從科學知識社會學視野探討臺灣自造者教育現況

施佳成
臺東縣立初鹿國民中學
國立東華大學教育與潛能開發學系科學教育所博士生

中文摘要

「自造者運動」（Maker movement）在近二十年來獲得了全世界的關注，成千上萬的孩子、大人和家庭，因為這個運動所帶來令人興奮的新技術，專家營銷和強大口碑的特徵而被吸引。自造者文化也成為表達創意和社區動力的一種方式，這種風行，也帶動了包括 K-12 學校和高等教育機構在內，投入一系列的教學環境建置，使得在世界各地的自造者空間爆炸式增長。在不同的社會文化背景下，自然對自造者的概念有很明顯的理念差異，自然也反應在政府的自造者教育推廣政策，讓許多自造者的意見分歧，在自造者教育也形成了多頭馬車。本文嘗試從臺灣目前自造者教育的發展現況，從在媒體上已經發表關於自造者運動及教育的文章、影片作文本分析，以科學知識社會學的理論觀點為架構，從 Ludwig Wittengenstein 的語言遊戲（language game）與生活形式（form of life），來論述自造者運動發展脈絡與科學實作；從 Shapinh 和 Schaffer 著名的“利維坦與空氣汞浦：霍布斯、波以耳與實驗生活”，來企圖解讀與釐清 STEM 教育與自造者運動的關係。最後以 Kuhn 在科學革命的結構提到常態科學（normal science）做為總結，探討目前臺灣自造者教育的未來展望。

關鍵詞：STEM、自造者運動、科學知識社會學

Review Maker Movement and Education From Sociology of Scientific Knowledge

Chia-cheng Shih
Chu-Lu Junior High School
Ph.D. Student, Department of Education and Human Potentials Development, National Dong-Hwa University

Abstract

The maker movement has garnered a lot of recent attention in the popular imagination. Tens of thousands of kids, adults, and families are drawn to the exciting new technologies, expert marketing, and strong word of mouth that characterize this movement. Maker culture has become a way to express creative and communal drive, and this excitement has led to an explosion of makerspaces around the United States (and the world) across a range of instructional environments, including K–12 schools and institutions of higher education. In different social and cultural background, we have a very clear idea of the difference between the concept of “maker”, naturally also reflected in the government's policy to promote the “maker”, so many makers who have different opinions. This paper attempts to analyze the articles and media from the view of scientific knowledge sociology, which has been published about maker movement. We try to view from Ludwig Wittengenstein's “Language game” and “form of life”, the development of maker movement and scientific implementation. From Shapinh and Schaffer's famous "Leviathan and Air Mercury: Hobbes, Boeing and Experimental Life", attempts to interpret and clarify the relationship between STEM education and the self-created movement. Finally, summary with “normal science” of Kuhn's find the core concept of the maker movement, to understand the context and development of maker movement in Taiwan Now.

Keywords： STEM、Maker movement、Sociology of Scientific Knowledge

壹、前言

「從有人類以來，動手做的歷史已經超過一百七十六萬年，我們一直處在兩種互相拉扯的力量之間，一邊不斷製造生產更多的東西來淹沒自己，另一邊是人類與生俱來動手做的能力，我們進展太快，變成只是消費者，忘記我們曾是自造者…」(楊育修，2014)

近年來在美國形成的「自造者運動」（Maker movement），一股動手實作的風潮正在席捲世界，2014 年，前美國總統 Obama 除了在白宮邀請並舉辦第一次的「白宮自造者博覽會(White House Maker Faire)」，更在博覽會上宣佈將 6 月 18 日訂定為全國自造者日 (National Day of Making)。在活動致詞：

> “我很自豪能夠舉辦有史以來第一屆白宮自造者大會。 本次活動慶祝每一位自造者 - 從學習STEM技能的學生到推出創新業務的企業家，再到支持美國製造業復興的創新者。 我呼籲全國各地的人們加入我們，在他們的社區中激發創造力和鼓勵發明。” — (Obama，2014)

Obama 提到透過實作活動，除了可以培養學生在 STEM(Science, Technology, Engineering, Mathematic)的能力，更可以藉由這股創新能力，帶動起美國國內的製造業。

這股自造者運動的風潮，吹到了海峽兩岸，也各自形成不一樣的景象，這幾年來，臺灣的「自造者」和對岸的「創客」，在諸多的活動與交流，已經明顯存在著不一樣的理念和思維：

臺灣的自造者認為：

> 「OpenLab像個愛好者俱樂部，我覺得中國的創客空間，跟我的定義不一樣，我超賭爛（臺語）他們現在把創客和創業綁在一起。」鄭鴻旗直言。洪堯泰也有類似看法，許多單位找他以自造者與創業為題演講，但他認為這個題目與他的理念不合，「最重要的還是跨領域交流，以及基於善意出發的分享精神，Maker直接包成創業育成太虛。」(李欣怡，2015)

> “中國創客空間之父李大維認為，臺灣的自造者理念像是烏托邦，保有西方自造者好玩分享的初衷，雖然看起來比較沒有衝勁，但正是這

種對文化創意的追求，讓臺灣的自造者產品比起對岸較有文化底蘊，而非只是一味強調產品功能。在少樣多量的物聯網時代，或許正是這種純粹的自造者精神，才能成就王道。” (李欣怡，2015)

