

博物館與中小學合作推動 STEAM 數位混合學習之成效研究

吳紹群*

摘要

隨著近年來十二年國教新課綱強調跨域、資訊科技融入教學等新觀念於中小學推廣，越來越多的中小學教師開始採用 STEAM 跨領域模式 (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics)，於課程中應用 3D 列印、兒少程式設計、數位繪圖、開發板實作等資訊科技，結合網路線上資源，進行線上與實體混合教學 (Blended Learning)。博物館作為中小學的輔助教學機構，近年也開始與中小學合作，利用故宮文物題材，共同推動 STEAM 模式的數位混合學習。本研究以故宮「創客魔幻列車」中小學 STEAM 巡迴教學專案為研究對象，以個案法及問卷調查法，分析 2019-2020 年間共 120 所中小學學生的故宮文物主題 STEAM 教學及搭配「故宮教育頻道」網站資源進行混合教學之滿意度、並分析用於巡迴教學的 10 個資訊科技融入藝術教育教案特徵。期望研究結論可作為我國博物館與中小學合作推動 STEAM 數位教學在發展和改進上之參考。

關鍵字：博物館、STEAM、館校合作、混合學習

吳紹群(通訊作者)，國立故宮博物院數位資訊室副研究員兼科長。E-mail: diglib@npm.gov.tw

A Study on the Effect of STEAM-based Blended Learning Promoted by Museum Cooperating with School

Shao-Chun Wu*

Abstract

In recent years, as the Curriculum Guidelines of 12-year Basic Education emphasizes the promotion of new concepts, such as interdisciplinary learning and integration of information technology into elementary and junior high schools, more and more elementary and junior high school teachers begin to adopt the STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics) interdisciplinary model. They also carry out online and offline blended learning by combining information technologies, such as 3D printing, programming, digital graphing, and evaluation board practice, with online resources. As teaching auxiliary institutions of elementary and junior high schools, museums, with cultural relics from the National Palace Museum as the theme, begin to cooperate with elementary and junior high schools in recent years to jointly promote STEAM-based digital blended learning. In addition to the itinerant teaching program “Magic STEAM Train” of the National Palace Museum for elementary and junior high schools as the research subject, this study also employs the case method and questionnaire method. It analyzes the satisfaction of students from 120 elementary and junior high schools which adopted blended learning from 2019 to 2020 by combining STEAM-based teaching themed on cultural relics from the National Palace Museum and the website resources of the “iPalace Channel”. Furthermore, the characteristics of 10 itinerant teaching plans integrating information technology into art education are also explored. It is expected that the findings of this study can be used as a reference for the development and improvement of STEAM digital teaching promoted by museums and elementary and junior high schools in Taiwan.

Keywords: Museum, STEAM, Museum-School Cooperation, Blended Learning

Shao-Chun Wu (Corresponding Author), Associate Research Fellow and Section Chief, Office of Digital Information Services, National Palace Museum. E-mail: diglib@npm.gov.tw

壹、前言

近年來，整合了科學、技術、工程、藝術與數位知識的 STEAM (Science, Technology, Engineering, Art & Mathematics)教育模式，在國外、乃至於國內，都開始受到高度的重視。此種類型的教育，打破了過去數位學習、教育科技在教學現場上分科應用的情景。STEAM 教育強調的是在教學現場，融合科學、工程、藝術等教學主題進行統整性、跨學科的教學，以專題教學的方式，引導學生動手做、解決日常生活所可能面臨的問題，提高創新力和競爭力 (湯維玲, 2019)。而我國在十二年國教的新課綱中，也新設「科技領域」，強調要整合包括資訊科技、工程、數學、藝術等領域的知識，進而培養研究分析、動手實作、創造設計等能力，將科技融入各領域教學，讓知識可以整合運用 (陳榮德, 2020)。我國的十二年國教新課綱，在跨領域、強調動手實作解決日常問題等方面，和 STEAM 教育的精神有許多相通之處。因此，國內雖然在 STEAM 教育上起步較國外為晚，但近年來也開始大量出現 STEAM 教育的案例和推動討論，使得 STEAM 教育和十二年課綱的實施成為近年來中小學教育中的熱門話題之一。

博物館作為一非正式教育機構，長期以來一直作為中小學教育的輔助和資源提供單位，與國中小有非常密切的合作關係。隨著十二年課綱的實施，中小學導入 STEAM 教育的情形日益增加，博物館和國中小合作進行教育推廣時，自然也需要採取 STEAM 教育的模式。國立故宮博物院 (以下簡稱故宮)，近年來積極開發以故宮歷史、藝術為主題的 STEAM 教案，將藝術與 3D 列印、開發板(Micro:bit)、Scratch 兒少程式設計、電力/開關模組等數位或科技教育手段做結合，透過與中小學合作，在各中小學巡迴進行教案的推廣教學，讓學生在進行數位或科技的實作教學時可以同時學習故宮文物的藝術內容，達到跨領域統合教學的目的；故宮同時也提供「故宮教育頻道」的網路平台，讓教師可以在課後下載故宮 STEAM 教案、課中上傳或觀看教案相關影片、分派作業或測驗，以線上線下混合學習的方式，提升 STEAM 教學的效果。

然而，國內有關博物館與中小學合作推動 STEAM 教育的研究仍十分稀少，博物館投入 STEAM 有關研究不僅很少 (Grant & Patterson, 2016)，博物館將線上資源和實體 STEAM 課程結合進行混合教學的探討則更為罕見。教師想要找尋博物館進行 STEAM 教育的合作推廣，委實缺乏適當的參考資源和案例。因此，本研究擬以故宮與中小學合作的 STEAM 推廣專案「故宮創魔列車」為個案，分析故宮在各中小學巡迴推展 STEAM 教育的教案特徵、小學生的印象及滿意度，以了解故宮 STEAM 混合學習推廣專案的特色和成效為何，以作為未來我國博物館和中小學合作發展 STEAM 教育活動時的參考。

