臺灣地區 Maker 教育實證研究之分析

葉俊巖
國立高雄師範大學工業科技教育學系博士生
程毓明
樹德科技大學資訊工程系教授
羅希哲
國立屏東科技教育大學技職教育研究所教授
石儒居
國立屏東科技教育大學應用外語系副教授

一、前言

Maker 教育擁有「強化課程與生活連結」的特性，學習者除了「知」以外，還須具備「用」的能力，並保有「想」的熱忱，透過「製造」活動，培養學習者擁有適應現今生活和參與未來世界的實力。葉俊巖、程毓明、羅希哲與石儒居（2017）等人有鑑於目前在學校正式的場域中，並未對 Maker 教育有明確的指標，因此嘗試將「素養導向的核心概念」、「Maker 推動者的理念」、「教育學者對 Maker 的詮釋」及「Maker 教育實證研究的成果」進行交互論證與整合，最後歸納出三個核心概念，並提出相對應的操作型定義：

1. 動手實踐：對於理論知識能有所了解，並將其轉化在實作應用的歷程中，面對挑戰時能有正確的自造心態(Maker’s mindset)去超越困難。

2. 團隊合作：個人能夠積極參與團體活動，並和同儕有良好的互動技巧，達成團隊目標。

3. 知識分享：對知識與資訊具有分享動機，並能以合適的方式進行分享。

Maker 相關的議題自 2011 年以來逐年增加，不管是在課程設計或學術研究都有豐碩的成果，綜合發現這些文獻對於學生的學習情形都給予正面的肯定，觀察到的學習成長包括:電腦科學概念(Kafai et al., 2014)、3D 設計能力(Leduc-Mills & Eisenberg, 2011)、自我效能、興趣與動機(Chu, Quek, Bhangaonkar, Ging, & Sridharamurthy, 2015)等。在臺灣，Maker 教育仍處於萌芽的階段，因此本文嘗試分析臺灣地區 Maker 在教育上的發展情形，依此提出相關的建議，供未來發展 Maker 教育參考。

二、文獻探討

本研究係依據國際社會教育科技組織（The International Society for Technology in Education [ISTE]），對教育科技促進教學成效的標準來分類分析向度，故先討論教育科技標準，其後再探究國外 Maker 教育研究成果。

(一) 教育科技標準

「教育科技」是有關「教育」的「科技」，也就是「教育」活動歷程中，善用科技提升教學效率的相關知能(朱耀明，2004)。在現代學習環境中，「科

技」是促進成功的必要元素，ISTE 對此提出「全國教育科技標準」(National Educational Technology Standards [NETS])，適用對象包含學生、教育者、管理者等。ISTE 對 NETS 採滾動修正，如 2008 年為 ISTE Standards for Teachers。至 2017 年則改版為 ISTE Standards for Educators，將教師重新定位為教育者的角色，認為教師除了教學外，需具備研究的特質，能對學習結果進行分析與應用。ISTE Standards for Educators 分成 7 個面向與 24 個指標，7 個面向分述如下([ISTE], 2017)：

1. 學習者：教育工作者持續以向他人或共同學習的方式提升自己的實踐能力，探索能夠促進學生學習成效的技術。

2. 領導者：教育工作者尋求領導的機會來促進教學，支持學生擁有足夠的能力並達到成功學習。

3. 世界公民：教育者激勵學生對未來的數位世界能有積極的貢獻與責任感。

4. 合作者：教育工作者願意投入時間與精力，與同事、學生進行合作提高實踐能力，發現、共享資源及想法並解決問題。

5. 設計者：教育者必須設計真實以學習者為導向的活動及教學環境，並滿足學生的多樣性。

6. 促進者：教育工作者透過科技來促進學生的學習，支持學生達成 ISTE Standards for Students。

7. 分析者：教育工作者能理解並分析資料數據，據此來推動教學，幫助學生達成學習目標。

由上述 ISTE Standards for Educators 可知，有效教學應包含前瞻性的「教學目標」，教育者須規劃合適的「教學活動」輔以「教學策略」，善用「教學工具」與「分組模式」讓學生在學習歷程中有效學習，並透過「評量工具」來分析並改進教學成效。故本研究在文獻的分類上，將針對 1.教學目標、2.教學活動、3.教學策略、4.教學工具、5.分組模式與 6 評量工具。六類分向進行探究。