這些明顯的理念差異，還沒釐清之前，政府為了跟上世界的潮流，就開始一系列的自造者推廣政策。行政院啟動 vMaker 計畫首先發難，三階段打造 vMaker 計畫。

「以vMaker計畫中的創客胖卡（Fab Truck）為例，每臺內部配有3D列印機、CNC機臺和雷射切割機等器具，在每個駐點校園停留3天。行政院政務委員蔡玉玲說，校園胖卡計畫最初其實是民間主動提出的點子，去年底試行後發現成果不錯，今年才決定擴大實施。」(李欣怡，2015)。

然而，政府政策下實施的結果，眼見著許多學校多了 3D 列印機、CNC 機臺和雷射切割機等器具，全臺也遍地開花式的設立了自造者基地或創客工廠；許多老師都參加過大大小小自造者研習，學生也參與了許多體驗課程和活動。但是對於教育的現場，到底真正影響了多少？真的都準備好了嗎？在這樣大量投入人力物力的重要潮流政策背後，教育第一線的教師，不免憂心忡忡地面對一個不同以往的新知識、新工具、新思維的考驗，就像在科學領域一個新的學說、理論或觀念時，在科學家、教育工作者之間，不斷呈現的攻防戰。

各大學紛紛設立「創業中心」、e-school，辦「maker fair」，卻沒有編列足額的專職教師和經費，簡直就是存心欺騙媒體和學生的空頭單位。如果教育部、科技部和各大學校長繼續這樣地「上下交相賊」，不以欺騙媒體和學生為恥，總有一天大學的「知識經濟」會變成「神棍經濟」。（彭明輝，2015）。

從 2016 科技部及教育部補助大學對自造者教育的各種重點計畫，突然之間，各地遍地開花成立的自造者與科技中心，在短短一年之間，充足的設備與亮麗的建築，蔚為壯觀。教育部從 105 學年度先從 11 個縣市成立一所自造教育示範中心，並委由高雄師範大學成立自造教育輔導中心。自造輔導中心從創新自造的課程開發、師資的培育、教材教具的發展與統整等，理論與實務進行剖析規劃，協助各示範中心的發展與推動。106 學年度於另 11 個縣市各成立一所示範中心，完成 22 縣市均有一個自造教育範教育中心，預計 2019 渠國會完成 100 所「自造教育及科技中心」的建置工作（朱耀明，2018）。

雖然各具當地文化色彩與特色，但是最重要的師資與養成教育，並沒有太大

的改善，執行單位逼迫各中心在短時間之內交付成果（到底是老師的成果，還是學生的成果），在美麗的成果展外衣下，儼然已形成一個科學爭議的公共政策議題。

然後充斥整個教育市場的材料包、搭配課程教案的學習教具（每個都號稱 maker，每個都是 STEM），加上全臺各地一窩蜂的自造者相關競賽（每個都是臺灣 NO1），到底由誰真正關心教育的本質，我們的下一代，究竟是這場戰爭的受益者，還是迫害者？迫於 108 課綱即將上路，不管師資，場地與地方文化與環境的需求是否已經解決，就是要成立超過 100 所以上的自造者教育與科技中心，真的令人感到憂心！

這樣的現象跟 1970 年代興起社會建構論（social constructivism，或稱文化建構論 cultural constructivism）主張科學知識是利益、權力、意識型態及性別等社會因素所建構出來的，是一群科學家在特定的社群中所約定成俗的共識。所以「科學知識社會學試圖將知識的成因與變遷以具體的社會情境、歷史背景和社會文化與境域結合起來加以考察，並據此強調知識的主觀性和相對性。這種強論述無論是對於知識社會學的研究，還是對於新世紀的教育觀都帶來巨大的衝擊與深遠的影響」 (鍾曉嵐，2010)。因為自造者運動與自造者教育的議題，對社會的衝擊極大，伴隨後即將面對 108 課綱的實施。本文嘗試蒐集目前臺灣媒體上已經發表關於自造者運動的文章（包含新聞、雜誌、網誌、影片及 Facebook 等），從科學知識社會學(Sociology of Scientific Knowledge，SSK)的觀點作文本分析，以 SSK 的理論觀點為架構來探討：

1. Ludwig Wittengenstein 的語言遊戲(language game)與生活形式(form of life)，來論述自造者運動發展脈絡與科學實作。

2. 從 Shapinh 和 Schaffer 著名的“利維坦與空氣汞浦：霍布斯、波以耳與實驗生活”，來企圖解讀與釐清 STEM 教育與自造者運動的關係。

最後以 Kuhn 在科學革命的結構提到常態科學（normal science）做為總結觀點。

貳、自造者運動

自造者時代一書作者 Chris Anderson 在 Maker 自造世代影片中說：

「我覺得自造者運動是網路世代與實體世界的相遇，包括發明家、DIY 玩

家、業餘玩家和來自世界各地的工坊，運用數位工具和線上合作，做出無法獨力完成的東西」。

第一次工業革命是機械革命，十八世紀以機器取代人力；第二次工業革命是資訊革命，這不是指電腦的誕生而是電腦的普及化，讓一般人都能使用到電腦做出很特別的東西，這時機器取代了腦力；第三次工業革命結合兩者，資訊革命結合機械革命，現在會發生的原因，是必要的普及化終於來臨。只有發明新科技不夠，必須交到每個人手裡，而這些新科技延伸至眾多的消費者和大眾，釋放了許多人的構想和創意，把這些新科技變成真正的革命……(楊育修，2014)。

