，在過程中給予適當的支持，以模組化的套件降低科技的門檻，並保留外觀創作和故事演繹的空間。綜

合了許多國外研究發現 STEM 多應用在理科, ART 多應用在文科 (Aguilera & Ortiz-Revilla, 2021), 本研究以傳播技能這門課, 將其合一綜合應用之。本文將機器人與影音藝術融合, 使得課堂不再侷限於工程操作, 而能動手動腦完成影音藝術作品。

STEAM 教學並不是專注於一個特定的科目, 而需要整合不同學科之間的知識聯繫 (Land, 2013)。使用跨學科方法, 由教師引導學生進入科學、技術、工程、藝術和數學的統合領域 (Aguilera & Ortiz-Revilla, 2021)。STEAM 要成功不是將藝術添加到科學技術工程和數學的清單中, 而是要在這些科目之間尋找關聯性, 以合宜的方式實施到課程中 (Taljaard, 2016)。STEAM 融合了五個科目的教育方法, 旨在同時培育學習者之邏輯推理、解決問題能力、批判性思考、設計思維、辯證力 (Wannapiroon & Petsangsri, 2020)。它不是紙上談兵, 而是要引導學生以跨學科的思維來解決實際的問題。至於如何引導, 就要依賴教師的教學設計了。本研究依布魯姆六大教學目標 (Anderson, 1999) 設計六 E 教學步驟 (Burke, 2014), 詳述於後。

三、STEAM 6E 從設計中學習模式與布魯姆 6 大學習目標

美國生物課程學會 (Biological Sciences Curriculum Study, BSCS) 提出了 5E 教學模式 (5E Instructional Model), 包括: 參與 (Engage)、探索 (Explore)、解釋 (Explain)、精緻化 (Elaborate)、評鑑 (Evaluate), 所謂的 5E 教學法, 在國中小學的教學設計

上, 尤其廣泛被運用 (Senan, 2013)。後來有學者在科學教育領域的課程設計時, 於 5E 教學步驟中增加了工程 (Engineer) 層面 (Burke, 2014), 自此「6E 從設計中學習模式」(learning by design), 提供給教師一個明確的流程來設計 STEM 課程。在跨科整合的 STEAM 課程中, 學生透過教師引導進入、參與、探索、解釋、建構、深化、評量這六個過程, 持續思考如何應用不同領域的專業, 逐步完成真實專案 (Kaniawati & Suryadi, 2016), 如前述的物聯網髮髻輔具 (Chung et al., 2018)、聲控紙雕燈 (Lu et al., 2021) 等案例, 都是以這樣的 6E 模式來進行 STEAM 教學。而教學設計需要先設定目標, 布魯姆提供了很好的標準。

Benjamin Bloom 的 Taxonomy of Educational Objectives: Cognitive Domain 中, 提到了思考模式的六個層次 (Anderson, 1999), 分別是: 記憶 (Remember)、理解 (Understand)、應用 (Apply)、分析 (Analyze)、綜合 (Synthesis) 和評鑑 (Evaluate), 後來布魯姆的學生提出了修訂版 (Anderson, 1999), 將綜合延伸為創造, 新版布魯姆分類法, 加入了創造 (Create) 這個高層次的目標後, 能將學習歷程依序拆解, 分層來檢驗學習成效 (Bloom, 1956)。安德森認為學習目標是有層次的, 像金字塔一般由下而上依序是: 記憶、理解、應用、分析、評鑑、創造。但在 STEAM 的教學現場, 這些目標並不是依以上這樣的順序出現的, 知識的理解記憶, 在學生跨科學習時, 會重複多次, 並非只有在同一個教學步驟中進行, 例如工程跨設計者不具備設計先備知識,

就必需不斷去記憶新領域的內容，而創造力可能在任一個過程中激發，也不是最後才出現的 (Sharunova, Wang, Kowalski, & Qureshi, 2022)。

而在心理學的領域，希望探究學習者的內在感受，且從學習者的觀點出發，便將這六個層次的目標歸納為三個維度 (Anderson & Krathwohl, 2001)，分別是理論學習的知識向度 (包含記憶和理解)、解決問題的技能向度 (包含應用、分析、創造)，以及新增的情意向度 (包含評鑑和態度)。情意這個向度

的加入，讓教者與學習者能展開心靈的對話 (Aheisibwe, Kobusigye, & Tayebwa, 2021)，至此，知識技能和情意這三大指標，廣泛應用於不同學科，成為教學目標建立與成效評量之規呈 (Johnson & Fuller, 2006)。本研究依修訂版布魯姆教學六大目標 (Bloom, 1956)，發展 STEAM「6E 從設計中學習模式」，並以學習目標三維度 (認知、技能和情意) 來檢驗學生的學習成效，依教學設計對應評量方式如表 1，依 STEAM 六 E 之六大步驟之順序說明如下：

表 1：STEAM「6E 從設計中學習模式」、布魯姆教學目標、安德森學習目標對照表

STEAM 6E (Burke, 2014)	布魯姆教學目標 (Anderson, 1999)	學習目標 / 對應本文評量方式 (Anderson & Krathwohl, 2001)	本研究之教學方式與目標
STEP 1：參與 (Engage)	未提及	情意向度 (Affective) (實體出席和線上參與)	1. 趣味化 STEAM 教學導入 2. 降低認知負荷
STEP 2：探索 (Explore)	創造 (Create)	技能向度 (Psychomotor) (劇本作品創意評量)	1. 機器人從零件變為人形 2. 劇本創作之故事創意 3. 機器人為主角的微電影創作
STEP 3：解釋 (Explain)	記憶 (Remember) 理解 (Understand)	認知向度 (Cognitive) (知識測驗評量)	1. 機器人元件及作動原理 2. 傳播趨勢 - 自媒體時代 3. 腳本概念與故事行銷 4. 攝影術語及構圖概念 5. 後製概念及軟體介紹 6. 影片製作概念及學習任務說明
STEP 4：操作 (Engineer)	應用 (Apply)	技能向度 (Psychomotor) (攝影作品評量)	1. 機器人動起來 2. 組裝和拍片過程紀錄照片 3. 人機互動
STEP 5：深化 (Enrich)	分析 (Analyze)		1. 拍攝計劃 2. 組織分工 3. 時間軸與時程規劃
STEP 6：評量 (Evaluate)	評鑑 (Evaluate)	情意向度 (Affective) (認知負荷、滿意度量表)	1. 教師就學生知識技能評量 2. 學生就自我情意態度評量

STEAM「6E 從設計中學習模式」的第一個步驟為參與(Engage)，這個項目在布魯姆的分層目標中並未提及(Anderson, 1999)，是後續在安德森和克拉沃的規納中才發展出情意這個面向，主要觀察學生在學習過程中的參與態度(Anderson & Krathwohl, 2001)。情意是關係到心理層面的向度，在學習的起步階段至關重要，沒有學習動機就沒有創意的可能，在 STEAM 中，教師可以透過跨學科或遊戲設計來引導學生願意發揮創意(Aheisibwe et al., 2021)，在願意之後，才有求知慾進而能將知識轉化為可應用的技能。STEAM 透過將多感官工具(影音)整合，以趣味化的方式提供科學的主題，主要就是為了引起學生的學習興趣(Taljaard, 2016)。正如本計畫以機器人科學玩具導入教學，正是為了讓學生樂於參與。

第二個步驟為探索(Explore)，對應著布魯姆教育目標中創造(Create)這個項目。創意是技能精熟後的綜效發揮，在學習目標的分類中，是歸類在技能的面向(Bloom, 1956)。創造是最高一層的目標，傳統各學科獨立教授的方式阻礙了超出該科範圍的思考，會限制學生的創造力，統合性的教學策略是學生創造性發展的決定性因素(Conradty & Bogner, 2020)，且教學設計的靈活性，能激發學生的創意，在 STEAM 教學中，創意是教者與學習者雙方共同的實踐(Craft, 2003)。STEAM 是一連串創造力激發的關鍵過程，它允許學生在藝術實踐 ART 的過程中，將 STEM 機械上的既定元素聯繫起來，以新觀點迎接陌生資

訊的挑戰，合作發展出解決專案問題(PBL)的特殊方法(Rolling, 2016)。本研究在機器零件人形化、故事性擬人化劇本、和微電影上讓學生發揮創意。學生在創意面學習成效的評量，是以第 8 週上傳之個人作業 - 劇本的新穎性、獨特性、故事性、完整性來評分(20%)。

第三個步驟為解釋(Explain)，對應著布魯姆提出的記憶(Remember)和理解(Understand)兩個目標，在學習目標的分類中歸納在知識維度，指的是對於理論基礎的了解(Bloom, 1956)。在本課程中，透過教師的講授，學生在傳播基本知識方面(表 1 中的第 2~6 項)，能夠識別與記憶、能以攝影標準術語互相溝通，並能充份理解，能夠以這些知識舉一反三，一起完成最終的影片任務。並由業師來講解機器人的作動原理(表 1 中的第一項)。這部份的學習成效評量，以第 13 週的知識測驗(名詞解釋、攝影術語等內容，占總成績 20%)。

第四個步驟為操作(Engineer)，對應著布魯姆應用(Apply)的這項目標，在學習目標的分類中歸納在技能向度(Bloom, 1956)，指的是將抽象知識轉化為反射動作，應用於真實情境(Sharunova, Butt, & Qureshi, 2018)。本研究除了讓學生應用 STEM 動手組裝機器人之外，在影音科技的應用上，利用行動裝置拍攝紀錄工作過程。STEAM 課程不只要導入現代科技，更要加入人文關懷(Zhong et al., 2022)，本研究透過機器人性化的過程，讓學生在硬生生的組裝動作之外，亦能擬人化應用機

