

未來主幹—漫談學前 STEM 教育的趨勢與發展

宋安凡

國立彰化師範大學物理系研究生

宋明君

國立彰化師範大學兼任助理教授

臺灣教育評論學會會員

而我卻像落葉歸根，墜在你心間
幾分憂鬱幾分孤單，都心甘情願
我的愛像落葉歸根，家·唯獨在你身邊

~王力宏詞曲

一、前言—護國神山被搬走了嗎？

2022 年感恩節的前幾週，桃園機場湧進一批攜家帶眷且行李車裡堆疊好幾大箱，排隊於航空公司報到櫃台前陸續檢驗托運行李的工程師。這群人準備搭乘華航包機前往美國的鳳凰城，然他們並不是去美國過感恩節的，而是將去亞利桑那州沙漠中的諾大晶片製造廠房，做好晶圓設備的移機設定。同年 12 月 6 日的台積電晶圓廠的移機典禮上，各級政要與科技巨頭眾星雲集。美國總統拜登意氣風發高喊「美國製造業回來了！」。然此事看在臺灣一些有識之士眼裡則則感到憂心忡忡，抨擊此舉有如掏空台積電，擔心若失去護國神山，會陷臺灣於地緣政治中的可割可棄，以及戰爭中的可歌可泣？於是一方視台積電赴美設廠有如現代版和親的文成公主，另一方認為台積電赴美設廠是分散風險與布局全球，二方皆有政治人物及媒體名嘴各擁觀點爭論不休。

臺灣之所以能夠在晶圓製造技術上持續的領先對手，並以更快的速度將對手拋開。其中有許多因素，如時勢因素、產業因素、國家政策因素、人才因素等。其中人才因素無可厚非扮演著關鍵的角色，因為半導體產業需要諸多周邊產業的配合，而台積電起家於新竹科學園區的高科技產業聚落，讓台清交優秀學生能於在學期間就開始在擁有先進的技術的公司實習。而此產學之間的相互協調與配合，使晶圓製造中諸多大大小小的技術問題得以適時解決。在此高階技術人才的聚落生態下，臺灣的晶圓產品方能有極高的良率，成為晶圓製造的霸主。

因此縱使美國要求台積電複製整座科技廠搬移到鳳凰城，但是大大小小的各項技術問題，仍須要由臺灣的工程師和技術人員來解決。而台積電晶圓廠遷美議題，對我們的衝擊，應該是科學、科技與工程人才如何能夠源源不絕地補足，以跟上飛快迭代的先進技術。也喚醒我們全球的人才大戰正揭開序幕。天下雜誌、遠見雜誌等紛紛都在 2022 年多期中進行有關爭搶人才的主題報導。(天下雜誌, 2022a, 2022b, 2022c；遠見雜誌 2022)。政府與各界也體悟到積極培養下一代的科學、科技與工程人才，才是真正鞏固護國群山的根本之道。而這種整合科學、科技與工

程的人才培育方式，已廣泛被稱為 STEM 教育（Science, Technology, Engineering, Mathematics），在科技實力即國力的國際局勢下，STEM 教育愈來愈成為各國關注及大力投注的焦點。

二、STEM 教育的趨勢與議題

然而整合科學及科技等相關領域的人才培育，並非嶄新的概念。相似的概念包括 ST（Science and Technology），SSS（Social Study and Science），STS（Science, Technology, Society），STEAM（Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics），STREAM（Science, Technology, Reading/wRiting, Engineering, Art, Mathematics）。跨領域的整合雖有不同的形式，然而蹊關成徑，最適合的模式正在慢慢地成型，這可從近幾年科學/科技教育的相關領域論文的後設分析可一窺端倪。

圖 1 為 2000 至 2018 年科學/科技教育相關論文包含領域數量的趨勢分析。第一，從 2010 年開始，探討 STEM 教育的論文數量成指數般快速增加。第二，包含四個領域的論文數量獨占鰲頭，甚至遠遠超過第二名之包含一個領域的論文數量。第三，包含五個領域以上的論文數量自 2014 快速增加，然於 2016 後開始下降。

