

新興科技的跨域創新與社會影響

岳修平*

一、跨域學習：從基本能力到多元素養

網路與資通訊科技發展，不僅持續改變人們的生活與職場行為，同時也加速了全球化的進展，各種商業模式也隨之大幅變動。當世界趨向無國界，並且強調永續發展時，快速與多樣化的產業創新、經濟發展與社會變遷等，都使得各國政府需要重新定位人才之需求，同時也需要建構有關學校教育與產業人力發展的創新思維。聯合國組織於 2015 年歷史高峰會討論轉化世界所訂定的 17 個永續發展目標，並於 2016 年討論時程規劃；其中第四個為教育目標，內容為：「確保為所有人開展包容性和優質教育，並促進終身學習」，而第四項子目標 (4.4) 特別強調「到 2030 年將達成大幅增加具有相關技能，包括技術和職業技能、就業、適才適用的工作，以及創業等能力之青少年與成人人數的目標」(United Nations, 2016)。為此，聯合國統計委員會於 2016 年的會議中也進一步訂定檢核指標，為：「青少年與成人具備資通訊科技 (ICT) 技能與各類能力的比例」(UN Statistical Commission, 2016)。由此可見，資通訊科技與人類永續社會發展密不可分，也是促進人們生活與職涯發展之基本素養與重要技能。

因此，產業界對於 21 世紀人才之職能更有急迫的進階需求，過去許多專家都曾提出他們所認為的創新人才應具備的能力；如 Porter (2016) 曾羅列了 11 種 21 世紀人才需要具備的重要技能，或是 Binkley 等人 (2012) 提出的 21 世紀人才 10 種關鍵能力，都可看出當前產業對於創新人才的需求，且都有共通的職能需求，也就是創造力、溝通力、資訊力、敘事力，以及跨領域整合能力。

2016 年世界經濟論壇 (WEF, 2016)，發表了工作大未來報告 (The Future of Jobs) 即指出，現在所需的人才，有許多在十年前並不存在，十年後所需的人才可能於現在也難以預測。該報告強調未來最需求的技能是解決複雜問題的能力 (complex problem-solving skill)，也就是在複雜的真實情境下，能夠解決新奇

* 國立臺灣大學生物產業傳播暨發展學系／心理學系／師資培育中心特聘教授、國立臺灣大學人工智慧暨機器人研究中心研究員

(novel) 或難以定義 (ill-defined) 的問題。為提升人才就業競爭力，事實上，觀察目前很熱門的職位，像是資料科學家、AI 分析師、網路社群管理師等，都是因應新科技與社會變遷而出現的新的職務角色，而這些角色的共同特性就是他們都需要很強的跨界整合能力。

如前所述，跨領域學習與合作能力已是 21 世紀教育與人力發展最重要的關鍵能力之一，然而文獻研究對於所謂「跨領域」概念的定義、甚至國內學者在翻譯不同或多領域之間的合作或整合時，多半解讀為跨領域，但卻有各自的理解。對於跨領域，雖然通常從傳統廣義的跨領域合作 (cross-disciplinary collaboration) 概念出發，意指來自不同領域成員之互相合作；但事實上過去國外學者曾對於領域涵蓋性、合作型態或整合觀點，提出不同定義與概念。筆者曾經整理提出四類型的跨域學習觀，包括：多領域學習、整合之跨領域學習、跨領域學習、跨領域合作學習等 (岳修平, 2021)。而如何真正能夠跨域合作，並達成跨域創新，這不只是在學生的學習中需要被培養的能力，事實上在當前強調跨域研究的趨勢下，也是許多研究者正面臨的挑戰與需要投入努力的歷程。

跨領域團隊成員通常各自攜帶不同的專業領域知識、經驗和觀點，對彼此領域從陌生、開始認識、到能夠有效溝通，需要一些磨合和相互學習的歷程。尤其研究團隊更有研究成果或研發產出的壓力，要從合作到創新，需要更多的溝通理解與學習。因此，從基本的跨領域學習技能，到能夠辨識跨領域觀點，以至從自身出發的主動反思行為，需要在合作歷程中逐步累積經驗，從能力到養成一種跨領域基本素養，以利後續的跨域創新實踐 (岳修平, 2019)。

二、跨域思維：新興科技的跨領域研究與社會意涵

新興科技之研發、應用與社會影響，不只受到人社學者的關注，事實上在國際工程技術領域中，也越來越強調科技的社會意涵 (implication)。新興科技與人類社會發展息息相關，科技研發的本質與目的是為了帶來社會的進步，提升人們的生活品質，破除國界與各項邊界之限制，幫助人類互相溝通、理解與社會互動。然而，科技亦可能帶來負面的社會影響，包括不當使用造成人們的負向行為、隱私侵犯、健康減損、社會威脅或不平等，因此需要更多的研究發展，來確保新興科技與人類社會發展之正向關係。觀諸當前熱門的人工智慧 (AI) 技術，已於生活中各種科技介入之產品與服務中被普及應用，雖然 AI 仍有其一定的限制，但已然成為各專業領域學者專家願意跨領域積極研討與合作的新興議題。