器人將它應用於生活(如圖3及圖4)。傳播技能應用評量的部份,占20%,以學生在第14週繳交的工作照4張,來評量其取景構圖、攝角、光影的應用。

第五個步驟為深化(Enrich),對應布魯姆分析(Analyze)這個目標,與前述第四項同樣歸納在技能向度中(Bloom, 1956)。專案導向型STEAM的方式,教師主要供規範與引導,放手讓學生去做(Adriyawati et al., 2020)。在給予明確的目標和里程碑後,由學生自行組織團隊、人力分工、擬定製作計劃、拍攝大綱、紙上模擬剪接時間軸、時程表等,最終以影片作為交付標的來驗收。第16週繳交的小組影片共同成績,只占學期成績10分,以維持公平性,且小組成績不納入研究中。

第六個步驟為評量(Evaluate),對應布魯姆的分類中為評鑑(Evaluate),在學習目標的分類中歸納在情意向度,指的是學生在學習過程中的個人的情緒反應和價值判斷(Anderson & Krathwohl, 2001)。學生在學習歷程中的內在感受,也是教學成效重要的部分(Chu, Hwang, & Tsai, 2010)。情意態度方面的學習成效,以後測認知負荷及學習模式滿意度量表測得。

綜合上述發現,STEAM六E步驟、布魯姆教學目標、安德森學習目標這三者,除了主張的操作順序不同之外,內容是完全可以對應的。布魯姆教學目標是教學策略建置時的分層標準;安德森學習目標是評量學生跨科際學習過程中,認知心理活動的有用指標(Sharunova et al., 2018);而6E

是STEAM課堂的操作步驟(Chowdhury, 2015)。本研究以新時代的STEAM 6E教學法循序地,去一一達成布魯姆提出的教學目標,以安德森學習目標來檢核學生的學習成效,這場穿越時空的對話,透過機器人微電影專案,將不同學科結合專長的應用結合起來,以上教學實踐設計步驟,提供給老師們做參考,詳細研究方法見下一章。

四、學習風格與適性教學

學習風格來自於「認知,情感和生理特徵」,是學習者如何感知,互動和回應學習環境的穩定指標(Assis et al., 2022)。學習風格是指學習者知覺、思考、解決問題、記憶方面的典型表現(Sandman, 2014)。可以簡單定義為人們了解資訊與記憶資訊的方式(Kraus, Reed, & Fitzgerald, 2001)。我們都用五種感官與周圍的世界互動,在學習環境中亦是如此,我們以自己獨特的方式處理收到的資訊,如果已經習慣依賴某種感觀來理解事情,學習時便會繼續使用這種一直以來的策略來改善學習成果(Taljaard, 2016)。學習風格是指個人在學習中表現出的偏好,也就是達成有效學習的慣性,是學生在解決學習任務時所表現出來的具有個人特色的方式,學習方式具有個別差異性、獨特性和穩定性(Duckworth, 2011)。偏好影響個人的行為和學習,它是我們何以成為這樣一個人,是根深蒂固不容易改變的。使用與學生學習偏好一致的策略提供資訊,更有可能被理解並引起興趣而深化學習(Sandman, 2014)。這些理論應用在不同學科的教學上,學習風格影響學生對學習

策略和學習方式的選擇，進而影響其學習成績 (Collinson, 2000)。個體差異也可能導致學習過程中對課程難度評估的差異，對於該課程具有適宜的學習風格的學生，在學習時顯得輕鬆而有效率 (AL-Momani & Rababa, 2021)，反之亦然。然而，找出學習者不同的學習風格是一項挑戰。

所羅門學習風格量表 Index of Learning Styles (ILS) 的提出，給予教學者很好的評量工具 (Marosan et al., 2022)，得以在教學進行之前洞察學習者慣於吸收資訊的方式，以便因材施教 (Chowdhury, 2015)。而在學習成效的表現上是多樣且複雜的，也因此，學習風格對不同樣態學習成效的影響，是經常被討論的 (Amabile et al., 2018)。透過對學習風格的了解或應用，營造高效能的學習環境，是教師們所努力的方向 (Bimba, Idris, Mahmud, Al-Hunaiyyan, & Shuib, 2017)。

ILS 學習風格量表，將學習者區分為四個向度兩兩對應、共八種類型，在學習態度向度分為行動型 (Active) / 思考型 (Reflective)、在學習方式上分為具體型 (Sensor) / 抽象型 (Intuited)、在感官向度上分為視覺型 (Visual) / 言語型 (Verbal)、在思考模式上分為循序型 (Sequential) / 綜合型 (Global)。ILS 量表全版有 44 題，為二選一題型易於作答，結果容易判定，每個向度都可以獨立解釋應用，以適合不同科目需求 (Sandman, 2014)。本研究採用第四向度的 11 題，(第 4、8、12、16、20、24、28、32、36、40、44 題)，將學生分為循序 (Sequential) S 型與綜合 (Global) G 型兩種風格 (見附件

一前測問卷)。這個向度探討的是思考模式 (Thinking model)，指的是個人獨特理解事物的方式 (Job, Walton, Bernecker, & Dweck, 2013)。當同樣的資訊傳遞給不同的受眾時，個人會用自己習慣的思考模式來解讀這個資訊 (Assis et al., 2022)。一般工程領域 STEM 人才的培育注重循序邏輯思維的能力發展，而藝術領域 ART 人才的培育則重視非線性發散思維 (Chien & Chu, 2018)。由於它是一種長期的養成，不容易輕易改變，也因此可以作為教學設計上可靠的參考指標 (Taljaard, 2016)。

不同養成背景的學生會有不同的學習風格 (Brown, 1998)，適性化 (Adaptive) 教學對學生的學習成效有正向的意義，教師應按照學生不同的學習風格來構建教學方案 (Job et al., 2013)。所謂「適性化」的「性」指的是學生的特質，而「適」則是教學上的因應。適性教學是指教學的過程能配合學習者思考模式來引導 (Collinson, 2000)。而學習者的思考模式是學習風格中的一個面向，這個面向將學生分為循序 S 型與綜合 G 型。循序 S 型指的是，習慣依照順序線性思考者 (Sandman, 2014)，而 STEM 的四要素 (科學 Science、數學 Mathematics、工程 Engineering、技術 Technology)，強調的是序列邏輯運算思維 (Aguilera & Ortiz-Revilla, 2021)；綜合 G 型指的是習慣以非線性綜合形式思考者 (Sandman, 2014)，而 ART 強調的是綜觀型創意思維 (Henriksen, 2017)。在文獻中發現，在思考模式和思維養成這兩個觀點上，STEM 與 S 型較為相符，ART 與 G 型

較為相符，故在本研究中，將循序 S 型選擇 STEM 任務及綜合 G 型選擇 ART 任務者視為適性。非以慣性思考模式選擇任務者 (S+ART, G+STEM) 視為非適性。

五、認知負荷

認知負荷 (Cognitive load)，指的是人腦有限的記憶空間，在處理訊息時所感受到的負荷狀態 (Sweller & Chandler, 1994)。內在認知負荷 (Intrinsic cognitive load)，是指教材本身的複雜性，外在認知負荷 (Extrinsic cognitive load)，來自教學形式 (Bannert, 2002)。當資訊總量或資源性質對個體的心智造成負荷，需要付出努力，就會發生認知負荷 (Mayer & Moreno, 2003)。對工作任務的困難度感受視為內在心智負荷，學習者在執行任務時所付出的能量與資源，稱為外在心智努力 (Brünken, Plass, & Leutner, 2003)。內在負荷通常來自於教材本身的難度或任務的複雜度，而外在負荷則來自教學設計和資訊提供的方式 (Hwang, Hsu, & Hsieh, 2019)。為了能簡易量測學習者的感受，學者 Paas 制定了以李克特七點方式填答的認知負荷量表 (Paas, 1992)，後經 Sweller 改編將其分為關於難度認知的 5 題，和關於努力程度的 3 題共計 8 題，並簡化為李克特五點量表 (Sweller, 2004)，由於以問卷形式無需透過生理測量的便利性，此量表為教育心理學研究廣泛採用。本研究後測亦採用此量表，以得知不同學生在學習中的負向情意感知，並搭配滿意度量表 (Chu et al., 2010) 來評量正向情意感知，以作為教學成效之檢討。

近年多媒體工具與日新月異的科技融入於教學，學生在適應新工具和接收多元資訊的過程中，負荷感也可能會加重 (Taljaard, 2016)，教師在設計課程時注重「合宜」(López-Vargas, Ibáñez-Ibáñez, & Racines-Prada, 2017)，才能將這過程導向為對學習者有幫助的有效負荷 (Germane cognitive load)。此外，對學習者個人特質與偏好的尊重，能使其自願承擔適量的負荷 (Hwang et al., 2019)。STEAM 亦是融合多感官多科技結合的教學方式，為了降低學生的負荷感，本研究將學習任務分為 STEM 和 ART，讓學生可以自由選擇，提供了適性的可能性，讓學生在適度的尊重中更有空間能發揮個體特質。

參、研究方法

一、研究架構、問題與假說

本研究於台灣北部一所科大通識課堂中進行，共計 44 名大學生參與，主要目的在於導入 STEAM 教學模組，以機器人科學工藝玩具為教材，觀察學生的學科背景及學習風格，對學習任務的選擇影響 (STEM or ART)，以及學習任務的適性化，對其在認知、技能和情意態度三大面向的學習成效，研究架構如圖 1。

本研究自變項有兩項，分別是學科背景 (理工或人文) 與學習風格 (循序 S、綜合 G)，關鍵性調節變項為適性任務，可選擇的任務有兩項，分別是 STEM 組機器人與 ART 拍機器人微電影。學習風格中，若