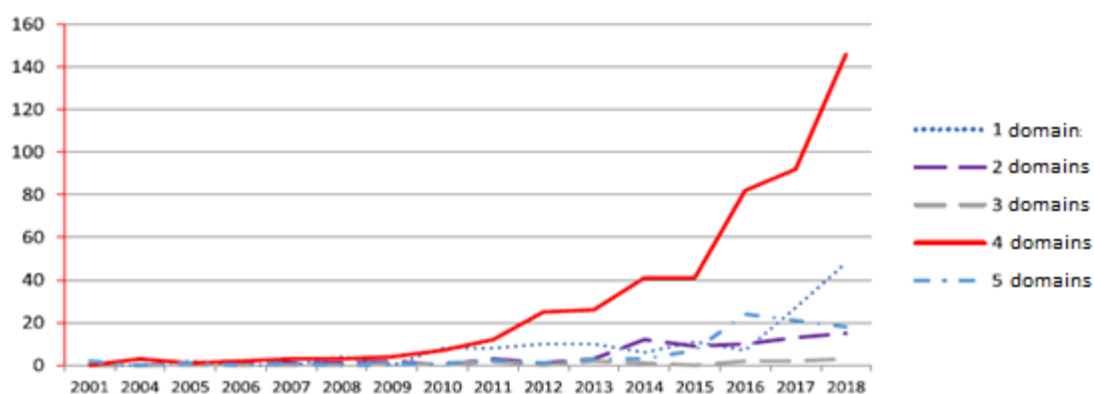


圖 1 不同領域數目的科學科技教育相關期刊變化趨勢
資料來源：Li, Wang, Xiao, & Froyd (2020)

從這三個趨勢變化可以看出跨領域教育雖然是當今教育的重要趨勢，然而並非領域愈多愈好，而是彼此相關性最高的領域的結合，方能成為良好的科學/科技課程方案。而從這些科學科技教育期刊的後設分析，可發現 STEM 教育所探討的主題，多集中於以下七種類別：(1)STEM 教育政策、STEM 課程、STEM 教育方案評量與診斷；(2)幼稚園到中學階段的 STEM 教學、STEM 教師的職前師資培育與在職教育；(3)幼稚園到中學階段的 STEM 學習者分析、學習表現分析、學習環境分析；(4)STEM 教育中的文化、社會及性別議題；(5)高中以上階段的 STEM 教學、STEM 教師的職前師資培育與在職教育；(6)高中以上階段的 STEM 學習者分析、學習表現分析、學習環境分析；(7)STEM 教育的發展史、STEM

知識獲得論(epistemology)、STEM 知識觀(Li, et al, 2020)。

這些類別中以第一類探討政策、課程、方案、評量的數量最多，占了將近一半（47%）；次多者為幼稚園到中學階段的學習者相關分析（第二類）及師資培育相關分析（第三類），二者合計約占論文量的四分之一；再其次為文化、社會及性別議題，約佔論文量的十分之一（Li, et al, 2020）。從此比率可以看出 STEM 的政策、方案與課程正處於百家爭鳴階段，亦不斷有新的模式被提出。而幼兒園到中學階段的 STEM 教育也正方興未艾，亦積極的向下扎根中。此外 STEM 教育在弱勢族群的公平性與普及性正蓄勢待發，逐漸受到各方重視。

而值得我們驕傲的是，臺灣在 STEM 教育上的研究於國際排名中名列前茅，表 1 為 2000 年至 2018 年於科學/科技教育期刊中發表者的所屬國家的統計結果，其中方法 1 是只計算第一作者與通訊作者，方法 2 是計算所有掛名的作者（Li, et al, 2020）。不論是方法 1 或是方法 2，臺灣的科學/科技教育期刊的發表者都是國際排名上的優等生。排名前五名的其他國家（包括方法 1 中與臺灣並列第四的英國），都是以英語為母語的國家。臺灣的 STEM 教育研究能夠擠身於這些英語為母語國家之間，是我們國家所有科學、科技、工程及數理等教育領域的教育工作者的共同努力成果，是我們國家的驕傲，也非常需要相關教師及學者繼續的努力與投注心力。

