

STEM/STEAM 跨領域科際整合教育之探究

王瑞堦
嘉義大學教育學系教授

一、前言

當前資訊科技發展已影響日常生活，甚至與國家經濟發展以及科技前景皆有密不可分的關係。因此，各先進國家都隨著資訊科技的日新月異，不斷調整中小學資訊科技教育課程育之走向與內涵（林育慈、吳正己，2016）。羅希哲、蔡慧音、陳錦慧、詹為淵（2015）認為，STEM 是結合「動手做」與「高層次思考」的一種教育思維，它符合「科際整合」的概念，提供貼近生活的議題作為學生學習的情境。在教學上，則讓學生應用合作與探究的學習方式解決問題，以發展探索、思考、分析、創造等能力，進而統整與應用 STEM 的學科知識。強調科學、科技、工程及數學「跨科際整合」學習的 STEM（Science, Technology, Engineering, and Mathematics）教育趨勢，近年受到「STEM 到 STEAM」運動影響，納入藝術（Arts），STEM 教育也逐漸轉變為 STEAM 教育（湯維玲，2019；Clarke & Button, 2011），此外並透過藝術的元素強化跨學科的學習成效，而成為 STEAM（Burton, Horowitz, & Abeles, 2000；Lampert, 2006）。

「STEM/STEAM」乃是指 STEM（Science, Technology, Engineering & Mathematics）自然、科技、工程及數學課程。STEAM（Science, Technology, Engineering, Arts & Mathematics）自然、科技、工程、藝術及數學課程。這兩類課程是科際整合為核心價值的課程實踐方式。兩者區別是後者納入藝術（Arts）。臺灣推動 STEM 教育的政策背景與歷史演進，最早可以追溯回 2001 年所公布的九年一貫課程暫綱，當時將自然與生活科技合併為自然與生活科技領域，並藉此推動數學、科學與科技的跨領域整合課程（林坤誼，2018）。然而，在 12 年國民教育課綱中，科技領域首先納入中學課程，中學表演藝術課程亦在學校課程紮根，尤其校訂課程亦鼓勵跨領域、學科之統整課程，可說明臺灣對 STEM/STEAM 教育的重視。

二、STEM/STEAM 在國際間概況

韓國科學與創造力基金會（Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity, 簡稱 KOFAC）在職教師實施了三個階段的計劃：入門階段，基礎階段和高級階段（KOFAC, 2015）。由此可見，STEM 科際整合課程的重要性。澳洲政府 2017 年鑑於當前四分之三的高速成長產業亟需科技、工程及數學（STEM）技術專才，為因應未來職場工作技能的變化與需求，積極推動全國中小學校 STEM 教育，長期培育新世代對 STEM 的興趣與素養。投注「校長 STEM 教學領導人計畫」（Principals as STEM Leaders），提供校長突破傳統以行政管理

領導為重的舊思維，著眼提升 STEM 教育在學校的普及率與學生學習成果，將 STEM 課程與教學領導亦為校長領導的核心任務（駐澳大利亞代表處教育組，2017；Senator the Hon Simon Birmingham, 2017）。

美國於 1990 年代首倡 STEM 教育，透過三任總統頒布教育政策，國會立法 STEM 法案，提升全民素養為目的。2009 年《美國振興及再投資法案》（American Recovery and Reinvestment Act, ARRA）指出 STEM 教育能增加高價值的產業與工作機會，復甦國家經濟。因此，美國於 2012 年推展新科技教育計畫，於 2022 年前能夠培養 100 萬名科學、科技、工程和數學領域的學生。2016 年更提出店「為所有的電腦科學計劃（Computer Science for All）」，不僅認為「資訊科學」和語文、寫作、科學、數學等同為重要的學科，更強調程式設計在所有學科的學習中扮演重要的角色（范斯淳、游光昭，2016；White House, 2016）。據此，STEM 自然、科技、工程及數學課程是近年來美國教育界所關注的課題，普遍受到先進國家的重視。