而前述之人工智慧技術，事實上表現在各類的新興科技整合中，如：軍事科技、能源科技、資通訊科技、無障礙科技、行動科技與普及運算 (Mobile and Pervasive Computing)、社會運算 (Social Computing)、穿戴運算 (Wearable Computing)、機器人 (Robot)、無人機系統與車輛 (Unmanned Aerial Systems and Vehicles)、生醫工程 (Biomedical Engineering)、與幫助未來醫療中的重要奈米科技 (Nanotechnology)、微電路 (Micro-circuitry) 與仿生學 (Bionics) 之前瞻技術，以及腦機介面 (Brain-Computer Interface) 等 (Stephan et al., 2012)。而這當中的跨域觀點，更需要本於科學基礎、思考對人類社會的幫助，設計能應用於前述社會情境中，對於人類行為改變與社會發展之研究，並強調發揮科技的極大化效益。

早期科技研發與應用，經常被區分為專屬於工程技術領域的專業，而人類社會採用科技的相關影響，尤其是科技是否影響人們的心理、行為、或對社會發展整體的影響，則是被區分為人文社會科學領域的研究專業。隨著科技發展的典範轉移，以及跨領域創新的思維改變，這當中的界線已逐漸模糊。在跨領域團隊的參與下，若能夠主動在研發過程即充分考量其社會意涵，則在研發的歷程中，不需要等到完成科技產品或原型，到市場後才開始檢驗其適用性，或者對社會中相關團體或利害關係人 (stakeholder) 的影響，甚至是對社會的衝擊，而能在研發的早期，或者歷程中，不斷交互檢驗，能夠更有效率產出對於人們更適用的產品，或是符合產業需求、對社會有益的研發成果。

三、從單線到全面：以「社會機器人」之跨領域研究為例

早期人們對機器人 (Robot) 多半從卡通、漫畫、科幻小說、或是電影中建立印象，無論是可愛的、恐怖的、機械造型、動物造型或擬人化的型態，這些機器人與人們的關係，感覺較為遙遠。而隨著科技發展，機器人已經從前述的虛擬情境走入了我們的日常生活，常見的工業機器人 (Industrial Robots) 之外，有許多服務型機器人 (Service Robots) 或社會機器人 (Social Robots) 也出現在商場、醫院、介護機構、學校、甚至家庭中 (Yueh et al., 2020)。

而機器人領域的研究，從早期的機器人學 (Robotics)，強調物理上的機器人和這樣的機器人如何操控物理世界，包含導航型 (Navigation) 和操縱型 (Manipulation)，主要作為工業用途，幫助生產線的效能甚至取代人類勞工。而另一個新興發展則是強調互動型 (Interaction) 的機器人，強調機器人和人類在

社會世界中的互動，因此由跨領域學者，如機器人學、人工智慧、科技哲學、心理學、人類學、社會學、藝術與設計等不同領域合作，發展出人與機器人互動／人機互動 (Human-Robot Interaction, HRI) 領域。

傳統上，機器人和人類的互動很少，只能完成一些簡單的工作，例如自動化的掃地機器人；而作為複雜工具來使用的機器人，往往都由人類在遠端操控。而 HRI 基於工程技術、設計，以及心理學情感、社會認知等理論基礎，期待的是能夠讓人類把機器人視為一個社會存在 (social presence)，進而和機器人合作完成任務，甚至能發展體現式的認知經驗 (Yueh, 2021)。因此，HRI 是一個跨領域且為問題導向的領域，如何突破各項挑戰，讓科學家、工程師、設計師可以有效溝通，合作創新，如何將社會機器人被期待的社會角色和承擔的文化意涵，可在研發的過程中具體實現，非常需要研發團隊發揮跨域創新的能力。

四、跨域合作模式：融合與創新

根據過去的研究與觀察，新興科技之研發團隊可以歸納為如下之不同的跨域合作模式 (岳修平, 2019)。

(一) 由工程學者主導，但主動邀請人社學者參與部分研究諮詢

此模式主要因技術能力考量，科技研發主要由工程團隊負責，為了能有更多社會情境的適應性，或是為了順利進行場域測試，可能會邀請人社學者在不同階段提供意見。以機器人研發為例，如工程團隊希望研發在辦公室、商場或家庭用的服務機器人，工程師先參考相關機器人產品，設計原型，並請心理學、社會學、設計專家等，分別針對場域需求或人類行為特色等提供意見，作為研發設計與修正改善之參考。