貳、文獻探討

一、STEAM 教育的起源與演變

長久以來，由於工業化分工、學科分立等時代背景的影響，中小學的教育大多是分科教學的狀態 (Radziwill, Benton & Moelers, 2015)。但隨著經濟結構、社會組織、知識傳播方式等等的變化，跨學科、統合性的教學開始日益受到重視，而 STEAM 教育的概念，正是起源於此一趨勢。STEAM 教育是起源於 STEM 教育、再加入藝術(Art)的元素而成。2006 年，美國小布希政府首次提出了加強 STEM 素養的政策目標，試圖以統合性教學的方式，期望能提升美國的工程和科學競爭力基礎；到了 2011 年，美國政府更成立 STEM 教育的專責組織，推動 STEM 教學的實施 (何奕慧, 2021)，也在美國和其它國家掀起來 STEM 教學的風潮。在此風潮之下，中小學普遍出現了以 3D 列印、兒少程式設計、電子裝置或機械設計等為工具，配合課程內容進行專題性教學的 STEM 教學活動。

然而，STEM 教育在經過多年的實施之後，卻逐漸浮現了若干問題，首先是典型以理工數學為主軸的 STEM 教育，無法吸引女性及少數族裔投入學習；其次是在許多中小學生的評量研究顯示，STEM 教育實施一段時間後，部份美國的中小學生出現創造力下降的現象，也就是所謂的「創造力危機」(Creative Crisis) (Hunter-Doniger & Sydow, 2016；湯維玲, 2019)。因此，許多專家學者開始呼籲，應該要將「藝術」(Art)課程整合進入 STEM 中，形成 STEAM 概念，以解決過去 STEM 教育的缺失。事實上，讓藝術與強調理工數學的 STEM 融合，不僅對於中小學的教育可以發揮互補的功效，還有其它的優點和重要性：首先，藝術融入理工數學 STEM 教育，可以給中小學生更豐富有趣的學習體驗；其次，藝術創作過程中的進階思考、創作壓力的調適、自律、彈性思考、多元刺激與團隊溝通等現象，和 STEM 教育中的其它學科學習過程是互通互補的；其三是藝術的思維，可以給 STEM 教育帶來創造力、創新性的訓練，而此一特質對於未來的學生在工作上去解決問題、設計或製作產品等工作上所帶來的優勢是不可估量的，對於未來的經濟競爭力有重要意義 (Maeda, 2013；Hunter-Doniger & Sydow, 2016；湯維玲, 2019)。進一步來說，在 STEM 教育中納入藝術教育元素，不僅可以在理工數學等學科的學習和實作過程中加入「外顯的美」，更可以讓教師以培養學生「解決問題」能力為核心目標，將藝術創作的「設計思維」和理工數學領域的「運算思維」作結合 (陳怡倩, 2017；湯維玲, 2019)，使教育活動更加完整，也突顯了 STEAM 教育符合了經驗主義教育理念的特性 (何奕慧, 2021)。

二、STEAM 教學的課程設計與實施困難

由於 STEM 教育強調統整性，因此，STEM 教學實務上普遍採取跨領域 (Interdisciplinary) 和以解決問題為導向 (Problem-Solve based learning) 的教學模式。在操作上則採取分組進行，由教師設定情境和目標，引導學生思考、動手作、解決真實情境中的問題，並以學生為主體，教師在其中扮演的是引導性的角色、帶領學生看到

解決問題的機會何在並設計教學模式，在學生解決問題的過程中提供非批判性、建設性的意見 (Hunter-Doniger & Sydow, 2016；何奕慧，2021)。

在實務上，要由傳統的講授式分科教學走向整合性、強調動手作的 STEAM 教學，仍有許多實施上的困難。常見的困難包括了：傳統的中小學教育仍難免出現分科教學，所習得的仍是片段知識，侷限了學生思維的廣度，難以將知識應用於問題解決上 (陳佩萱、黃思華，2020)；其次，實務經驗顯示，在中小學實施 STEAM 教學，學校是需要投入相當的經費預算的，技術的引入、設備和環境也有所要求 (Hunter-Doniger & Sydow, 2016)；其三，對師資的要求較高，不僅一門 STEAM 課程需要多名不同專長的教師合作，教師也需要有統整課程的訓練和素養，並對與自己不同領域的學科有一定理解，才能發揮統整的效果 (王維國，2021)；其四，由於 STEAM 起源於 STEM，STEM 的本質是科學教育，因此 STEAM 教育經常有出現以科學為核心進行統整的現象，造成其中的藝術元素融入不足、或其藝術元素不受家長的重視，也常出現藝術的融入流於表面僅作為科學課作品的外形裝飾附件，缺乏深度設計思維入的情形 (湯維玲，2019；陳怡倩，2017)；此外，STEAM 課程的設計難度較高，跨學科操作複雜，教師也需要發展不同學科領域的專長和素養，對培訓的要求較高 (湯維玲，2019；王為國，2021)。這些都有待未來逐投入資源，並由實施中摸索經驗，以進行改善。