美國研究所（American Institutes for Research, 簡稱 AIR）（2016）指出美國 STEM2026 年報告具有以下六項重要內涵：(1)互動的網絡社區；(2)可接近性的學習活動，乃是具有意圖的遊戲和挑戰；(3)科技整合的方法解決「巨大挑戰」的教育經驗；(4)彈性而包容的學習空間；(5)創新和方便的學習方法；(6)社會、文化意象和環境促進多元和機會在 STEM 教育。美國聯邦所提出的「沒有落後的孩子法案（No Child Left Behind）」給予執行者及老師很大的壓力，期許讓不同經濟水準家庭的孩子在閱讀、數學及科學都能有基礎能力（Castelli, Hillman, Buck, & Erwin, 2007）。換言之，STEM/STEAM 課程對教育影響性具有深遠之意義。

三、STEM/STEAM 跨領域科際整合教育意涵

早期的工程教育，已經從主要關於工程解決方案和模型的發展演變成學習為特徵的反思實踐（Dym et al., 2005）。數學通常被認為是非實驗性學科，研究人員主張在數學教育中包括更多的設計活動和基於項目的學習（Li et al., 2019）。解決問題時採用不同的觀點，這對於創造力和創新至關重要。教育發展和科際整合的 STEM 教育變得越來越重要（Honey et al., 2014；Li et al., 2019）。實施 STEM 教學時，可結合科學模擬、電腦實驗操作與科學視覺化等工具與科技，透過動手實作（hands-on）的歷程，整合 STEM 的四個領域進行跨科際整合的學習方式，提供學生解決實際情境中複雜問題的機會，進而培養其二十一世紀未來公民的關鍵能力（林育慈、吳正己，2016；Mataric, Koenig, & Feil-Seifer, 2007；Connor, Ferri, & Meehan, 2013）。

在 STEM 的實作教學中，讓學生利用運算工具與程式設計進行探索與資料

處理，可以培養學生整合運算與 STEM 知識來解決問題的能力（Psycharis, 2013）。此外，范斯淳、游光昭（2016）亦指出：(1)科技教育的 STEM 課程應是一種整合式的教學與學習途徑；(2)科技教育的 STEM 課程應著重在實作學習（hands-on learning）以及心智學習（minds-on learning）的平衡；(3)科技教育的 STEM 課程應以「科技與工程議題」為核心、「工程設計」歷程為架構，而「科學探究」、「數學分析」及「科技工具」為知識整合與應用的要項。換言之，STEM/STEAM 的教育基本上是科際整合教育的範疇。

Alexander Jensenius 在 2012 年 3 月發表的《領域：單一、交叉、多元、互聯、連通》（Disciplinarity: intra, cross, multi, inter, trans）文章和讀者的回應中，曾就五種領域有如下定義（轉引自李隆盛，2018）：(1)單一領域（Intra-disciplinary）：在單一領域運作。(2)交叉領域（Cross-disciplinary）：由其他領域觀點看待領域。(3)多元領域（Multi-disciplinary）：由不同領域取用知識，但仍維持明顯的領域邊界。(4)互聯領域（Inter-disciplinary）：又可譯為「科際整合」，由整合兩種以上的領域，使成相互關聯、領域邊界模糊的一體。(5)連通領域（Trans-disciplinary）：整合兩種以上的領域，相互連通、領域邊界消除的一體。上述五種領域由 1 到 5 層次，科際的整合程度愈高，STEM/STEAM 教育則要盡力達到第 4 層次「互聯」或第 5 層次「連通」的程度。

四、STEM/STEAM 跨領域科際整合國內現況

在國內教育場域中，STEM /STEAM 朝向跨領域科際整合趨勢。以下透過各階段教育實務與師資培育案例討論、自造教育及科技輔導中心的任務、STEM/STEAM 相關計畫與課程對學生學習的助益評析如下：