Rank	Method 1 ^a		Rank	Method 2	
	Country	Score (%)		Country	Scores (%)
1	USA	603 (75.75%)	1	USA	596.28 (74.91%)
2	Australia	37 (4.65%)	2	Australia	38.29 (4.81%)
3	Canada	18 (2.26%)	3	Canada	18.42 (2.31%)
4	Taiwan	14 (1.76%)	4	Taiwan	13.76 (1.73%)
4	UK	14 (1.76%)	5	UK	12.83 (1.61%)
6	Spain	12 (1.51%)	6	Spain	12.53 (1.57%)
7	Israel	9 (1.13%)	7	South Korea	9.55 (1.20%)
7	South Korea	9 (1.13%)	8	Turkey	9.02 (1.13%)
9	Germany	8 (1.01%)	9	Israel	8.68 (1.09%)
9	Netherlands	8 (1.01%)	10	Netherlands	7.69 (0.97%)
9	Turkey	8 (1.01%)			

表 1 STEM 論文作者所屬國家排名

資料來源：Li, Wang, Xiao, & Froyd (2020)

三、從根芽到莖幹

臺灣學子的科學/科技實力雖然有目共睹，然而全世界各國亦在快速發展之

中。因此，我們應該在平時的教育活動中，給予更多機會來讓孩子對科學/科技的探索產生興趣及對合作解決問題具有信心，而這也是過去 STEM 教育相關論文共同指出的方向。況且每個孩子天生就有探索新奇事物的本能，所以即使幼兒在認知及操作能力方面尚未成熟，但是探索與合作的特質與習慣，應該從幼兒階段便開始培養。

然而幼兒階段的 STEM 教育仍存在一些迷思，許多幼兒教保人員認為科學/科技的內容太過艱澀，且認為 STEM 教育是有相關專業背景教師的工作。其實教育部頒定的幼兒園教保活動課程大綱之總綱中的實施通則中，便有許多與 STEM 教育的精神不謀而合的內容，例如實施通則第四項指出「讓幼兒自主的探索、操弄與學習」；第五項指出「建構學習社群...，在協同合作溝通中，延展幼兒的學習」；第一項指出「編擬教保活動課程計畫，以統整方式實施」（幼兒園教保活動課程大綱，民 106 年 8 月 1 日）。簡而言之，教保人員應主要掌握探索與合作二個主要精神來看待 STEM 教育。

因 STEM 教育對於一般學生及學前幼兒，其實強調的重點不同。就科學方面，一般學生的教育活動著重於探索自然現象以了解與解釋背後的運作原理；然於學前階段，則是讓幼兒對日常生活中遇到的問題產生好奇心。就科技方面，對一般學生重在使其了解如何對自然進行改良創新，以讓人們過得更好；然於學前階段，則是讓幼兒練習運用工具來探討問題。就工程方面，對一般學生乃著重於教導使用系統性的方法來解決生活需求上的問題；然於學前階段，則是讓幼兒體驗一連串解決問題時的過程，包括找出問題來源、具體描繪問題、測試解決方法...等。就數學方面，一般學生的教育活動著重於建立數量、空間、邏輯的概念；然於學前階段，則是讓幼兒在學習的歷程中加入比較、估計、排序、計算等思考方法（Corlu, Capraro, & Capraro, 2014; Sharapan, 2012）。由以上的比較可以得知，學前階段的 STEM 教育重在給予幼兒足夠的探索機會，做為養分讓 STEM 學習興趣得以萌芽，以期日後成長為穩固的莖幹。

此外，幼兒園教保活動課程大綱的認知領域，亦以蒐集訊息、整理訊息及解決問題三個向度建構認知的主要能力。其中蒐集訊息是指透過工具測量及記錄所獲得之訊息。整理訊息是指利用歸類、分類、比較、找出關係、序列與型式、合成與分解或圖表等將這些訊息整理出脈絡。解決問題是指提出解決問題的思考歷程。包括與他人共同討論提出可能的方法，並加以實作與驗證結果。（幼兒園教保活動課程大綱，民 106 年 8 月 1 日）。亦即當幼兒面對生活環境中的問題時能根據訊息來建構想法，並在解決的歷程中將探索問題轉化為實用的知能。而這也是 STEM 教育與以往單科領域教育最大的不同。我們希望每位孩子都具有解決實務問題的探索精神，而非只是熟記科目內容的考試學霸。