第一個也是最成功的製造商之一的 TechShop 首席執行官兼創始人 Mark Hatch（2014），提出了一個“自造者運動宣言”，其中描述了製造商圍繞九個關鍵思想組織的活動和思維方式：製作(make)，分享(share)，給予(give)，學習(learn)，工具（tool up），玩(play)，參與(participate)，支持(support)和改變(change)。像提出長尾理論的 Chris Anderson 一樣，Hatch 強調了實體建設（自造者空間）作為製造者運動特徵的重要性，而這個新工業革命的特徵與早期的計算機和互聯網革命不同(Halverson & Sheridan，2014)。

如果我們把自造者運動宣言的核心理念和發展，對照科學與科學知識的發展脈絡，我們不難看出其科學知識社會學所強調的相關意涵，誠如 Barnes 指出，科學知識的信念不能超脫環境和文化的影響，社會文化又會隨著時空而有所不同，那麼科學知識的信念具備多樣性就不可避免了，所以科學文化就有必要存在多樣性，科學家們就不可能有某種共用的單一約定，所以普遍性的科學方法只不過是一種理想而已(Barnes, 2001)。

所以自造者運動自然也脫離不了環境與文化的影響，隨著時空的轉變，形成了不同風貌多樣性，自然不能如 Mark Hatch 的“自造者運動宣言”，用同一種框架的普遍化來一言蔽之。以下就自造者運動的幾個主軸，來討論：

一、 自造者運動的特色

從 Chris Anderson 所著作的自造者運動一書，歸納自造者運動有四大特色(連育德，2013)：

(一) 桌上型將改變一切

包含四種桌上型工具：3D 列印機、CNC 工具機、雷射切割機及 3D 掃描機，

設計出產品，並立刻可以作出原型。

(二) 開放式創新

開放源碼軟體與硬體，可以破解專利傘保護下的橘線，讓全體社會都可以走向將心血結晶與眾人分享，加速研發成果。開放式創新不但降低進入門檻，透過分享，可以使研發成本更低、速度更快、品質更好，更可以打擊海盜與仿冒。

(三) 社群營造

走開放源碼路線，代表取用了開放源碼也必須提供了無償內容，在線上社群分享設計、與他人合作，當社群形成，成為文化常態後，自然社群的力量會讓開放源碼的精神更顯著。

(四) 微型企業，雲端工廠

由於通用規格，與製造資料數位化，自造者能將設計圖寄到製造商指定產量，也能自行在家小量生產。二者同樣簡單，大幅縮短創意到創業的過程。

這四種特色看起來是非常新穎的概念，但事實上從美國工業與科技發展的背景來看，自造者的精神，是從六十年代盛行的 DIY 風潮、在自家車庫動手做的文化所延續的特色，許多年輕人喜歡在自家的車庫或地下室，自造一些有趣的東西，甚至在車庫或當地的跳蚤市場交易或販售，這種創造力的激發過程，也誕生了許多具備高影響力的品牌。

自造者運動最喜歡標榜的基本精神，手作是人類天生自然的能力，從美國整個社會與文化脈絡下，我們可以看到美國鮮明的獨特生活方式，正如 Wittengenstein 1933 至 34 年在劍橋的上課講稿曾說：「想像一種語言，就等於在想像一種文化。」如果一個獨特的科學使用一套獨特的語言，它其實也構成了一種獨特的文化，也形成一種獨特的生活形式。（陳瑞麟，2010）。所以相對於臺灣 1970 年代「家庭即工廠」及後來的代工文化而言，臺灣的自造者運動，自然也存在著不同的生活形式所孕育的語言，是絕對不同於美國的車庫文化，跟大陸創客想要的生活形式所孕育的獨特語言，是極大不同，且也未必相通。

在生活形式的觀點下，美國的自造者在提出創意、設計與製造原型以及程式源碼時，會尋求同好領域的意見、並收集同好的回饋意見以改進產品，共同分享研究開發的成果，而這些社群中的同好，很可能也是該產品的消費者。所以有時自造者的研發成果，是集同領域或甚至是其他領域的眾人智慧而成。但臺灣的自

造者大多喜歡取得人家的成果分享，而較少願意將自己的成果分享出來。就像臺灣推了很多年的開放源碼（Open Source）、自由軟體，也並沒有像國外那樣的蓬勃發展，雖然得到企業界的認同（免費取得），但對於開放源碼的分享（付出），就沒有那麼多人願意提供，所以對臺灣自造者運動的前途，也自然蒙上了相對的陰影。

二、 自造者生態系統

楊育修（2014）在美國群眾募資網站 Kickstarter 上成功募資拍攝了《自造世代（Maker），片中訪談了美國自造者領域的許多權威人士。楊育修並提出了所謂自造者生態系統包括「教育、產品原型、群眾募資、製造」四大環節（圖 1）。

圖 1 自造者生態系統（擷取自影片 Maker，楊育修，2014）

自造者空間就是原型產出的重要地方，一般人可能買不起雷射切割機、CNC 等較昂貴的製造設備或者沒有基本的工具使用能力，但來到自造者空間只要付一點會員費就能盡情使用；透過舉辦各種使用工具的課程，藉由教育培養自造者，讓自造者可以做出物品的原型，再經由群眾幕資得到資金，最後以少量或大量地生產製造。

從這樣的生態系統的架構，如果我們從 SSK 學者巴恩斯(Barnes)所分析孔恩(Kuhn)理論的四個最重要的社會向度：訓練（training）、研究（research）、評價（evaluation）及發展（development）來看，發現同樣一段文字，自造者的科學知識雖然換了新名詞，還是建構在原有科學知識下，整段文字還是可以通的（陳瑞麟，2010，p294）：