（一）STEM/STEAM 在各階段教育與師資培育的案例

STEM 教育將會由各個不同層級的學校主導，讓各校依據學校、社區、學生需求開發多元特色的 STEM 或 STEAM 課程，並透過這些多元特色的課程，培養更多未來的 STEM 創新人才，最早可從 2001 年發展至 2019 年開始有 STEM/STEAM（林坤誼，2018）。STEM/STEAM 的教育實施，在縣市政府教育主軸、學校的課程設計與教學過程中的重大轉變。

近幾年來，大學亦是如火如荼與地方政府合作。諸如：國立清華大學竹師教育學院因應產業轉型之人才培育的急迫性，推動「清華 STEAM 學校」計畫，攜手縣市政府與 K-12 學校，進行跨領域教育之向下紮根，使 K-12 學生能獲得跨領域學習以及自造與創客實作解決與理解日常生活問題之經驗，並且培養其運算思維與程式設計能力，逐步提高學生的科學、科技、工程（Engineering）、藝術設計

（Art）與數學（Mathematics）素養。「清華 STEAM 學校」的核心精神為「STEAM 教育常態化，可以在學校正式課程中實施，所有學生都有均等機會可以獲得高品質 STEAM 教育，以達成跨域人才在地培育與在地就業發展的目標」（王子華，2019；王子華與林紀慧，2018；清華大學，2020）。

基隆市政府教育處積極著力於師資培育，和國立清華大學簽署「STEAM 課程發展」合作備忘錄，共計有 15 校園 101 名教師參加，並舉辦為期 2 週 36 小時的第一梯次師資培訓，受訓完成的教師在新學年度返回學校後，將結合教學領域，進行為期一年的 STEAM 課程研發（簡麗春，2020）。

目前在國中小、高中多元選修學習或彈性課程規劃，學校亦發展各自的特色。然而，從學校出發的 STEM/STEAM 課程，由於軟硬體設施、師資運用是學校挑戰，積極申請可的資源，因此，有些學校除積極撰寫相關計畫，更引進課程協作機會，諸如：民間主導的科丁小學的課程等，以充實學校的多元和跨領域之師資。

（二）自造教育及科技輔導中心扮演科技教育的推手

教育部國民及學前教育署為落實與推動國中小自造教育的師資培育與發展國中小自造教育的教材與課程，銜接十二年國民教育，於 106 年完成各縣市國中小成立一所國中小自造教育示範中心，並於 105 學年度開始先從 11 個縣市成立一所自造教育示範中心，並委由國立高雄師範大學成立自造教育輔導中心。歷經一段時間計畫調整與設置，後更名為「自造教育及科技輔導中心」，將輔導範圍提升至縣市整體科技教育推動面向，以利有系統的落實輔導工作，以達成輔導縣市科技教育推動的任務（自造教育及科技輔導中心，2020）。

自造教育及科技輔導中心為各縣市推動手做（插電和不插電）與科技教學課程的主要資源中心，並促進區域學校教師教學增能與學生直接於中心進行學習。對於科科技領域而言，此中心發揮重要效能，亦是現階段推動的重點。未來若能在設有中心的學校，強化跨領域教學研究，讓 STEM/STEAM 能發揮其跨學科認知、情意、技能等內涵的創意教學與深度學習。

（三）STEM/STEAM 相關計畫與課程有助於學生學習

在科技部所推動的第二期高瞻計畫中，將 STEM 教育納入計畫徵求的重點，讓各校可以依據區域特色、學校發展需求等，規劃實務的 STEM 課程或教學活動。舉例來說：科學如蕈菇實驗與培養箱設計等教學活動；科技如鼠夾車、桁架橋、抗震結構塔等教學活動；工程如機器人專題、四軸飛行器專題等教學活動；數學如 IQ 燈等教學活動（林坤誼，2018）。教育部 2014 年公布《十二年國民基