三、國中小實施 STEAM 教學範例與博物館參與

隨著 108 年度開始推行十二年國教新課綱，其中新課綱新設立了科技領域，將科技、資訊與工程知識的教學納入課程規劃，強化學生動手作及跨學科學習的能力，以建立核心素養 (張儀玲、鄭雅婷，2021；陳榮德，2020)。所謂核心素養，指的是一個人為了適應生活和未來生活，所應具備的知識、能力與態度，而 STEAM 教育主張鼓勵學生探究問題、應用技術以動手實作、結合生活應用、發展創新思維等等，與十二年國教新課綱的目標實有相似相通之處 (張儀玲、鄭雅婷，2021)。也因此近年來國內中小學 STEAM 教學也開始大行其道，出現許多 STEAM 教學案例。例如，有中小學老師以學校所在區域的社區和古蹟為美術主題，結合 AR 製作和 Google 表單應用教學等，發展以藝術為核心進行統整的 STEAM 教學 (盧佩綺，2019)；也有以綠建築技術的實作為主軸，融合設計圖美術能力培養、Arduino 程式以及綠建築感測裝置應用等內容的 STEAM 教學課程 (盧秀琴、洪榮昭、陳芬芳，2019)；亦有聲學原理為主軸，融合手機、音箱、組裝設計等元素的 STEAM 課程 (葉栢維，2017)；也出現有以音樂為主要內容，結合了程式設計和音樂軟體運用等元素為主的 STEAM 課程 (葉亮吟，2020)。此外，也有的教師將 STEAM 教育的概念應用於英語課程、或開發仿生獸行走器 (盧秀琴、馬士茵，2019；陳佩萱、黃思華，2020)；而 STEAM 教育近來也與多元文化概念結合，例如，原鄉教育工作者，以民族教育為主題設計 STEAM 課程，以 Scratch 程式設計動畫來說部落的故事、或是用 Minecraft 來組建部落的遊戲場 (謝郁如，2018)。各種 STEAM 教育的成果，可以說近年來已開始逐漸陸續浮現。

而作為「立體的教科書」的博物館，長期以來一直和中小學保持密切合作，提供各種典藏內容資源和教學資源，輔助中小學科學教育、藝術教育、文化教育的推展。隨著國內外中小學 STEAM 教育的普及，博物館與中小學合作的各種推廣活動，也都開始採用 STEAM 的理念去設計，以便於中小學學生的吸收和老師的備課參考。許多博物館的教育推廣業務工作者，都開始導入、學習 STEAM 的理念，以創造具參與性、以觀眾為中心的教育推廣活動，並試圖以 STEAM 跨學科的特性，讓藝術能與其它科學領域結合、以顯示藝術在現今的經濟和政治環境中的重要性 (Saraniero & Kelton, 2019)。而有些博物館也展開了跨博物館館員 STEAM 能力的在職教育，將藝術、生物、科學等不同類型博物館館員集合在一起進行 STEAM 能力的訓練 (Kelton & Saraniero, 2018)，以達到提升博物館館員 STEAM 概念和能力的目標。目前，國內外的博物館在開發 STEAM 教育推廣活動資源上，已開始陸續有了成果，例如，美國猶它大學便曾統整 Braithwaite 藝術博物館和 Garth and Jerri Frehner 自然史博物館進行合作，以海洋生物的化石為主題，結合了拓印、描繪等藝術技法以設計課程，提升該州偏鄉中小學生對海洋生物的認識 (Grant & Patterson, 2016)；而休士頓兒童博物館也曾推出 STEAM 的課後教育課程 (湯維玲, 2019)、紐約大都會美術館亦曾推出「Teens Take the Met」自造教育活動，提供自造科技與藝術結合的資源，並鼓勵老師和學生將藏品應用於課程。也有科學博物館開發以舞蹈藝術為主題、結合力學或物理的 STEAM 教育內容、亦曾有科學博物館推出將描繪和色彩能力與化學觀念結合的 STEAM 課程 (Buono & Burnidge, 2020；Domenici, 2022)。而在國內，故宮自 2018 年起開始有計畫的推出 STEAM 教案、並每年巡迴台灣數十個國中小進行到校推廣示範，並設計有「故宮教育頻道」線上平台，提供有興趣的教師可分派學生作業或測驗、觀看 STEAM 教學相關影片、免費下載 STEAM 教案等等，期望能和實體的 STEAM 到校推廣示互為配合，達到混合學習的效果。此外國立自然科學博物館也開始提供主題式的 STEAM 工作坊、國立科學工藝博物館也設置有自造教育中心提供 STEAM 相關資源。足見國內博物館也開始認識到 STEAM 教育的內涵並著手推廣。但是在藝術與人文類的博物館方面，目前僅有故宮在 STEAM 的推廣上較為有系統，其它藝術類博物館仍較少見到 STEAM 的推展。

四、混合學習策略與博物館 STEAM 活動推廣

所謂混合學習模式，指的是將面對面的實體教學與網路學習加以混合的一種有系的學習方法，亦有學者定義為將兩種以上的學習方式加以混合實施的學習模式 (顏崇凱, 2015)。此外，也有學者專家對於混合學習模式提出了更詳細的定義，指出混合學習是少部份(如，低於 30%)的課程時間採取線上並且大部份的課程時間採取實體上課的一種學習模式；也有人指出，混合學習是讓學生可以根據自身狀況選擇要全部線上、全部實體或二者並行的一種彈性課程策略 (史美瑤, 2014)。但無論大家對於混合學習的定義為何，混合學習都具有將「實體」與「線上」二種不同學習模式加以融合、並高度仰賴資通訊科技的教學平台等特性。由於混合學習策略的混合運作特性，使得混

合學習可以兼顧實體和線上的特性、具備諸多的優點，包括了學習成效較高、可增加師生互動、保留學習過程與促進教師改變教學方法、鼓勵學生自我學習、增加科技輔助提升學習興趣、提高彈性以增進學習效能、可經由線上提升即時回饋等等優點 (顏崇凱, 2015)。更有專家學者認為，混合學習模式因科技導入的高度彈性與數位運用的效力，使得混合學習模式可以在全球化之下學校課室內可能出現多元文化/族裔學生的環境中、作為滿足多元化的學習條件之有力工具 (Ashraf, Tsegay & Meijia, 2021)。