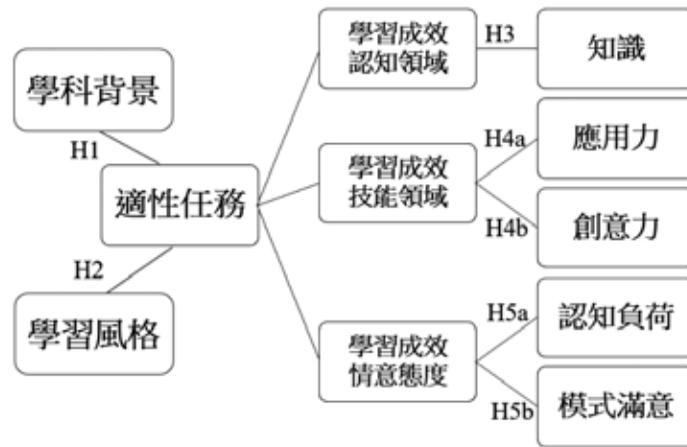


圖 1 學習風格、適性任務與學習成效研究架構圖

為循序 S 型選擇 STEM 組機器人工作、及綜合 G 型選 ART 拍片工作，這兩種情況視為適性；反之，循序 S 型選擇 ART 拍片工作及綜合 G 型選 STEM 組機器人的工作者，定義為非適性。依變項有三個面向共計五項，分別是認知領域學習成效（知識測驗成績）；技能領域學習成效（含技能應用、劇本創意）；情意領域學習成效（認知負荷、滿意度）。研究假說如下表 2 所列：

本研究之問題假說有以上五組，第一組編碼為 H1，觀察學生在有選擇的情況下，其學習任務的選擇是否受到學科背景的影響。第二組假說編碼為 H2，是關於學習風格對學習任務的選擇性影響。在了解影響學生任務選擇的因素之後，再觀察任務的適性與否對學生學習成效的影響。第三組編碼為 H3，指的是適性任務對知識面學習成效的影響。第四組假說編碼屬 H4 系列，是關於學習風格與任務選擇之適性，對技能面學習成效的影響，分別觀察應用

力 (H4a) 及創意力 (H4b) 兩個構面。第五組假說編碼為 H5，欲觀察適性任務對情意方面的影響，H5a 以認知負荷檢驗負向態度、H5b 以學習模式滿意度量表檢驗正向態度。

本研究以前測問卷（附件一）將參與學生分為循序思考 S 型、及綜合思考 G 型兩類，以測驗、劇本、照片三項個人成績，來檢驗學生在知識、技能創意與技能應用三項目的學習成效；而情意態度方面的學習成效，以後測問卷（如附件二）觀測學習者在課後的認知負荷及對教學模式的滿意度，作為此項教學創新方案之後續改進參考。

二、研究設計與教學設計

（一）研究對象與有效樣本

108-2 台灣北部一所科技大學，傳播技能課堂學生（週五 345 節，三學分），由於選

表 2：假說與驗證方式對照表

編碼	假說	驗證方式
H1	學科背景會影響學生學習任務的選擇：工程學院者偏向選擇 STEM 組機器人工作、人文學院者偏向選擇 ART 拍片工作。	前測記名問卷對照後測標注參與之任務分工
H2	學習風格會影響學生學習任務的選擇：循序 S 型偏向選擇 STEM、綜合 G 型偏向選擇 ART。	前測學習風格問卷對照後測標注參與之任務分工
H3	學習風格與學習任務一致之適性者，知識方面的學習成效高於非適性者。	適性者與非適性者之知識測驗成績相較
H4a	學習風格與學習任務一致之適性者，技能應用力的學習成效高於非適性者。	適性者與非適性者之照片作業成績
H4b	學習風格與學習任務一致之適性者，技能創意力方面的學習成效高於非適性者。	適性者與非適性者之劇本故事成績相較
H5a	學習風格與學習任務一致之適性者，情意方面對學習歷程的認知負荷低於非適性者	適性者與非適性者之後測問卷認知負荷相較
H5b	學習風格與學習任務一致之適性者，情意方面對學習模式的滿意度高於非適性者。	適性者與非適性者之後測問卷滿意度相較

課人數過多，超過 300 人，學生透過電腦系統抽籤方能進入課堂，於是得視為隨機樣本。抽籤後修課人數為 67 人，試卷及作業皆交齊完課者 66 人，但尊重學生參與實驗意願，順利完課且前測後測問卷皆完整填答者 44 人，故有效樣本為 44 份，以下所有表格皆以有效樣本 44 人進行計數與討論。

（二）研究流程與教學配搭模式

本研究導入機器人科工玩具，以新時代的 STEAM 6E 教學法 (Burke, 2014) 的六大步驟分別是：動機、探索、解釋、操作、深化、評量，來達成布魯姆的經典教學目標 (Bloom, 1956)，分別是：創造、記憶、理解、應用、分析、評鑑。用解釋，使學生在知識面能記憶和理解；透過操作，得以應用技

能；透過深化，增進分析的能力；透過評量，使學生能自評他評；透過探索，讓學生能舉一反三地創造。

本研究之實作課堂為通識必修課，本學期因應疫情安心就學部份遠距政策，採用虛實整合三明治（實體 - 線上 - 實體）方式進行。第一階段五週實體課教授基本知識，第二階段線上私播課 (SPOC) 八週，讓學生在時空自主的情況下，依照學習風格，選擇學習任務 (STEM 組裝機器人或 ART 拍片)，第三階段為三週實體課。準實驗研究共進行 16 週，不區分實驗組與對照組，全部有效參與學生 (44 人)，皆同步參與完全相同之歷程與評量。其操作流程及週次安排如表 3：

表 3：研究流程與實行步驟

週 / 模式	週次對應課程大綱	量表或作業評量
W01-05 實體課 共五週	1. 傳播趨勢 2. 媒體素養 3. 新聞稿搞新聞 4. 創意思考便利貼 5. STEAM 機器人微電影	第 5 週：學習風格前測問卷 (0%) 有效 44 份中循序 S 型 23 人，綜合 G 型 21 人 分配 6 人一組發放機器人零組件並分工， 選擇 STEM 工作者 28 人，ART 工作者 16 人
W06-13 線上課 學聯網 SPOC 共八週	6. 第一集：傳播技能概論及課程規範 7. 第二集：劇本寫作技巧與格式 8. 第三集：微電影 - 微製作 9. 第四集：腳本企畫與影片發想 10. 第五集：自媒體微新聞產製流程 11. 第六集：拍攝與錄製要訣 12. 第七集：剪輯概念與軟體操作 13. 第八集：微影音接案與報價技巧	第 8 週 上傳劇本作業 (個人創意評量 20%) 自主學習期間， 小組成員依分工，合作完成 STEAM 任務。 第 13 週 線上測驗 (個人知識記憶評量 20%) 線上觀課每看一集得 2 分，8 集共占 16 分。
W14-16 實體課 共三週	14. 整合行銷 15. 傳媒職涯 16. 報告與驗收	第 14 週 繳交工作照 (個人技能應用評量 20%) 第 16 週 小組報告影片驗收 (10%)，並填寫後測問卷 (認知負荷、滿意度量表)。 實體課出席每次 2 分，7 次共占 14 分。

在學期開始的 1-5 週，實體教室課堂中，教授從編劇到影音製作的傳播技能基本知識，在第 5 週時，讓學生練習編故事，繳交機器人為主角的微電影故事大綱，這項個人作業將作為創意項目的學習評量之用 (20%)。第五週進行學習風格測驗，有效問卷 44 份中，循序 S 型為 23 人，綜合 G 型 21 人，並進行分組，每組 6 人發放一套科學工藝機器人零件 (組裝過程如圖 2)，每組內須同時包含兩種學習風格的成員。離開教室前，交付學生機器人微電影的任務，並讓各組內自行討論分工，每組內須有兩種工作者，分別為 STEM 組裝為主或

ART 拍片為主，讓學生自行選擇任務 (28 人選 STEM、16 人選 ART)，任務的選擇不影響評量的成績。

學生必須在第 6~13 週，這段不用進教室的時間內，於學聯網上每週觀看一集數位教材，期間自行安排進度依所選之分工 (STEM or ART) 來合作完成 STEAM 任務，除了這份小組作業之外，在第 8 週需上傳個人作業，機器人微電影劇本一份作為期中評量成績 (20%)，創意這面向的評分是來自於此，劇本完成後，學生們可以自行決定要拍攝組內的哪一則故事，或是綜合多個故事作為新的劇本，並在拍攝過程中，以習



圖 2 科學工藝機器人組裝 STEM 過程

得的構圖、拍照技巧拍攝工作照。這些工作照，亦作為一項個人作業，作為技能應用的評分項目(20%)，由教師評分。第13週會進行線上20題選擇題的測驗，主要是作為知識這方面的學習評量(20%)。第14到16週為最後的實體課，除影片成果驗收、心得報告和填寫後測問卷(認知負荷、學習模式滿意度量表)之外，亦介紹行銷傳播類職涯及整合行銷概念，為學生做就業準備。

學生的學期評量有五大項目，其占比為：創意20%、知識20%、技能20%、參與30%、小組作業10%。其中，創意是以每位同學個人所編寫的機器人故事劇本來評分，依新穎性、獨特性、故事性、完整性四個項目給分。知識評量是以線上測驗20題選擇題，就需要記憶的內容：如人身SIZE、攝影術語、媒體趨勢、傳播名詞解釋等來命題。而技能則是以學生拍攝的工作照4(如圖3圖4)，每張依取景、構

