

五、社會 5.0 時代的食品供應鏈

李皇照¹

摘要

農產食品產銷系統與食品供應鏈的結構和運營模式，隨著貿易自由化與全球化之推動，擴大了食品供應範圍和選擇，而發生重大變化。拓展國際貿易活動，延伸了食品供應鏈途徑，然而有關食品來源、種植方法、收穫、加工與勞動條件，可持續性等層面，其透明度與信任度都會隨之降低。雖然食品供應鏈可受益於快速精進的技術創新，但食品品質、食品欺詐、食品安全、以及可持續性等，相關事件和危機仍層出不窮，屢見發生。欲克服當前食品系統面臨之挑戰，需要對社會與糧食系統，進行整體全方位的重構，聯合國提出的可持續發展目標(SDGs)，為合作和協調提供一套總體架構；日本政府考量以人為本、技術驅動的未來願景，提出“社會 5.0”。為應對社會 5.0 願景的演變，以及實現 SDGs，食品供應鏈體系需要重新設計，藉助多方利益相關者共同努力，制訂和推展數位化戰略。

關鍵詞：社會 5.0、可持續發展目標 (SDGs)、食品供應鏈、數位化技術

¹ 國立中興大學行銷系退休教授

前言

2015年9月聯合國所有會員國，通過2030年可持續發展議程，並在全球夥伴關係中，制定17項可持續發展目標(SDGs)。聯合國會員國皆承諾，SDGs是所有國家都將與之合作的普遍目標，並在全球貫徹落實，不讓任何人掉隊。隨著世界人口不斷增長，擔憂糧食供應的壓力日益提高，“零飢餓”被確定為SDGs的目標2，面對艱難情勢的演變，發展可持續農業生產和穩定糧食供應，乃是迫切需要的可行解決途徑。

世界上許多農業生產區域，由於氣候變化、蟲害造成生產不穩定，以及收穫、儲存和分配過程中的損失，難以實現可持續生產和穩定的糧食供應。更由於缺乏準確的需求預測，生產過剩導致從儲存、加工、運輸到消費的價值鏈上的糧食損失，以及由於商業行為造成的食品處置失當，仍然是當前急待解決之糧食供應鏈問題。此外，農業勞動力人口減少，包括加工、運輸、銷售在內的整個食品價值鏈活動，也都面臨勞動力短缺窘境，農業和食品產業需要提高生產力，提昇效率，減少損失，乃刻不容緩。

日本內閣府科學技術創新委員會(CSTI)於2016年1月制定的2016年至2020年5年日本科學技術創新基本政策，這次(第五次)科技基本規劃，將產業結構和社會系統的未來願景定義為“超級智能社會：社會5.0”(“Super smart society: Society 5.0”)，其涵蓋許多經濟和社會議題，都與聯合國的可持續發展目標一致。邁向社會5.0目標發展與情勢演變，將對建構未來食品系統和食品供應鏈(Food Supply Chain, FSC)產生影響。考慮技術的快速精進，以及建立智能化FSC的需求，採用數位技術和人類創造力驅動的融合創新(CI)模式，作為公、私部門價值創造界面的解決方案，也許有助於創建更可持續食物生態系統。

社會 5.0

社會5.0概念的最初構想，是日本在建立一個超智能、高科技支持社會時所提出，被定義為基於數位技術，持續滲透到所有人類存在領域，而形成一個新的社會生態系統。社會5.0是建立在社會4.0的訊息社會之上，旨在實現以人為本的繁榮社會，它是日益數位化和現代化時代，一個工業和社會基礎設施。社會5.0的概念與始於德國“工業4.0”、美國“工業互聯網”、“中國製造2025”的工業革命階段，以及全球範圍內的“智慧城市”等努力，具有某些相似處。然而，社會5.0有更全面的願景，超逾工業4.0純技術驅動階段的想法，它以人為中心，考慮整個社會；社會5.0願景認識到全球趨勢，考慮到技術驅動變革的快速步伐，數據生成的空前爆炸，並承認一個努力與時俱進的社會”。圖5-1列示涵蓋並區分社會進化和工業革命階段。



是一個以人為中心的社會，利用近年創新發展的 ICT 和數位技術，通過高度整合網絡空間和實體空間的系統，平衡經濟發展和社會問題的解決，如圖 5-2 所示。日本在《科技基本計劃》中，以往只提出以科技解決社會問題為目標，但從這次(第五版)開始納入“經濟發展”和“解決社會問題”要兼顧，以及研究機構和大學，將在全國範圍內推動與產業緊密合作，以實現社會 5.0。