本教育課程發展指引》則以「核心素養」為主軸，進行課程總綱及其與領域/科目綱要之間的連貫統整。同時，亦公布《十二年國民基本教育的總綱》，七年級至九年級將自然與生活科技分科為「資訊」和「科技」（2014a；2014b）。換言之，動手做與科技導向的學習在學生學習已成為重要的部分。

近十幾年來，許多支持多元表徵理論學者認為，教學過程中若能以不同方式表徵概念，將有助於學生學習（Lesh & Behr, 1987）。伴隨數位時代的來臨，妥善應用科技能提升教育品質和弭平數位落差。學生學業表現明顯受到教師使用科技影響，教師將科技融入教學與課程中，提升教師教學效能（Reed, 2003；Karpyn, 2003）。Wang 等人（2019）指出，STEM/STEAM 教育可以讓科學、科技、工程、藝術和數學的知識、技能與態度跨領域整合應用，讓學習者可以獲得有意義的學習效益。

現今科技日新月異，自主與多元學習成為趨勢，透過 STEM/STEAM 學習，讓資訊與科技的能力結合科學、數學、工程、藝術，學生能以系統思考方式檢視與省思自己的學習歷程，並發覺自己的興趣與性向。因此，教師更應扮演協助者、促進者與引導者，教師間進行跨領域合作，方能有助於學生進行跨領域學習。目前政府所倡導的跨領域相關計畫或是 STEM/STEAM 相關計畫，正能提供教師協作與學生互動共學的平台。由於，每一位學生的學習風格與多元智能並不相同，在跨領域學習歷程中，學生能發現自我潛在價值與能力。因此，在教育領域的跨領域學習有其必要性和重要性。

五、結語

科際整合（Interdisciplinary）乃是包含多學科組合（multidisciplinary）模式、跨學科研究（transdisciplinary），透過打破或跨越傳統學科領域的規範，強調各學科領域的合作，而形成的課程架構或是學校課程的教育模式。十二年國民基本教育的課程綱要，訂定了四項總體課程目標：「啟發生命潛能」、「陶冶生活知能」、「促進生涯發展」及「涵育公民責任」，以期能落實十二年國民基本教育「自發」、「互動」與「共好」的課程理念，以達到全人教育的理想（教育部，2014b）。以現今教育脈絡中，從大學至小學已有 STEM/STEAM 教育之元素，而這正符合十二年國民基本教育之理念，在課程中的跨域科技整合，此理念上能讓學校素養導向面對學習的新價值。由於 STEM 教育再納入 A（藝術），更能兼具五育均衡之教育理念基礎。

參考文獻

- 王子華（2019）。「清華STEAM學校」之DDMT教學模式的建構。科學教育實

作學門電子期刊，17。取自https://esep.colife.org.tw/journal_pdf/325.pdf

■ 王子華、林紀慧（2018）。「清華 STEAM 學校」推動創新數理人才在地培育機制。科技部科學教育實作學門計畫電子期刊，12。取自<https://esep.colife.org.tw/12/journal>

■ 自造教育及科技輔導中心（2020）。計畫緣起。取自<https://maker.nknu.edu.tw/>

■ 李隆盛（2018）。大學校院STEM教育如何跨領域整合。取自<http://yes-ucan.blogspot.com/2018/06/stem.html>

■ 林坤誼（2018）。STEM 教育在臺灣推行的現況與省思。青年研究學報，21(1)，1-9。

■ 林育慈、吳正己（2016）。運算思維與中小學資訊科技課程。國家教育研究院教育脈動電子期刊，6，1-13。

■ 范斯淳、游光昭（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。

■ 教育部（2014a）。十二年國民基本教育課程發展指引。臺北：教育部。

■ 教育部（2014b）。十二年國民基本教育總綱。臺北：教育部。

■ 清華大學（2020）。清華steam學校。取自<https://tsinghuasteam.org/>

■ 湯維玲（2019）。探究美國STEM 與STEAM 教育的發展。課程與教學，22(2)，49-78。

■ 駐澳大利亞代表處教育組（2017）。STEM正夯澳洲訓練校長成為課程與教學領導人。教育部電子報，800，2取自https://epaper.edu.tw/windows.aspx?windows_sn=20744