「一個人要變成科學家（自造者），必須接受訓練（教育），科學家（自造者）受訓練（教育）學會傳統的作科學（自造）方法之後，才能進一步研究（產品原型）…科學家（自造者）必須先學會典範理論，才能應用他去做常態科學（自造）的研究（產品原型），因此，訓練的向度要問的是：科學家（自造者）如何被訓練而學會一個科學（自造）研究（產品原型）的傳統呢？……」

研究者想彰顯 Wittengenstein 在<<美學、心理學和宗教信仰的演講與對話集>>(1938-1946)中強調的的語言遊戲所強調的「屬於語言遊戲的是個文化」。科學知識一直是深埋在文化底蘊中，就算時代在進步，話術變了，但知識是不變的。這個自造者運動系統化成「社會學有限論」，不難看出自造者運動的概念應用到某一個文化背景時，是偶然的、協商的、非固定的。不同觀點的自造者群體，自然會被歸到不同的種類中，以不同的概念來理解。最後要採取哪一種觀點來詮釋？社群總是要透過協商過程，取得共識並形成約定。如同臺灣自造者運動的發起人之一鄭鴻旗，在自己的臉書上發表：

「運動發展至此，由下而上從民間所起的活動，透過媒體的長期報導下，然後吸引政府部門注意而開始介入，逐漸會有更多的重點落在經濟與產業面上。然而由上而下的力量越多的時候，更要想想 Maker 的本質究竟是什麼？而 Maker 聚集的空間是為了什麼而存在？對我來說 Maker 就是生活態度，從過去的 DIY（Do It Yourself）到今日的 DIWO (Do It With Others)，以開放的心情去學習、製作與分享。Maker 空間包括網路社群與實體空間，提供社交、技術交流和跨領域、參與式學習的地方，在此共用各式資源與工具。對某一議題的過度重視與介入，往往容易模糊了焦點，順其自然的發展可能對 Maker 運動來說才是有益的，因為這是一場社會運動而不是科技革命。」（鄭鴻旗，2015）

三、自造者參與架構與實作教育

我們回顧 Dougherty 所提的三種自造者參與模式：

1. Zero to Maker 階段，必須接受教育時期，所以會去參與自造者空間或 Maker Fair 所舉辦的體驗及學習活動，學習相關工具操作與製造技能。

2. Maker to Maker，資深專業的自造者會將其設計、發明的作品，發表於社群網站中，而開放讓其它的自造者去取得、給予回饋意見，如自造者會去 Thingiverse 網站尋找許多物品的 3D 掃描圖檔或設計圖，下載後可自行改良修改，由 3D 列印出成品。

3.Maker to Market 階段，正是自造者生態系統的成熟期，許多生態系統中的其他角色也加入，像是有了原型設計之後，需要籌措資金來生產商品。

我們比較關心跟教育有關的課題，在於第一種 Zero to Maker 階段，從前美國總統 Obama 在媒體上對自造者運動的重視，加上臺灣也在 108 課綱自然生活科技領域課程對「實作」課程的重視，亦或是稱為 STEM 跨領域的整合教育等等，我們又看到了不同社會文化脈絡與在地文化、政策衝突下各自表述的攻防戰，每一個人都想嘗試塑造一種代表性的典範，找出了科學家建構知識共識的基本方法，達成所謂的“共識的民間理論”（folk theory of cognitive consensus）(趙萬裡，2002)。

一位技職體系的助教在自己的臉書感慨地留言：

> 「我這幾年在學校當助教，帶的都是統測高分的電機電子群畢業生，樣本數約 75 人，多的是連三用電表不會用、LED 分不清楚極性、焊個 DIP 電路一堆冷焊也敢交差；他們學過基本電學，有節點概念，但是看到實際電路卻完全不會應用。以上這些只是小問題，很多有心的業餘 Maker 都能輕易克服，但是這些電類科高職讀三年，理應要更專業的一群人，卻做得很落漆。

甚至，前年得知臺北市某市立高職資訊科不教 8051 了，改教 Arduino；另一間市立高職的電機科用 NXT 在做專題。這表示 Maker 社群文化正在反噬工業高職。」（林高遠，2015）

然而另一位偏鄉老師卻興致勃勃地在臉書留下他的心得(圖 2)：

圖 2 一位偏遠地區國小老師的 Facebook 留言

從這兩位老師的心得發表，不難看出科學家（專家）確實在不同的社會環境

中，用不同的方式來說話，就像謝平（Steven Shapin）對當年波以爾（Robert Boyle）和霍布斯（Thomas Hobbes）的實驗科學系統的競爭，這應該不是兩套理論的競爭，而是科學知識方法、世界觀之間的競爭。從 SSK 的觀點來看，「一個解答可能在於成員說法和外人說法之間的差別。面對想到去認識的文化，一個全然外在於該文化的外人如何能認識此一文化，確實令人費解。倘若是屬於該文化的成員將會有很大的優勢；不過，成員若無反省能力，尋求理解的工作也會伴隨嚴重的缺點，其中最主要者或可稱為自明之法。」(蔡佩君，2006，p6)

Shapinh 和 Schaffer 在著名的“利維坦與空氣汞浦：霍布斯、波以耳與實驗生活”提到什麼是科學實作（scientific practice）？大致而言，實作有三個意義：

