DOI:10.30279/TSEJ

Taipei

臺北市STEAM教育期刊

Education Journal

05
2026.09
第五期

臺北市政府教育局
DEPARTMENT OF EDUCATION
TAIPEI CITY GOVERNMENT

臺北市
STEAM
及新科技發展辦公室
Taipei City
STEAM Education &
Emerging Technologies
Development Office

目錄 Contents

序 - 跨域實踐與永續創新：臺北 STEAM 及新科技教育的領航藍圖 04
／臺北市政府教育局湯志民局長

前言 - 精進 STEAM 教育：GAI× 協作 × 反思 06
／臺北市立大學賴阿福教授

以 AI 姿勢辨識引導 STEAM 實作探究之課例
—「雨」神作伙來運動！從自造到 AI 的動感新世代 08
／臺北市內湖區西湖國民小學教師周凡淇、王蓓恩、簡君羽、王振興、顏嘉吟、陳敦正、林玲如、謝宜芝、陳柏翰、陳美鳳

當「感性詮釋」遇見「工程試錯」：
從交通安全積木牆探討高中跨域 STEAM 實踐歷程 19
／臺北市立育成高級中學教師蔡妤涓、吳毓凌、顏世謙

以國立臺灣科學教育館為起點的 Tinkering×STEAM 教育實踐：
從自造體驗到教學實踐的經驗與啓示 28
／國立臺灣科學教育館 研究助理李致翔

當教室沒有邊界：5G × XR 打造跨校沉浸式的共學創新教育 38
／臺北市 STEAM 及新科技發展辦公室王安壽、柯靜蓉

Taipei STEAM Education Journal

序

跨域實踐與永續創新：臺北 STEAM 及新科技教育的領航藍圖

二十一世紀資訊科技迅速發展，雲端運算、元宇宙、生成式 AI 等工具快速更新、瞬息萬變；「α世代」的孩子們，面對世界的變化較過去更快且複雜，解決問題的方法沒有標準答案，更需要能運用多元且開放的思考能力，以因應不斷變化的未來。

臺北市重視培養孩子具備面對未來的素養能力，我們積極透過 STEAM 及新科技教育，把科學、科技、工程、藝術、數學等學科領域融會貫通，幫助孩子學會做中學、學會思考、學會與人合作，勇敢探索和創造！112 學年度臺北市創全國之先，成立「臺北市 STEAM 及新科技發展辦公室」及「幼兒創思中心」，前者統籌本市國小以上至高中的 STEAM 及新科技發展，整合全市 7 所 STEAM 及新科技教育中心，建構「縱向連結、橫向整合」的網絡，期待透過教師工作坊、課程研習及體驗課程等，滿足國小孩子對世界的好奇心、串連國中生對知識的連結，發展高中職生對專業的鑽研，讓 STEAM 及新科技教育不是高深的學問，而是扎根於生活情境的日常。

臺北市對 STEAM 及新科技教育的擘劃，期許將主動權交給學校，讓創新的力量在校園直接落實。首先，臺北市在 114 年起推動「STEAM 學校認證」，提供學校明確的發展指標與支持架構，引導學校依據自身屬性，建立學校特色、發展校本特色課程，真正落實於學校的課程與教學；《STEAM 課程地圖》採分階段、有系統的方式，培養種子教師，共同攜手協助有意願的教師增能，透過專業社群的運作，實現經驗的傳承與擴散；並且，透過與企業合作，強化學生實作經驗，結合課程與業師資源的引入，縮短學用落差，讓孩子們將課堂上所學運用於真實情境，在未來也有可能改變世界！

面對 AI 時代，在硬體方面，臺北市持續建置「新世代學習空間」，以多中心的教室設計、融合資訊和通信技術、可移動的牆壁和其他靈活的內裝元素、各種「對學生友善」的家具，並可隨時獲取資源等特點，建置可幫助學生自主學習、探索學習的空間環境；在軟體方面，舉辦「STEAM 跨域競賽」、「資通訊應用競賽」，並辦理「國際見學團」參訪計畫等，希望擴展師生跨校、跨國的互動交流與國際視野。

114 年初，我們邀請專家學者、產業界及教師一同編撰全國首創「臺北市 STEAM 學習誌」，整合多學科、跨領域、連生活的 STEAM 教育實務分享，接下來我們更預計以每 2 月為一期的方式，出版「臺北市 STEAM 教育期刊」，將收錄現場教師設計的課程教材、寶貴經驗分享，以文字和影像，搭建一個平臺，讓臺北市 STEAM 及新科技教育的推動情形，能與親師生或大眾分享、交流和對話。本期創刊特別感謝刊物編審工作小組國立臺灣師範大學張玉山特聘教授、游光昭特聘教授兼執行長、國立清華大學王子華教授兼院長、國立臺北教育大學劉遠楨教授兼副校長、臺北市立大學賴阿福教授、國立臺灣科學教育館劉火欽館長、鴻海教育基金會汪芝蓁執行長、臺北市立中山女高張云棻校長及各領域專家、學者及各協助撰稿之教育先進，因為有您和我們共同努力，才能促成本刊的發行！期許未來臺北市的 STEAM 及新科技教育持續前行，許孩子一個共學、共創、共好的永續創新學習環境，與世界接軌，成就無限可能！

臺北市政府教育局

局長

前言

精進 STEAM 教育：GAI× 協作 × 反思

賴阿福 退休教授
臺北市立大學

STEAM 教育係整合創意、藝術、科技與工程之系統性學習活動，為當前教育發展之重要趨勢。為深化 STEAM 教育之成效，至少可從以下三個方向著手： (1) 科技賦能 (GAI)： 在探究與問題解決歷程中，生成式 AI 應作為突破時空限制之輔助鷹架，而非替代思考之工具；將 GAI(Generative Artificial Intelligence) 與程式設計融入專題實作，可賦予 STEAM 作品智慧化特徵，引導學習者掌握新興科技、深化運算思維，進而具備因應未來挑戰之能力。 (2) 協同共創 (Collaboration)：於學習者端，藉由同儕共學、組間互學與跨校觀摩，突破傳統學習場域之限制，形塑自主學習習性並涵育 4C(Critical Thinking, Creativity, Communication and Collaboration) 素養；於教學者而言，則透過跨領域之協同教學設計與專業對話，持續優化課程活動之品質。 (3) 批判反思 (Reflection)：鼓勵學生在學習歷程進行反思及檢討，從嘗試錯誤經驗中精進問題解決策略；同時，教師應將行動研究導入教學省思，藉由不斷地修正與實踐，提升 STEAM 教學活動之精緻度。本期共收錄四篇文章，每篇都呈現上述部分理念，期望提供中小學教師教學參考，以掌握 STEAM 教育的精隨與實務教學設計。

< 以 AI 姿勢辨識引導 STEAM 實作探究之課例 > 是西湖國小多年來參與教育部中小學數位深耕計畫的成果之一，此專題導向學習教案以雨天運動場域受限之真實問題為起點，整合社會、數學、資訊科技、工程、健康與體育及藝術等多領域，從雨量與體適能資料判讀、micro:bit 運動偵測裝置、無線運動機台等創客製作，設計到 Teachable Machine 姿勢辨識與互動健體遊戲等，此課例具有 AI 素養學習內涵的體驗之特色，並成功將此 AI 體驗學習模式透過跨校社群擴散推廣。

< 當「感性詮釋」遇見「工程試錯」：從交通安全積木牆探討高中跨域 STEAM 實踐歷程 > 一文，以高中交通安全積木牆專題為例，詳述美術、生活科技與資訊科技等跨領域教師帶領跨年級學生， 在協作下將生硬的交通法規，感性地轉化為具備視覺與聲光效果的動態機關，並引導學生在解決骨牌超重、軌道倒塌及感測器失靈等問題中反覆測試與修正，展現「工程思維不是一次完成」之概念，體認「工程思維需歷經迭代」的真實面貌，讓學生們自主投入交通安全、在地通學路線、積木結構與 micro:bit 聲光回饋等的學習內涵，亦充分展現跨領域教師教學設計之巧思。

< 以國立臺灣科學教育館為起點的 Tinkering × STEAM 教育實踐：從自造體驗到教學實踐的經驗與啓示 > 一文，以國立臺灣科學教育館「敲敲打打工作坊」為案例，說明開放式任務、材料探索、引導式提問、合作分享及重視歷程的教學策略，並以「彈珠機」為例，呈現學習活動之任務引導、材料探索、設計與製作、測試與調整、分享與觀察等探究與工程設計歷程，展現明確的場館特色與 STEAM 實務之參考價值。

< 當教室沒有邊界：5G × XR 打造跨校沉浸式的共學創新教育 > 一文，以臺北市立中山女高參與教育部「5G 新科技學習示範學校計畫」為案例，推動沉浸式 XR 數位教材之共學跨校課程實驗，涵蓋地理、生態與原住民族文化等主題，實驗結果呈現顯著學習成效，教師在 XR 跨校共學歷程中的協作模式，促進其專業成長與提升教學創新能力。

TAIPEI STEAM 教育期刊 2026/09
第 1 卷 第 5 期 8-18
DOI:10.30279/TSEJ.202609_1(5).0001

以AI姿勢辨識引導STEAM實作探究之課例—「雨」神作伙來運動！從自造到AI的動感新世代

周凡淇、王蓓恩、簡君羽、王振興、顏嘉吟
陳敦正、林玲如、謝宜芝、陳柏翰、陳美鳳
臺北市內湖區西湖國民小學

通訊作者：周凡淇 nora@hhups.tp.edu.tw
作者服務單位：臺北市內湖區西湖國民小學（全體作者）

摘要

本課例以「雨天如何在有限空間持續運動」為真實問題，設計融入 AI 姿勢辨識的跨領域 STEAM 課程，整合社會、數學、健體、資訊與藝術。課程分五階段：由雨量與體適能數據發現問題，以 micro:bit 自製運動偵測裝置與無線機台，經真空塑型與雷射切割完成裝置，再以 Teachable Machine 將自創運動轉為 AI 遊戲。教師不將 AI 判讀視為標準答案，而引導學生察覺模型因訓練資料不足而誤判：僅以單一學生動作訓練時難以辨識他人姿勢，進而增加樣本多樣性、修正資料重新訓練，經歷「資料蒐集—模型訓練—判讀—驗證再優化」的 AI 邏輯。課程觀察顯示，學生由「會用工具」走向「看懂工具」，可作為 AI 素養融入國小跨域教學之參考。

關鍵詞： STEAM 教育、AI 素養、姿勢辨識、Teachable Machine、micro:bit、跨領域課程、實作探究

A Hands-On STEAM Inquiry Lesson Guided by AI Pose Recognition: "Rain or Shine, Let's Exercise Together!" — From Making to AI

Authors: Chou, Fan Chi*

Xihu Elementary School, Neihu District, Taipei City, Taiwan

*Corresponding author: Chou, Fan Chi, nora@hhups.tp.edu.tw

Abstract

This lesson case begins with an authentic problem—how to keep exercising indoors on rainy days—and develops an interdisciplinary STEAM course embedding AI pose recognition across Social Studies, Mathematics, Health and Physical Education, Information Technology, and the Arts. Across five stages, students frame the problem from rainfall and physical-fitness data, build a motion-detection device and a wireless exercise machine with micro:bit, fabricate innovative devices through vacuum forming and laser cutting, and finally use Teachable Machine to turn self-designed exercises into interactive AI games. Teachers do not treat AI outputs as correct answers. Instead, they guide students to notice that a model trained on a single student's movements fails to recognize other members' poses, prompting them to add diverse samples and retrain. Students thus experience the AI logic of data collection, model training, inference, and refinement. Classroom observation suggests the design helps students move from using tools to understanding them. The case offers a practical reference for embedding AI literacy in elementary interdisciplinary teaching, and has spread to several Taipei schools through a cross-school teacher community.

Keywords: STEAM Education, AI Literacy, Pose Recognition, Teachable Machine, micro:bit, Interdisciplinary Curriculum, Hands-On Inquiry

壹、前言：

人工智慧與感測科技正快速走入學生的日常，從智慧手錶、運動手環到各式健康裝置，孩子在生活中頻繁接觸這些應用，卻未必理解其背後如何運作、依據什麼做出判斷。系統性回顧研究指出，數位素養具有多面向的內涵，並不等同於數位工具的操作熟練度；而 STEAM 的跨領域教學取向，被認為具有促進此種整全式素養發展的潛力（Deák & Kumar, 2024）。因此，如何在課堂中引導學生透過具體經驗，理解人工智慧「依資料與模型進行推測」的本質，成為現場教學的重要課題。

STEAM 教育強調從真實問題情境出發，結合跨域知識與動手實作，引導學生在探究與設計的歷程中建構理解。系統性回顧研究指出，學校場域導入 STEAM 教育，對學生的學習成就、情意態度與能力發展均呈現正向影響（Amanova et al., 2025）。當 STEAM 課程進一步結合設計思考取向，引導學生在實作中反覆檢視問題、測試想法並修正設計時，更有助於深化學生對 AI 概念的理解，並促進其創造性應用能力的發展（Lin & Chang, 2025）。而在 AI 融入 STEAM 教育的研究回顧中，AI 技術的導入亦被指出有助於學生運算思維與分析思考的發展，並能提升其學習信心與參與意願（Al-Zahrani et al., 2024）。至於「AI 的判讀是依資料與既有模型所做的推測、而非絕對正確的輸出」這項認識，則是本課例希望透過實作歷程讓學生親身建構的核心概念。

十二年國民基本教育以培養「終身學習者」為願景，期望學生能自主行動、系統思考以解決問題，並在溝通互動與社會參與中與他人建立適切的合作模式（教育部，2014）。基於上述理念，本課例以國小學生共同面對的生活情境——雨季時戶外運動場域受限——作為問題意識的起點，透過 micro:bit 自造與 Teachable Machine 姿勢辨識，讓「維持運動」這件生活小事，成為學生理解 STEAM 實作探究精神與 AI 運作邏輯的具體學習素材。

貳、課程設計理念：STEAM 實作探究與 AI 素養的整合

本課程採以學習者為中心的主題探究式設計（PBL），核心信念是：學生必須透過操作、透過情境、透過合作，才能真正理解世界。我們並不把「科技」當成展示工具，而是把它當成支持學生蒐集資料、解釋問題與創新設計的探究媒介。在這樣的定位下，STEAM 各領域自然地在同一個問題中匯流：