圖、攝角、光影運用四個項目給予評分。課堂參與的部份，線上觀課紀錄占16分，八集影片每看一集得2分；實體到課紀錄占14分，七次課堂每到一次得2分。學生一般認為個人作業較具公平性，故前述個人表現共占90分，而小組作業僅占10分，以影片之完整性作為共同分數，再視合作狀況而微調，小組作業成績不計入研究中，僅以創意知識和技能三項個人作業成績作為比較項目。學生在小組工作任務時選擇的STEM或ART，都不會影響其在知識創意技能三項的個人成績。為周全研究倫理，全部學生之學習歷程和評量標準相同，學習風格和任務選擇也僅是為了觀察適性對學習成效的影響性，不影響學生成績。

(三) 研究工具 - 資料蒐集

本研究共蒐集問卷量表、評量文本(作業、測驗)等兩類資料，作為分析依據。首



圖 3 微電影工作照：機器人與貓的對話



圖 4 微電影工作照：機器人愛吃茶葉蛋

先，問卷量表共計兩款，前測問卷為學習風格量表（如附件 1），於第一階段實體課第二週進行填寫。每位學生在新生入學時，已在系統上填答過學習風格量表 44 題完整版，對作答方式並不陌生，但可能因為學習經驗而使認知有變化 (Raleiras, Nabizadeh, & Costa, 2022)，故要求學生重新填寫實驗所需的第四個向度的 11 題，主要是將學生分為循序 S 型和綜合 G 型兩種，以便後續比較不同風格者之學習成效。

後測問卷乃為測量學習歷程之情意態度，採用學習模式滿意度與認知負荷量表，於第三階段實體課時，學期最後一週，即第十六週時進行填答（附件二）。本研究採用認知負荷量表 (Sweller, 2004) 來測量這種負面情緒，而滿意度量表 (Chu et al., 2010)，則用以測量正向情緒。

在學習成效的研究工具上，回收文本含作業兩次及測驗一次，共計三款文本。首先回收的是機器人微電影劇本，視個人故

事編寫能力來評量學生在創意方面的學習成效(20%)。在第一階段實體課後，學期第八週每人繳交一份。其二為線上測驗，線上填答20題傳播名詞選擇題，用以評量學生在知識方面之學習成效(20%)。在第二階段線上課將結束時，學期第十三週線上填答。其三為照片作業，為期末拍攝影片時，每人拍攝小組工作照四張，以構圖之技巧評量技能方面之學習成效(20%)，在第三階段實體課時，學期第十四週時進行個人報告，並說明拍攝理念，以下圖3及圖4為學生拍攝之作品。

(四) 研究方法：本研究主要採用兩種研究方法，分別是準實驗研究法和問卷調查法。

1. 準實驗研究 - 不對等控制組(Quasi-Experimental, Nonequivalent Control Group)

準實驗研究(Quasi-Experimental)，通常用於教育研究與心理學中，在課堂中進行實驗，其樣本為非隨機，為一種限制樣本的實驗方式，是在已觀察到可能的問題及解決方案時，嘗試性的初期實驗(Gribbons & Herman, 1997)。本研究採用的是「不對等控制組」(Nonequivalent Control Group)設計，在已知兩個群體存在差異時，即視為不對等組。在分組的時候，必須仍維持原有的團體(班級)，取樣時採用集群抽樣(Cluster sampling)，將學生依不同的學習風格分為兩個集群(Kan Önttürk, Kanig, Aslan, & Kuguoglu, 2021)，全部學生經歷相同的教學模式和相同的評量方式，僅將學生依不同的學習風格、學院背景分類，不同

集群的學生同步進行這項準實驗，過程中觀察其任務選擇、比較其學習成效和情意態度。

2. 問卷調查法：

(1) 前測

採用所羅門學習風格量表中第四構面的11個題目(Sandman, 2014)，將學生分為循序S型、與綜合非線性G型；該量表Cronbach α 信度係數為0.76(Collinson, 2000)。有高達90.9%(40/44)的學生測驗結果與其在新生入學時系統填答結果相符，無論是否相符，本研究採計最新資料以此次課堂回收問卷為準。

(2) 後測

後測主要測的是學生在學習歷程中的情意態度，分為正向和負向兩個部份，正向態度採用學習模式滿意度量表7題，採李克特五點評量，每題依對學習模式的滿意程度給1~5分，該量表Cronbach's α 信度係數為0.94(Chu et al., 2010)。負向態度採用認知負荷量表8題(Sweller, 2004)，包含內在心智負荷5題和外在心智努力3題，Cronbach α 信度係數在兩個構面上分別為0.86和0.85(Sweller, Van Merriënboer, & Paas, 2019)。透過這兩項選擇題式的量表，即可得知學生在學習歷程中的感受，以作為教學成效和後續改進之參考。

修課學生亦有權不參與本研究，不計分之間卷學生可以自由選擇是否填答不影響成績。

(五) 資料分析方法：本研究採用以下三種資料分析方法

1. 文本分析

對學生兩項個人作業及一項個人測驗之內容進行評分，線上測驗評測其知識之理解與記憶、劇本作業評量其創意表現、照片作業評量其拍攝技能。為精準研究數據，每項評分時皆以一百分為基準，用以研究的成績數據亦為百分制。

2. 敘述統計

主要分析以下兩大面向

- (1) 學生學習成效各項成績（知識測驗成績、劇本創意得分、拍照技能得分）
- (2) 學習態度（正向滿意度、負向認知負荷）。

3. *t* 檢定

依照學生之學習風格與任務分工，將其細分為適性者（S+STEM, G+ART）或非適性者（S+ART, G+STEM）兩類共四群，進行兩兩比較，由於樣本間相互獨立並不互相

影響，為獨立樣本，兩組樣本符合常態分配，其離散分布變異數具有同質性。故進行獨立樣本同質變異數雙尾 *t* 檢定，研究結果呈現於下一段落中。

肆、研究結果

本研究有效樣本為 44 份（67 名學生中，個人作業、團體作業、前後測問卷及測驗卷皆交齊者方視為有效樣本），本研究就 44 名學生之學習風格、學習任務選擇與學習成效進行分析。

一、學習風格與學習任務

由於疫情期間避免多人群聚的權宜變通，本研究允許學生可將學習任務拆解，以更小的組別分工（3 人）甚或是以接力方式進行，主要分為 STEM 組裝機器人和 ART 拍攝影片兩個階段。也因此，本研究可以觀察學生的學習風格是循序 S 型、或是綜合 G 型是否會影響其任務的選擇，從表 4 中發現，學習風格為循序線性思考 S 型的學生 23 人中，有 87 %（20 人）選擇

表 4：學科背景、性別、學習風格與任務選擇人數對照表

樣本 44 人	學院	工程學院 (n = 28 人)		人文學院 (n = 16 人)	
		理科男 (18 人)	理科女 (10 人)	文科男 (7 人)	文科女 (9 人)
循序 S (23 人)	S+STEM (20)	11	5	1	3
	S+ART (3)	2	1	0	0
綜合 G (21 人)	G+STEM (8)	3	2	0	3
	G+ART (13)	2	2	6	3

STEM 組機器人的工作，只有 13 % (3 人) 選擇 ART 拍影片；反觀綜合非線性思考 G 型的學生 21 人中，卻有 62 % (13 人) 選擇 ART 拍片，只有 38 % (8 人) 選擇 STEM 組裝機器人。亦即，線性思考的 S 型大多選擇需要邏輯組織力的 STEM 工作，而非線性思考的 G 型多半會選可以發揮創意的 ART 工作。

本研究進一步關注學生的科系背景是否影響其課堂任務選擇，就 28 名工程學院學生 (理科男 18 人+ 理科女 10 人)，及 16 名人文學院學生 (文科 7 人+ 文科女 9 人)，之學習風格與任務選擇進行交叉分析，其結果製成下圖 5。

由雷達圖 (圖 5) 中可以看到，工程學院的男生 18 人中，以循序 S 型選擇組裝機器人工作的人最多，S+STEM 占 61 % (11/18)；工程學院女生 10 人中，也有半數 50 % 是循序 S 型且選擇組機器人的

工作 (5/10)；人文社科學院 College of Humanities and Social Sciences(CHASS) 的男生 7 人中，有 86 % (6/7) 是綜合 G 型且選擇拍片的工作 (G+ART = 6)，但文科男生若為 G 綜合型，就不會去做組機器人的工作 (G+STEM = 0)；反之，文科女生若為循序 S 型就不會選擇去拍片 (S+ART = 0)。但來自人文學院的學生，不論男女，若學習風格為循序 S 型就不會投入拍片的工作。這顯示，在任務是可以選擇的情況下，多數學生偏向選擇與自身背景相仿領域的工作內容，就像是打安全牌，做了風險控管和挫折控制。