1. 對立於理論的實踐：我們經常將理論和實踐做對比，實踐就是科學活動中的非理論成分，例如觀察、測量、實驗、調查等等。

2. 科學家的實際作為，實作的對立於規範的：考察科學家的實際作為，意味著不去問科學家應該怎麼做，而是問科學家實際上如何做（含思考、推理、甚至知識理論建構的實際方式）。

3. 練習的實作：任何人若要學到一項能力或掌握一項說法，他都必須實際地練習。(陳瑞麟，2010)

STEM 的跨學科整合學習，很明顯從圖 3 美國國家研究委員會的報告，對科學家和工程師所涵蓋三個領域間的活動的教育養成概念中，不難看出 STEM 在（A）跟（B）的實作意義上，是幾乎完全吻合，對（C）練習的實作，反而沒有直接的關聯性。反觀臺灣的技職教育，在實作的本質意義上，確應該是跟（C）的意義最為接近。跟 Shapinh 和 Schaffer 認為霍布斯、波以耳的科學實作是 B 的形式，有異曲同工之處。

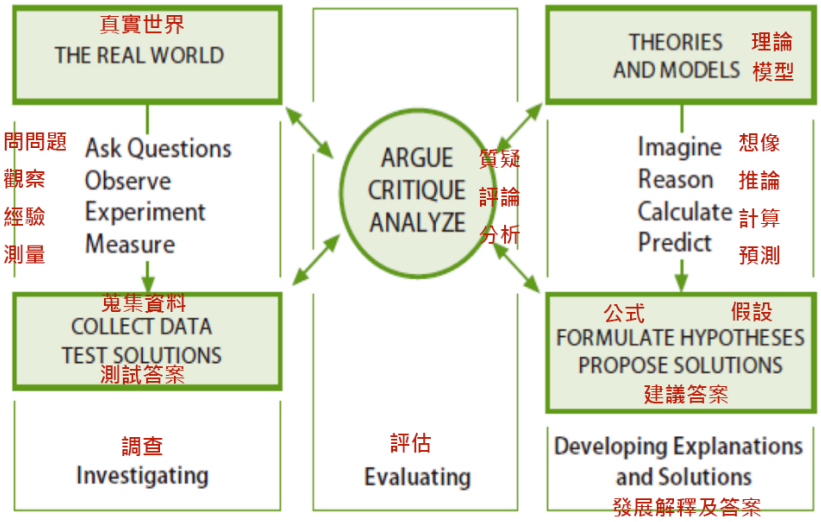

圖 3 科學家和工程師所涵蓋三個領域間的活動（National Research Council，2012）

而自造者教育應該強調的實作精神呢？研究者認為是理論的理解與實踐加上實作的練習，才會有融合理論與實作的真正科學精神的素養導向教育。意喻著學習者可以從眾多的實驗與實作中，透過學用並行的教育過程，去領悟出自造者的精神與核心素養，也應該是 108 課綱最強調的學習目的。

參、STEM 與自造者運動

本文一開始揭櫫 Obama 在白宮自造者博覽會活動致詞中，Obama 提到透過實作活動，除了可以培養學生在 STEM 的能力，更可以藉由這股創新能力，可以帶動起美國國內的製造業。然而，STEM 又是什麼呢？似乎與自造者又有同根源流的不可區分關係？

STEM 源於 1980 年代美國國家科學基金會（NSF），對涉及一個或幾個 STEM 學科，已經在進行中的策略、程式及實踐所使用的一個通用的標籤。美國意識到科技教育的不足會造成人才的短缺，因此在 1986 年美國國家科學委員會(National Science Board, NSB)提出了由科學、科技、工程和數學整合的 STEM(Science, Technology, Engineering, and Mathematics)教育，以提升國家的競爭力，但大多數人對這個 STEM 教育的定義，還是混亂不清的，甚至 STEM 可能被當作是一個流行事物，「過去美國靠著在科學與商業領域擁有大量人才，在世界具有舉足輕重的影響力。隨著「科技即生活」的時代來臨，美國積極為下一代做準備，帶領新世代邁入「人人都要懂程式語言，具備 STEM 素養」的新里程碑。」（李嶽霞，2015）

創新的教學或課程：為了追隨外國發展 STEM Education 教育的趨勢下，香港亦同時在革新的科學課程中找到了切入點，把數理科技教育(STEM)順理成章的引進科學教育的更新課程部份，期望能培育廿一世紀所需要的創造力、科學應用與解難能力的人才，引發學生具科學創新思維與培養企業家的精神。（潘穎程，2016）

STEM 被形塑出來的主流文化面向，彷彿是現代教育必備的萬靈丹一樣，但美國從 1986 至今，這 STEM 所強調技術、工程和科學教育納入並不是什麼新鮮事。從美國科學促進會對全體美國人的科學面向（AAAS, 1989），隨後為基準科學素養（AAAS，1993）和國家科學教育標準（NRC，1996），逐一將涉及的到技術和工程全部納入標準。例如，全體美國人科學面向設定的階段，討論“工程結合科學探究和實踐價值”和“工程的實質是根據設計約束（AAAS，1989）。 1996 年，美國國家科學教育標準包含了所有年級的科學和技術標準，K-4，5-8 和 9-12。其中一個標準直接處理了「工藝的設計能力」為補充的能力和科學探究標準的理解；此外，還有兩個非常顯著的技術和工程教育的配套措施。首先，在 2010 年 3 月，國家評估理事會（NAGB，2010）批准了定於 2014 年進行的國家技術和工程評估框架。第二，新的科學共同核心標準將通過包括技術和工程標準來支援這些基於標準的初步倡議（Bybee，2010）。