在 2019 年開始爆發的新冠疫情的影響下，許多中小學都開始採取線上教學，實體課程雖未長期廢棄，但也隨疫情的起伏而時斷時續。在此情形下，正好形成混合學習模式可以發揮的情境。故宮在推動 STEAM 中小學推廣時，也乘勢採取了以線上的「故宮教育頻道」¹提供教師可課前下載教案、課中播放影片、課後派發測驗或學習單等線上學習措施，再配合故宮於線下實體的 STEAM「創魔巡迴列車」到校服務，期望在 STEAM 的推廣上，發揮混合學習的作用。

參、研究方法

本研究以國立故宮博物院於 2019-2020 年間所推出的「故宮創客魔幻列車」STEAM 教案推廣巡迴服務及其所搭配提供的線上平台「故宮教育頻道」為研究對象，採用問卷調查法與個案分析法，經由對接受推廣服務的中小學生的問卷統計分析、以及對故宮 STEAM 教案的特徵分析，探討故宮 STEAM 教案之實體推廣服務在搭配線上平台的混合模式情況下、其服務成效及特徵為何，以期能作為未來故宮改善 STEAM 推廣活動混合學習模式的依據、並供其它博物館參考。

肆、研究結果

一、個案背景

故宮為活化故宮既有之典藏品數位資料、將典藏品數位檔案融入數位教學，故宮教育展資處的資訊單位，自 2018 年開始便嚐試應用故宮資料庫中的文物數位檔案，與教育專家合作，設計為 STEAM 模式的教案，並小規模的以到校、到班服務的方式，與中小學老師合作進行教案示範推廣，反應良好。因此，自 2019 開始，正式推出「創客魔幻列車」服務，租用中型巴士，搭載故宮 STEAM 教案實施所需教具及耗材，並攜帶 3D 印表機、無人機、平板、開發板 (Micro:bit)、電力或燈光開關機構單元、線路等 STEAM 教學工具，配屬教推人員 2 到 3 人，以全年度時間巡迴數十個中小學進行示範推廣，並聯繫中小學老師，鼓勵同學使用在參加故宮的 STEAM 教案推廣示範活動之餘，多觀看「故宮教育頻道」上的故宮文物影片及線上課程，也鼓勵老師使用「故宮教育頻道」下載 STEAM 教案、或用平台進行測驗。故宮「創客魔幻列車」STEAM 推廣活動情況如圖 1 所示，「故宮教育頻道」介面如圖 2 所示。

¹ 故宮教育頻道已於 2022 年 1 月起，調整部份功能，並更名為「故宮線上學校」



圖 1 故宮「創客魔幻列車」STEAM 教案推廣活動情況 (力新國際攝)



圖 2 「故宮教育頻道」入口及線上課程介面

經過 2019、2020 兩年的推廣，故宮「創客魔幻列車」服務於兩年時間內，共巡迴了台灣 120 所中小學，共推廣示範了 10 個 STEAM 教案、服務了 3718 名學生。兩年推廣期間，為了解 STEAM 推廣服務的成效，故宮資訊團隊也對參與推廣活動的中小學生發出問卷，共收回 2842 份問卷，回收率為 76%。在所回收的問卷中，女性占 51%、男性占 49%；年齡 7-8 歲占 5%、9-10 歲占 29%、11-12 歲占 53%、13-15 歲占 13%，相關問卷回覆學生的性別及年齡結構，整理如表 1 所示。另外，在與故宮進行合作推廣的學校類型上，偏鄉學校共計 55 所、原民學校 25 所、自造中心學校 7 所、離島學校 8 所、六都學校 29 所、教育優先區學校 2 所、特色學校 7 所。可見故宮「創客魔幻列車」服務範圍相當平均，含蓋了城鄉和不同類型中小學，完整因應不同中小學的需求。由於原民學校和離島學校往往也同時具有偏鄉學校的身份，故而在數量統計上有所重疊。故宮「創客魔幻列車」服務之合作學校類型整理如圖 3 所示。

表 1 學生性別與年齡結構

性別與年齡	人次	百分比
男	1379	49%
女	1463	51%
7-8 歲	133	5%
9-10 歲	823	29%
11-12 歲	1515	53%
13-15 歲	371	13%

(資料收集：力新國際；製表整理：研究者自行整理)

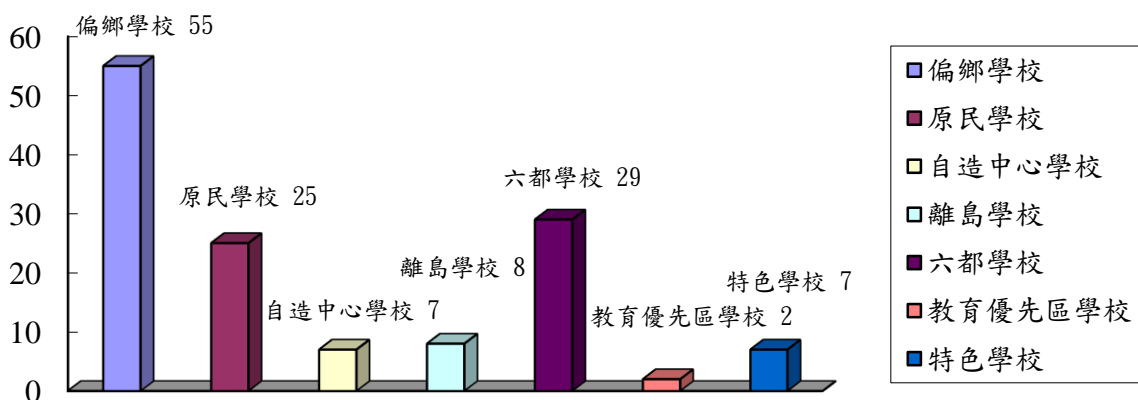


圖 3 故宮「創客魔幻列車」實體巡迴推廣之學校類型分布 (單位：校數。資料收集：力新國際；繪圖：研究者自行繪製)