以「雨天如何運動」為軸，社會（S）提供臺灣雨量數據的判讀情境，數學（M）透過 BMI 計算與體適能數據評估自身狀況，健康與體育建立正確的運動姿勢與體適能檢測知識，科技與工程（T、E）則以 micro:bit 程式設計、感測與機構整合，讓抽象的運動量得以被偵測、被記錄、被回饋，藝術（A）則在創客實作中讓裝置兼具功能與造形之美。學生從發現問題、設計方案到實體製作，完整經歷一次探究與設計的循環。

而課程後段導入的 AI，是整套設計的關鍵樞紐。我們選用免寫程式即可訓練模型的 Teachable Machine，讓學生把在健體課設計的運動動作，親手「教會」電腦辨識。這個安排的教育意圖，並

非讓學生學會某個工具，而是讓他們在一次次「教不會、再教」的過程中，親身體會 AI 的智慧並非來自機器本身，而是來自資料與模型；AI 的判讀也並非絕對正確，而是依據既有資料所做的推測，需要透過觀察、比較與再測試加以驗證。這正是 AI 素養的核心，也是本課例最希望傳遞的學習經驗。

參、課例分享：從自造到 AI 的五階段學習歷程

實施對象與時程：本課程為西湖國小校訂課程，由跨領域教師社群共同發展，於 110–112 學年度在本校實施，實施對象為五年級學生，三年間共 6 個班參與。跨校推廣方面，2023 年擴及臺北市 4 所學校、22 個班級、約 600 人次學生；2024 年於南湖、碧湖、明湖等校辦理體驗，逾 300 人次。各階段對應之領域與節數配置如表 1，總節數約 24 節，各領域可搭配之單元分別為社會「臺灣的氣候」、健體「體適能與健康」、數學「解讀報表」。

資料來源與說明：本文屬實務課例分享，非教學實驗研究，未設對照組亦未進行標準化測驗。文中所述之學生反應與課堂情形，來源為教師課堂觀察紀錄、學生作品（程式需求表、自製裝置、AI 互動遊戲）與分組發表內容，並經參與教師於社群共備會議中交叉檢核。因此本文各項敘述以「課程觀察顯示」呈現，不宜逕行推論為量化成效。

課程整體架構分為五個階段，各階段的領域整合、科技工具與核心概念，整理如表 1。

表 1　「雨神作伙來運動！」五階段課程架構

階段	學習活動	STEAM 領域與科技工具	核心素養／ AI 概念
一、體適能知多少	判讀臺灣雨量數據、認識體適能與 BMI、發想室內運動	社會、數學、健體；真實統計圖表	從真實數據發現問題、健康自主管理
二、動茲知多少	撰寫程式需求表、以 micro:bit 加速度感測偵測運動量、無線傳輸分組競賽	資訊、工程；micro:bit、擴充板	運算思維、需求分析、問題拆解
三、無線運動機台	以 WS2812 燈條與無線通訊製作具回饋性的雙機互動運動機台	資訊、工程；NeoPixel、無線通訊、WSQ 策略	系統整合、訊號傳遞概念
四、創新裝置設計	運用真空塑型與雷射切割，設計並實體製作增加運動量的互動裝置	藝術、工程；創客中心設備	創造力、專注力、設計實踐
五、AI 課程與精進	以 Teachable Machine 辨識海洋垃圾、魚缸與運動姿勢，結合 OSEP Scratch 開發運動遊戲	資訊、健體；Teachable Machine、OSEP Scratch、code.org	AI 素養：資料蒐集—模型訓練—判讀—驗證再優化

一、體適能知多少：從真實數據發現問題

課程起點引導學生思考「在任何生活環境下都能維持運動」的重要性。首先在社會課透過臺灣真實雨量統計圖表，讓學生判讀臺灣的雨季，理解戶外運動可能面臨積水、地面濕滑等問題，進而思考：雨天時，如何在室內有效運動？接著介紹健康體適能的概念——體適能不僅是體力，還包含柔軟度、肌力與心肺耐力等面向；最後教導 BMI 計算方式，讓學生評估自身狀況，並透過小組討論與腦力激盪，發想在教室或家中等有限空間可進行的運動。此階段讓學生建立「在任何環境都能規劃適當運動」的正確觀念，也把一個模糊的生活感受，轉化為可探究、可設計的明確問題（圖 1）。

圖 1（左）學生運用平板進行自我體能檢核；（右）教師於課堂引導學生從真實生活情境發現問題。

二、動茲知多少：以 micro:bit 建構運動偵測裝置

發現問題後，課程透過教育局「子計畫三」引入新興科技中心師資，帶領學生體驗 micro:bit 這款小型可程式化單晶片電腦。在體驗課中，學生動手編輯程式、以偵測運動量為題修改參數，觀察 micro:bit 對動作的反應，並運用無線傳輸功能將運動量傳送到教師端的競賽機進行分組競賽（圖 2 左）。

接著，教師導入「撰寫程式需求表」的學習策略，把程式設計的思考模式外顯化。我們先以「設計一個動物園入園計數器」的情境，引導學生自由發想所需功能；示範需求表包含需求項目、需求描述、優先順序等欄位後，再讓各組實際撰寫並輪流報告（圖 2 右）。學生由此體會到：無論程式多複雜，都能透過需求表加以拆解，變得簡單可行。這個歷程培養的正是運算思維中「問題拆解」與「需求分析」的關鍵能力。

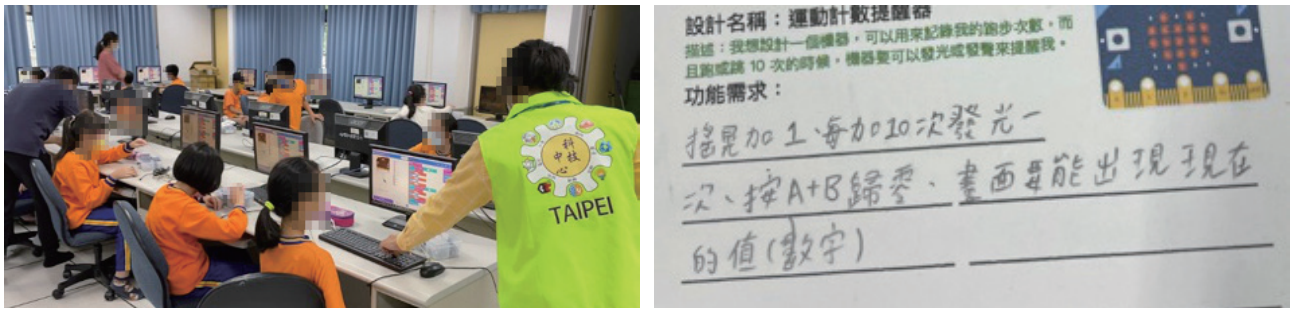

圖 2（左）透過「子計畫三」引入新興科技中心師資，帶領學生體驗 micro:bit；（右）學生分組撰寫「運動計數提醒器」程式需求表。

在跨域整合健體領域後，學生分組撰寫「能偵測運動量的裝置需要哪些功能」的需求表，再依需求撰寫程式碼並組裝硬體。值得一提的是，多數學生一開始會採取最直覺的寫法，卻無法真正偵測運動量；教學過程中，甚至有學生發現一種與教科書、網路範例完全不同、卻確實可行的寫法。我們的處理策略是：請學生依健體課所學、以標準姿勢測試，並在程式中加入數個會使變數增加的輸入條件，再由不同人交叉測試、反覆調校。依西湖國小三年共六個班的課堂觀察，加入約三至四個條件後，裝置的偵測穩定度在本課例中呈現明顯提升（未進行標準化量測，故不宜視為精確度數據）。這段「做不出來、一起除錯」的歷程，正是實作探究最珍貴的部分（圖 3）。

圖 3（左）團隊自製 micro:bit 擴充板自學影片（YouTube 頻道：西湖視訊，https://www.youtube.com/channel/UC4KINuveGEbG4z13C3mUo0w），供學生依進度反覆觀看；（右）於體育館分組實測自製偵測裝置的準確度。

三、無線運動機台：訊號傳遞與系統整合

第二個專題「具回饋性的無線運動機台」，讓學生進一步學習 micro:bit 的 NeoPixel（WS2812）燈條與無線通訊功能。我們以 WSQ（Watch–Summary–Question）學習策略，先讓學生觀察一台以燈條呈現運動量的機台，並引導他們拆解出四個關鍵功能：運動時燈條上升、不運動時燈條緩降、一台機器即可完成上述功能、以及使用者手持一台機台運動時，另一台的燈條也會同步上升。透過 WSQ，學生把一個看似複雜的成品，拆解成可逐一實作與驗證的子功能，完整經歷系統整合與訊號傳遞的概念建構（圖 4）。

圖 4　學生分組製作並演示「無線運動機台」：一台運動時，另一台的燈條會透過無線傳輸同步上升。

四、創新裝置設計：創客技術與藝術融入

在藝術與人文課，我們讓學生走進創客中心，認識真空塑型機與雷射切割機的操作與安全注意事項。熟悉機具後，各組發揮創意，構思一款能增加使用者運動量的互動裝置，討論其功能用途、外觀設計與提高活動量的方式，並依設計圖動手製作。學生靈活運用木工、micro:bit 程式設計、真空塑型、雷射切割等技術，將藝術與資訊科技的知識結合於一件作品之中。這個歷程不僅促進創造力與問題解決能力，更培養了專注力與耐心，也讓 STEAM 中的「A（藝術）」真正深度融入（圖 5）。

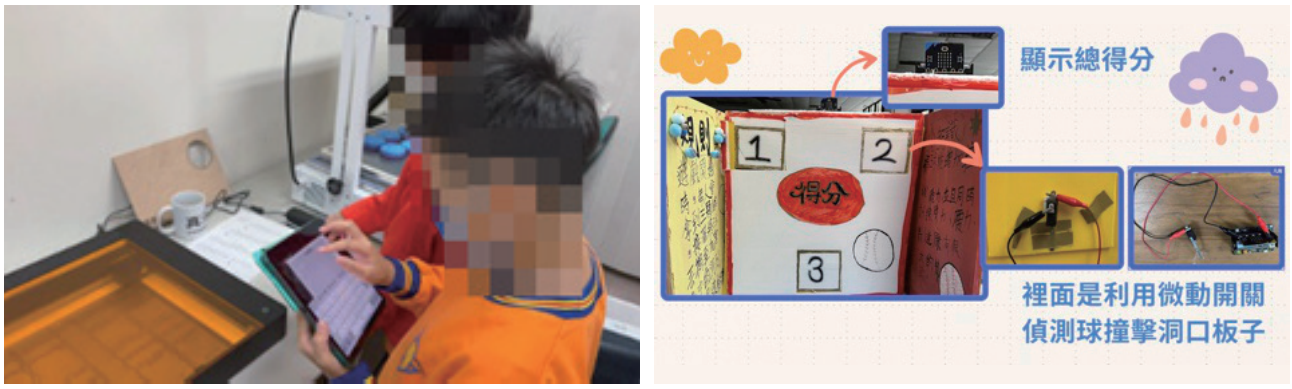

圖 5（左）學生操作真空塑型機製作裝置組件；（右）完成以微動開關偵測撞擊、兼具造形與功能的創新運動裝置。

五、從 AI 開始到運動與 AI：姿勢辨識與 AI 素養的建構

課程後段的 AI 學習，採「先理解原理、再應用於自身問題」的順序，逐步展開。

（一）從 AI 開始

我們以「海洋 AI 守護者」為主題，先播放 AI 新聞主播影片，讓學生感受 AI 已深入生活，並建立生成式 AI 的資訊素養與倫理認知；接著透過 code.org（非營利組織 Code.org 提供之免費電腦科學學習平台）的海洋遊戲，讓學生以辨識海洋生物與塑膠垃圾來建立簡單的分類模型，理解AI如何透過特徵識別進行分類、又如何藉由大量資料提升準確度。隨後進入 Teachable Machine，讓學生實際拍攝各種瓶蓋垃圾樣本、上傳分類、訓練並測試模型，第一次親手體驗「餵資料給 AI」的完整流程（圖 6 左）。

（二）給學生一缸魚

我們準備裝有魚、水草與飼料的魚缸，讓學生用攝影機拍攝「有魚」與「沒有魚」的畫面來訓練模型。在成果分享中，學生們自己歸納出許多重要發現：有組別發現增加「魚快速游動」的照片後準確度明顯提高；有組別發現加入不同光線下的照片，能讓 AI 在各種環境都準確辨識；也有學生一開始遇到 AI 把水草誤認為魚、或魚躲在角落時辨識率下降，於是特別補上這類訓練資料來改善。這個環節讓學生真切理解——資料的品質與多樣性，決定了 AI 的表現（圖 6 右）。

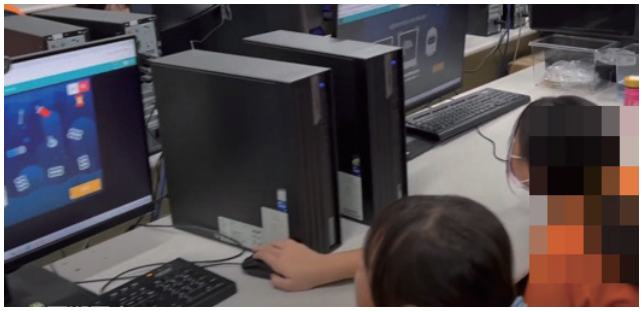
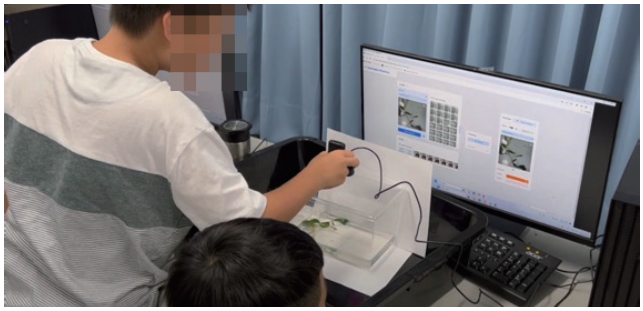