二、學科背景、性別與學習成效

本研究將三項個人作業之成績，視為學生的學習成效：創意是以期中繳交的故事劇本來評量、知識是以學理測驗來評量、另以其拍攝工作照的取景構圖呈現，

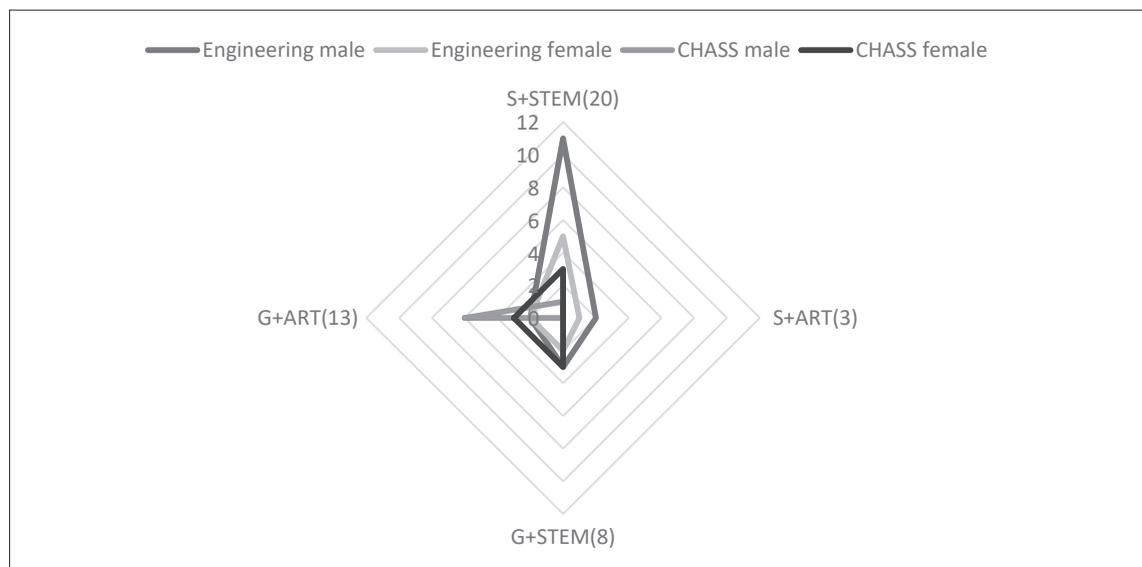


圖 5 學科背景、學習風格與學習任務選擇雷達圖

來評量技能應用的成績，以創意知識技能這三個面向，對應其學習成效。並觀察其對學習模式之滿意度及學習過程中之認知負荷。首先觀測學生的性別和背景是否影響學習成效，本研究發現，男生(25人)和女生(19人)，在創意($p = .351$)、知識($p = .183$)、技能($p = .494$)這三項學習成效上都没有顯著的差異，在模式滿意度($p = .496$)和認知負荷($p = .467$)上，也不因性別而有顯著的差異，如表5所示，亦即性別並不會影響學生的學習成效。故後續研究將排除性別這個變項。

但是，研究卻發現，學生的學科背景，不僅影響其學習任務的選擇，也會影響其學習成效。人文社會科學背景的學生，在知識測驗的成績(平均85.69)顯著高於數理工程學院背景的學生(平均77.54)，

p 值為0.047；且在故事編寫的創意上，文科學生(平均85.44)也顯著地優於理科學生(平均81.54)， p 值為0.037，例如：劇情中描寫機器人與女孩的微妙友誼、機器人穿越世代成為傳家寶、機器人與動物的對話(圖4)等感性的情節都是來自文科生；而理科的同學比較著重描寫機器人的功能和服務；不過在構圖和攝影技能的應用上，文科學生(平均82.71分)和理科學生(平均84.69分)都有高水準的表現，並沒有顯著的差異($p = .051$)，也因為此次的學習任務有選擇性，讓不同背景的學生都有表現的空間，於是文科和理科者在認知負荷($p = .199$)及學習模式滿意度($p = .119$)上，也都没有顯著的差異。

接著，探討不同學習風格者的學習成效，本研究發現，不論是線性思考的循序S

表5：學科背景、性別與學習成效對照表

比較項目	人數	創意		知識		技能		滿意		負荷		
		平均	p 值	平均	p 值	平均	p 值	平均	p 值	平均	p 值	
背景	理科	28	81.536	0.037*	77.536	0.047*	82.714	0.051	4.128	0.119	1.822	0.199
	文科	16	85.437		85.687		84.688		4.395		1.635	
男女	男生	25	82.600	0.351	78.640	0.183	83.440	0.494	4.224	0.496	1.762	0.467
	女生	19	83.421		82.947		83.421		4.226		1.744	
理科	男生	18	81.056	0.309	76.611	0.343	82.722	0.495	4.130	0.494	1.835	0.452
	女生	10	82.400		79.200		82.700		4.125		1.798	
文科	男生	7	86.571	0.288	83.857	0.327	85.286	0.274	4.466	0.335	1.573	0.361
	女生	9	84.556		87.111		84.222		4.339		1.683	
平均			82.955		80.500		83.432		4.225		1.754	

註：*表示 $p < .05$ ，視為顯著效果

型，或是非線思考的綜合 G 型，在創意 ($p = .319$)、知識 ($p = .466$)、技能 ($p = .441$) 這三個面向上，都沒有顯著的差異。亦即在這次傳播技能的課堂中，學習成效並不會受到學習風格的影響。而學習風格的確影響了學生在學習任務的選擇，也正是因為學習的任務有選擇，才讓學生都能適性發揮，所以兩種風格的學生，在三項學習成效上都發展得很平均；最後對學習模式的滿意度，都沒有因為學習風格，而有顯著的差異 ($p = .093$)，兩種風格學生的認知負荷，也沒有顯著的差異 ($p = .483$)。更進一步將學習風格、任務選擇、學科背景與學習成效製成下表 6 進行對照。

研究發現，在創意方面表現最好的是學習風格 G 綜合型的文科生選擇 ART 工作者 (平均 88.444 分)，而創意表現最差的是

學習風格 G 綜合型的文科生選擇 STEM 工作者 (平均 77.667)；在知識方面測驗成績最高的是循序 S 型選擇 STEM 工作的文科生 (平均 87.75)，知識成績最低的是綜合 G 型選擇 ART 工作者 (平均 74.25)；在技能方面，表現最佳的是學習風格 G 綜合型的文科生選擇 ART 工作者 (平均 85.778)，表現最差的是綜合 G 型卻選擇 STEM 任務的文科生 (平均 81)。

綜觀之，在創意 (平均 = 86.08)、知識 (平均 = 83.31)、技能 (平均 = 84.38) 三項表現最佳者都是落在綜合 G 型，選擇 ART 拍片的適性工作者，表現最不佳者，是發生在綜合 G 型卻選擇了 STEM 組機器人的非適性工作者 (創意平均 = 79.25、知識平均 = 76.5、技能平均 = 82.13)。對這個學習模式最為滿意的是綜合 G 型選擇

表 6：學習風格、任務選擇、學科背景與學習成效對照表

風格	分工	學院背景	人數 (n)	創意	知識	技能	滿意	負荷	備註
循序 S 型 23 人	STEM (20 人)	理科	16	82.438	78.875	82.938	4.119	1.634	風格分工一致
		文科	4	84.500	87.750	85.000	4.315	1.660	
	ART (3 人)	理科	3	80.000	78.000	83.333	3.620	2.487	風格分工不一
		文科	0	-	-	-	-	-	
綜合 G 型 21 人	STEM (8 人)	理科	5	80.200	75.600	82.800	4.000	2.154	風格分工不一
		文科	3	77.667	78.000	81.000	3.667	1.960	
	ART (13 人)	理科	4	80.750	74.250	81.250	4.705	1.660	風格分工一致
		文科	9	88.444	87.333	85.778	4.672	1.516	
平均				82.950	80.500	83.430	4.230	1.750	

ART 工作的理科生 (平均 4.705)，而對學習模式最不滿意的是，循序 S 型選擇 ART 的理科生 (平均 = 3.62)，這一群也是認知負荷最高者 (2.49)。當學生認為任務艱難學習負荷量大，較易發生滿意度低的現象，學習成效也會受到影響，所以適性分工極為重要，下一節將以 t 檢定進一步說明。

三、適性分工與學習成效

除了學生本身的學習風格之外，學習任務的選擇，也可能對學習成效發生影響，本研究做了以下的交岔分析：學生的學習風格分為兩種，即循序思考的 S 型、和綜合非線性思考的 G 型；此次開放讓學生選擇的任務分工有兩種，為 STEM 組機器人或 ART 拍影片，在學生是有自主選擇權但時間有限的情況下，大多數學生會選擇自己較拿手的工作（適性），以符合自己風格的方式完成任務。

本研究發現，循序線性思考的 S 型學生中，有 87 % 選擇邏輯性的組裝 STEM 工作 (20/23 人)，而綜合非線性思考的 G 型，有 62 % 擇了創意性的拍片 ART 工作 (13/21 人)，這兩種情況 (S+STEM, G+ART) 是屬於學習風格與任務適性配對的。反觀，刻意去嘗試非適性工作的 (S+ART, G+STEM) 較為少數，學習風格為循序線性思考 S 型，卻選擇 ART 拍片的只有 3 人 (占 13 %)，綜合非線性思考的 G 型，卻選擇組裝機器人 STEM 的亦只有 8 人 (占 38 %)，非適性者與適性者人數比為 1:3 (非適性 11: 適性 33)。進一步探討適性分工是否為

本研究之關鍵性調節變項，以適性與非適性者在創意知識技能三方面的學習成效，進行獨立樣本 t 檢定，製表 7，適性者與非適性者在情意方面 (滿意度、認知負荷) 的表現製成表 8，說明如下：

學習風格為循序線性的 S 型學生，不論選擇組裝機器人 STEM 或拍片 ART 任務，對其學習成效皆沒有顯著的影響，滿意度也沒有顯著的不同，然循序線性邏輯思考者 S 若選擇了 ART 創意工作，因與其慣用之思考模式並非適性，會顯著地認知到負荷較重 ($p = .037$)，這群非適性者 (S+ART)，也是在這次課堂中，滿意度最低 (3.62) 且認知負荷最高 (2.49) 的一群。

學習風格為綜合非線性思考的 G 型學生，選擇 ART 拍片工作適性發揮者 (G+ART)，是這次課堂中，各方面成績表現最好 (創意 = 86.08、知識 = 83.31、技能 = 84.38)，且滿意度最高 (4.68)、認知負荷也最低 (1.56) 的一群，尤其在創意 ($p = .01$) 和滿意度 ($p = .002$)，皆顯著地優於同為 G 型，但選擇了非適性 STEM 組裝工作的學生 (G+STEM)。綜合非線性思考的非適性者 (G+STEM)，也是這次三方面成績表現最差的 (創意 = 79.25、知識 = 76.5、技能 = 82.13)。適性化的學習任務，對綜合思考 G 型的學生尤其重要，分工是否適性，在他們的學習成效上會有顯著的落差，這會直接反應在成績的表現上。