二、故宮 STEAM 教案特徵分析

故宮資訊團隊在 2019-2020 兩年的推廣期間，在到校推廣之前，會先與中小學老師討論，由老師選定適合的一到兩個 STEAM 教案進行示範。兩年下來，於 120 個中小學共巡迴示範了 10 種不同的教案。所有 10 個教案，均是基於故宮文物的內容和特徵、結合 STEAM 教學中的科學、技術、工程等要素進行設計。例如，以「鐘型藍芽喇叭」教案為例，該教案設計的主要目的，是以故宮所收藏的銅鐘為主要造形，引導學生設計一款雷射切割白俄羅斯木並組裝作為主要結構、並結合了音源組件和藍芽收發模組的無線音箱；希望經由對故宮器物造形和功能的理解作衍伸設計，分別在 STEAM 的五個面向上讓學生能有完整的學習體驗，分別是：代表 S 的科學面，可了解聲音的傳播原理、代表 T 的科技面，可了解藍芽技術的運作、代表 E 的工程面，可了解雷切機輸出主要構件並和發聲裝置電源等進行組裝、代表 M 的數學面，則是讓學生了解各該喇叭的主要組裝結構的幾何造形和計算大小角度、代表 A 的藝術面，則是讓學生認識古代銅鐘的造形功用以及作為青銅樂器所象徵的古代禮樂文化。該教案的原始發想文物以及所完成的 STEAM 教案實作成品如圖 4 所示。

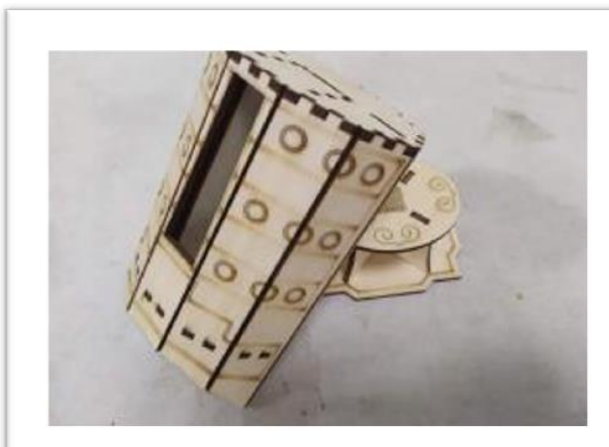


圖 4 「鐘型藍芽喇叭」STEAM 教案之原始文物與衍生教案成品

在 2019-2020 兩年，故宮的「創客魔幻列車」STEAM 推廣服務，共巡迴示範 10 種不同教案，包括了：微型印刷機、鐘型藍芽喇叭、音樂旋轉四駿、鼻煙壺留聲機、羊尊迴力車、智慧遙控情境燈、百蝶自動機、雲紋迷宮、分幣熊、三連玉環。上述十種教案，分別由不同的故宮文物發想設計，經計算，十種教案中，有七種教案是由故宮的器物類文物所衍生開發、二種由書畫類文物衍生開發、一種由善本文獻類文物衍生開發。此外，十種教案也結合不同的科學、技術條件進行 STEAM 教案的開發，十種教案的 STEAM 特點，經整理後，綜合如表 2 所示：

表 2 故宮 STEAM 教案之 STEAM 元素分析比較

教案名	Science	Technology	Engineering	Art	Mathematics
音樂旋轉四駿	生物/動物	音樂盒機芯	組裝與機心配合	描繪用色/東西藝術史	3D 透視/幾何/計算尺寸
羊尊迴力車	生物/動物	迴力車動力組	部件組裝迴力車板配合	描繪動物造型	3D 透視/幾何/計算尺寸
微型印刷機	海洋生物	彈力裝置	雷射切割/部件組裝	海洋生物描繪/上色	幾何/尺寸計算
鼻煙壺留聲機	聲音與錄音原理	錄音語音模組應用	接線輸出工程雷射切割/組裝結構	器物知識/造型/收藏品味	3D 透視/幾何/計算尺寸
智慧遙控情境燈	光線及光譜學	紅外線及遙控功能	燈控接線與組裝	文獻學及善本知識	幾何/計算尺寸
鐘型藍芽喇叭	聲學原理	藍芽傳輸/發聲功效	電源/模組/喇叭/構件組裝	古樂器/禮樂文化	3D 透視/幾何/計算尺寸
三連玉環	3D 建模原理	3D 列印/程式設計	建模輸出組裝工程	玉器知識與美感欣賞	3D 透視/幾何/尺寸測量
分幣熊	3D 及雷射原理	雷切技術	部件及分幣機關組裝	銅器知識與色澤造形	3D 透視/幾何/尺寸測量
百蝶自動機	蝴蝶生態/機械原理	雷切/程式邏輯	凸輪/部件及結構組裝工程	文物寓意/造型/色彩	3D 透視/幾何/大小齒輪數學
雲紋迷宮	3D 建模原理	雷切/3D 列印	設計輸出	紋路造形歷史現象	幾何/立體結構

(教案研製：力新國際、蘇英嘉老師；製表整理：研究者整理)

比較結果可以看出，故宮所巡迴示範的十個教案，由於 STEAM 教學強調手做，故而在開發上大多選擇以較直觀立體的器物類文物進行開發和衍伸設計，書畫和文獻等平面文物發想的較少。而在 STEAM 特質的搭配上，由於故宮文物以視覺藝術典藏為主，故該批教案在「數學」(M)的特質上，大多以摹仿文物造形行輸出、組裝時所需的幾何和測量能力為主，除了大小齒輪的數學計算以外，缺少較為特別的數學元素去結合；在技術(T)上以雷射切割、3D 建模應用最多，在工程(E)方面則以各種部件或機構的組裝和電力開關接線為主，是非常典型的創客/STEAM 教學規劃，雖然不失為完整的應用，但仍可結合其它的創客教學技術和工程概念，讓教案更為多樣化和具有特色。經由對於前述故宮十個 STEAM 教案的分析，可以發現在 2019-2020 年間，故宮的 STEAM 教案有以下的特徵：