(二) 國外 Maker 教育研究成果

Papavlasopoulou, Giannakos, and Jaccheri (2017)從國際線上文獻資料庫選出 43 篇具代表性的 Maker 教育實證研究並針對教學目標、教學活動、教學工具、分組模式進行分析。

在教學目標的調查中發現，認知、能力與態度三向度的目標均是強調的面向，如:以增強程式設計與運算思維的目標的研究有 32 個(占 74%)，有 6 個研究著重在 STEM 能力(占 14%)，還有態度向度的目標，如：自我效能、興趣與動機的增長、對電腦科學，數學與工程的正向學習態度。

對教學活動調查中發現，Maker 的教學活動具有多元性，但均含有製造的本質，如：電腦遊戲製作(Denner, Werner, & Ortiz, 2012)、iRobot 創作(Lane et al., 2013)、穿戴裝置製作(Kafai et al., 2013; Searle & Kafai, 2015)等。

在使用的教學工具調查中發現，最常被使用的為 Scratch(占 23%)、其次為 LilyPad Arduino(占 21%)、Adruino(占 14%)、而這些工具也會隨著科技的進步而推陳出新。

在教學分組模式的調查中，發現有 37 個研究(86%)使用團隊合作，其研究結果指出團隊合作對於激勵與促進學習是重要的因素之一。

三、研究方法

本研究採內容分析法進行資料的分析，而本研究的資料來源係針對系統性的文獻，故同時參照 Kitchenham (2004)所提出的「系統評價程序」(Procedures for performing systematic reviews)進行資料的處理。為了確保效度與信度，邀請 3 位 Maker 教育專家共同參與，包含 1 位在學校場域具有兩年以上推動 Maker 運動經驗的教師與 2 位近五年在 Maker 教育領域有期刊發表的研究學者。研究之初，依據 Papavlasopoulou et al. (2017)所建議的評估協議，並取得專家共識後，確立以下 4 個研究程序：

(一) 資料蒐集的範疇

本研究之目的主要在了解臺灣 Maker 教育的發展現況，故以臺灣地區的資料庫為蒐集來源包含：(1)臺灣期刊論文索引系統、(2)臺灣全文資料庫與(3)華藝線上圖書館。考慮到 Maker 在翻譯用詞上的差異與資料的相關性，採用「Maker」、「自造 Or 自造者 Or 創客」、「動手做」、「Arduino」進行篇名與關鍵字的檢索，調查的時間範圍為 2011 年到 2018 年，資料的類型以電子期刊為主。

(二) 排除與納入的準則

第二階段的資料檢索中，排除準則包括：(1)重複檢索文章、(2)內容過短、(3)未經審查、(4)非教學實證研究、(5)與 Maker 教育主題不相關。納入準則為:(1)屬實證資料、(2)正式和非正式教學環境皆可。在這個階段，我們針對文章的標題和摘要進行檢索與篩選。

(三) 文獻內容篩選標準

文獻內容篩選，參照 Papavlasopoulou et al. (2017)的建議，採用下列 9 項具體標準進行文獻內容的篩選：(1)具有明確的目標。(2)充分描述研究背景。(3)針對研究目的採用合適研究法。(4)採用合適的研究工具。(5)資料的蒐集和主題相符。(6)結果數據的分析足夠嚴謹。(7)對於研究結果有明確的說明。(8)研究結果能夠清楚的回應研究問題。(9)對於 Maker 教育在研究或實踐上有提出具體建議或貢獻。

(四) 資料分析

本研究依據 ISTE Standards for Educators([ISTE], 2017)，針對教育科技促進教學校能的要素進行分類，並經三位 Maker 教育專家討論並取得共識，包含以下的 6 項分類：教學目標、教學活動、教學策略、教學工具、評量工具、分組模式。

四、研究結果

第一階段盡可能的大量蒐集資料，故採取聯集的方式從三個資料庫中搜索文獻，總共檢索 792 篇文章。

第二階段依據排除與納入的準則進行篩選，排除的文章類型諸如:Maker 運動的發展歷程(鄭鴻旗，2016)；Maker 運動文化的論述(邱誌勇，2016)；Maker 教育課程發展現況描述(張玉山，2017; 趙珩宇，2018; 鄭國明、王仁俊，2017)；Maker 教育政策(林坤誼，2018; 張玉山， 2018)；以 Maker 教育的觀點評判目前課程(葉俊巖、羅希哲，2015)；雖然強調動手做但未有產品產出未符合 Maker 精神(張美珍、莊楊峻偉和王裕宏, 2017)，最後保留了 19 篇。