圖 6（左）學生透過 code.org 與 Teachable Machine 認識分類式 AI；（右）以攝影機拍攝魚缸畫面，訓練「有魚／沒有魚」辨識模型。

（三）運動與 AI

在充實 AI 基礎後，我們回到最初的問題：下雨天如何解決運動場域不足？學生在健體課分組發想能鍛鍊核心肌群的室內運動並修正動作，再到資訊課以 Teachable Machine 的姿勢判斷功能，把自創動作「教」給 AI。學生很快發現，不同姿勢需要不同的訓練策略：例如訓練「蹲姿」時，若只用一位學生的資料，測試時 AI 便無法判別其他組員的姿勢，因此必須從多位組員蒐集訓練數據；他們也觀察到 Teachable Machine 在小肢體部位的判斷並不總是準確。這些「不完美」不是課程的缺陷，而是課程刻意保留的學習契機——它讓學生具體體會 AI 判讀的侷限，並學會透過增加樣本、修正資料重新訓練來優化模型（圖 7 左）。

（四）OSEP Scratch 結合 AI

最後，學生將 Teachable Machine 與 OSEP Scratch（OSEP 平台提供的 Scratch 擴充版本，可串接外部 AI 模型）結合，把自創運動轉化為互動式數位遊戲：有組別做出以 AI 判斷深蹲正確性的「十六蹲」、有組別開發以姿勢辨識引導伸展的「伸展操」，也有學生設計出讓人在狹小座位也能運動的「書桌健身操」。由於這些動作都先在健體課由教師觀察修正，遊戲不只是好玩，也具備促進身體活動的可能。至此，學生完整走過「發現問題—設計動作—訓練 AI—發現誤判—修正資料—開發應用」的歷程，親身建構起對 AI 運作邏輯的整體理解。

圖 7（左）健體課分組設計並修正能鍛鍊核心肌群的動作；（右）以 OSEP Scratch 結合 Teachable Machine 完成姿勢辨識運動遊戲。

為使讀者更清楚本階段培養 AI 素養的教學引導，將 AI 姿勢辨識子課程的教學流程整理如表 2。

表 2　AI 姿勢辨識子課程教學流程與引導重點

教學流程	教師引導重點
生活情境導入	拋出「雨天如何在室內有效運動」的問題，連結學生已建立的體適能知識。
設計並驗證動作	健體教師引導各組設計能鍛鍊核心肌群的動作，並實地觀察、修正，確保運動效果。
訓練 AI 模型	以 Teachable Machine 姿勢判斷功能訓練自創動作；提問「為什麼 AI 認不出別人的姿勢？」引導學生思考資料代表性。
發現誤判與歸因	引導學生察覺單一樣本、細部肢體造成的誤判，理解 AI 判讀是依資料與模型的推測，而非標準答案。
修正資料再訓練	鼓勵學生增加多位組員、不同角度與情境的樣本，重新訓練並比較前後差異。
開發應用與發表	結合 OSEP Scratch 將動作轉為互動遊戲，分組展示並互相觀摩，統整 AI 運作邏輯。

肆、課程觀察與推廣成果

一、精進校訂課程方案

教師社群每兩年研發一套全新的跨領域 PBL 課程方案，本課程即在此脈絡下持續演進，並自近年起將 AI 科技納入課程設計，讓學生的學習與世界同步。

二、深化自主學習與運算思維

學生的學習動機始於發現問題；為了解決問題，他們大量討論、運用跨領域知識、學習新興科技技能，並在程式需求表、反覆除錯與交叉測試中，展現自主學習與運算思維的發展。課程觀察顯示，學生能主動提出並驗證自己的解法——例如有學生找出與教科書範例不同、卻同樣可行的偵測寫法。課堂中亦可見各組主動比較、實測不同的偵測程式寫法，並以交叉測試判斷何者可行（圖 8）。

圖 8 各組學生於資訊課討論並實測不同的偵測程式寫法，再以交叉測試比較何者能真正偵測運動量。

學生自撰之「程式需求表」亦留下可佐證的原始書寫。一位學生寫下「用一個變數，每跑一次或跳一次變數就加 1」、「如果變數除以 10 可以被整除就發光或發生音」；另一位則寫下「加到十時，播聲音提醒，並歸零」（原文照錄，未修正錯字）。這些以學生自己的語言寫成的句子，已包含變數、累加與條件觸發等運算思維要素，而非複製自範例程式（圖 9）。

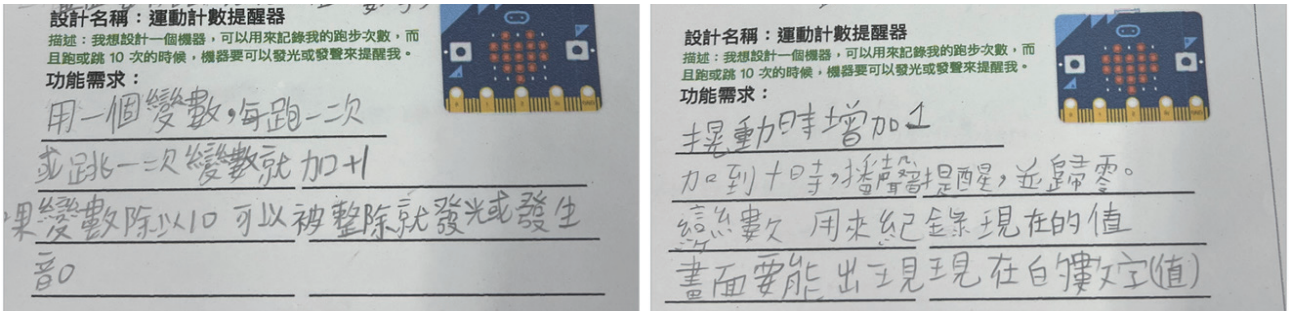

圖 9 學生自撰之「程式需求表」（左、右分別為兩位學生之作品，姓名、班級與座號資訊已遮除）：以變數與條件判斷描述「運動計數提醒器」的功能需求。

三、培養 AI 素養與驗證心態

透過魚缸辨識與運動姿勢辨識，學生具體理解「資料品質與多樣性影響 AI 表現」、以及「AI 判讀需要人來驗證與優化」，建立起面對 AI 時應有的批判與驗證態度。

四、擴散課程研發成果

本課程於 2022、2023 年獲邀參與臺灣教育科技展，透過學生發表與嘉賓實際操作運動機台推廣課程；並曾獲 2023 年親子天下教學創新獎、企業特別獎，以及教育部推動數位學習績優徵選 PBL 優良教案優等的肯定。在跨校擴散方面，2023 年課程推廣至臺北市 4 所學校、22 個班級、約 600 人次學生參與；2024 年於南湖、碧湖、明湖等校進行體驗，逾 300 人次體驗課程裝置。友校並在共備中激盪出新設計——例如士東國小加入「競爭型」遊戲元素、發展出「拔河機台」，大理國小則結合皮影戲，以 OSEP Scratch 搭配 Teachable Machine 開發操偶動作訓練程式，讓學生日後能自行對著鏡頭練習，節省個別教學時間（圖 10）。本課程獲獎紀錄如圖 11。

圖 10（左）課程推廣至明湖等友校於校內實施；（右）跨校教師專業社群共備，讓課程在多校生根。

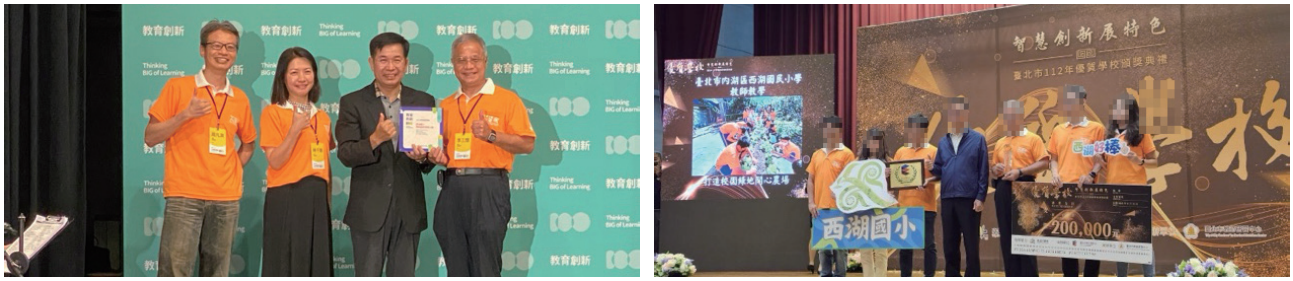

圖 11 本課程獲教育部推動數位學習績優徵選 PBL 優良教案優等（左），以及 2023 親子天下教學創新獎、企業特別獎（右）的肯定。

伍、結語與省思

本課例從學生生活中的真實問題著手，以一個「雨天如何運動」的提問，串起社會、數學、健體、資訊與藝術的跨域學習，並讓 micro:bit 自造與 AI 姿勢辨識自然地整合於同一個目標。我們特別珍惜課程中那些「不順利」的時刻——寫不出偵測程式、AI 認不出姿勢——因為正是這些時刻，讓學生從「會用工具」走向「看懂工具」。面對這些困境，我們的協助策略並非直接給答案，而是把問題還原成可檢驗的小步驟：其一，程式寫不出來時，回到「程式需求表」重新拆解，先確認要偵測什麼、判斷條件是什麼，再以標準姿勢逐條測試，並請不同組員交叉驗證，藉此讓學生自行找出遺漏的條件；其二，遇到看似複雜的成品（如無線運動機台），以 WSQ 策略引導學生先觀察、再摘要、最後提問，把成品拆成可逐一實作的子功能；其三，AI 認不出姿勢時，教師不修正模型，而是反問「為什麼它認得你、卻認不得他？」，引導學生自己歸因到訓練樣本的代表性不足，再由學生決定要補哪一類資料重新訓練。這樣的處理方式，讓困境本身成為理解 AI 背後資料與模型邏輯的教材，也讓學生發展出面對智慧科技時應有的判斷力。

支撐這套課程持續前進的，是一群願意一起改善及精進課程的教師專業社群。由於課程橫跨多個領域，我們邀集相關專長教師成立社群，定期共備、即時修正，平日並以 Line 群組即時分配工作、協同教學與支援攝影。對外推廣時，先辦理合作學校課程發展工作坊挑選可行模組，再到各校進行共備，結合各校特色與學生既有能力以聚焦課程教學。設備會舊、計畫會結束，但一群還願意一起改善課程的教師會持續留下來，這或許正是這套課程能不斷長出新樣貌、並在多校生根的關鍵。我們期待以此課例拋磚引玉，讓更多教師在自己的課堂裡，找到把 STEAM 實作探究與 AI 素養結合的第一步。

圖片使用說明：本文圖 1 至圖 8、圖 10、圖 11 為本課程實施期間之課堂實拍，圖 9 為學生自撰之「程式需求表」作品照片。為保護學生隱私，照片以背面、側面或配戴口罩之影像為主，並避免呈現姓名、班級等可直接識別個人之資訊；本文所刊照片中可辨識之學生臉部均已另行施以馬賽克處理。

參考文獻

教育部（2014）。十二年國民基本教育課程綱要總綱。教育部。

Al-Zahrani, A., Khalil, I., Awaji, B., & Mohsen, M. (2024). AI technologies in STEAM education for students: Systematic literature review. *Journal of Ecohumanism, 3*(4), 3380–3394. https://doi.org/10.62754/joe.v3i4.4041

Amanova, A. K., Butabayeva, L. A., Abayeva, G. A., Umirbekova, A. N., Abildina, S. K., & Makhmetova, A. A. (2025). A systematic review of the implementation of STEAM education in schools. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 21*(1), em2568. https://doi.org/10.29333/ejmste/15894

Deák, C., & Kumar, B. (2024). A systematic review of STEAM education's role in nurturing digital competencies for sustainable innovations. *Education Sciences, 14*(3), 226. https://doi.org/10.3390/educsci14030226

Lin, M.-Y., & Chang, Y.-S. (2025). Effects of design thinking STEAM instruction on AI learning and creativity. *International Journal of Technology and Design Education, 35*(5), 2025–2047. https://doi.org/10.1007/s10798-025-09977-y

教育期刊 2026/09
第 1 卷 第 5 期 19-27
DOI:10.30279/TSEJ.202609_1(5).0002

當「感性詮釋」遇見「工程試錯」：從交通安全積木牆探討高中跨域 STEAM 實踐歷程

蔡妤涓
通訊作者：a0919281022@gmail.com
吳毓凌
通訊作者：feeling51088@gmail.com
顏世謙
通訊作者：yenshiqian0105@gmail.com
臺北市立育成高級中學

摘要

身處生成式 AI 與數位科技蓬勃發展的時代，STEAM 教育的價值不僅在於精進技術，更在於激發學生「發現問題」與「詮釋感受」的潛能。本文以高中「交通安全積木牆」專題為例，打破傳統班級與學科界線，跨域整合美術、資訊與生活科技三大學科，由學生團隊共同設計與製作。

本專題融入「感性工學」理論，引導學生將將抽象的「危險」與「安全」感受，具體的實作機關與程式邏輯。過程中導入「STEAM 無限迴圈」模型，讓學生在經歷軌道倒塌、骨牌超重與感測器失靈等真實挫折中，實踐工程師反覆試錯與優化的思維。透過本專題，我們看見「藝術」如何為冰冷的科技賦予人文溫度，而學生也在彈性的跨域協作中，成功將交通安全知能轉化為一生受用的核心素養。

關鍵詞：感性工學、STEAM 教育、藝術詮釋、跨域課程設計

When "emotional interpretation" meets "engineering trial and error": Exploring the cross-disciplinary STEAM practice in high school through a traffic safety building block wall.

Authors: Tsai, Yu-Chuan*

Taipei Municipal Yu-Cheng Senior High School

*Corresponding author: Tsai, Yu-Chuan, a0919281022@gmail.com

Abstract

In an era dominated by generative AI and digital technologies, the core value of STEAM education extends beyond technical proficiency to nurturing students' capacities for problem identification and affective interpretation. This study examines an interdisciplinary high school project—the "Traffic Safety Block Wall", which transcends traditional disciplinary and classroom boundaries by integrating Visual Arts, Computer Science, and Living Technology.