(一) 文物主題集中，有其結構性因素：

由於 2019 年時，故宮創國內藝術博物館先河，剛開始較有系統的推動 STEAM 數位科技跨域學習，所推出的十個 STEAM 教案，可以看出很明顯均集中於立體的器物類文物，尤其以有具體直觀造形特色的玉器、銅器、磁器為主，至於其它表現形式以抽象內容為主的書法、繪畫、善本檔案等被開發為 STEAM 教案的極少，顯見內容需進一步提煉、藝術表現形態較為抽象的藏品類型，不易直接開發為 STEAM 教案；這有待未來相關開發團隊深入文物的抽象內容進行 STEAM 開發。

(二) 受傳統創客模式影響大：

由故宮於 2019-2020 所推出的第一批系統性推廣的 STEAM 教案可看出，由於剛開始推動博物館 STEAM 推廣教育，對於 STEAM 的跨域、解決問題導向、結合多元科學/技術等特性，尚在摸索前進的階段。故此時期的故宮 STEAM 教案，仍有明顯受到過去「創客」(Maker)運動的影響，在手做及 3D 建模及 3D 列印等方面的特性仍較顯著，STEAM 的特性雖已出現，但仍有加強探索的潛力。

(三) 應用年齡層較低：

故宮的該批 STEAM，目前適用之年齡，大多集中於國小中及高年級。但事實上，STEAM 教育在新課綱的應用上，也有從小學低年級的不插電 STEAM、到國高中高度結合 ICT 科技的 STEAM 教育，其年齡層非常之廣。未來故宮在發展 STEAM 教案上，可嚐試朝向其它不同學制年齡段學生受眾發展不同模式和不同深度的 STEAM 教案，以達到不同年齡層的博物館推廣教育效果。

(四) 學科跨域特性發揮較單一：

在故宮的該批 STEAM 教案，在科學方面的融合集中於生物和 3D 建模原理、數學上的跨域集中於幾何/透視/測量、工程和技術上則受創客觀影響較大。然而由國小到高中，各類學科在科學、數學、科技上的範圍極廣，未來應擴大故宮 STEAM 的跨域廣度，加強與其它不同的科學/數學/科技原理進行跨域結合，以創造故宮 STEAM 內容的多樣性。

故宮以實體方式巡迴推廣的十個 STEAM 教案，已經具備 STEAM 模式中的科學、技術、工程、藝術、數學等多領域和問題導向特性，由以工藝為主的創客向更具整合性的 STEAM 模式發展，雖然有主題較集中、適用年齡層較低、學科特性較單一等特性，但已開創藝術博物館之先河。由上述對故宮十個 STEAM 教案的分析亦可發現，由於 STEAM 教案具有動手實作、結合數位科技運作、多元領域操作和融合的特性，因此特別適合以「線下」方式巡迴示範和體驗，然而線下的實體示範教學持續時間畢竟短暫，因此若要在推廣實務上在中小學教學現場發揮長久影響，STEAM 教育就必需在線下示範推廣之餘，搭配線上平台資源，將 STEAM 教案的圖說、開源資源、範例、影片、測驗等資源，以線上方式提供給中小學老師在課前或課後應用。因此，故宮也設計有「故宮教育頻道」，將教案的圖說、開源資源、範例、影片、測驗等公開於線上平台，並鼓勵參與線下巡迴示範的中小學師同步利用，以發揮混合學習的效果。

三、STEAM 教案線下推廣及線上平台問卷調查分析

而為了解故宮 STEAM 教案巡迴推示範、以及所搭配的「故宮教育頻道」線上平台的使用狀況，故宮資訊團隊也對兩年間 120 所中小學內共 2842 名學生進行問卷調查。由於小學中年級的年齡尚小，在認知能力上可能無法回答較多及較複雜的問題，故本次問卷調查的重點，在於了解受教學生對於「故宮教育頻道」線上平台以及「創客魔幻列車」的現場示範推廣上，對那些內容的印象最深、對線上平台和現場示範推廣活動的滿意度為何。

調查結果顯示，首先，學生們在對於哪些活動或內容印象較深刻（可複選），最多人勾選者為「創客知識課程」，有多達 2294 人次；其次為「教案中所傳達的文物知識」、「創魔列車現場展示物件/設備」，而印象最不深刻者為「故宮教育頻道」，僅有 869 人次勾選為印象深刻，人次最少。「創客知識課程」有最多人認為印象深刻，可能是由於創客 STEAM 教案是現場實地示範、加上由同學親手在課堂上跟著故宮人員動手做，因此被最多人選為印象深刻；而「故宮教育頻道」同學印象較不夠深刻，經過後來探詢，可能是由於同學僅上平台觀看創客或主題相關影片進行預習，未能在「課後」針對教案內容即時做深度的課後復習、線上測驗等混合教學，故同學的印象並不深刻。針對線上及線下哪些活動或內容印象較深刻的調查結果，整理如表 3 所示。

而在內容滿意度上，滿意度量尺分為「非常滿意」、「滿意」、「普通」、「不滿意」、「非常不滿意」五等分，其中學生們對於「創客知識課程」的評分表示「非常滿意」的比例，高達 70%，是所有選項中「非常滿意」的比例最高的；而學生們對於「故宮教育頻道」線上平台表達「非常滿意」評價的比例，是所有選項中最低的，只有 65%，低於其它的推廣內容選項。各項推廣內容的滿意度分布，經整理如表 4 所示。

表 3 「故宮教育頻道」線上平台與「故宮創魔列車」各項活動或服務印象深刻程度

	線下體驗			線上服務
	創客知識課程	教案中所傳達的文物知識	創魔列車現場展示物件/設備	故宮教育頻道
感到印象深刻之學生人數	2294	1020	1854	869