第三階段針對文章的內容品質進行篩選，排除文章包含:未清楚論述教學目標(栗天佑，2017)；未清楚論述研究工具(陳玉芬、高靖岳，2017;蔡依帆， 2017)；未清楚論述教學執行方式(陳韋邑，2017)；未清楚論述學生學習結果(周家卉，2017; 莊智鈞、汪殿杰、黃鈴惠與吳致娟，2017)的文獻。最終篩選出 5 篇符合嚴謹度、可信度與相關性的文獻，分別給予 1 至 5 的編號: 1.STEAM 取向之 Maker 教學（簡佑宏、朱柏穎與簡爾君，2017）、2.在不同課程順序下學生對鎖具構造概念建立之研究（余安順，2014）、3.知識來源對學生動手做活動學習影響探究分析（黃一峯、朱耀明，2013）、4.博物館裡的自造者運：以國立科學工藝博物館「明日世界--地球」3D 列印展示活動為例（蘇芳儀，2016）、5.潛水艙的創新動手做實驗裝置（周建和、楊美姍，2014）。

(一) 教學目標與教學活動

在教學目標的調查中發現，強調認知向度有 5 篇，能力向度的有 4 篇，態度向度的有 5 篇。活動的內容也都屬於製造活動。

表 1　教學目標與教學活動分析表

編號	教學目標	教學活動
1	1.作品創意 2.STEM 知識	二氧化碳賽車設計
2	1.機械概念的建立 2.科學學習興趣 3.自我效能	動手做鎖具
3	1.主動思考 2.認知知識的建立 3.問題解決	做氣墊船
4	1.了解科技本質及科技系統之運作 2.運用科技解決問題 3.使用技術與技能，改良及創新	3D 列印
5	1.物理概念 2.創意能力 3.問題解決	製作潛水艙活動

(二) 教學策略與分組模式

在教學策略方面，專題製作占最多(4 篇)，其次為 5E 探究式教學模式與 STEM 整合模式(1 篇)。分組模式的部分，皆採個人學習的模式。

表 2　教學工具與評量工具分析表

編號	教學策略	分組模式
1	STEM 整合模式 專題製作	個人
2	專題製作	個人
3	專題製作	個人
4	未說明	個人
5	5E 探究式教學模式 動手做創意培養教學模式	個人

(三) 教學工具與評量工具

在教學工具的部分，有 4 篇為傳統物理工具，有 1 篇融入 3D 列印的數位軟體教材。評量工具的部分則是以問卷(5 篇)、學習單(3 篇)為主。

表 3　教學工具與評量工具分析表

編號	教學工具	評量工具
1	二氧化碳賽車	1.創意產品語意量表 2.學習單
2	鎖具	1.活動前後測問卷 2.學習單 3.競賽紀錄
3	氣墊船	1.訪談 2.問卷
4	3D 列印軟體與 3D 列印印表機	1.問卷 2.作品實作
5	潛水艙	問卷

綜合以上的結果，我們可以發現在教學目標向度的部分，Maker 教育對於認知、能力與態度的培養都非常重視，期望透過動手做的歷程，去增強認知概念(黃一峯、朱耀明, 2013)，並將知識概念轉化為實際應用的能力，具體目標和 Papavlasopoulou et al. (2017)的調查結果有所差異，在國外有 74%的比例以運算思維或程式設計做為具體目標，但是臺灣地區大多以增進科學方面的認知為主。在活動內容的部分則都強調產品製作的重要，在使用工具方面不同於 Papavlasopoulou et al. (2017)的調查結果，國外的資料中約有 63%的文獻結合數位工具，進行作品的創發，但是臺灣則偏向傳統的物理工具，藉著物理工具進行作品產出。在教學策略方面由於 Maker 教育也屬於科技教育的範疇，因此大多以專題導向的教學模式，或採用 STEM 整合模式與 5E 教學法，以科技教育的策略引導學生學習。在分組模式的部分，臺灣的自造教育活動較少提及團隊合作，皆仍屬個人活動居多，這和 Papavlasopoulou et al. (2017)的調查有所出入，在國外有 86%的教學活動是採團隊合作方式進行專題。在評量工具方面，國外常使用的為訪談、觀察評量與專題評分，在臺灣的部分則重視測驗或問卷工具與實作作品。