■ 簡麗春（2020）。推動STEAM教育處、清大攜手。取自<https://tsinghuasteam.org/2020/08/02/%e5%9f%ba%e9%9a%86%e5%b8%82%e6%95%99%e8%82%b2%e8%99%95%e3%80%81%e6%b8%85%e8%8f%af%e5%a4%a7%e5%ad%b8%e6%94%9c%e6%89%8b%e7%99%bc%e5%b1%95steam%e6%95%99%e8%82%b2/>

- 羅希哲、蔡慧音、陳錦慧、詹為淵（2015）。STEM。國立高雄師範大學學報，39，63-84。

- American Institutes for Research. (2016). *STEM 2026: A vision for innovation in STEM education*. Retrieved from <http://www.air.org/system/files/downloads/report/STEM-2026-Vision-for-Innovation-September-2016.pdf>

- Burton, J., Horowitz, R., & Abeles, H. (2000). Learning in and through the arts: The question of transfer. *Studies in Art Education*, 41(3), 228-257.

- Castelli, D. M., Hillman, C. H., Buck, S. M., & Erwin, H. E. (2007). Physical fitness and academic achievement in third- and fifth-grade students. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 29(2), 239-252.

- Clarke, B., & Button, C. (2011). Sustainability transdisciplinary education model: Interface of arts, science, and community (STEM). *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 12(1), 41-54.

- Connor, K., A., Ferri, B., & Meehan, K. (2013). *Models of Mobile Hands-On STEM Education Models of Mobile Hands-On STEM Education*. 120th ASEE Annual Conference & Exposition.

- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 104-120.

- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. A. (Eds.). (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington, DC: National Academies Press.

- Karpyn, A. E. (2003). *School technology use and achievement on statewide assessment: Is there a relationship?* Unpublished doctoral dissertation, University of Pennsylvania.

- KOFAC (2015). *STEAM for future talent*. Seoul: Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity.

- Lampert, N. (2006). Critical thinking dispositions as an outcome of art education.

Studies in Art Education, 31, 215-228.

- Lesh, R., Post, T. & Behr. (1987). *Representations and translations among representations in mathematics learning and problem solving. Problem of representation in teaching and learning of mathematics*. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum.

- Li, Y., Schoenfeld, A.H., Graesser, A.C., Benson, L.C., English, L.D., & Duschl, R.A. (2019). Design and design thinking in STEM education. *Journal for STEM Education Research*, 2, 93-104.

- Mataric, M., Koenig, N., & Feil-Seifer, D. (2007). *Materials for Enabling Hands-On Robotics and STEM Education. AAAI Spring Symposium on Robots and Robot Venues: Resources for AI Education*. Stanford, CA.

- Psycharis, S. (2013). Examining the effect of the computational models on learning performance, scientific reasoning, epistemic beliefs and argumentation: An implication for the STEM agenda. *Computers & Education*, 68, 253–265.

- Reed, D. S. (2003). Systemic technology infusion: Effects on teachers and students (Doctoral dissertation, University of Virginia, 2003). *Dissertation Abstracts International*, 64(1), 119.

- Senator the Hon Simon Birmingham (2017). *New initiative to enhance STEM leaders in our schools*. Retrieved from <https://ministers.education.gov.au/birmingham/new-initiative-enhance-stem-leaders-our-schools>

- Wang, T. H., Lim, K. Y. T., Lavonen, J. & Clark-Wilson, A. (2019). Maker-Centred Science and Mathematics Education: Lenses, Scales and Contexts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17, 1-11.

- White House (2016). *Computer Science for All*. Retrieved from <https://www.whitehouse.gov/blog/2016/01/30/computer-science-all>