除了培養探索的興趣，幼兒 STEM 教育另一個重要的目標就是建立幼兒與他人合作的能力。而合作的能力可具體表現於溝通與探詢 (Inquiry) 二個向度上。第一，在溝通方面，一個有效的方法就是在觀察、測量及記錄的時候使用正式的詞彙。使用正式的詞彙可幫助幼兒就實際蒐集與分析整理的資料來與他人共同思考。使用正式詞彙進行對話，亦有助於排解歧異與達成共識。然而要讓幼兒理解 STEM 的正確詞彙並不容易，因為幼兒通常會先使用已知的字詞來類比所觀察到的現象，例如把冰棒融化說成冰棒軟掉或冰棒流汁。然而這正恰好是教師教導 STEM 正確詞彙的最佳情境，教師應善加利用此情境進行機會教育，以舉例及類比相似的現象來讓幼兒理解其觀察到的現象背後所對應的正式詞彙。

第二，在探詢方面，則更是 STEM 教育的主角。教師在 STEM 教育最重要的任務就是增進與幼兒間的探詢對話。教師可基於多種目的和功能來引發幼兒的詢問/探究，如預測結果（你猜猜看如果你這麼做會怎樣？）、進行比較（你看這二個部分相同還是不同？）、回想訊息（你剛剛有注意到.....嗎？）、分析訊息（這個與那個之間有什麼關係存在呢？）、要求解釋（這個為什麼無法變快？）、推論假設（如果加上.....之後會怎樣呢？）、激發想法（你還能想到什麼呢？）等。

總結上述，幼兒 STEM 教育重在培養探索與合作的能力，探索是給予解決問題的養分，合作則重在溝通與探詢，溝通與探詢的對話若能透過語言樣本分析來找出幼兒在 STEM 方面的探索軌跡，我們便能開發出更好的幼兒 STEM 方案。幼兒 STEM 教育活動亦不會因認知與操作能力尚未成熟而在本質與內容就有所減損。

四、結語—化作春泥又護花

STEM 此縮寫字已變成為當今教育的通用詞語，而 stem 恰巧本身亦是一個常用的英文字彙，且其有多重的意涵。stem 當成名詞可指植物的莖或是樹幹。stem 也有主幹與根源的意涵，例如 stem cell 稱為幹細胞。stem 當動詞則有阻擋或遏制的意思，例如 stem the flow of blood 為阻止失血。stem 在根源、主幹、遏制的多重意涵，有如從根芽萌發之後，可以成為主幹，也可成為阻礙。如同幼兒的大腦極具彈性與韌性，面臨環境的變化時，便要選擇戰鬥或逃跑。stem 可以是順境時獨撐大局的主幹，stem 也可以是逆境時止血療傷，重頭再來的本初。當初張忠謀等優秀的半導體人才，扮演先驅者從美國帶著技術與經驗回到臺灣，造就了台積電此臺灣的護國神山。如今我們將一批台積電的工程師送往美國，或許我們可以藉此看到世界各國在 STEM 教育上的模式與方向，盼望之後他們落葉歸根回到臺灣時，造就臺灣更多座護國神山。

參考文獻

- 天下雜誌（2022a）。變局新人才。天下教育特刊，760。
- 天下雜誌（2022b）。護國群山的未來。天下雜誌，762。
- 天下雜誌（2022c）。最強人才遷徙潮。天下雜誌，764。
- 幼兒園教保活動課程大綱（民 106 年 8 月 1 日）。
- 遠見雜誌（2022）。臺灣人才大飆搶。遠見雜誌，433。
- Corlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers for the age of innovation. *Education and Science*, 39(171), 74-85.
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7(11), 1-16. doi: /10.1186/s40594-020-00207-6
- Sharapan, H. (2012). From STEM to STEAM: How early childhood educators can apply Fred Rogers' approach. *Young Children*, 67(1), 36-40.