五、結論與建議

整體而言，符合篩選標準的教育實證研究文章僅有 5 篇，顯示臺灣的 Maker 教育實證研究仍處與萌芽階段，大多 Maker 教育的文獻屬於宣導或課程政策建議或評論的文章，雖然能夠針砭目前的現況，但對於教育工作者在教學執行上的具體建議較為不足。

Maker 教育的內涵和素養導向相符，因此蠻適用於臺灣新課綱的課程規劃，但如同林坤誼 (2018)的建議，要在學校正式場域實施時，需要有具體的目標，並確保課程的縱向延續性與橫向的連結性。

製造為 Maker 教學活動重要的特徵，透過實作培養出學習者真實情境中能夠應用的能力，建議在教學活動的安排上，也要將學習者的特質或地方特色納入考量。

Maker 具有科技教育的本質，因此在教學上可以參照該領域的策略，如:6E 教學法，在執行時也應該盡量依照其建議的流程，循序漸進深化學習。

教學工具的選擇係配合教學活動內容而定，有鑒於運算思維與程式語言將是未來的趨勢潮流，故本研究建議將數位工具納入其中。

在分組模式的部分發現所選擇的研究並未提及團隊合作的概念，根據 Fields, Vasudevan, and Kafai (2015)的研究指出:學習者在團隊合作的歷程中，能透過想法交流或同儕相互指導而更深入的參與其中。故本研究建議，在進行課程分組編排時也能採用團隊合作的模式。

評量工具除了用來檢視學習者的學習成效外，也是提供修正教學的依據，在實作評量的部分建議加入評量指標(Rubric)提供統一的評分標準，對於作品實作的評定會有更清楚的依據。

誌謝

本論文感謝科技部計畫 MOST105-2511-S-366 -003 -MY3 的經費支持。

參考文獻

■ 朱耀明（2004）。科技教育與教育科技之關係。**生活科技教育，37**（6），頁 2-8。 doi: 10.6232/lte.2004.37(6).2

■ 余安順（2014）。在不同課程順序下學生對鎖具構造概念建立之研究。**科技與工程教育學刊，47**（1），66-85。doi: 10.6232/jtee.2014.47(1).4

■ 周建和、楊美姍（2014）。潛水艙的創新動手做實驗裝置。**物理教育學刊，15**（2），87-95。doi: 10.6212/cpe.2014.1502.03

■ 周家卉（2017）。自造者精神的國中生活科技課程。**中等教育，68**（2），98-115。 doi: 10.6249/se.2017.68.2.08

■ 林坤誼（2018）。臺灣推動自造教育的省思與建議。**臺灣教育評論月刊，7**（2），6-9。

■ 邱誌勇（2016）。實體與虛擬的並置參與：當代自造者運動的社群集結與想像。**考古人類學刊（85）**， 83-107。doi: 10.6152/jaa.2016.12.0004

■ 栗天佑（2017）。育賢國中自造教育的發展。**中等教育，68**（2），頁 168-175。 doi: 10.6249/se.2017.68.2.14

■ 張玉山（2017）。STEAM Maker 創客／自造教育的課程思維。**中等教育，68**（2），8-11。doi: 10.6249/se.2017.68.2.01

■ 張玉山（2018）。STEAM Maker 跨域整合，實踐12年國教。**臺灣教育評論月刊，7**（2），頁 1-5。

■ 張美珍、莊楊峻偉、王裕宏（2017）。科學博物館辦理偏鄉科普推廣活動之成效分析。**科技博物，21**（2），5-26。

■ 莊智鈞、汪殿杰、黃鈴惠、吳致娟（2017）。跨領域創客教育課程 設計與實踐的經驗分享。**中等教育， 68**（2），127-135。doi: 10.6249/se.2017.68.2.10

■ 陳玉芬、高靖岳（2017）。落實生活科技課程，推動自造教育－新北市立永和國民中學。**中等教育， 68**（2），136-149。doi: 10.6249/se.2017.68.2.11

■ 陳韋邑（2017）。生活科技課程與自造者的思維－以桃園市建國國中為例。**中等教育， 68**（2）， 160-167。doi: 10.6249/se.2017.68.2.13

■ 黃一峯、朱耀明（2013）。知識來源對學生動手做活動學習影響探究分析。**工業科技教育學刊(6)**，45-56。 doi: 10.6306/jite.2013.6.5