Guided by Kansei Engineering principles, student teams translated abstract perceptions of danger and safety into tangible mechanical mechanisms and algorithmic logic. Throughout the design process, the "STEAM Infinite Loop" model engaged students in iterative engineering design, prompting them to navigate authentic challenges such as track collapses, domino overloads, and sensor malfunctions. This project demonstrates how artistic expression infuses technological applications with humanistic empathy. Through flexible cross-disciplinary collaboration, students effectively internalized traffic safety awareness into enduring competencies.

Keywords: Kansei Engineering, STEAM Education, Artistic Interpretation, Interdisciplinary Curriculum Design

壹、前言：尋找 STEAM 課程中的「詮釋力」與「工程力」

交通安全教育往往流於教條式的法規背誦或震撼宣導片，然而，當學生面對交通規則時，往往難以產生真實的共鳴。如何在校園中讓「交通法規」不再只是文字，而是能被看見、被體驗的具體情境？這正是 STEAM 教育在跨域整合中所能發揮的最大價值。在本專題中，我們試圖透過建構一座「交通安全積木牆」，如圖 1，在實作中尋找學生的兩種核心能力：「詮釋力」與「工程力」。

「詮釋力」是感受與表達的橋樑，而「工程力」則是動手解決問題的實踐。回顧 STEAM 教育學者 Yakman 的論述，STEAM 框架中的「藝術（Art）」不僅僅是美學裝飾，其更深層的功能是作為科技的「詮釋者」，讓冰冷生硬的技術與數據，能夠回應人類的真實情感與生活處境（STEAM Education, 2015）。與此同時，正如國立臺灣師範大學科技系張玉山教授團隊所提出，STEAM 的實作歷程是一個具備「探究與創新」特性的無限迴圈。學生在發想、測試、失敗與優化的反覆過程中，鍛鍊出堅韌的工程思維（張玉山、王嬿茵，2025）。

然而，回到高中教學現場，我們面臨最大的挑戰是「時間的破碎化」。學生的課業繁重，能用於專題實作的時間往往被切割得十分零碎。為了突破此限制，本專題採取了跨域協作模式：初期先由美術、資訊與生活科技教師共同帶領學生團隊進行創意發想，定調了專案的「故事性」與「關卡互動性」。隨後，團隊將學生進行專業分工：美術組負責點陣圖繪製與視覺定調，並結合機關組的程式邏輯與工程結構。團隊利用無數個零碎的課餘時間，將各自分散的進度像積木般拼湊，最終打造出一套結合三大學科的動態情境模擬機關。

在設計理念上，我們以「動態機關」來模擬真實的交通情境。積木牆被設計成一套連續的軌道系統，並以「球體」代表行駛中的車輛。為呈現不同駕駛決策帶來的結果，我們將牆面劃分為三大核心區塊：一、失控軌道：酒駕危險區、二、紅綠抉擇：安全分岔路與三、連鎖反應：安全防護網。透過軌道上的各種機關轉折，觀看者能直觀地感受不同駕駛決策所帶來的後果—從酒駕失控的偏離、紅綠燈路口的生死抉擇，到未保持安全車距所引發的連鎖反應。本專題期盼透過這套充滿詮釋力與工程力的互動設計，讓原本嚴肅的交通規則，轉化為深刻且有趣的感官體驗。

圖 1 育成高中交通安全積木牆

貳、感性工學的實踐：將「交通法規」翻轉成「感官設計」

交通法規不僅是客觀的規範，更是保障你我安全回家的無形守護網。為了幫助學生將遵守規則所帶來的安心感與對生命的重視，轉譯為互動感受，本專題導入了「感性工學」的設計思維，日本長町三生教授將「感性工學」定義為「人對感性、意象上之期望，轉譯為物理性的要素，並予以具體設計之技術的程序模式」，感性工學成功的重點在統合使用者感性之生理、心理計測，以至社會向度等因素，並能反應在產品的設計特性上（Nagamachi, 1999）。誠如鴻海集團吳信輝博士在《臺北 STEAM 教育期刊》中所提倡的觀點，感性工學的核心在於將人類主觀的感受轉譯為客觀的互動機關（吳信輝，2026）。在本階段，學生面臨的首要挑戰，便是如何將法規文字，具象化為看得見、聽得到的感官體驗。

一、在地視角，建立情感共鳴的畫布

在視覺設計上，美術組的學生運用點陣圖設計手法，將「學校至南港車站」的相對位置路線圖繪製於積木牆上，如圖 2 和圖 3，並將學校與南港車站的真實街景立面用積木構成牆面設計，如圖 4 至圖 7。這種結合日常通學經驗的在地視覺連結，不僅為專題注入了人文氣息，更能在第一時間喚起觀看者的情感共鳴，讓交通安全真正成為「發生在你我身邊的事」。

二、聲光對比，精準轉譯危險與安定

有了引發共鳴的視覺畫布後，機關組學生透過程式碼與機關組件，為「危險」與「安全」的情境賦予動態的感官刺激。在第二區塊—紅綠抉擇：安全分岔路區塊中，學生探討如何轉譯「闖紅燈的危險感」：當代表車輛的球體違規掉入錯誤路徑並觸發超音波感測器時，micro:bit 晶片會瞬間連動鮮紅色的 LED 與 RGB 紅光閃爍，透過急促的光影與不和諧的音頻，在觀看者心中營造出緊繃的危機感。

相反地，在第三區塊—連鎖反應：安全防護網區塊中，學生為了詮釋「安全防護的安定感」，設計了截然不同的回饋機制。當球體順利通過並觸發火車感測器時，程式會啓動柔和的白光演奏和諧的高音和弦。這種聽覺與視覺上的放鬆感，與先前的危險情境形成了強烈的對比。

積木牆上的每一處聲光設計是學生透過「感性工學」的實踐，將冰冷的交通法規，細膩地轉譯為打動人心的「警示」與「安心」體驗，充分展現了藝術與科技結合的無限可能。

圖 2 育成高中真實街景與積木牆像素草圖對比

圖 3 南港車站真實街景與積木牆像素草圖對比

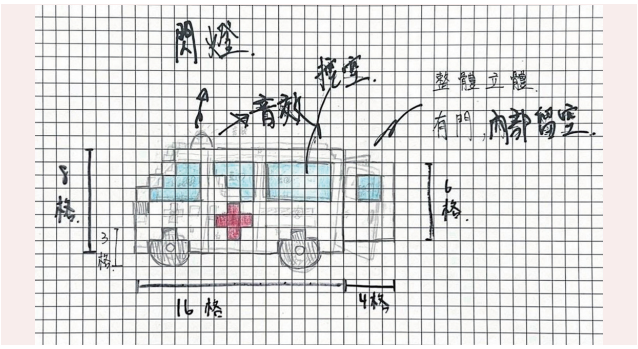

圖 4 救護車像素草圖

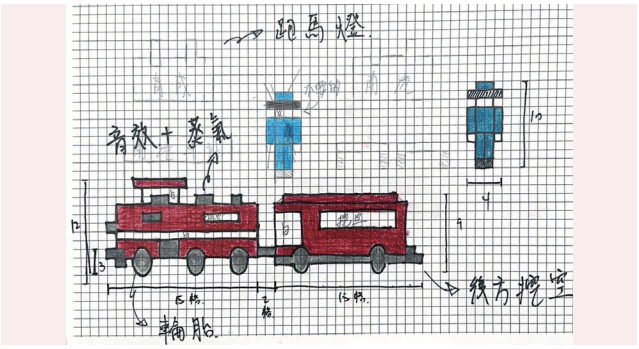

圖 5 火車像素草圖

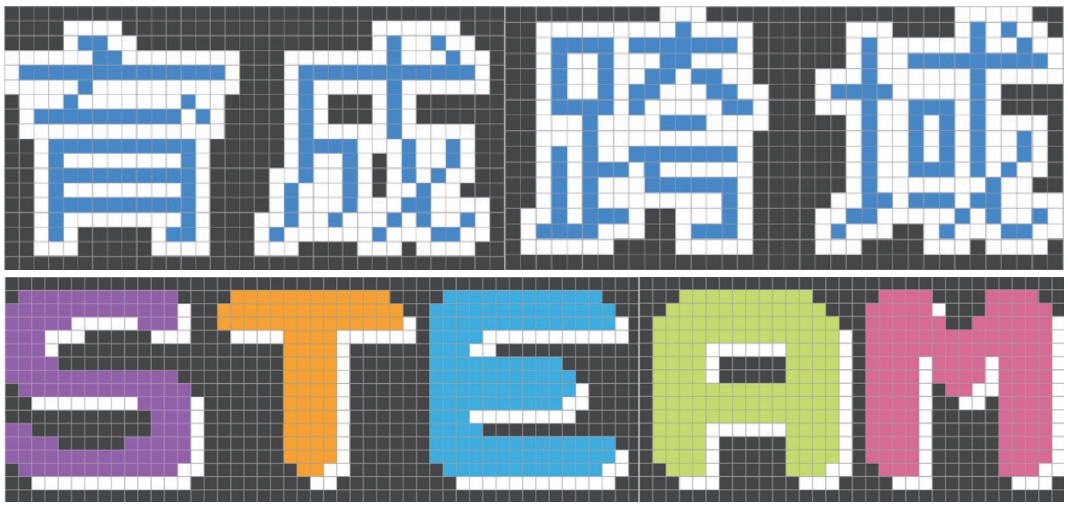

圖 6 標語「育成跨域 STEAM」像素草圖

圖 7 積木牆故事與互動機關設計草圖

參、擁抱失敗的無限迴圈：工程思維的動態實踐

在 STEAM 教育中，完美的成品往往只是冰山一角，海面下隱藏的無數次失敗，才是學習真正發生的場域。張玉山、王嬿茵（2025）提出的「STEAM 無限迴圈模型」明確指出，深度的學習發生在「情境誘發、測試修正、創新產出」的動態循環中。在本專題的實作階段，學生的豐沛創意與無情的物理現實產生了劇烈碰撞，而這正是實踐「工程思維」最珍貴的契機。

一、結構與力學的妥協：失控軌道的打擊

學生的夢想與現實的碰撞，首先發生在第一區塊—失控軌道：酒駕危險區，如圖 9。在設計初稿中，學生原本規劃了一座立體環形軌道，試圖用劇烈的高低落差來模擬酒駕失控的危險感。然而在實際組裝時，積木結構卻無法承受球體滾動的動能與積木自身的重量，使軌道面臨倒塌的風險。面對嚴峻的力學限制，學生展現了工程師「妥協與優化」的思維：將立體結構降維，改以平面的 S 型軌道呈現，如圖 8。雖然形式改變了，但透過流暢的物理滾動，依舊成功模擬出「酒駕偏離路線」的失控感。

二、物理摩擦與動力的精算：克服掉球與骨牌超重

進入第三區塊—連鎖反應：安全防護網的實作時，如圖 10，物理學的摩擦力與動力傳遞成為最大的困難。首先是「爬升軌道」因斜度過陡導致球體動能不足而頻頻掉球；學生經過反覆觀察測試，決定將軌道修正為類似電梯的「凹槽升降」設計，確保球體能穩定攀升。緊接著，象徵連鎖反應的實體骨牌也遭遇了「太重推不動」的窘境。機關組學生對骨牌進行「減重優化」，透過掏空積木內部結構與重新精算排列間距，才終於讓連鎖反應順暢連動。

三、程式變數的除錯：感測器的靈敏度挑戰

除了硬體結構的挑戰，軟體程式的除錯同樣考驗著學生的耐心。在整合超音波感測器來啓動火車與救護車的聲光效果時，最初的程式碼遭遇了大量環境變數的干擾，導致偵測極度不穩定，時而失靈、時而誤判。學生透過不斷與老師討論，將複雜的變數逐步拆解，重新調整超音波感測的距離閾值與程式的判斷邏輯，最終才達成了靈敏且精確的感官回饋。

這些充滿挫折的歷程證明了，STEAM 專題的核心價值從來都不在於產出一個完美無瑕的成品，而是在於創造一個容許犯錯的環境。透過這套「無限迴圈」，學生學會了如何面對失敗，並在實踐中開啓了「失敗、觀察、再嘗試」的後設認知導航系統。這份能帶得走的工程解題能力，遠比一件無懈可擊的作品更具意義。

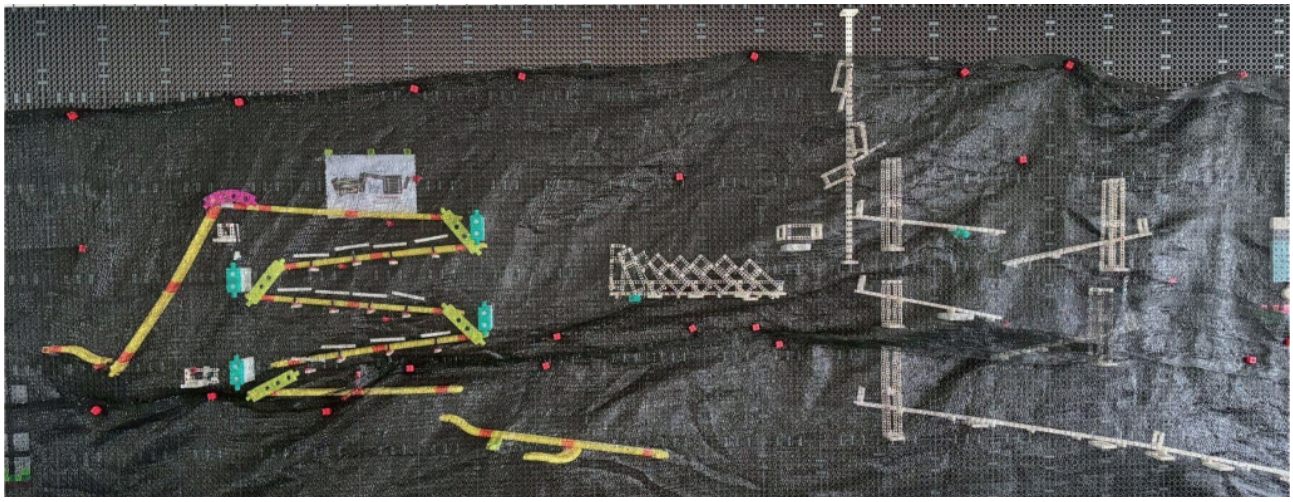

圖 8 積木牆測試修正過程

圖 9 第一區塊—失控軌道：酒駕危險區測試修正過程

圖 9 第一區塊—失控軌道：酒駕危險區測試修正過程

肆、跨越學科的協作：打破框架的自主協作與學用合一

在 108 課綱的脈絡下，「核心素養」強調學生應具備將知識應用於真實情境的能力（教育部，2014）。然而，傳統的高中體制往往受限於固定的班級編制與分科授課的框架，導致跨域課程的推動面臨重重挑戰。本專題試圖突破此一體制框架，透過打破班級與學科的界線，讓不同專長的學生能在彈性的時間與空間中，展開一場真實的自主協作。