(二) 由人社學者主導，工程學者支援技術研發

此模式主要源於人社領域在特定應用情境的需求，因此由人社學者提出概念及使用需求，轉化為技術需求，再委由工程團隊協助研發。如教育學者或醫護社工學者，希望解決學校教師、圖書館員、照護機構與人員對於採用社會機器人作為各場域服務對象的輔助及陪伴，可能先進行場域需求調查，提出機器人功能、造型與服務表現的各種需求，再與工程團隊討論，獲得設計開發階段的支援，完成研發或是導入現有機器人等採用決定。

(三) 人社學者與工程學者共同參與組成研發團隊

過去相關專案研究計畫中常鼓勵學者組成跨領域團隊，尤其跨人文社會科學與工程等領域，希望能促成所謂人文與科技之融合與創新。此模式主要讓不同領域學者一個平等的合作位階，在研發的過程中共同研討並訂定研究流程，參與各階段的研發歷程。以前述兩種服務／社會機器人專案為例，若團隊在初始階段即以共同主導的合作模式進行，則能在各階段都能共同規劃設計，從需求探索、設計、研發、測試等，除了軟硬體功能外，更能專注於如 HRI 互動等的細節。雖然仍然會有人文社會科學研究與工程技術研發的專業分工，但在此合作模式下，將可分享知識結構與方法派典，找出有效的溝通模式，發揮加乘效果，針對問題提出更有效益的解決方案。

(四) 使用者中心或參與式設計取向

此模式除了包含多面向多領域的專家參與，進一步採用使用者中心設計或參與式設計取向，邀請使用者參與在科技研發的歷程，並有重要的角色發揮。因此，在此模式中，通常或有擔任類似轉譯者的使用經驗研究者來促進跨領域的研發溝通，並能促進使用者中心及參與式設計等模式的進行。以社會機器人研發為例，通常無法忽略目標使用者，包括直接使用者、間接使用者等。若能在研究過程中，越早納入使用者或參與者，將可幫助發現使用者於設定情境中，對於機器人的期待、使用行為、偏好，而能設計更適用的理想互動模式。

承上，無論採用哪一種模式，跨領域研發團隊成員都應從具備各領域之專業觀點，在合作歷程中辨識及學習各領域知識之觀點，進而逐步融合多領域觀點；如此除了可一面幫助成員對於共同研究問題之延伸擴展的分析，也能整合分立觀點，促進達成跨領域整合之合作目的。

另一方面，除了要確保做到可以有效與人類進行社會互動的機器人設計，以及是否能夠在情境中適當表現之外，機器人進入人類生活中，雖然期待帶來人類福祉的促進，但也可能會衍生許多挑戰人類社會價值體系與倫理道德等問題或狀況，這也是當前人工智慧與機器人研究領域經常討論的熱門議題，事實上，也是另一個延伸的跨領域研究主題。回到機器人的設計階段，作為人類的機器人設計工程師，必然得預先想到後續可能衍生的各種問題。好比機器人的國防軍事應用、商業智慧應用、或是生活應用中也可能衍生的道德兩難與法律等議題，如何在跨領域的參與和對話中，共同尋找最佳解決方案，促進達成跨領域創新的目標，有待更多有興趣的學者專家共同參與。

參考文獻

- 岳修平 (2019)。「跨域創新與實踐」, 國立臺灣大學生物產業機電學系專題演講。
- 岳修平 (2021)。「跨領域數位敘事心智工具發展之研究」, 科技部專題研究計畫成果發表會。
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., & Rumble, M. (2012). Defining twenty-first century skills. In P. Griffin, B. McGaw & E. Care (Eds.), *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 17-66). Dordrecht: Springer.
- Porter, B. (2016). *Digital Storytelling Across the Curriculum*. Retrieved from http://www.thecreativeeducator.com/v05/articles/Digital_Storytelling_Across_the_Curriculum
- Stephan, K.D. Michael, K., Michael, M.G., Jacob, L., & Anesta, E.P. (2012). Social implications of technology: The past, the present, and the future. In *Proceedings of the IEEE*, vol. 100, no. Special Centennial Issue, pp. 1752-1781.
- United Nations. (2016). *Sustainable development goals: 17 Goals to transform our world*. Retrieved from <http://www.un.org/sustainabledevelopment/>
- UN Statistical Commission. (2016). *Report of the Inter-agency and Expert Group on Sustainable Development Goal Indicators (Revised)*. Retrieved from <http://unstats.un.org/unsd/statcom/47th-session/documents/2016-2-IAEG-SDGs-Rev1-E.pdf>
- World Economic Forum. (2016). *The future of jobs*. Retrieved from <http://reports.weforum.org/future-of-jobs-2016/>
- Yueh, H-P., Lin, W., Wang, S.C., & Fu, L.C. (2020). Reading with robot and human companions: A comparison study. *British Journal of Educational Technology*, 51(5), 1884-1900.
- Yueh, H-P. (2021). Reshaping Learning Experience with Robot. Invited Speech at The 4th Tohoku-NTU Symposium on Interdisciplinary AI and Human Studies, 12-13 March, 2021.