■ 葉俊巖、程毓明、羅希哲、石儒居（2017）。**國小Maker能力指標建構之研究**。「第21屆全球華人電腦教育應用大會2017」發表之論文， 北京。

■ 葉俊巖、羅希哲（2015）。以Maker的角度來看臺灣小學的資訊教育。**臺灣教育評論月刊，4**（12），110-114。

■ 趙珩宇（2018）。從在地發展而起的Maker教育。**臺灣教育評論月刊，7**（2），67-70。

■ 蔡依帆 （2017）。 MAKER精神的初探－螺旋式生活科技課程設計。**中等教育，68**（2），150-159。 doi: 10.6249/se.2017.68.2.12

■ 鄭國明、王仁俊（2017）。國中小學自造教育發展與現況。**中等教育，68**（2），116-126。doi: 10.6249/se.2017.68.2.09

■ 鄭鴻旗（2016）。關於臺灣Maker運動這幾年發展的看法。**新社會政策（43）**，8-10。

■ 簡佑宏、朱柏穎、簡爾君（2017）。STEAM取向之Maker教學。**中等教育，68**（2），12-28。 doi: 10.6249/se.2017.68.2.02

■ 蘇芳儀（2016）。博物館裡的自造者運動：以國立科學工藝博物館「明日世界--地球」3D列印展示活動為例。**科技博物， 20**（2），71-91。

■ International Society for Technology in Education [ISTE] (2017). ISTE STANDARDS FOR EDUCATORS.Retrieved from http://www.iste.org/standards/for-educators

■ Chu, S. L., Quek, F., Bhangaonkar, S., Ging, A. B., & Sridharamurthy, K. (2015).Making the Maker: A Means-to-an-Ends approach to nurturing the Maker mindset in elementary-aged children. *International Journal of Child-Computer Interaction*, *5*, 11-19. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcci.2015.08.002

■ Denner, J., Werner, L., & Ortiz, E. (2012). Computer games created by middle school girls: Can they be used to measure understanding of computer science concepts? *Computers & Education*, *58*(1), 240-249. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2011.08.006

■ Fields, D., Vasudevan, V., & Kafai, Y. B. (2015). The programmers' collective: fostering participatory culture by making music videos in a high school Scratch coding workshop. *Interactive Learning Environments*, *23*(5), 613-633. doi:10.1080/10494820.2015.1065892

■ Kafai, Y. B., Lee, E., Searle, K., Fields, D., Kaplan, E., & Lui, D. (2014). *A Crafts-Oriented Approach to Computing in High School: Introducing Computational Concepts, Practices, and Perspectives with Electronic Textiles*. ACM Transactions on Computing Education, 14(1), 1-20. doi:10.1145/2576874

■ Kafai, Y. B., Searle, K., Kaplan, E., Fields, D., Lee, E., & Lui, D. (2013). *Cupcake cushions, scooby doo shirts, and soft boomboxes: e-textiles in high school to promote computational concepts, practices, and perceptions*. Paper presented at the Proceeding of the 44th ACM technical symposium on Computer science education, Denver, Colorado, USA.

■ Kitchenham, B. (2004). *Procedures for Performing Systematic Reviews* (Keele University Technical Report TR/SE-0401 ISSN: 1353-7776 and NICTA Technical Report 0400011T.1). Retrieved from https://www.elsevier.com/__data/promis_misc/525444systematicreviewsguide.pdf

■ Lane, H. C., Cahill, C., Foutz, S., Auerbach, D., Noren, D., Lussenhop, C., & Swartout, W. (2013). The Effects of a Pedagogical Agent for Informal Science Education on Learner Behaviors and Self-efficacy. In H. C. Lane, K. Yacef, J. Mostow, & P. Pavlik (Eds.), *Artificial Intelligence in Education: 16th International Conference*, AIED 2013, Memphis, TN, USA, July 9-13, 2013. Proceedings (pp. 309-318). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

■ Leduc-Mills, B., & Eisenberg, M. (2011). *The UCube: a child-friendly device for introductory three-dimensional design*. Paper presented at the Proceedings of the 10th International Conference on Interaction Design and Children, Ann Arbor, Michigan.

■ Papavlasopoulou, S., Giannakos, M. N., & Jaccheri, L. (2017). Empirical studies on the Maker Movement, a promising approach to learning: A literature review. *Entertainment Computing*, *18*, 57-78. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.entcom.2016.09.002

■ Searle, K. A., & Kafai, Y. B. (2015). *Boys' Needlework: Understanding Gendered and Indigenous Perspectives on Computing and Crafting with Electronic Textiles*. Paper presented at the Proceedings of the eleventh annual International Conference on International Computing Education Research, Omaha, Nebraska, USA.