(資料收集：力新國際；製表整理：研究者整理)

表 4 「故宮教育頻道」線上平台與「故宮創魔列車」各項 STEAM 推廣服務滿意度

	非常滿意	滿意	普通	不滿意	非常不滿意
教育頻道線上平台	65%	20%	11%	2%	2%
創客現場展示	66%	22%	9%	3%	0%
國寶文物知識	66%	23%	9%	1%	1%
創客知識課程	70%	20%	7%	2%	0%

(資料收集：力新國際；製表整理：研究者整理)

經由對 STEAM 教案線下推廣及線上平台的問卷反應可知，與故宮合作進行 STEAM 推廣教育的學生，普遍對線下(「創客知識課程」、「教案中所傳達的文物知識」、「創魔列車現場展示物件/設備」)教育推廣活動的印象較深刻，而對於混合教學所搭配的「故宮教育頻道」線上平台，印象深刻者極少。而滿意度調查中，雖然線上的「故宮教育頻道」線上平台滿意度和其它線下活動相近，但也顯示出滿意度是最低的，並沒有因為疫情必需加大線上教學時數而提升滿意度。這些跡象都顯示，目前包括故宮在內的博物館以線上結合線下推動混合式的 STEAM 教學，已初步展現混合教學的企圖與初步成效，但是在「線上」此一區塊，其效果不如線下推廣，仍有進步空間。

伍、結論與建議

經由前述對於故宮「創客魔幻列車」STEAM 教案巡迴推廣服務之教案特徵分析、以及相關線上平台及巡迴服務之印象及滿意度調查分析之後，在此對於故宮 STEAM 教案推廣及線上平台之配合，提出若干結論並提出改進之結論：

一、STEAM 推廣服務及線上平台使用年齡均相對集中

分析結果顯示，故宮「創客魔幻列車」STEAM 教案服務，中小學所選擇接受、參與推廣活動的學生，集中於 11-12 歲的學生，比例高達 53%。可能與故宮 STEAM 教案或「故宮教育頻道」線上平台的難度、複雜度需要小學高年級才能理解、接受有關。建議未來故宮在數位學習的實體推廣、線上推廣上，應開發全年齡的教案或線上資源，或是區分不同年齡段的特性設計 STEAM 教案和線上資源，以發揮適合不同年齡層的混合學校效果。

二、線上平台的留存印象及滿意度均居末位

根據問卷調查的結果，「故宮教育頻道」線上平台在給學生的留存印象、滿意度兩個主要指標上，成效都位居故宮各項推廣活動內容的最末位。而相反的，實體的 STEAM 推廣示範教學卻因有引導學生當場動做，而在印象和滿意度上都達到最高分。由此可見故宮的 STEAM 巡迴推廣活動，在「線上」的配合上，其效果無法和實體的「線下」推廣示範相匹配。建議未來應加強線上教育平台的功能設計、介面、如何與「線下」推廣示範搭配，以真正發揮混合學習的作用。

三、巡迴推廣的現場展示效果可精進

故宮「創客魔幻列車」的 STEAM 教案線下實體示範推廣，由於會攜帶 3D 印表機、雷射切割機、教案成品等物件在現場供師生把玩、欣賞，發揮展示的作用。由於博物館的最主要功能之一即為展示，建議應進一步發揮「創客魔幻列車」的展示效果，將「創客魔幻列車」視為「行動的博物館」，在可行範圍內增加攜帶到學校的展示物品種類數量，並加強隨行教推人員的解說訓練，使「創客魔幻列車」不只能成為 STEAM 教學的推廣示範工具，更能成為行動的校園博物館。

四、故宮 STEAM 教案的科技及文物多樣性可提升

針對前述故宮 STEAM 教案的分析可以看出，由於囿於 STEAM 創客教育的原始屬性，故宮 STEAM 教案其所發想的文物，大多都是立體的器物類文物，以方便應用立體外顯的造形去結合 3D 列印或雷射切割，很少有平面的文物(如書畫)，十個教案中便有七個教案是由基於立體的器物類文物所衍生開發。如此雖然開發教案較為快速，但也限制了學生對藝術的認識和教案的多樣性，建議應多方思考、發揮創意和思考適當技術，開發不同類型文物所衍生的 STEAM 教案。另外，教案分析中也可看出，故宮 STEAM 教案中的「數學」(M)，較為單一且基本，都是幾何和測量計算，未來應思考如何融合不同的數學概念；而故宮 STEAM 教案所應用的技術，大多集中於 3D 列印、雷射切割、3D 建模、電力或聲音機構組件等，建議未來應適應 108 課綱的深度、要求和加強運算思維的深化，思考 Scratch 兒少程式工具結合於 STEAM 教案的可能性、並嘗試將青少年 AI 教學結合進入故宮 STEAM 教案、以教學機器人為工具研製 STEAM 教案等等，都是未來值得進一步提升、加強的方向。

五、線上線下融合的混合學習已起步，但尚有進步空間

故宮為配合 STEAM 推廣，鼓勵各中小學師生使用「故宮教育頻道」線上平台，雖然平台內容有和故宮「創魔列車」之實地 STEAM 教案推廣課程互相配合、形成初步的混合 STEAM 教學服務，但由調查中也可發現，在疫情的影響之下，原本預期故宮的「故宮教育頻道」在 STEAM 推廣上的重要性和熟悉度，應當會大幅超過實體的「創魔列車」現場展示或現場創客知識實作。但實際調查顯示，「故宮教育頻道」線上服務的滿意度和印象深刻程度，不僅未出現大幅領先線下實體推廣的情形，反而是故宮所有線上/線下 STEAM 服務中最低的。由此可見，故宮雖然創國內藝術博物館之先，