在本研究中，學習風格與分工任務不一致，非適性的情況有兩種，分別是循序線性思考者選擇拍片工作 (S+ART = 3 人)、以

表 7：學習風格、適性分工與學習成效交互分析 t 檢定數值對照表

比較 群組	風格與 分工	人 數	創意			知識			技能		
			平均	標準差	p 值	平均	標準差	p 值	平均	標準差	p 值
風格同為循 序 S	S+STEM	20	82.850	7.638	0.267	80.650	17.748	0.403	83.350	4.671	0.498
	S+ART	3	80.000	2.000		78.000	10.392		83.330	2.517	
風格同為綜 合 G	G+STEM	8	79.250	1.669	0.010*	76.500	9.621	0.150	82.130	1.553	0.062
	G+ART	13	82.080	7.399		83.310	16.332		84.380	3.754	
風格與分工 不適性者間	S+ART	3	80.000	2.000	0.271	78.000	10.392	0.413	83.330	2.517	0.175
	G+STEM	8	79.250	1.669		76.500	9.621		82.130	1.553	
風格與分工 適性之兩者	S+STEM	20	82.850	7.638	0.035*	80.650	17.748	0.176	83.350	4.671	0.091
	G+ART	13	82.080	7.399		83.310	16.332		84.380	3.754	
適性與非適 性者間	適性者	33	84.121	7.598	0.026*	81.697	16.994	0.206	83.758	4.301	0.185
	不適性者	11	79.455	1.695		76.909	9.322		82.455	1.809	

註：* 表示 $p < .05$ ，視為顯著效果表 8：學習風格、適性分工與情意表現交互分析 t 檢定數值對照

比較 群組	風格與 分工	人數	學習模式滿意度			認知負荷		
			平均	標準差	p 值	平均	標準差	p 值
風格 同為循序 S	S+STEM	20	4.160	0.746	0.126	1.640	0.749	0.037*
	S+ART	3	3.620	0.647		2.490	0.456	
風格 同為綜合 G	G+STEM	8	3.880	0.743	0.002*	2.080	0.741	0.032*
	G+ART	13	4.680	0.367		1.560	0.485	
風格與分工 不適性者間	S+ART	3	3.620	0.647	0.307	2.490	0.456	0.397
	G+STEM	8	3.880	0.743		2.080	0.741	
風格與分工 適性之兩者	S+STEM	20	4.160	0.746	0.031*	1.640	0.749	0.329
	G+ART	13	4.680	0.367		1.560	0.485	
適性與非適 性者間	適性者	33	4.365	0.669	0.009*	1.608	0.650	0.008*
	不適性者	11	3.805	0.696		2.192	0.679	

註：* 表示 $p < .05$ ，視為顯著效果

及本身為綜合非線性思考型卻選擇組機器人工作(G+STEM = 8人)，這兩者在創意知識技能的學習成效都較低、滿意度都較低、認知負荷都較高，故這二者彼此間未有顯著性。

而學習風格與分工任務一致，適性的情況也有兩種，分別是循序線性思考者，剛好選擇了邏輯性的組機器人工作(S+STEM = 20人)、以及本身為綜合非線性思考型選擇了可創意發揮的影片工作(G+ART = 13人)，適性的這兩群學生，在三方面學習成效的表現都較佳、認知負荷都較低，尤在創意表現上非線性思考者在拍片工作上真是如魚得水，G+ART者在創意這個面向的學習成效顯著地優於S+STEM($p = .035$)，在滿意度上也顯著地優於S+STEM($p = .031$)。

進一步分析適性者(33人)與非適性者(11人)之間，可以發現，學習風格與學習任務適性者，認知負荷顯著低於非適性者($p = .008$)，對學習模式的滿意度顯著地高於非適性者($p = .009$)，其在創意這個面向的學習成效，顯著地高於非適性者($p = .026$)，這印證著「Create」這項布魯姆學習目標金字塔中最高層次的成效，需要在對應學習風格的適性任務中，學習者才能有好的發揮。從後測問卷中可以看到，學習風格與學習任務的配適，可以降低學生的壓力和挫折，讓他們在可達成的目標下，願意付出努力，有了參與和成就感，滿意度和學習成效都會提升。也可以說，認知負荷與學習滿意度成反比，認知負荷與學習成效亦成反比，而學習成效與學習

模式滿意度成正比。學習任務若能與學習風格適性配搭，確實能讓學生有比較好的學習成效、較低的認知負荷、與較高的學習滿意度。在此次創意、知識、技能三方面學習成效表現最佳的，都是來自適性的群組(G+ART)；反觀，三方面學習成效表現最差的，是任務選擇與學習風格相左的非適性組(G+STEM)。可以判定，適性任務，的確是一個關鍵性的調節變項，教師應在課程活動中，提供多元的任務，讓學生有所選擇，以便風格不同的個體都能適性參與、適所發揮。

伍、結論與建議

此次因為疫情，沒有微電影競賽可以配搭、原先安排的電視台參觀没能成行、線上課也從原先安排的4週拉長到了8週，不論外在環境如何，應變創新維持教學動能和品質，是教師的責任，在種種的權衡之下，提出以STEM+ART的方式，讓學生可以在時空自主的環境下，小規模微STEAM，在分工較細人數較少的情況下安全合作，或是以接龍方式完成作品，也因此得以觀察到不同學習風格的學生，其任務選擇和學習成效的表現。

研究發現，學科背景與學習風格，都影響著學生在學習任務中的分工，這一次的研究設計，讓學生有選擇學習任務的機會，當學生有自主選擇權，但時間有限的情況下，大多數學生會選擇自己較拿手的工作(適性)，以符合自己風格的方式完成任務，以負荷較低的分工取得成績。大多數循序線性

思考的 S 型學生，選了 STEM 組機器人的工作，而綜合非線思考的 G 型學生偏向選 ART 影片工作。這兩群學習風格與學習任務適性者，雖然在知識和技能應用的表現上並未顯著優異，但在創意的面向，顯著地高於非適性者，顯示學生在適性的情況下，更能發揮創意，達成布魯姆最高層次的教學目標。在情意方面，適性者的認知負荷顯著地低於非適性者 (S+ART, G+STEM)，對學習模式的滿意度也顯著地高於非適性者。

研究結論，影響學習成效的並非學科背景或學習風格本身，而是學習風格與學習任務的配適性。適性者能在學習活動中表現得游刃有餘，由於學習模式是自身的選擇而滿意此模式，在學習歷程中的負荷感低，有成就感而更願意參與和投入，也因此學習成效也會較高。雖然在通識大班，很難做到因材施教，教師安排學習任務時，可以有更多元的設計，也開放部份項目給學生自主選擇，才能讓課堂上的每一位都有參與，讓不同背景的同學都能有所發揮，學習動機的激發和維繫，是教師的職責所在。STEM 不是只能應用在理科，ART 不是只能應用在文科，適當的整合與設計，依 6E 步驟依序操作，能有很好的教學成效。

研究建議，本課程為激發學生創造力，做到以下七點：一、創作空間自主不一定需要在教室；二、搭配非同步遠距教學，給予學生自主的時間；三、整合 STEAM 多學科教育資源；四、設計新穎有趣的任務，遊戲化學習；五、結構化數位教材、靈活高應變的教學方法；六、以 PBL 方式讓

學生彼此分擔，共同創作；七、引進業師、競賽等業界資源。以上供教師們設計課程時之參考。此外，對於不同風格的學生應如何引導，本研究就以下五點建議：一、在教材的設計上：系統化條列（適合 S）與圖像（適合 G）並進；二、數位內容：清單式進度自主安排（適合 S）與週提醒（適合 G）並行；三、在實體課上：獎勵發言（適 S），給予肯定（適 G）；四、在作業的規劃上：S 型需要明確的時程和範本，G 型較發散反而需要明確的尺規和方向；五、多元任務、多元評量。

研究限制與反思，其實這門課對學生來說負荷並不重，平均在 1.75，在教學評量中，還有學生表示，覺得內容太簡單，希望老師不要因為是通識課就手下留情，這一點，研究者也將積極改進。而且越是外在環境艱難（如疫情影響），越是應當求新求變。從教學評量的質性回饋中，學生也給了老師這樣創新活潑的上課方式、和趣味的安排很多的肯定。但是教者致力於跨科的融合，以及科技軟硬體導入是否也加重了學生的認知負荷，後續值得做更深的研究。而此次因採取課堂便利樣本，有效樣本僅 44 人，此外，本研究主要採用獨立樣本 *t* 檢定以檢視分組的差異，但囿於部份分組的人數較小，可能會有數據分佈偏移與離群值存在，故在應用此部分的研究結果時，在推論方面宜秉持保留的態度。又由於傳播技能是通識課，這樣的做法在不同領域專業課程是否可行，仍需進一步的驗證，後續將在應用科技學院的專業必修課堂中，導入 STEAM 模組、並加入生源

背景、教學風格等因素，再做更深入的研究。雖然研究有許多限制，但本文以布魯姆教學法作為目標設計層次、以 STEAM 六 E 作為執行步驟、以三大學習目標作為學習成效檢核的整合模組，值得參考。