研究參與對象

本研究以校園跨領域團隊為參與對象，包含學校行政、學科教師以及跨年級學生三大群體：

1. 行政團隊：校長曾文龍、秘書羅丙炘、圖書館主任莊婉婷、資訊組長顏世謙、學務處黃品豪，負責提供行政支持與資源協調。

2 教學團隊：資訊老師蔡妤涓、美術老師吳毓凌、生科老師陳家祥、國文老師連于萱，進行跨學科的引導與教學協力。

3 學生團隊： 涵蓋三個年級共 7 個班級的學生，依專長與分工分為設計組（周宇紘、盧品渝、張語恩、王靖淳、鄭力華）、機關組（田子恩、呂伊涵、孫以珊、郭妍卉、張哲綸、黃柏硯、吳映嫵），以及協助實體組裝的高一 IBDP 班學生。

研究時程與實施步驟

本專題研究為期 4 個月，分為三個核心階段推動：

1 第一個月（跨域探究與設計）：進行跨領域師資社群建立、行政資源整合，並招募與跨班選拔學生。由教學團隊進行跨學科引導，學生進行分組企劃、視覺設計與機關結構初稿。

2 第二至三個月（實作與組裝測試）：進設計組與機關組進行跨組對接，結合高一 IBDP 班學生協助實體組裝與反覆測試調校。

3 第四個月（成果發表與資料分析）：於交通安全金安獎進行成果展示，並蒐集學習者回饋資料。

學習者回饋質性資料蒐集

為了深入評估此歷程對學生核心素養與自主協作能力之影響，本研究採用多重質性資料蒐集方式：

1 焦點團體訪談：專題結束後，針對設計組、機關組分別進行訪談，深入探討學生在打破班級界線後的協作體驗與成長。

2 課堂觀察紀錄與同儕評估：由教學團隊於實作現場進行參與式觀察，記錄學生的互動動態與問題解決表現。

一、跨越專業語彙的溝通與化學反應

當「負責點陣圖與視覺設計」的美術組，遇上「負責程式邏輯與物理結構」的機關組，不同思維的碰撞成為本專題最精彩的日常。例如，美術組構思了精美的南港車站立面與軌道配色，但機關組卻面臨著如何隱藏繁雜的 micro:bit 線路與超音波感測器的現實考量。會寫程式的同學必須學習理解美學設計的堅持，而擅長視覺的同學也必須試著理解工程結構的限制。這種跨域協作的過程並非單向妥協，而是激盪出意想不到的化學反應：學生們開始學會使用彼此的專業語彙進行溝通，共同找出「既不破壞畫面美感，又能感測互動」的最佳解法。這種將自我專業與他人專長相結合的能力，正是真實世界中最需要的重要素養。

二、零碎時間淬鍊出的內在動機

值得一提的是，推動這套龐大積木牆誕生的動力，並非來自於傳統的分數考核。正如參與專題的學生在歷程反思中所言：「這不是一個有學分的課，是我們花了無數個零碎時間才完成的。」在課業繁重的高中生活中，學生們自發性地利用午休、放學等零碎片段，將各自分散的進度如積木般一塊塊拼湊起來。另一位學生也深刻回饋道：「一個完整的作品不是靠一個人就可以完成的，

而是要靠好多個不同的角色，在過程中不斷地去討論、磨合與修正。」這些真實的自白，完美印證了 STEAM 教育中極具價值的「內在學習動機」。學生不再是為了應付考試而學習，而是為了解決共同的問題、成就一個團隊的目標而主動投入。

這種打破體制框架的自主協作，不僅讓跨域課程得以在零碎時間中開花結果，更讓學生在不斷地討論與磨合中，真正達成了「學用合一」的教育願景。

伍、結語：在積木牆中看見法規的溫度與機關的樂趣

回顧這座「交通安全積木牆」的誕生歷程，它不僅是一件精美的跨域作品，更體現了「科技結合藝術」與「工程探究」的雙重價值。呼應我們在前言中所拋出的提問—如何讓冰冷的法規產生真實的共鳴？學生們透過美術設計的感性轉譯與機關程式的理性邏輯，給出了最精彩的解答。這面積木牆證明 STEAM 教育不僅能鍛鍊學生動手實作的硬實力，更能透過藝術的詮釋，為生硬的科技與條文賦予充滿人文關懷的溫度。

在這場打破框架的跨域協作中，學生帶走的遠不止是寫好的程式碼或積木組裝技巧，而是能陪伴他們一生的核心素養。他們在經歷「STEAM 無限迴圈」的反覆挫折中，淬鍊出越挫越勇的工程思維；在無數個零碎時間的溝通磨合中，培養了尊重專業、跨界對話的協作能力。更重要的是原本嚴肅的交通法規，已在一次次測試「失控」與「防護」的機關運作中，深深內化為他們對生命的重視與安全意識。

誠如參與專題的學生在歷程檔案中寫下的深刻體會：「在這個活動當中，我窺見了機械的一小角 ..... 了解到那些很深奧的法規其實離我們都不遠，因為它就是我們日常生活中的一部分。」這段樸實卻真摯的反思，無疑是本專題最動人的註腳。期許未來的 STEAM 教育能持續在校園中提供這般充滿包容與挑戰的舞台，引導更多學生用科技的雙手、設計的雙眼，去關懷生活周遭的議題，並充滿熱忱地解決真實世界的問題。

參考文獻

吳信輝（2026）。當「感覺」遇見「設計」：在 AI 協作時代，尋找 STEAM 裡的感性詮釋力。臺北市 STEAM 教育期刊，5（3），36-45。

南港車站照片 http://trstour.com/nan-gang.htm

張玉山、王嬿茵（2025）。序：STEAM 教育與 STEAM 素養。科技與人力教育季刊，11（3），1–5。https://doi.org/10.6587/JTHRE.202503/SP_11(3).0000

教育部（2014）。十二年國民基本教育課程綱要總綱。國家教育研究院。

Nagamachi, M. (1999, March). Kansei engineering and its applications in automotive design. *In International Congress and Exposition.*

STEAM Education (2015). *Georgette Yakman and the Development of STEAM Education.*

TAIPEI STEAM 教育期刊 2026/09
第 1 卷 第 5 期 28-37
DOI:10.30279/TSEJ.202609_1(5).0003

以國立臺灣科學教育館為起點的 Tinkering × STEAM 教育實踐：從自造體驗到教學實踐的經驗與啓示

李致翔 [1*]
[1] 國立臺灣科學教育館 研究助理
* 通訊作者 :hsiang@mail.ntsec.gov.tw

摘要

本文探討博物館如何利用展區工作坊活動推動 STEAM 教育，並以國立臺灣科學教育館「敲敲打打工作坊」（Tinkering Workshop）為案例，整理活動設計與現場引導經驗。本工作坊以開放式任務配合材料探索，活動期間引導員提問與各組交流，帶領參與者在嘗試、失敗與修正中持續探索。以「彈珠機」活動為例，參與者從實際操作與反覆測試中發現問題、調整設計，逐步理解科學原理與工程思維，並在分享過程中交流不同的想法。從實務經驗來看，Tinkering 的學習價值不只在於完成作品，更在於參與者如何透過動手做、反覆嘗試與解決問題累積學習經驗。相關經驗亦可提供學校在設計開放性任務及推動 STEAM 教學時參考。

關鍵詞： 敲敲打打、Tinkering、STEAM、博物館

Tinkering × STEAM Education Practice at the National Taiwan Science Education Center:

Experiences and Insights from Maker Experiences to Educational Practice

Authors: Lee, Chih Hsiang*

Research Assistant, National Taiwan Science Education Center

*Corresponding author: hsiang@mail.ntsec.gov.tw

Abstract

This paper explores how museums promote STEAM education through workshops held in exhibition spaces, focusing on the Tinkering Workshop at the National Taiwan Science Education Center (NTSEC). It examines the workshop design and facilitation experiences. The workshop combines open-ended tasks with material exploration, while facilitators use questions and group interactions to encourage participants to explore through trial, failure, and revision. Taking the “Marble Machine” activity as an example, participants identify problems and adjust their designs through hands-on operation and repeated testing, gradually developing an understanding of scientific principles and engineering thinking. They also exchange ideas and experiences through group sharing. Based on practical experience, the educational value of Tinkering lies not only in completing a product, but also in how participants build learning experiences through hands-on making, repeated experimentation, and problem solving. These experiences may provide useful references for schools in designing open-ended tasks and promoting STEAM education.

Keywords: Tinkering, STEAM, Museum

壹、博物館展區活動推廣 STEAM 教育的理念

近年來，STEAM 已成為教育現場重要的關鍵字。跨域課程設計、科技工具導入、及一系列自造教育空間的建置，為教育上帶來新的可能。但在博物館實際推動過程中，我們觀察到一個現象，STEAM 教育在近幾年快速擴散，但也出現「形式化」的現象，然而在實際的推動過程中，觀察到部分 STEAM 的活動因受於活動時間的因素，逐漸變成以「完成作品」為主要活動教學目標。對於實際要傳達的原理、反而使參與者有較少的機會思考其背後的原理或原因，例如「為什麼材料要選擇這個」，「為什麼沒辦法畫出圓形」，「這樣的設計為什麼可以完成」等等。

在 STEAM 教育強調培養探究思考與問題解決能力的前提下，教學設計的核心，或許應該從「作品產出」轉向「學習歷程」。換言之，比起做出什麼，更重要的是參與者在過程中經歷了什麼樣的觀察、嘗試、修正與反思。

Vossoughi 與 Bevan （2014）在對 Maker 與 Tinkering 教育文獻的回顧中提出，真正具有教育意義的活動，應該強調參與者在過程中的探索、測試、修整及反思，而非單一作品的產出。換言之，Maker 與 Tinkering 的重點並不是產出成品，而是在動手操作過程中，使參與者逐步理解，並培養問題解決的能力。

從本館實際推動經驗來看，博物館作為非制式學習場域，確實提供了一種不同於學校課堂的學習環境。就實際博物館經驗觀察下來參與者可以在較為開放自由的環境中，自主嘗試與調整，並在操作與互動中逐步形成對概念的理解。此教學方式跨領域整合與實作為核心的學習方式，也與 STEAM 教育的精神相呼應，能在博物館情境中使參與者對相關概念有所理解，並提升其學習投入（El Bedewy et al., 2024）。

在這樣的理念下，國立臺灣科學教育館（以下簡稱本館）引進「敲敲打打工作坊」（Tinkering Workshop），讓來館觀眾在合作學習的情境中，以動手做與玩樂進行探索。工作坊主題包含：【塗鴉機】、【風管與飛行器】、【快樂城市】、【彈珠機】、【光影遊戲】與【連鎖反應】等。展區依據不同主題設置小型工作空間，並由引導員提供適度引導與提問，支持參與者在操作與創作過程中，思考科學原理與設計可能。

貳、敲敲打打工作坊融入 STEAM 之教學策略

Tinkering 強調由動手操作與反覆測試調整，讓參與者在探索的過程中逐步發展其想法及理解背後的原理。這樣的學習方式看似接近遊戲，實際上與科學探究 (S) 與工程設計 (E) 歷程較為接近。在 Tinkering 活動中，參與者並非依既定步驟完成作品，而是在過程中持續進行思考、修正調整與不間斷的測試，使「在做中想、在試中學」成為學習的重要過程。相較於單方向接受講者的說明，這樣的過程更加強調主動建構與持續修正。

對博物館而言，Tinkering 的價值在於其能自然串連 STEAM 各領域，包括：科學（S：Science）—現象觀察與假設驗證；科技（T：Technology）—使用工具與材料的應用方式；工程（E：Engineering）—進行結構設計與系統調整；藝術（A：Arts）—融入創意表現與個人風格；數學（M：Math）—在測量、比較與推估中形成概念理解。此種方式，使學習更貼近實際情形中解決問題的方式。

在「敲敲打打工作坊」（Tinkering Workshop）的實踐中，整個活動不以完成作品為主要目標，而是透過開放式材料與情境設計，引導參與者從最一開始的觀察、探索到反覆的測試與調整，逐漸的發展其想法並修正其原有想法。根據上述理念得以有效實踐，活動設計大致採取以下策略：

一、開放式任務設計：從「做一樣的作品」到「解決同一個問題」

不同於傳統的一步一步的教學模式，敲敲打打工作坊多以問題情境取代標準化步驟，例如：「如何讓飛行器可以穩定停留？」、「你想讓機器人繪製出什麼圖樣？」、「如何讓彈珠移動得更順暢？」、「你有什麼故事想要述說？」、「如何讓裝置產生連續反應？」。任務並沒有單一標準答案，參與者依本身的想法進行設計與調整。實務經驗觀察，開放型任務有助於參與者多元思考與主動探索。

二、材料探索導向：強調「嘗試錯誤」而非「直接給答案」

敲敲打打工作坊在各個主題中提供多樣且低門檻的材料（如紙材、木材、橡皮筋、回收紙張、家中用品等），使參與者可以自由發揮選擇所需的材料，進行測試與調整。在操作過程中，不成功或不完整也是學習的一部分，引導員不會直接的給予答案，而是依各個情況提供適時的協助，並陪同參與者一起嘗試測試各種方法，或者逐步調整，進而找出解決的方式。在這樣的歷程，參與者能實際體驗物理現象（如力與運動、平衡、能量轉換），並建立對科學概念的直觀理解，同時培養面對問題的韌性及解決問題的能力。

三、引導式提問：由「提供答案」轉為「促進探究思考」

在活動教學當中，引導員不會直接給予答案，而是透過有策略的提問與主動適時提供材料，支持參與者進行觀察、假設與驗證，深化探究歷程。例如：「為什麼這個會飛出去？」、「為什麼這個沒辦法畫畫？」、「為什麼這個會倒下來？」、「要不要試試看讓球再走慢一點？」、「如果改變材料，結果會有什麼不同？」、「還有其他做法嗎？」、「要不要試著把這個材料加上去？」等等。上述這些問題的提問其實並非隨機的產生，而是對應了科學程序能力的發展歷程。這樣的引導方式跟搭配適時材料提供，能支持參與者進行觀察，假設及驗證，深化其探討歷程，整體過程不僅只有停留在操作層次，而是進一步的理解。