大部分的人都認可， STEM 意味著當代教育所重視的核心理念轉變，就是未來教育的政策，程式和方向；這意味著承認一個重要的事實，科學教育核心價值的孩子沒有忘記背後的時代意義，也可能因為強調科學的重要性，並通過技術與工程的密切聯繫與結合，學校課程可以更落實在未來的職場工作。

這是一個明確的信念，眾所皆知的信念，但想要超越口號，而成為大家都取得真正共識的典範，卻一直沒有明確的指出作法與程式，只能讓教育工作者自行體會和摸索。從范斯淳、遊光昭(2016)對 11 位美國科技教育學者深度訪談報告中指出，受訪者也建議應更明確地界定工程設計的核心概念，以作為發展 STEM 課程的依據；此外系統性思考、界定問題、確認條件限制、預測分析、建模、權衡及最佳化等概念，已逐漸成為多數 STEM 研究者的共識。因現階段並未有單一 STEM 課程的標準或能力指標，對課程設計者及教師而言，要在有限的教學時間裡採用或依循過多的標準，其實非常困難。

我們再從 Shapinh 和 Schaffer 對霍布斯、波以耳的爭論來看，「當年著名的波以耳的氣汞實驗在科學文本，科學教學以及科學史的學術養成訓練上都具有典律地位」(蔡佩君，2006，p4)。但如果從科學史的角度來看，波以耳定律，其實是氣體動力論的直接結果，所有科學家都覺得重要，但這個主題，其實是沒有什麼新的東西可以多談。波以耳以實驗綱領構建出「事實」的知識，表徵出

Wittengenstein 所說的「語言遊戲」、「生活形式」。同樣在 STEM 所形塑的教育綱領，也如同波以耳的實驗綱領一樣，包裝在理論與詮釋中，事實是穩當與恆定的，就在整個架構中，彷彿不需要任何人為的仲介一樣，大家不辯自明的理解了 STEM。

科學知識社會學(SSK)在其發展過程中，衍生出眾多的亞研究綱領和學派，如愛丁堡學派的「強綱領（The Strong Programme）」、巴斯學派的「經驗相對主義綱領」、巴黎學派的「行動者網絡」等。其中，愛丁堡學派是 SSK 的第一個學派，「強綱領」則是 SSK 的第一個明晰的理論主張。從“強綱領”的觀點來看，科學知識本身，必須作為一種社會產品來理解，所以科學研究的發展過程，在利益和架構上都是社會化的。科學與科技發展史上的經驗，出現了相同的不願涉足實際科學實作的態度，他們偏好理想化簡化，而非混亂的偶然性；偏好談本質，勝過指認出約定俗成的事物；偏好參照不具問題性的自然事實及科學方法的超驗判準，勝過真正科學行動者執行的歷史研究（蔡佩君，2006，p22）。意味著大部分的專家都等待一種簡單的方法或做法，大家照著做，就不用去管後面所背負社會與文化的包袱。

STEM 教育的最終目標，企圖讓所有科學家（專家）形成相同的共識，如 Barnes 主張將知識視為集體支持的信念（collectively endorsed beliefs）一樣，“STEM 教育之目的在培養學生具備有 21 世紀的素養與競爭力，以面對全球化的經濟與環境變遷挑戰。由此可見，「STEM 素養」與「參與意願」的提升，是 STEM 教育的重要目標，亦是規劃 STEM 課程時的核心思維……

美國 NAE 和 NRC（2014）歸納各項 STEM 教育研究發現，美國現行 STEM 教育之目標可歸納為以下五種面向：一、建構整合性的 STEM 素養；二、提升 21 世紀的競爭力；三、STEM 勞動力準備（職業試探與理解）；四、培養學習興趣與參與意願；五、發展 STEM 跨學科知識連結的能力。”（范斯淳、遊光昭，2016）

這些共識，清清楚楚說明瞭 STEM 的教育核心理念、素養和面向，都是顯而易見的事實；約定成俗的事物，大家都明白，所以大家評鑑 STEM 教學成果的方式（似乎是適用於各種教學成果都一樣），都可以是不具問題性的自然事實。研究者或教育工作者只要以實驗組或對照組的前測、後測之科學方法，作為超驗判準，就能說明科學方法或教學法的執行成效，模糊了對於使用科學行動者執行的歷史研究方法，所呈現出在社會文化架構下，明顯值得關切之處。

事實上教師能否產生足夠的理由，以支持他們 STEM 教學研究的懷疑與執行？從教師實務工作所進行的研究能否避免或克服固有的偏見？其他成果，例如

教師或學生的改變是有可能的，但難以測量；或者，每一個 STEM 的教學實例，都是因為老師跟學生不同所形成的生活形式，真的能被複製到另外的一個教學現場？！例如，聲稱可以改善教師的實務工作，讓他們能更加理解自身的教育情況，或者說，他們覺得藉由參與 STEM 教育的行動研究而能更有力量。也可能聲稱，學生發現自己在 STEM 教育情境下，比較能獲得支持或更具有挑戰性，或提出學生學會了更多更廣的知識，以此作為教師 STEM 教育行動研究的成果等(本段改寫自 Feldman, 2000)。