致謝

本研究感謝教育部 108 教育部教學實踐研究計劃支持，核可文號 PSK1080076，計劃原名為「學習風格與創客教育 - 以台科大傳播技能機器人微電影為例」，並通過國立台灣大學倫理審查中心審查，核準文號為：NTU-REC No:201907ES004，計畫執行期間為 108.08.01~109.07.31，執行完畢後撰寫為此研究論文，公開分享教學創新之有效方案與教者共勉。

參考文獻

- Adriyawati, A., Utomo, E., Rahmawati, Y., & Mardiah, A. (2020). Steam-project-based learning integration to improve elementary school students' scientific literacy on alternative energy learning. *Universal Journal of Educational Research*, 8(5), 1863-1873. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080523>
- Aguilera, D., & Ortiz-Revilla, J. (2021). STEM vs. STEAM education and student creativity: A systematic literature review. *Education Sciences*, 11(7), 331. <https://doi.org/10.3390/educsci11070331>
- Aheisibwe, I., Kobusigye, L., & Tayebwa, J. (2021). Bridging education gap in higher institutions of learning using Bloom's taxonomy of educational objectives. *African Educational Research Journal*, 9(1), 69-74. <https://doi.org/10.30918/AERJ.91.20.213>
- AL-Momani, M. O., & Rababa, E. M., (2021). Remembrance and learning skills and their relationship to academic achievement among university students. *Science and Education*, 2(12), 415-425.
- Amabile, T. M., Collins, M. A., Conti, R., Phillips, E., Picariello, M., Ruscio, J., et al. (2018). *Creativity in context ; Update to the social psychology of creativity*. New York, NY: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429501234>
- Anderson, L. W. (1999). *Rethinking Bloom's taxonomy: Implications for testing and assessment*. (Report No. ED: 435630). Washington, DC: U. S. Department of Education.
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York, NY: Longman.
- Assis, L., Rodrigues, A. C., Vivas, A., Pitanguí, C. G., Silva, C. M., & Dorça, F. A. (2022). Relationship between learning styles and learning objects: A systematic literature review. *International Journal of Distance Education Technologies*, 20(1), 1-18. <https://doi.org/10.1080/10804295.2022.2088888>

- doi.org/10.4018/IJDET.296698
- Bahrum, S., Wahid, N., & Ibrahim, N. (2017). Integration of STEM education in Malaysia and why to STEAM. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 7(6), 645-654. <http://dx.doi.org/10.6007/IJARBS/v7-i6/3027>
- Bannert, M. (2002). Managing cognitive load-Recent trends in cognitive load theory. *Learning and Instruction*, 12(1), 139-146. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00021-4](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00021-4)
- Bloom, B. S. (1956). Taxonomy of Educational ObjectivesI: The classification of educational goals. *Handbook 1: Cognitive Domain*. New York, NY: David McKay.
- Bimba, A. T., Idris, N., Mahmud, R. B., Al-Hunaiyyan, A., & Shuib, N. L. B. M. (2017). Adaptive feedback in computer-based learning environments: A review. *Adaptive Behavior*, 25(5), 217-234. <https://doi.org/10.1177/1059712317727590>
- Bozkurt Altan, E., & Tan, S. (2021). Concepts of creativity in design based learning in STEM education. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(3), 503–529. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09569-y>
- Brown, B. L. (1998). *Learning styles and vocational education practice: Practice application brief*. Columbus, OH: ERIC Clearinghouse on Adult, Career, and Vocational Education.
- Brünken, R., Plass, J. L., & Leutner, D. (2003). Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 53-61. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_7
- Burke, B. N. (2014). The ITEEA 6E learning by design™ model: Maximizing informed design and inquiry in the integrative STEM classroom. *Technology and Engineering Teacher*, 73(6), 14-19.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington, VA: National Science Teachers Association.
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (Eds.). (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6>
- Casad, B. J., & Jawaharlal, M. (2012). *Learning through guided discovery: An engaging approach to K-12 STEM education*. Paper presented at 2012 ASEE Annual Conference & Exposition. San Antonio, Texas USA.
- Chien, Y. H., & Chu, P. Y. (2018). The different learning outcomes of high school and college students on a 3D-printing STEAM engineering design curriculum. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(6), 1047–1064. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9832-4>

- Chowdhury, R. K. (2015). Learning and teaching style assessment for improving project-based learning of engineering students: A case of United Arab Emirates University. *Australasian Journal of Engineering Education*, 20(1), 81-94. <https://doi.org/10.7158/D13-014.2015.20.1>
- Chu, H. E. (2021). Editorial: STEAM education in the Asia Pacific region. *Asia-Pacific Science Education*, 7(1), 1-5. <https://doi.org/10.1163/23641177-bja10026>
- Chu, H. C., Hwang, G. J., & Tsai, C. C. (2010). A knowledge engineering approach to developing mindtools for context-aware ubiquitous learning. *Computers & Education*, 54(1), 289-297. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.08.023>
- Chung, C. C., Lin, C. L., & Lou, S. J. (2018). Analysis of the learning effectiveness of the STEAM-6E special course-A case study about the creative design of IoT assistant devices for the elderly. *Sustainability*, 10(9), 3040-3056. <https://doi.org/10.3390/su10093040>
- Collinson, E. (2000). A survey of elementary students' learning style preferences and academic success. *Contemporary Education*, 71(4), 42-48.
- Conradty, C., & Bogner, F. X. (2020). STEAM teaching professional development works: Effects on students' creativity and motivation. *Smart Learning Environments*, 7(1), 1-20. <https://doi.org/10.1186/s40561-020-00132-9>
- Craft, A. (2003). The limits to creativity in education: dilemmas for the educator. *British Journal of Educational Studies*, 51(2), 113-127. <https://doi.org/10.1111/1467-8527.t01-1-00229>
- Duckworth, A. L. (2011). The significance of self-control. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(7), 2639-2640. <https://doi.org/10.1073/pnas.1019725108>
- Engelman, S., Magerko, B., McKlin, T., Miller, M., Edwards, D., & Freeman, J. (2017). Creativity in authentic STEAM education with earsketch. *Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*, 183-188. <https://doi.org/10.1145/3017680.3017763>
- Genek, S. E., & Küçük, Z. D. (2020). Investigation of scientific creativity levels of elementary school students who enrolled in a STEM program. *Ilkogretim Online*, 19(3), 1715-1728. <https://doi.org/10.17051/ilkonline.2020.734849>
- Gribbons, B., & Herman, J. (1997). True and quasi-experimental designs. *ERIC/AE Digest* (ERIC No. ED421483). Washington, DC: ERIC Clearinghouse on Assessment and Evaluation.
- Henriksen, D. (2014). Full STEAM ahead: Creativity in excellent STEM teaching practices. *The STEAM Journal*, 1(2), 15. <https://doi.org/10.5642/steam.20140102.15>

- Henriksen, D. (2017). Creating STEAM with design thinking: Beyond STEM and arts integration. *The STEAM Journal*, 3(1), 11. <https://doi.org/10.5642/steam.20170301.11>
- Hwang, G. J., Hsu, T. C., & Hsieh, Y. H. (2019). Impacts of different smartphone caption/subtitle mechanisms on english listening performance and perceptions of students with different learning styles. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 35(4-5), 333–344. <https://doi.org/10.1080/10447318.2018.1543091>
- Job, V., Walton, G. M., Bernecker, K., & Dweck, C. S. (2013). Beliefs about willpower determine the impact of glucose on self-control. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(37), 14837-14842. <https://doi.org/10.1073/pnas.1313475110>
- Johnson, C. G., & Fuller, U. (2006). Is Bloom's taxonomy appropriate for computer science? *Proceedings of the 6th Baltic Sea Conference on Computing Education Research: Koli Calling 2006*, 120-123. <https://doi.org/10.1145/1315803.1315825>
- Kaniawati, D. S., & Suryadi, S. (2016). Integration of STEM education in learning cycle 6E to improve problem solving skills on direct current electricity. *Proceeding of ICMSE*, 3(1), M-106-M-109.
- Kan Önttürk, Z., Kanig, M., Aslan, E., & Kuguoglu, S. (2021). Reflection of learning styles on students' anxiety and learning levels in simulation education: An obstetrics and neonatology nursing experience. *Florence Nightingale Journal of Nursing*, 29(2), 186-193. <https://doi.org/10.5152/FNJN.2021.19173>
- Kim, B. H., & Kim, J. (2016). Development and validation of evaluation indicators for teaching competency in STEAM education in Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(7), 1909–1924. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1537a>
- Kraus, L. A., Reed, W. M., & Fitzgerald, G. E. (2001). Effects of learning style and hypermedia prior experience on behavioral disorders knowledge and time on task: A case-based hypermedia environment. *Computers in Human Behavior*, 17(1), 125-140. [https://doi.org/10.1016/S0747-5632\(00\)00030-3](https://doi.org/10.1016/S0747-5632(00)00030-3)
- Land, M. H. (2013). Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts into STEM. *Procedia Computer Science*, 20, 547-552. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.09.317>
- Liao, C. (2016). From interdisciplinary to trans-disciplinary: An arts-integrated approach to STEAM education. *Art Education*, 69(6), 44-49. <https://doi.org/10.1080/00043125.2016.1224873>
- López-Vargas, O., Ibáñez-Ibáñez, J., & Racines-Prada, O. (2017). Students' metacognition and cognitive style and their effect on cognitive load and learning achievement.