四、合作與分享機制：讓學習在互動中發生

活動中鼓勵參與者之間的觀察與交流，例如分享設計想法、觀摩他人作品，甚至共同解決問題，因為引導員會在不同組別提供同一個問題不同的解決方式。同時鼓勵參與者透過互動交流方式學習到不同的方法，進而修正與擴展自己設計理念的作品，也讓參與者可以主動地說出解決問題的方式，還有為什麼要這樣設計自己的作品。此歷程體現 STEAM 中「藝術」強調的創意表達，同時強化溝通與跨域整合能力。

五、參與歷程重於成果：重新定義學習的價值

活動的評價重點不在於作品的整體完整度，而是參與者是否經歷了有意義的探索歷程。是否進行嘗試、是否調整設計、是否主動分享說明其想法等。此方式可以引導參與者重視操作歷程，並降低標準化結果的追求。

綜合上述分析「敲敲打打工作坊」活動現場教學設計與 STEAM 教育各面向之間的對應關係，如表 1 所示。

表 1 STEAM 與敲敲打打工作坊引導教學策略對應表

策略	科學 (S)	科技 (T)	工程 (E)	藝術 (A)	數學 (M)
開放式任務設計	理解現象與原理		問題解決設計		條件判斷
材料選擇及工具探索	力與運動、電磁學、光學等原理探索	材料選用及操作	結構調整		測量與比較
引導式提問	探究歷程	工具運用思考			推理與分析
合作與分享			設計修正	創意表達與成品創作	
操作過程與評量	理解深化		設計歷程	反思	邏輯推理說明

參、敲敲打打工作坊實施案例——以「彈珠機」為例

本文內容主要來自「敲敲打打工作坊」長期活動執行經驗與「彈珠機」活動現場觀察，並參考活動照片、作品紀錄及引導員於活動過程中的教學反思進行整理。本文著重於呈現 Tinkering 活動的實際操作、引導策略及其與 STEAM 各面向的連結，並據此整理對學校 STEAM 教學的實務啓示。本文未採正式前後測或其他量化評量方式，因此文中所寫主要聚焦於活動歷程中呈現的學習機會與教學意涵，而非推論參與者的學習成效。本工作坊主要服務對象為國小中年級以上學生及親子團體，亦有大學教育相關系所學生團體參加，每場約 15 組，每組 2 至 3 人，活動時間約 120 分鐘，由 1 名館內培訓的引導員帶領。「彈珠機」案例則自民國 109 年 7 月起，透過長期活動執行與現場觀察持續累積相關紀錄，並據此進行整理與歸納。

一、任務引導

活動開始時，先由引導員展示一個成品模型如圖 1 所示，並實際的操作給參與者看，如圖 2 所示，讓參與者可以先了解彈珠機的基本操作方式與可行的設計樣式。透過範例的展示，參與者可以先觀察彈珠的移動路徑、不同材料的組合可能性，但並不要求參與者依範例製作相同的作品。

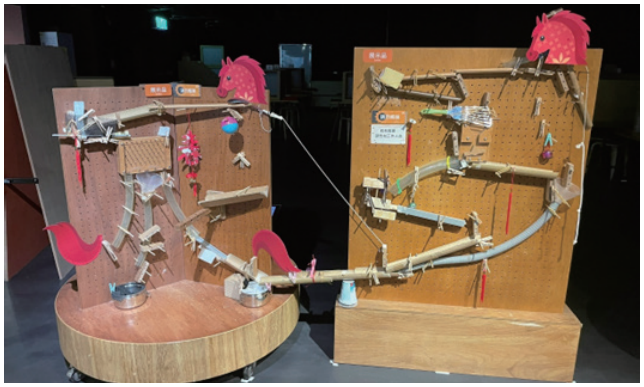

圖 1 彈珠機範例成品

圖 2 彈珠機範例操作

在簡單示範後，會依每個參與團體的年齡提供不同的任務目標，例如「要讓這個彈珠機可以有簡單的音樂產生」、「彈珠至少要在洞洞板上停留 6 秒」、「彈珠落下時要能觸發另一顆彈珠開始運行」等，引導參與者思考如何運用材料完成挑戰。

二、材料探索

在認識任務後，引導員會帶領參與者認識活動所提供的相關材料與器材，包含了洞洞板、木條軌道、厚紙板軌道、線槽、滑輪裝置、簡單機械、各式球類、廚房用品、橡皮筋、寶特瓶蓋、各類防護網、筷子等材料，讓參與者自由選擇與組合。相關材料器材如圖 3 所示。

圖 3 材料現況

在材料探索的過程中，參與者可以直接拿取材料進行嘗試，不需要先知道每一種材料如何使用。例如，有些參與者會先搭建一個單一斜坡，或先完成指定的任務，再依據實際操作結果思考是否需要增加其他材料。參與者在過程中逐漸了解材料的特性，並開始發展自己的設計想法。

三、設計與製作

完成材料探索後，參與者開始依據所指定的任務目標進行彈珠機的設計與製作，透過各種材料的選擇、組合及位置調整，建立彈珠移動的路徑與效果。

在實際操作過程中，參與者會依據自己的想法搭建結構，例如利用木條、紙板或其他材料形成斜坡與軌道，再加入擋板、轉彎或其他機械結構，使彈珠能夠依照預期的方式移動。

這一個階段除了讓參與者動手完成作品，也讓其在設計與製作過程中思考材料如何組合、結構如何固定，以及如何讓彈珠依照預期路徑移動，將科學概念與工程設計融入實際操作。

四、測試與調整

完成初步設計後，參與者會透過實際讓彈珠運行進行測試。在操作過程中，經常可以看到參與者直接搭建一個單一斜坡，或者完成指定任務後便暫停操作；然而，當彈珠卡住或偏離路徑時，便會出現停頓與重新調整的歷程。

過程中參與者會嘗試增加坡度，也有參與者改變軌道寬度，甚至加入擋板或轉彎設計。經過反覆測試與修正，參與者會需要重新觀察問題發生的原因，再思考如何調整原有設計。

引導員在過程中不會直接提供解決方式，而是透過提問促進參與者思考，例如：「彈珠可以再停留久一點？」、「彈珠為什麼會停在這裡？」、「如果讓斜坡再高一點，會發生什麼變化？」、「怎樣可以讓它轉彎但不掉下來？」、「你要不要再試試看融入這個材料？」、「你要不要看一下前面的那個範例？」

利用上述問題，引導參與者觀察彈珠速度的變化、重力影響與結構穩定性，並逐步連結相關科學概念，同時也讓參與者在不斷嘗試的過程中建立操作與解決問題的信心。

五、分享與觀察

在整個活動過程中有一件事非常重要，會讓每組暫停操作 5 至 10 分鐘，請各組派一人出去觀察其他組的洞洞板，留下來的成員則負責解釋並看顧自己的洞洞板。這樣的安排是希望透過跨組觀察與交流，讓參與者看看其他組如何解決問題，思考他人的方法是否能解決自己目前遇到的問題，同時增加參與者之間的交流與表達機會。

在觀察其他組的作品後，參與者也可以回到自己的作品重新思考原有設計，將看到的不同方法轉化為自己的設計想法，形成「觀察—嘗試—修正—再嘗試」的學習歷程。

此外，也有部分參與者在功能之外加入裝飾元素，例如設計主題場景或改變外觀造型，使作品具有個人風格。這樣的表現展現藝術的融入，也讓參與者能透過作品表達自己的想法。

在活動尾聲，經由簡單的分享與展示，參與者可以說明自己的設計理念與調整過程。活動現場實際操作與互動情形如圖 4 所示。

a 參與者挑戰雙板結合

b 參與者操作製作

c 參與者分享自己的彈珠機

d 引導員適時介入操作

圖 4 彈珠機操作現況

在整個彈珠機範例過程，進一步的分析探討發現，其所表現出來的學習歷程與前述所整理的表 1 所示 STEAM 與敲敲打打工作坊引導教學策略相互呼應。參與者透過材料的選擇、整體架構的搭建、測試、修改及成果分享等歷程，涵蓋了科學探究、科技工具運用、工程設計思考、藝術創意表達及數學推理等面向。

在科學面向，參與者透過觀察彈珠運動狀況及變化，思考速度、重力與路徑等問題；在工程面向，則透過材料組合、結構搭建與反覆測試進行設計與修正。數學面向則可從彈珠路徑、坡度、軌道寬度及停留時間等條件的比較與判斷中呈現；藝術面向則展現在部分參與者對情境、外觀造型與作品風格的設計。

綜上所述，「敲敲打打工作坊」並非將 STEAM 各領域分開進行，而是在參與者實際操作與問題解決的過程中自然產生跨領域的學習連結。Tinkering 所強調的探索、嘗試、測試與修正，也因此成為連結不同 STEAM 學習面向的重要歷程。

肆、從博物館實踐到教育現場：對 STEAM 教學的啟發與建議

透過本館「敲敲打打工作坊」的實際經驗中發現，Tinkering 強調的探索、嘗試錯誤與反思歷程，不僅適用在博物館場域，其實也能夠轉化成為學校 STEAM 課程的教學方法之一。對第一線教師與學校而言，即使沒有大型自造空間或其設備，除了可透過課程設計、教學引導外，更重要的是可以善用博物館的資源，因此以下提供了幾個對教師在課堂中推動 STEAM 教育的參考及建議：

一、學習歷程視為教學核心，而非單一成果

在課堂設計中，老師可以將參與者的學習歷程視為核心，鼓勵試誤、觀察、調整與分享，而不只是完成特定作品。這能幫助參與者養成自主學習與問題解決的習慣。

二、開放型任務，引導多樣解決問題創意

提供開放式任務與多樣材料，讓參與者自由選擇解決策略，這樣過程可以促進思考，同時涵蓋科學、工程、數學與藝術等跨領域學習目標。

三、提問引導取代直接給答案

在參與者操作中，以提問引導思考，如「為什麼會這樣？」「還有其他方法嗎？」讓參與者主動思考原因與改進策略，培養分析能力與反思習慣。

四、建立合作與分享學習空間

鼓勵參與者觀察同伴設計、交換想法、共同解決問題，能增進溝通能力，也讓參與者從不同觀點中獲得啓發。

五、透過探索與操作提升學習投入

Tinkering 本身具有高度的操作性與探索性，參與者可以依自己的想法選擇材料、嘗試不同方式，並從失敗與意外結果中持續調整。相較於單純接受指令完成作品，這種開放且具有探索性的活動方式，更容易讓參與者投入操作過程，並在嘗試中維持學習熱忱。

六、善用博物館資源，延伸與深化 STEAM 學習

博物館是校外教學場所，更是 STEAM 教育的重要學習夥伴。教師可將本館相關的活動資源納入課程規劃，例如安排學生至本館進行戶外教育活動，除了參觀常設展外，亦可以體驗敲敲打打工作坊、科學演示及教師研習等相關資源。透過非制式教育場所的參觀與實作活動的結合，有助於延伸課堂學習經驗，深化學生對 STEAM 相關概念的理解。

綜合「敲敲打打工作坊」的實務經驗與現場觀察，STEAM 教育的重點不在於完成多少件作品，而是在過程中參與者如何觀察、思考、嘗試與修正。Tinkering 導向活動能透過開放式任務、材料探索、引導式提問與合作分享等策略，自然整合 STEAM 各領域的學習內涵，更有機會培養參與者發現問題、分析問題及解決問題的能力，並啓發其持續學習的動機。當學習重點從「完成任務」轉向「探索歷程」時，參與者更有機會在反覆測試與修正中深化學習經驗，並建立持續學習與探索態度。對學校教師而言，若能將 Tinkering 所強調的探索精神融入課程設計，博物館所累積的相關經驗與運作模式，能作為學校推動探究導向課程與跨域學習的重要參考。

參考文獻

Vossoughi, S., & Bevan, B. (2014). *Making and tinkering: A review of the literature.* Paper commissioned by the Committee on Successful Out-of-School STEM Learning, Board on Science Education, National Research Council. https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_089888.pdf

El Bedewy, S., Lavicza, Z., & Lyublinskaya, I. (2024). STEAM practices connecting mathematics, arts, architecture, culture and history in a non-formal learning environment of a museum. *Journal of Mathematics and the Arts, 18*(1–2), 101–134. https://doi.org/10.1080/17513472.2024.2321563

TAIPEI STEAM 教育期刊 2026/09
第 1 卷 第 5 期 38-51
DOI:10.30279/TSEJ.202609_1(5).0004

當教室沒有邊界：5G × XR 打造跨校沉浸式的共學創新教育

王安壽 [1]， 柯靜蓉 [2]
臺北市 STEAM 及新科技發展辦公室
通訊作者 :ktjhs500@gmail.com

摘要

本研究旨在探討五代行動通訊技術 (5G) 與延展實境 (extended reality, XR) 技術應用於高中跨校共學的成效，以臺北市立中山女高參與教育部「5G 新科技學習示範學校計畫」為案例。臺北市立中山女高於 113 學年度成立 XR 數位共學中心，建置 5G 高速網路與雲端平臺，推動沉浸式跨校課程。研究方法採行動研究與質性訪談並行，資料來源有 3 門旗艦課程之教案、師生訪談、前後測數據與學習歷程檔案。課程主題涵蓋地理、生態與原住民族文化，有「探索蘭嶼：解密海島生態的奧秘」與「同『舟』共濟：達悟文化體驗」等。

研究重點在於：

一、5G 高速低延遲如何確保多點即時互動與高解析 XR 直播。
二、XR 沉浸式教材、3D 物件及 360°環景對學習動機與理解深度的影響。
三、教師跨校協作模式及其對專業成長的助益。

研究結果顯示：

一、5G 網路與 XR 技術有效提升跨校教學的即時互動與臨場感。
二、學生平均學習動機與理解深度在後測成績較前測明顯提高。
三、教師透過共同備課與技術培訓，增進了課程設計能力與跨域合作意識。

關鍵詞： 5G、延展實境 (XR)、沉浸式學習、數位共學中心、教育創新、行動研究

Borderless Classroom: 5G × XR Creates Immersive, Collaborative Learning and Innovative Education Across Schools

Authors: Wang, An-Shou [1]*, Ko, Jing-Rong[2]

STEAM Education & Emerging Technologies Development Office

*Corresponding author: Wang, An-Shou, ktjhs500@gmail.com

Abstract

This study aims to explore the effectiveness of 5G and Extended Reality (XR) technologies in cross-school collaborative learning at high schools, taking Taipei Municipal Zhongshan Girls High School's participation in the Ministry of Education's "5G New Technology Learning Demonstration School Project" as a case study. The high school which established an XR Digital Collaborative Learning Center, building a high-speed 5G network and cloud platform to promote immersive cross-school courses in the 2024 to 2025 academic year. The research methodology employed a combination of action research and qualitative interviews. Data sources included lesson plans for three flagship courses, teacher and student interviews, pre- and post-test data, and learning process archives. The course topics cover geography, ecology, and indigenous culture, including "Exploring Lanyu: unveiling the mysteries of Island Ecology" and "Sailing Together: experiencing Tao culture."