開創了線上結合線下的混合學習理念進行 STEAM 教育推廣的服務，但是「線上」平台在師生的應用深度、熟悉度上，仍有進步空間，顯示出唯有成功的、有效的線上平台使用體驗，才能夠和實體的線下活動互為配合，發揮混合學習的效果。

總之，故宮 STEAM 教案的設計和有「創客魔幻列車」系統的巡迴推廣，一定程度上對於文獻探討中所提到 STEAM 教育發展上藝術融入不足、偏向科學教育而輕忽藝術的缺失作出了一定的改善，對我國的博物館界和中小學的 STEAM 發展意義重大。而「故宮教育頻道」線上平台提供故宮主題影片、故宮創客教學相關影片、STEAM 教案免費下載，更在某種程度上開始為我國的 STEAM 教學開啟了混合學習的契機。雖然目前故宮線教育平台和 STEAM 教案，仍有進步和改善的空間，但相信歷年的成果和經驗，仍可作為我國其它博物館在推動 STEAM 上的參考。

致謝

本研究需感謝故宮資訊室謝俊科主任對專案之支持。另外需特別感謝數位資訊室林致諺技正、高于鈞、陳曉菁、陳俐婷、吳昕珏、楊文儀、李亞祝、簡郁涵等諸位同仁對故宮創客魔幻列車專案及故宮教育頻道之投入與協助。另外也感謝蘇英嘉老師製作教案；謝清佑、莊涵韻小姐等諸位協助發放問卷及進行問卷數據整理；此外對於全國各地參與故宮專案之各中小學老師之合作與付出，在此亦特伸謝忱。

另本研究曾於「2022 資訊管理暨電子商務經營管理研討會」宣讀，復經修改增補後投稿發表於此。感謝提供增修意見及建議之學界同道，特此申謝。

參考文獻

- 力新國際科技(2020)。博物館資料增值暨教育推廣服務案教育推廣執行成果報告書。台北：國立故宮博物院。(未出版之科技計畫報告書)
- 王為國(2021)。STEAM 教育之教師專業問題與因應建議。*臺灣教育評論月刊*, 10(5), 115-119。
- 史美瑤(2014)。混成學習(Blended/Hybrid Learning)的挑戰與設計。*評鑑雙月刊*, 50, 34-36。
- 何奕慧(2021)。探討 STEAM 教育與杜威美學之關聯。*臺灣教育哲學*, 5(1), 73-117。
- 張儀玲、鄭雅婷(2021)。STEAM 教育融入學習區之困難與對策。*臺灣教育評論月刊*, 10(7), 123-126。
- 陳怡倩(2017)。從 STEAM 的 A 來看美國 STEAM 教育。*香港美術教育期刊*, 1, 4-9。
- 陳佩萱、黃思華(2020)。英語科 STEAM 課程對國小學生運算思維與英語學習之影響。*教育科技與學習期刊*, 7(1), 27-54。
- 陳榮德(2020)。矽谷 STEAM 教育對新課綱的教材編製與使用之啟示。*臺灣教育評論*

- 月刊, 9(3), 41-46。
- 湯維玲(2019)。探究美國 STEM 與 STEAM 教育的發展。《課程與教學》, 22(2), 49-77。
- 葉栢維(2017)。STEAM 理論融入高中科技實作活動設計-以手機號角音箱設計為例。《科技與人力教育季刊》, 4(2), 1-20。
- 葉亮吟(2020)。STEAM 科際整合程式設計教學:以音樂創作學習程式設計。台北市: 臺灣師範大學資訊教育研究所學位論文。
- 謝郁如(2018)。以原住民特色發展 STEAM 教育之經驗與省思。《科學教育》, 4, 3-13。
- 顏崇凱(2015)。混成式學習教學實驗研究。《臺灣教育評論月刊》, 4(7), 41-144。
- 盧秀琴、洪榮昭、陳芬芳(2019)。設計 STEAM 課程的協同教學—以[感控式綠建築]為例。《教育學報》, 47(1), 113-133。
- 盧秀琴、馬士茵(2019)。設計 STEAM 課程培養國小學生的 STEAM 素養: 以[動物模仿獸]為例。《教育科學研究期刊》, 64(3), 85-118。
- 盧佩綺(2019)。STEAM 跨領域美感教育專題教學設計之探究。《藝術教育研究》, 37, 49-82。
- Ashraf, M. A., Tsegay, S. M., & Meijia, Y. (2021). Blended learning for diverse classrooms: Qualitative experimental study with in-service teachers. *Sage Open*, 11(3), 1-11.
- Buono, A., & Burnidge, A. (2022). Dancing Our Microbiome at the Science Museum: A Dance/STEAM Collaboration. *Journal of Dance Education*, 22(2), 98-107.
- Domenici, V. (2022). STEAM Project-Based Learning Activities at the Science Museum as an Effective Training for Future Chemistry Teachers. *Education Sciences*, 12(1), 30-62.
- Grant, J., & Patterson, D. (2016). Innovative arts programs require innovative partnerships: A case study of STEAM partnering between an art gallery and a natural history museum. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 89(4-5), 144-152.
- Hunter-Doniger, T., & Sydow, L. (2016). A journey from STEM to STEAM: A middle school case study. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 89(4-5), 159-166.
- Kelton, M. L., & Saraniero, P. (2018). STEAM-y partnerships: A case of interdisciplinary professional development and collaboration. *Journal of Museum Education*, 43(1), 55-65.
- Maeda, J. (2013). Stem+ art= steam. *The STEAM Journal*, 1(1), 34-37.
- Radziwill, N. M., Benton, M. C., & Moellers, C. (2015). From STEM to STEAM: Reframing what it means to learn. *The STEAM Journal*, 2(1), 3-12.
- Saraniero, P., & Kelton, M. L. (2019). Discover and Explore: Creating Impactful STEAM Learning Experiences for Museum Professionals. *Curator: The Museum Journal*, 62(4), 545-555.