然而我們真正的主角自造者運動和教育，怎麼跟 STEM 連結起來呢？就像 Shapinh 和 Schaffer 分析波以耳的實驗綱領所建構事實的三種技術：物質技術（material technology）、書面技術（literary technology）和社會技術（social technology）。美國三十年來為 STEM 所鋪陳的檔與規範，在政策與社會層面所營造的氛圍，缺了什麼？研究者認為，就是那個氣汞實驗最重要的建造與操作的物質技術，波以耳明明白白畫出了其實無關緊要的氣汞圖說，“自造者運動”正好補上了這個 STEM 教育的缺口，用一種明顯、華麗的實質技術，告訴大眾，在強綱領之下，自造者教育就是實現 STEM 的實質樣態；所以自造者教育的實踐，就意味著 STEM 的實踐。

肆、總結

本文從 STEM 教育、自造者運動的脈絡中去探索兩者的關係，越是投入，越是能體會到 SSK 的觀點與科學哲學等面向，看待科學知識與科學爭議問題的多元視角；從社會文化的脈絡與歷史背景，更能看到政策背後的時代意義。我們最關心的，還是教育現場的實際意義。

從國立臺灣科學教育館 2016 年年底拍攝的「MAKER 自造未來」，我們看見了成功的案例，看見臺灣還是有一群教師、代理教師及真正有著自造者熱情的創客，在體制內、體制外努力著，結合當地的文化底蘊與科學教育精神，不計成果的為臺灣下一代打拼。

我們認同「教育的目的，是為了幫下一代準備好面對未來的世界。在未來，真正無法被取代的工作技能，有兩類：一類是跟人面對面互動、溝通交流思想的工作（像老師、業務員等等），另一類則是需要自學創作以解決問題的工作。這兩種技能，都是目前機器在短期內很難取代人類的。」（葉丙成，2016）

「自造者運動貫穿於非正式/非正式的教學鴻溝間，為研究和實踐創造了一個機會，將學習和學習理解作為相關但獨立的概念。……將自造者運動納入教育

對話有可能改變我們如何理解作為學習，學習者和學習環境的“重要”。擴大意義上的重要性可能會使更廣泛的學習者，做法和環境合法化，這是向公平教育邁出的重要一步。」（Halverson & Sheridan，2014）。

如果 STEM 與自造者運動，是這個世代，勢在必行的革命，從 SSK 的角度理解不同文化脈絡下，衝突是應該，科學知識的多樣性是正常。從自造者運動與教育的發展脈絡，我們知道 STEM 是美國經營超過三十年以上的“集體支持的信念”，自造者的精神也是美國文化的底蘊，所以有其成就典範的意義，但我們並沒有。我們更應該思考屬於我們的社會文化脈絡，找出我們的生活形式，在形成了“集體支持的信念”之後，才有屬於我們的自造者教育。

我們更應謹慎思考看待自造者運動與教育，我們不應該認為定下一個統一的典範或綱領，就可以解決這場科學戰爭（教育當局跟大學，正企圖做這件事）。誠如 Kuhn 在科學革命的結構提到常態科學（normal science）的本質一樣，在常態科學下的研究活動是一種持久而忘我地的沿用典範（Paradigm），而危機引發了革命，才能促使典範轉移；但沒有足夠的危機，是很難撼動常態科學的。

所以研究者從科學知識社會學的視野，對臺灣目前自造者教育有三點建議：

一、自造教育與科技中心的運作要有實質的效益，不是以量取勝

我們想要的新世代的師資培育，已經逐漸展開，最少也要有十年以上的時間，才能使這些新血，在教育場域發揮效用。所以希望當前的教育策略，應當思考世代人才交替的週期，給予各地發展的自造者教育與科技中心，成熟成長之後，再擴充，就像芬蘭對新課綱的改革，是花了近 30 年的時間，從 1990 年全國也只成立了 13 個科學、科技教育中心(LUMA Centres)，而不是急就章的只看到數字的成長。

以研究者所在的縣市為例，原來一個自造教育中心的運行，大概服務了多數的教師培訓與學生體驗活動，2018 年變成三個之後，參與教師培訓的人數沒有增加，三個中心分攤了所有學員，加上課程內容的差異性不大，等於用原來三倍的經費，做同樣的事情；雖然對教師在地域活動性的方便度提高，但對縣市自造教育的推展上，是沒有太大幫助。自造教育與科技中心的課程，短期之內也難跟當地文化結合，沒有文化脈絡支持與生活形式結合的自造教育，勢必很難成功，也很難順利推展。

二、教師對自造教育的認知，是需要審慎被重視的。學生創造出自己的實作歷程故事，遠勝過最終產品的展示

從本文探討自造者運動在社會脈絡下的認知不同，也隱含教師對自造教育的困境，很多教師不斷追求新的科技與技術，彷彿科技領域的課程，就像一場老師的科技能力競賽一樣，完全忽略了學生，到底真的學會了嗎？劉明洲（2016）明確指出：

自造者要落實以原先規劃學生為主體的課程設計，包括 (1) 學生能發揮主動性， (2) 以落實學生的點子為主要目標， (3)學生能瞭解自己的作品 (4) 學生能展現解決問題的能力和自信。

材料包是自造教育中，最誇張且最違背自造教育精神的產物，當學生拿到老師準備好的材料包，其中就已經剝削了學生學習的機會；雖然看懂說明書，組裝成品是學習的一環，但是自造教育活動過度著重在讓學生依樣畫葫蘆的製作出成品，以提升學生的興趣和信心，但卻缺乏讓學生解決日常生活中的問題，更難以分享自己在設計與實作過程中的故事。因此自造教育的課程設計，一定要強調學習策略的融入，學生創造出自己的實作歷程故事，遠勝過最終產品的展示（林坤誼，2018）。