The research focuses as follows:

1.How 5G's high speed and low latency ensure multi-point real-time interaction and high-resolution XR live streaming.
2.The impact of XR immersive teaching materials, 3D objects, and 360 ° panoramic views on learning motivation and depth of understanding.
3.The cross-school collaboration model for teachers and its benefits to professional growth.

The research results show:

1.5G networks and XR technology effectively enhance the real-time interaction and immersive experience of cross-school teaching.
2.students' average learning motivation and depth of understanding significantly improved in the post-test compared to the pre-test.
3.teachers enhanced their curriculum design capabilities and cross-disciplinary collaboration awareness through collaborative lesson planning and technology training.

Keywords: 5G, Extended Reality (XR), Immersive Learning, Digital Learning Center, Educational Innovation, Action Research

壹、前言

近年來，隨著第 5G 與 XR 技術的快速發展，教育現場正面臨由實體教室轉向數位與沉浸式學習環境的重大轉型。5G 以「高速傳輸、低延遲且高穩定性」為主要特徵，能支援多點即時互動與高解析度影像串流，使虛擬學習環境得以穩定運作；XR 則整合虛擬實境 (virtual reality, VR)、擴增實境 (augmented reality, AR) 與混合實境 (mixed reality, MR) 等技術，能建構臨場感極高的多感官學習場域，突破時空限制，創造真實互動的學習經驗 (薛慶友，2022)。

在後疫情時代，教師運用新興科技縮短城鄉差距、提升學習動機與教學品質，成為教育創新的重要課題。教育部自 111 年度起推動「5G 新科技學習示範學校計畫」，臺北市立中山女子高級中學 (以下稱中山女高)113 年即成立「XR 數位共學中心」，建置 5G 高速網路與雲端平台，與多所學校合作，推動結合文化與生態主題的沉浸式課程，有「探索蘭嶼：解密海島生態的奧秘」與「同『舟』共濟：達悟文化體驗」等課程。此模式不僅回應數位轉型趨勢，更實踐了教育平權與跨域共學的願景。

行動研究強調教師作為研究者，透過實際教學與反思改進教學實務 (楊孟麗、謝水南，2021；Ross-Fisher,2008)。本研究以行動研究為方法，聚焦在中山女高 XR 數位共學直播課程的設計與實施，透過教師共備、學生學習歷程與實際課程觀察，探討沉浸式共學模式在教學現場的應用價值。

綜上所述，本研究以中山女高為案例，實證 XR 數位共學的教育成效，建構具延展性與可持續性的沉浸式教學模式。

貳、文獻探討

延展實境 (XR) 是一種融合虛擬與現實環境並結合自然人機互動的沉浸式技術，具有逼真性、智慧互動和視覺化等特點。將 XR 導入教學可建構互動式學習場域，引導學生主動操作探索，深化概念內涵，落實高品質的沉浸式人機互動學習 (Zhuang & Fang, 2023)。本研究以臺北市立中山女高「XR 數位共學中心」為行動場域，聚焦於 5G 與延展實境 (XR) 技術結合之跨校共學課程，針對課程中教師與學生所面臨的實際挑戰，展開行動歷程。

行動研究能有效促進教師專業發展與課程創新。在科技融入課程，洪蘭 (2018) 認為會動的教材，能刺激大腦讓注意力集中，善用 VR 等科技融入課程，把學生引入知識大門。應用 AR 和 VR 教學，在虛擬環境中進行沉浸式探索和及體驗，激發學生的學習興趣，同時開創全新學習模式。

一、研究問題

本研究旨在回應 5G 與 XR 技術結合下的教育創新需求，具體研究問題如下：

(一)5G 技術的高速與低延遲特性，如何影響跨校共學中多點即時互動的品質與高解析 XR 直播的穩定性？

(二)XR 沉浸式教材 (包含 3D 物件與 360°環景) 對學生的學習動機與知識理解深度有何具體影響？

(三) 教師在 XR 跨校共學歷程中的協作模式，如何促進其專業成長與教學創新能力的提升？

二、資料蒐集

根據 Kemmis 與 McTaggart(1988) 的行動研究循環模式，研究歷程包含「規劃—行動—觀察—反思」四階段，每一循環皆伴隨修正策略與再行動 (蔡清田，2000)。本研究設定兩次循環：第一循環聚焦於技術建置與教師培訓，第二循環則專注於課程實施與學習成效分析。

為回答上述三項研究問題，本研究採混合研究法 (mixed methods)，兼採量化與質性資料。蒐集方式包含問卷調查、課程觀察與教師訪談。根據 (Teddlie & Tashakkori,2009) 研究設計原則，此取向有助於兼顧教學現場的可行性與研究信度。

(一) 學生問卷調查。

(二) 教師反思日誌與共備紀錄，作為質性資料來源。

(三) 蒐集教師與學生之經驗與觀點。

三、分析詮釋

(一) 資料分析

研究者依據 Miles 與 Huberman(1994) 質性分析架構，進行資料整理、編碼與歸納。量化資料採描述性統計，分析學生前後測之差異 (吳明隆、涂金堂，2024)；質性資料則以主題分析法，萃取教師與學生對 XR 學習經驗的核心觀點 (潘淑滿，2022)。

(二) 資料詮釋

本研究的資料詮釋著重於將量化的前後測統計結果，與質性的訪談文本及觀察紀錄進行交叉比對 (三角檢證)。在行動研究的歷程中，研究者依據資料所反映出的「技術連線狀態」、「學生學習成效」及「教師社群協作」等面向進行綜合詮釋，藉此評估跨校共學模式的可行性。

此外，教師在第二循環中能主動調整課程節奏、分層設計教材與協助收播端解決技術問題，顯示行動研究促進反思與策略修正的實質效益。

參、研究設計

一、研究對象

本研究以中山女高為主要研究場域，於 113 學年度成立 XR 數位共學中心，串聯 11 所合作學校 (西湖國小、胡適國小、蘆洲國中、永和國中、景美女中、百齡高中、師大附中、大同高中、衛理女中、復興高中與內湖高中)，形成跨縣市、跨學段的「5G-XR 跨校共學群組」。研究對象分為兩個層面：

首先，教師層面：參與本計畫之教師共 42 位，其中 8 位為「主播端教師」，負責課程設計與 XR 教學實施；其餘 34 位為「收播端教師」，負責學生引導、輔助操作及課後反思紀錄。這些教師橫跨地理、生物與資訊等學科領域，呈現多元跨域特性。

其次，學生層面：參與學生約 1,000 人次，包含國小至高中學段。學生透過 5G 串流同步進行 XR 課程，使用 VR 頭盔或平板進入虛擬場景進行學習活動。

(一) 跨校沉浸式課程資訊

為落實跨校共學，本研究由中山女高主播團隊課程發展並實施三門 (共 4 場次) 結合 5G 與 XR 技術的旗艦課程具體資訊如下：

1. 「探索蘭嶼：解密海島生態的奧秘」：以海島生態與生物科學為核心，利用蘭嶼森林的 360° 環景影像，並導入「球背象鼻蟲」與「蘭花」的 3D 模型進行自主學習與觀察，引導跨校學生探討在地特有物種與生態。

2. 「鳥瞰福爾摩沙輪廓之美」：利用臺灣的 3D 地形模型，搭配屋岩角等海岸 360° 環景影像，讓學生宛如親臨現場般觀察福爾摩沙的地形輪廓，並比較不同地理環境與海岸線的特徵。

3. 「同『舟』共濟『拼』出達悟文化之美」：以原住民族文化為核心，帶領學生進入 360° 的達悟族環境體驗，並透過建構「拼板舟」的 3D 虛擬物件，讓學生在沉浸式的情境中操作與觀察，深入理解達悟族的海洋文化與工藝造船邏輯。

(二) 確保研究倫理

本研究於課程開始前取得學校與教師同意，並由學生家長簽署「研究參與同意書」。資料蒐集與呈現皆進行匿名化處理，符合教育研究倫理規範 (林建銘，2019；Lippeet al.,2019)。

二、研究進度

本研究歷時兩個學期，採行動研究雙循環模式，以「採取行動 - 觀察結果 - 反思修正 - 下一循環」為核心歷程。整體研究進度如表 1 所示。

表 1 研究進度與主要任務

階段	時間	主要任務	行動目標
第一循環	113 年 12 月 – 114 年 03 月	· 建置 XR 數位共學中心與 5G 網路專線 · 舉辦教師培訓與資訊科技研習； · 教師工作坊共同備課、沉浸式課程設計	確立行動方案與科技整合機制
第二循環	114 年 03 月 – 114 年 06 月	· 執行跨校直播課程、 · 施測學生前後測問卷、 · 進行說課、觀課及議課提升教學品質	驗證 XR 直播課程成效並修正策略
資料分析 / 反思階段	114 年 07 月	· 進行問卷統計分析與主題歸納、 · 召開討論會	完成教育模式歸納與研究報告

(一) 第一循環

課前準備階段：聚焦於教學環境檢視、教學工作坊課程設計、教師培訓與新科技知能研習。

1. 建置 XR 數位共學中心與 5G 高速專線，作為推動沉浸式學習的關鍵基礎設施。同時針對各收播端學校進行收播端網路測速與連線監控，以確保多點連線的穩定性與影像傳輸能維持最佳品質。
2. 研究者與教師團隊共同設計 XR 直播課程教案，包含 3D 教材操作、360°環景體驗等。同時，規劃主播端與收播端之跨校互動流程，以確保課程進行的即時性與協作順暢。
3. 教師培訓與新科技資訊知能研習，強化教師在數位教學、沉浸式教材製作與跨校互動課程設計方面的專業素養。

(二) 第二循環

課中教學、課後回饋階段：

1. XR 直播課程進行中

   (1)「主播端」教師負責課程講解與 XR 內容操作；

   (2)「導播端」教師負責影像控制與串流監控；

   (3)「收播端」學校教師則以學生體驗與互動回饋為主。實現多校同步的沉浸式學習情境，學生可即時參與提問、操作 3D 物件與觀看 360°環景影像。

2. 研究團隊於跨校直播課程前後施測學生問卷，分析學習動機與概念理解的變化。
3. 透過說課、觀課及議課活動來反思教學成效，並與同事交流，從中調整未來的教學方法以協助學生學習，進一步提升整體教學品質與教師專業成長。
3. 教師培訓與新科技資訊知能研習，強化教師在數位教學、沉浸式教材製作與跨校互動課程設計方面的專業素養。

(三) 資料分析反思

研究者依據教師反思日誌與觀課紀錄，調整後續教學流程，形成「行動修正—再行動」的持續循環機制。

三、研究工具

本研究採用多元資料蒐集工具，以確保資料的完整性與信度。分為三類：調查問卷、觀察記錄與訪談分析。

(一) 調查問卷

問卷主要針對學生學習動機、沉浸感、理解深度及教師教學態度四構面設計。問卷採五點量表 (1= 非常不同意至 5= 非常同意)，於課程前後各施測一次。前後測結果以描述性統計與 t 檢定分析差異。

(二) 教師觀察與反思紀錄

教師於每次跨校教學後撰寫「教學反思日誌」，內容包括技術操作、學生回饋及課堂互動情形。於課堂中記錄學生行為與情感反應，作為質性分析素材。

(三) 訪談與焦點座談紀錄

研究進行兩輪半結構式訪談：第一輪針對 8 位主播端教師與 34 位收播端教師；第二輪邀請 12 位學生代表。訪談主題包括技術可行性、學習體驗、教學挑戰與合作模式。

四、研究信度與效度

為確保研究品質，本研究採取以下三項檢證策略：

(一) 三角檢證法 (triangulation)：綜合問卷、訪談與觀察資料，以相互印證提高信度 (宋曜廷、潘佩妤，2010)。本研究搭配學生調查問卷、觀查紀錄與訪談分析三類資料交叉對照驗證，化解單一資料來源的主觀偏誤與取樣盲點，完整解釋 5G-XR 跨校共學的真實成效，提升本研究可信度。

(二) 同儕審查 (peer debriefing)：邀請兩位未參與本計畫的教育研究者審查研究歷程與分析過程，確保客觀性 (王文科、王智弘，2010)。本研究由外部教育工作者針對本研究學生調查問卷、教師觀察紀錄及訪談分析之結論推論逐一檢核，適時指正本研究個人主觀意見，校正資料落差，穩定質性分析信度。

(三) 厚實描述 (Thick Description)：在資料分析與討論中提供具體實例與情境描述，以呈現行動研究之脈絡真實性。

肆、研究結果與討論

本研究以中山女高 XR 數位共學中心為核心場域，結合 11 所合作學校進行 5G 與 XR 整合的跨校共學實踐。研究採行動研究法與混合研究設計，蒐集學生問卷、教師訪談、課程觀察，針對以下三項研究問題進行探討：

一、研究問題一：5G 技術如何確保多校即時互動與沉浸式學習品質

(一) 量化資料結果

學生問卷 (n=960) 顯示，對「課程即時互動流暢性」(五點量表) 之滿意度平均為 4.35(SD=0.60)，顯示學生普遍認為 5G 環境下的 XR 課程能提供穩定的直播品質與同步互動。延遲率測試結果顯示，5G 端到端延遲低於 20 毫秒 (ms)，遠優於校園 4G 環境的平均 120 毫秒。