- Journal of Educational Technology & Society*, 20(3), 145-157.
- Lu, S. Y., Lo, C. C., & Syu, J. Y. (2021). Project-based learning oriented STEAM: The case of micro-bit paper-cutting lamp. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(5), 2553-2575. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09714-1>
- Marosan, Z., Savic, N., Klasnja-Milicevic, A., Ivanovic, M., & Vesin, B. (2022). Students' perceptions of ILS as a learning-style-identification tool in e-learning environments. *Sustainability*, 14(8), 4426. <https://doi.org/10.3390/su14084426>
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43-52. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_6
- Oner, A. T., Nite, S. B., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2016). From STEM to STEAM: Students' beliefs about the use of their creativity. *STEAM Journal*, 2(2), 1-14. <https://doi.org/10.5642/steam.20160202.06>
- Ozkan, G., & Umdu Topsakal, U. (2017). Examining students' opinions about STEAM activities. *Journal of Education and Training Studies*, 5(9), 115-123. <http://doi.org/10.11114/jets.v5i9.2584>
- Ozkan, G., & Umdu Topsakal, U. (2021). Exploring the effectiveness of STEAM design processes on middle school students' creativity. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(1), 95-116. <https://doi.org/10.1007/s10798-019-09547-z>
- Paas, F. G. W. C. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 429-434.
- Quigley, C. F., Herro, D., & Jamil, F. M. (2017). Developing a conceptual model of STEAM teaching practices. *School Science and Mathematics*, 117(1-2), 1-12. <https://doi.org/10.1111/ssm.12201>
- Raleiras, M., Nabizadeh, A. H., & Costa, F. A. (2022). Automatic learning styles prediction: A survey of the State-of-the-Art (2006-2021). *Journal of Computers in Education*, 9(4), 587-679. <https://doi.org/10.1007/s40692-021-00215-7>
- Rolling, J. H. (2016). Reinventing the STEAM engine for art+ design education. *Art Education*, 69(4), 4-7. <https://doi.org/10.1080/00043125.2016.1176848>
- Sanders, M. E. (2012). Integrative STEM education as best practice. In H. Middleton (Ed.), *Explorations of best practice in technology, design, and engineering education. Vol. 2* (pp. 103-117). Gold Coast, Australia : Griffith University. <https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/51563>
- Sandman, T. E. (2014). A preliminary investigation into the adaptive learning styles of business students. *Decision Sciences*

- Journal of Innovative Education*, 12(1), 33-54. <https://doi.org/10.1111/dsji.12020>
- Senan, D. C. (2013). Infusing BSCS 5E instructional model with multimedia: A promising approach to develop 21st century skills. *Journal on School Educational Technology*, 9(2), 1-7.
- Sentance, S., Waite, J., Hodges, S., MacLeod, E., & Yeomans, L. (2017). "Creating cool stuff" : Pupils' experience of the BBC micro: bit. *Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*, 531-536. <https://doi.org/10.1145/3017680.3017749>
- Sharunova, A., Butt, M., & Qureshi, A. J. (2018). Transdisciplinary design education for engineering undergraduates: Mapping of Bloom' s taxonomy cognitive domain across design stages. *Procedia CIRP*, 70, 313-318. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.02.042>
- Sharunova, A., Wang, Y., Kowalski, M., & Qureshi, A. J. (2022). Applying Bloom' s taxonomy in transdisciplinary engineering design education. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(2), 987-999. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09621-x>
- Stahl, G., Koschmann, T., & Suthers, D. (2006). Computer-supported collaborative learning: An historical perspective. In R. K. Sawyer (Ed.), *Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 409-426). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Sweller, J. (2004). Instructional design consequences of an analogy between evolution by natural selection and human cognitive architecture. *Instructional Science*, 32(1), 9-31. <https://doi.org/10.1023/B:TRUC.0000021808.72598.4d>
- Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction*, 12(3), 185-233. https://doi.org/10.1207/s1532690xci1203_1
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 Years later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261-292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Taljaard, J. (2016). A review of multi-sensory technologies in a science, technology, engineering, arts and mathematics (STEAM) classroom. *Journal of Learning Design*, 9(2), 46-55. <https://doi.org/10.5204/jld.v9i2.274>
- Wannapiroon, N., & Petsangsri, S. (2020). Effects of STEAMification model in flipped classroom learning environment on creative thinking and creative innovation. *TEM Journal*, 9(4), 1647-1655. <https://doi.org/10.18421/tem94-42>
- Yakman, G. (2008). STEAM education: An overview of creating a model of integrative education. *Pupils Attitudes Towards Technology 2008 Annual Proceedings*, 335-358.
- Yakman, G., & Lee, H. (2012). Exploring the

exemplary STEAM education in the U.S, as a practical educational framework for Korea. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(6), 1072-1086. <https://doi.org/10.14697/jkase.2012.32.6.1072>

Zhong, B., Liu, X., Xia, L., & Sun, W. (2022). A proposed taxonomy of teaching models in STEM education: Robotics as an example. *SAGE Open*, 12(2), 1-15. <https://doi.org/10.1177/21582440221099525>

附件 1: 前測問卷

學習風格調查表 (ILS)- 引用自 (Sandman, 2014) 取其中第四構面 11 題：

這是一份學習風格問卷調查表，這份問卷能讓老師瞭解妳思考的習慣，作為教學上的參考，也讓你(妳)更瞭解自己的學習情況，請誠實作答。下列有 11 個問題，每一題都有 (a) 或 (b) 二個選項。每題都單選只有一種答案，如果二個答案都跟你(妳)的情形很類似，請選擇一個最適合你(妳)的答案。本測驗題目的答案與對錯無關，每個人的學習情況不一樣是正常的，本測驗與你(妳)的學習成績無關，請安心作答不要緊張。題號不連續是正常的，仔細填寫不要遺漏，以免影響測驗的準確，謝謝合作。以下開始作答：

4. 我往往會

- (a) 瞭解事物的細節但是它的整體結構是模糊的。
- (b) 瞭解事物的整體結構但是它的細節是模糊的。

8. 一旦我瞭解了

- (a) 所有的各部分，我就瞭解了整個事情。
- (b) 整個事情，我就知道它構成的部分。

12. 當我解數學問題時，我通常

- (a) 用我自己的方法一步一步求解。
- (b) 先看解題答案，然後設法想出解題答案的步驟。

16. 當我在分析一個故事或小說時，

- (a) 我想到各種情節並試圖把它們結合起來，去建構主題。
- (b) 當我讀完時，我只知道主題是什麼，然後我必須回頭去尋找有關的情節。

20. 對我來說它是很重要的，一個老師

- (a) 用清楚連續地步驟展示教材。
- (b) 先給一個全貌圖，然後再連結教材到其他主題。

24. 我學習時

- (a) 用正當地規矩的方法，我相信如果我努力，我就會學會。
- (b) 是間歇性的，有時我完全混亂，然後，突然成功了。

28. 當我思考一大段資訊資料時，我比較喜歡

- (a) 注意細節卻忽視了全貌大意。
- (b) 設法瞭解全貌大意然後深入細節。

32. 當我寫文章時，我比較喜歡

- (a) 先思考和著手寫文章的開頭，然後繼續寫下去。
- (b) 先思考和寫作文章的不同部分，然後按順序加以整理。

36. 當我在學習新的主題時，我偏愛
- (a) 專注於主題，盡我所能得學會它。
 - (b) 設法建立該主題與其他有關主題的連結。
40. 有些教師講課時先提出一個大綱，這種大綱對我來說是
- (a) 有一些幫助。(b) 很有幫助。
44. 當在小組中解決問題的過程時，我比較喜歡去
- (a) 思考在解問題的過程中，解題的步驟。
 - (b) 思考可能的結果，和其在更廣泛的領域內解法的應用。

系級 / 學號 / 姓名 _____ A= _____ ; B= _____

在以上 11 個問題中，答 A 的數量 > 答 B 者學習風格偏向為循序型、反之則為綜合型。

附件 2：後測問卷

歡迎您參與本課堂，此份文件僅限研究使用，我們將依法把任何可辨識您身分之紀錄與您個人隱私之資料視同機密處理，且在數據化為統計資料之後封箱保存並於一年後銷毀，無外洩之可能性。

參與者體驗 STEAM 科學教育，教具科學工藝玩具機器人為教材，無需自費亦無需歸還；所製作之影片，僅為課堂使用，著作人格權及所有權皆歸製作者所有，無後續衍生行為亦無侵權之可能性。

在這學期的實驗中，我們正常授課，所有學生之體驗內容皆相同，正常繳交中期末報告作為評分。問卷不計分，您可以決定是否交回，各題答案皆不會影響您的成績，請安心作答。

問卷共分為兩大部份，請依同意程度給予 1~5 分（即非常同意為 5 分）

第一部份 - 學習模式滿意度量表 - 引用自 (Chu, Hwang, & Tsai, 2010)

- 1. 使用這個方式學習，比以前的學習方式更具有趣味性
- 2. 使用這個方式學習，我覺得它可以幫助我發現新的問題
- 3. 使用這個方式學習，我覺得能讓我用新的思考方式來看待學習的內容
- 4. 我喜歡使用這個方式進行學習
- 5. 希望其他科目也可以透過這種方式來學習
- 6. 我希望以後還有機會可以使用這個方式進行學習
- 7. 我會推薦這個學習方式給其他同學

第二部份 - 後測問卷 -2- 認知負荷量表 - 後測 - 引用自 (Sweller, 2004)

- 1. 這個活動中的學習內容對我而言是困難的
- 2. 我花了很大的心力，才能解決這個學習活動中的問題
- 3. 解決這個活動中的問題令人感到非常累
- 4. 解決這個活動中的問題令我感到非常挫折
- 5. 我没有足夠的時間來解決活動中的問題
- 6. 學習過程的解說方式造成我很大的壓力
- 7. 我必須投入很大的心力來整理這個學習活動中獲得的資訊
- 8. 學習過程的解說方式及教學內容呈現方式，讓我很難把所學到的知識連貫

系級學號 _____ 姓名 _____ 學習風格 循序型 綜合型

在這次學習活動中我主要參與 機器人製作 影片製作