三、自造教育是實現 STEM 的實質樣態，實踐 STEM 的核心價值

本文強調自造者教育就是實現 STEM 的實質樣態，所以課程應該回歸 STEM 教育的核心。研究者的實際教學經驗，許多自造教育的實施，是沒有回歸學科的結合，所以只是讓學生多學了一門知識，也未必能連結相關的知識。舉例，在圓形找到圓心是自造教育常會用的基本技能，教師可能用輔具來協助教學；國中八年級的數學也教過圓周角是所對應的弧長之一半，所以只要在圓弧上畫兩個直角三角形，兩個斜邊的交點，就是圓心。但這兩種知識對學生而言，是很難對應。

曾經看過有教師設計了一個教案，讓學生搭橋或組成房子結構，然後用載重或震動，來模擬結構強度；從 STEM 教育來看，如果沒有跟科學原理結合，教案實驗的意義，就只是在膠黏得夠不夠緊，跟我們想讓學生學得的知識，是完全不相關的，甚至是造成更多的迷失概念(misconception)。

所以，無論是採用何種課程設計模式來設計課程，「工程設計」的歷程及「科學探究」的思維是 STEM 課程設計的兩大要素（範斯淳、遊光昭，2016）。在中小學階段的自造教育基本上看似以技能學習為主導，但其實還是知識、技能與情意並重的教學活動實施（劉明洲，2016）。

總之，自造者運動的精神是鮮明清楚的，STEM 教育的核心價值，也是明確而被所有人所認同的，同為教育工作的我們，真的要慎思，教育是百年大計，穩

健成長，不管在怎樣的社會脈絡發展，重視真正的問題，才能使這場聖戰，全面的成功。

參考文獻

■ 朱耀明（2018）。中小學自造者教育的推動與實踐。**教育研究月刊**，288，31-41。

■ 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。

■ 林高遠（2015）：Maker 社群=後現代工業技職體系。2015/12/26 林高遠個人 FB。取自 https://www.facebook.com/notes/林高遠/maker 社群後現代工業技職體系/986694074756071

■ 李欣怡（2015）：前人不播種，臺灣自造者難豐收。數位時代網站新聞，取自 http://www.bnext.com.tw/article/view/id/36512

■ 李嶽霞（2015）。美教改關鍵字：STEM 學程式語言比學外語更重要。親子天下翻轉教網站，取自 http://flipedu.parenting.com.tw/information-detail?id=2174

■ 連育德(譯) （2013）。**自造者時代** (原作者：Chris Anderson)。臺北市：天下文化。(原著出版年：2012)

■ 范斯淳、遊光昭（2016）。科技教育融入 STEM 課程的核心價值與實踐。**教育科學研究期刊**，61（2），153-183。

■ 楊育修 / Iris Lai (Producer). （2014, May). Maker[mp4]. Available from http://makerthemovie.com/

■ 葉丙成（2016）。學程式者，能成麒麟之才？親子天下雜誌 76 期

■ 潘穎程（2016）: STEM 與學校發展規劃的路向。EDTALKQSIP.ORG，取自 http://edtalkqsip.org/

■ 彭明輝（2015）。Maker 精神與大學的僵屍制度。獨立評論@天下，天下雜誌。取自 http://opinion.cw.com.tw/blog/profile/30/article/3581。

■ 陳瑞麟（2010）。**科學哲學：理論與歷史**。臺北市：群學出版有限公司。

■ 劉明洲（2016）。創客教育的理念與實踐~應該被關注的配套設計。**臺灣教育評論月刊， 5**（1），p158-159。

■ 趙萬裡（2002）。**科學的社會建構：科學知識社會學的理論與實踐**。宜蘭縣：佛光人文社會學院。

■ 蔡佩君(譯) （2006）。**利維坦與空氣汞浦：霍布斯、波以耳與實驗生活**（原作者：Steven Shapin and Simon Schaffer）。臺北市：行人出版社。(原著出版年：1985)

■ 鍾曉嵐（2010）。科學知識社會學對科學知識研究與科學教育觀的影響。**重高學報**，13，25-38。

■ 鄭鴻旗（2015）。回頭看 Maker 運動開始到現在。2015/10/12 鄭鴻旗個人FB。取自 https://www.facebook.com/notes/鄭鴻旗/回頭看-maker-運動開始到現在/10154261046152166

■ American Association for the Advancement of Science(AAAS). (1993). Benchmarks for science literacy. New York, NY: Oxford University Press.

■ Barack Obama (2014). Presidential Proclamation -- National Day of Making, 2014. Retrieved June 17, 2014, from: https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2014/06/17/presidential-proclamation-national-day-making-2014

■ Barnes, B.著，魯旭東譯（2001）：**科學知識與社會學理論**。北京：東方出版社。

■ Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. ***Technology and Engineering Teacher***, 2010 September, 30-35.

■ Feldman, A., & Minstrell, J. (2000). Action research as a research methodology for the study of the teaching and learning of science. ***Handbook of research design in mathematics and science education***, 429-455.

■ Halverson, E. R., & Sheridan, K. M. (2014). The Maker Movement in Education.

Harvard Educational Review, 84(4), 495-504.

■ National Assessment Governing Board (NAGB). (2010). NAEP technology and engineering framework. Retrieved from: https://www.nagb.gov/naep-frameworks/technology-and-engineering-literacy.html.

■ National Research Council (NRC). (1996). National science education standards. Washington, DC: National Academies Press.

■ National Research Council (2012). A Framework For K-12 Science Education Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. National Academies Press