其中，超過 87% 的學生表示「教師與多校學生能即時互動、無明顯延遲」，而 92% 的教師認為「5G 網路顯著改善過去遠距課程的畫面延遲與音訊斷訊問題」。

(二) 質性資料與觀察分析

研究者於課堂觀察中發現，5G 技術的穩定連線使跨校同步互動成為可能。學生能即時回應他校學生的問題、進行競答或互評活動。例如在「探索蘭嶼」課程中，北市中山女高學生與新北永和國中學生同時進入虛擬珊瑚礁環境進行生態辨識，互動過程無明顯卡頓現象。

教師回饋指出：「以前用一般網路時常延遲幾秒，但現在能即時回答學生問題，感覺就像大家在同一個教室裡。」這反映出 5G 低延遲特性在教育互動品質上的關鍵作用 (Huang et al. 2010)。

(三) 理論與文獻對應

此結果呼應 Radianti 等人 (2020) 與 Bower 與 deWitt(2022) 關於 XR 技術需仰賴高速網路支持的觀點。高頻寬與低延遲能確保多感官傳輸同步，使學習者在虛擬環境中維持「臨場感」(presence)，進而提升專注與參與 (Slater, 2018)。因此，5G 基礎設施不僅為技術環境，更是推動沉浸式共學成功的前提條件。

二、研究問題二：XR 教材如何影響學生學習動機與理解深度

(一) 問卷分析

學生前後測結果顯示，學習動機平均分數由 3.52(SD = 0.65) 提升至 4.31(SD = 0.51)， t (999) = 9.83, p < .001，提升幅度達顯著水準；沉浸感則由 3.41（SD = 0.71）提升至 4.38（SD = 0.54），顯示 XR 教材透過 3D 視覺、虛擬情境與互動操作，有助於提升學生的臨場感與學習投入程度。理解深度 (以概念測驗量表衡量) 由 62.4 分 (SD = 12.3) 提升至 78.1 分 (SD = 10.6)，平均提升 15.7 分，t (999) = 33.10, p <.001，顯著提升學生在理解深度的學習成就。85% 的學生認為 XR 教材「比傳統課程更有趣」，而 81% 的學生表示「透過 3D 教材與環景體驗，對抽象內容理解更快」。教師問卷結果顯示，導入 5G XR 教學後，教師在「教學投入與態度」面向由 3.82（SD = 0.61）提升至 4.26（SD = 0.53），呈現正向提升趨勢。結果顯示，XR 教材與即時跨校共學模式有助於提升教師運用新科技進行教學設計、跨校協作及創新教學的意願。

(二) 學生學習行為觀察

研究者觀察到學生在 XR 學習過程中展現出更高的專注度與主動性。學生在虛擬環境中能主動切換視角、操作 3D 模型並進行互動探索。例如，在「同『舟』共濟：達悟文化體驗」課程中，學生透過拼板舟的 3D 模型拆解，能更深入理解達悟族海洋文化與工藝邏輯。

(三) 質性資料詮釋

學生的回饋逐字稿顯示，XR 環境能激發「情境共感」與「沉浸式理解」。例如一位學生表示：「我看到蘭嶼的樹林與風聲，感覺像真的身在其中。」此回饋呼應 Dewey(1938) 所言，體驗是學習的起點，意義從經驗中生成。

(四) 與文獻對照

研究結果與國內外多項研究相符。Wu 與 Shah(2004) 指出，視覺空間化學習能強化學生概念化能力；陳立庭 (2017) 在 SketchUp 行動研究中發現 3D 教具有助學生空間理解；周保男與吳重言 (2014) 亦指出，虛擬教具能促進學生數學表面積概念學習。綜合而言，本研究證實 XR 沉浸式教材能兼顧情境體驗與知識建構的雙重效益。

三、研究問題三：教師在跨校協作過程中的專業成長與挑戰

(一) 教師問卷與反思結果

教師問卷 (n=18) 顯示，對「跨校協作成效」平均評價為 4.46(SD=0.51)，對「XR 教學能力提升」為 4.28(SD=0.57)。訪談資料顯示，教師普遍認為參與共備與行動研究有助於教學反思與課程設計能力成長。

教師反思指出：「以前對 XR 只停留在技術層面，但透過共備，我開始從學習者角度思考設計體驗。」這種由「技術導向」轉向「學習導向」的覺察，正是行動研究的核心歷程 (Carr & Kemmis, 1986)。

(二) 教師專業社群的形成

行動研究促成教師專業學習社群 (professional learning community, PLC) 的建立。教師透過線上共備平台分享課程腳本、3D 教材與教學影片，形成知識共享與互評機制。根據 Hine(2013) 的研究，行動研究能強化教師反思性實踐與協作文化，本研究即呈現此趨勢。

(三) 挑戰與困境

然而，教師亦面臨技術負荷與時間壓力的挑戰。部分收播端教師指出：「要同時顧學生與設備很不容易。」另有教師表示，跨校協作初期因設備差異導致教學節奏不一，需增加事前測試與技術支援。此問題亦見於國外研究，Bower 與 deWitt(2022) 指出，XR 教育落實須考量教師技術素養與支援體系。

四、綜合討論：綜合三項研究問題

(一) 5G 技術是沉浸式共學的基礎條件：其高速低延遲確保多校即時互動品質，促進「共同臨場」的學習氛圍。

(二) XR 教材能顯著提升學習動機與認知深度：學生在沉浸情境中展現出主動探索、反思與合作行為。

(三) 教師專業社群的形成推動教育創新永續發展：跨校協作提升了教師的技術素養與課程設計能力，但仍需制度化支援以減輕實施負擔。

此結果與 Kolb(1984) 的體驗學習理論、Slater(2018) 的 Presence 理論及 Vygotsky(1978) 社會建構理論相呼應。學習者在沉浸式環境中透過互動與反思進行知識共構，而教師在行動研究過程中亦完成專業重塑。

研究證實 5G 與 XR 整合能有效促進跨校即時互動、強化學生學習動機與教師專業成長，並建立具延展性之教育創新模式。此結果不僅回應後疫情時代教育數位轉型的需求，更為臺灣智慧教育的推動提供實證依據。未來若能持續結合 AI 分析與 XR 教學，將有助於形成更具自適性與永續性的沉浸式共學生態。

伍、教學省思與結論

本研究以臺北市立中山女高「XR 數位共學中心」為行動場域，結合 5G 與 XR 技術，實施跨校沉浸式共學課程，採行動研究法進行兩循環實踐，探討科技整合於教育創新的應用成效與挑戰。研究歷程中，教師兼具設計者、實踐者與反思者角色，透過課程共備、學生觀察與後設省思，逐步建構具延展性與可持續發展的共學模式。

一、在教學省思

行動研究的核心在於持續自我檢視與改進 (Carr & Kemmis, 1986)。

(一) 本研究第一循環中，教師面臨三項挑戰：

1. 跨校間網路設備不均導致影像延遲；
2. 教師對 XR 平台操作不熟悉；
3. 學生初次進入沉浸式環境時，易出現分心與焦慮。

(二) 經反思修正後，團隊於第二循環採取改進策略：

1. 在技術上，設立「技術支援小組」，進行課前測速與硬體設備檢查，使延遲顯著降低；
2. 在教學上，重新設計腳本與操作引導流程，以「主播端示範＋收播端互動」的同步模式，強化教學課程的引導；
3. 在學習上，將學生分組操作，導入任務導向式學習 (task-based learning)，促進學生合作探索與主動參與。

(三) 教師在歷程中逐漸體認：「科技並非目的，而是深化理解的媒介。」行動研究使教師從技術操作者轉變為學習引導者。教師訪談指出：「從第一次操作 5G-XR 的焦慮，到能自主設計 XR 教材，過程讓我重新思考教育科技的本質。」這種由「技術導向」轉向「學習導向」的覺察，正是行動研究的核心精神 (Hine, 2013)。

(四) 學生也從初期對 XR 操作抱持好奇心態，轉向具參與探究的主動學習，在虛擬環境中進行觀察、討論與推理。

二、綜合行動研究的歷程與結果

可歸納出三項主要發現：

(一) 5G 技術有效支撐多校即時互動與高品質 XR 學習，改善遠距教學中延遲與音訊不同步問題，使學生能「如同在同一教室中學習」。

(二) XR 教材能顯著提升學生學習動機與理解深度，學生在沉浸情境中展現主動探索、合作與問題解決能力。

(三) 教師專業學習社群 (PLC) 的形成，促進跨校共備與教學創新，建立具反思性的專業文化 (Hine, 2013)。此外，XR 共學中心的雲端資料庫實現教育資源共享，使偏遠學校亦能參與高品質課程，推動教育平權與永續學習。

三、從研究限制與未來建議

本研究 5G-XR 課程推動限制，受限各校網路落差、設備差異、教師技術負荷等。由於設備差異與樣本規模，部分收播端仍出現解析度不穩或互動延遲現象；研究期間僅涵蓋兩循環，未能觀察長期學習遷移效果。未來建議可從四方向延伸：

(一) 進行縱貫追蹤研究，分析長期學習與教師專業成長變化；

(二) 擴展跨區乃至跨國 5G-XR 共學網絡，推動全球沉浸式教育實踐；

(三) 結合人工智慧 (AI) 學習分析技術，發展自適性教材與智能評量；

(四) 建立常態化 XR 教師培力與技術支援體系，促進智慧教育常態化。

綜上所述，5G 與 XR 的整合不僅突破時空限制，亦重新定義了教學關係與學習經驗。教師在行動研究的循環中由技術操作者轉化為創新實踐者，學生則在沉浸式環境中展現主動學習與跨校協作能力。本研究證實，5G-XR 跨校共學模式是一種融合科技、人文與教育理念的新型教學實踐，從「知識傳遞」邁向「共構體驗」，從「單一教室」走向「智慧學習網絡」。未來若能持續結合 AI、XR 與 5G 技術，並以行動研究為推動核心，將有助於建構兼具延展性、反思性與人本關懷的智慧教育生態，使科技真正成為深化教育人文精神的力量。

參考文獻

王文科、王智弘 (2010)。質的研究的信度和效度。彰化師大教育學報，17，29-50

宋曜廷、潘佩妤 (2010)。混合研究在教育研究的應用。教育科學研究期刊，55(4)，97-130

吳明隆、涂金堂 (2024)。SPSS 與統計應用分析。臺北市：五南圖書公司。

林建銘 (2019)。教育質性研究的倫理規範。教育論叢，7，89-118

洪蘭 (2018)。會動的教材，讓學習更有效。天下雜誌，65。取自 https://www.cw.com.tw/article/5092414

楊孟麗、謝水南 (譯)(2021)。教育研究法：研究設計實務 (原著 Fraenkel 等著)。新北市：心理出版社。

蔡清田 (2000)。教育行動研究。臺北市：五南圖書公司。

潘淑滿 (2022)。質性研究 - 理論與應用。新北市：心理出版社。

薛慶友 (2022)。虛擬與擴增實境技術於中小學創客教育之應用。師友雙月刊。DOI：
10.53106/266336712022090634003

陳立庭 (2017)。3D 繪圖軟體 SketchUp 融入生活科技展開圖學習活動之行動研究。
科技與人力教育季刊，3(4)。DOI：10.6587/JTHRE.2017.3(4).2

周保男、吳重言 (2014)。立體視覺化工具融入國小表面積教學之研究：以 Google SketchUp 為例。
臺灣數學教育期刊，1(1)。DOI：10.6278/tjme.20140307.002

Bower, M., & deWitt, D. (2022). Augmented and virtual reality in education: An overview of recent research. *Educational Media International, 59(1)*, 1–16.

Carr, W., & Kemmis, S. (1986). Becoming critical: Education, knowledge and action research. Falmer Press.

Dewey, J. (1938). Experience and education. Macmillan.

Hine, G. S. (2013). The importance of action research in teacher education programs. *Issues in Educational Research, 23(2)*, 151–163.

Huang, H. M., Rauch, U., & Liaw, S. S. (2010). Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach. *Computers & Education, 55(3)*, 1171–1182.

Zhuang,J. & Fang, Y. (2023). The Application of XR Technology in the Situational Learning of Popular Science Knowledge. *International Core Journal of Engineering, 9(7)*, 80-87. DOI：10.6919/ICJE.202307_9(7).0011

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development.* Prentice-Hall.

Lippe, M., Johnson, B., & Carter, P. A. (2019). Protecting Student Anonymity in Research Using a Subject-Generated Identification Code. *Journal of Professional Nursing.* DOI:10.1016/J.PROFNURS.2018.09.006

Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook.* Sage.

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education. Computers & Education, 147, 103778.

Reedy, P. (2017). Using Inquiry to Improve Your Teaching Practice. Dance Education in Practice, 3(4), 18–22. DOI:10.1080/23734833.2017.1384209

Ross-Fisher, R. L. (2008). Action Research to Improve Teaching and Learning. Kappa Delta Pi Record. DOI:10.1080/00228958.2008.10516516

Slater, M. (2018). Immersion and presence in virtual reality: A review of research. *Frontiers in Psychology, 9(1358).*

Teddlie, C. B., & Tashakkori, A. M. (2009). *Foundations of mixed methods research: Integrating quantitative and qualitative approaches in the social and behavioral sciences.* SAGE Publications.

Vygotsky l. s. (1978). mind in society the development of higher psychological processes.

Wu, H. K., & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education, 88(3)*, 465-492.

CrazyShooter
VR

Taipei

STEAM

Education Journal

版權頁 Copyright page

出版單位／
臺北市政府教育局

發行人／
湯志民

主辦單位／
臺北市政府教育局 資訊教育科

承辦單位／
臺北市 STEAM 及新科技發展辦公室

指導委員／
湯志民、鄧進權、廖文靜、鍾德馨、卓育欣、
黃冠禎、白可欣

總編輯／
張玉山

編審委員 (依姓氏筆畫) ／
王子華、 汪芝蓁、張玉山、張云棻、游光昭、
劉火欽 、劉遠楨、賴阿福

本期責任編輯／
賴阿福

執行編輯／
柯靜蓉

Arts
Technology
Mathematics
Engineering

Taipei

STEAM

Education
Journal

臺北市
及新科技發展辦公室
Taipei City
STEAM Education &
Emerging Technologies
Development Office

國際 · 創新 · 未來