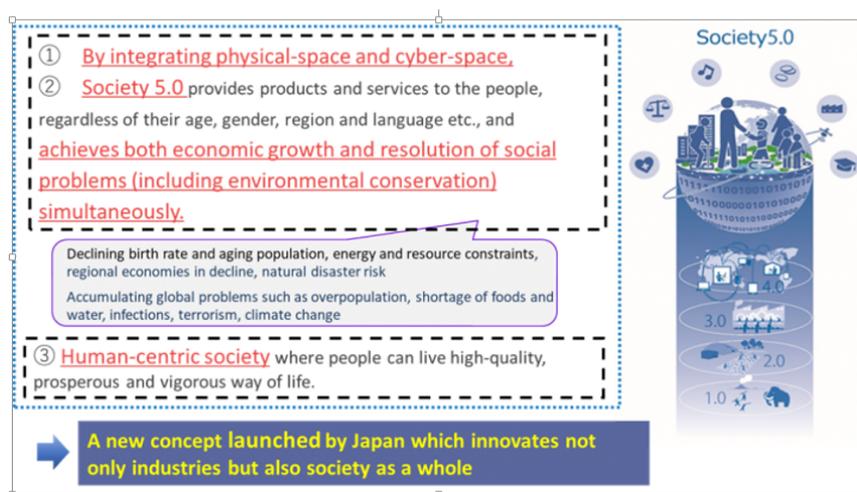


圖 5-2 日本社會 5.0 之概念

聯合國2030議程以可持續發展目標(Sustainable Development Goals, SDGs)為核心，如圖5-3所示，旨在創造包容性的社會經濟轉型，其綜合願景包括：經濟繁榮、環境可持續，和涵蓋消除貧困在內的社會改革，其內容與日本的社會 5.0願景一樣。聯合國制定可持續發展目標，實現一個“全人類都能享受繁榮和充實的生活，經濟、社會和技術進步，與自然和諧相處”的新世界(聯合國，2020)。



圖 5-3 聯合國可持續發展目標(SDGs)

SDGs 一些指標都關注增加，和促進更可持續的糧食生產，使社會能夠克服特定糧食系統之挑戰，例如糧食足量性、食品安全，和食品營養。不安全食品對社會的總經濟負擔，雖然尚不完全清楚，但世界銀行一項研究(2018)估計，食源性疾病，在低收入和中等收入經濟體，每年造成 1,100 億美元的損失。食物與我們社會的方方面面息息相關，BildtgÅrd (2008) 認為文化、傳統和地理位置，在歷史上將社區聯繫在一起，並“形塑成吃什麼、什麼時候吃、如何準備”，然而這種親密關係，也帶來社會風險，特別是食源性疾病帶來的風險，在整個歷史中，體現為人類、食物和伴侶動物的輕或重度疾病，和死亡率。儘管食源性疾病和死亡的數據，存在嚴重漏報，但世界衛生組織(WHO) 2015 年指出，2010 年 31 種全球危害(例如食源性疾病)導致 6 億人患食源性疾病，和 42 萬人死亡。此外，經常被社交媒體放大，而反復出現的食品安全事件、食品欺詐醜聞，和道德淪喪等事件，也共同削弱人民對食品系統的信任。重要的是糧食系統會顯著影響經濟狀況，並衝擊地球健康，若要為不確定的未來做好準備，必須採用跨學科方法，融合創新模式，來實現 SDGs 目標，使食品供應鏈實現適當的數位化，並與社會 5.0 的願景，以及聯合國可持續發展目標保持一致，共同打造一個靈活的未來全球糧食系統，達成確保糧食安全、消除貧困，和地球可持續發展。

社會5.0基於先進服務平台，著手創建一個共通社會基礎設施，日本國家農業和食品研究組織(the Japanese National Agricultural and Food Research Organization, NRO)通過創建從育種，到種植、收穫、儲存、加工、配銷、消費和減少食物浪費，致力於建構一個具“韌性且敏捷的食品生態系統”(SPHSIT, 2019)。NRO 說明智能食物鏈及其生態系統概念，利用進步技術，來降低風險，敏捷且迅速回應，當前 FSC 面臨的挑戰，包括全球人口快速增長、迅速

城市化、老齡化社會，和相關之不確定性氣候變化。隨著 FSC 日益全球化，社會5.0為食品組織，提供釋放新技術全部潛力的若干機會，例如藉助應用人工智能技術，將有可能結合分析，日益複雜的異質性數據，並就過敏原、營養、食品成分、零售店庫存，和市場等關鍵食品相關問題，萃取出可行動的隱性洞悉條件。在規劃未來 FSC 時，利益相關者(如: 政策制定者、食品產業、技術提供者、非政府組織, NGOs) 必須考慮發展以人為本的社會，平衡糧食生態系統之經濟層面，與人類健康、可持續性、營養和糧食安全的未來需求。社會5.0將 FSC，擴展到傳統生產/供應，和消費/需求的界限之外。就概念而言，它涵蓋整個食品生態系統，以促進新產品開發和(重新)配方，達成改善人類健康。例如，世衛組織的歐盟(EU)成員國，於2013年制定“關於營養和非傳染性疾病的維也納宣言”，以解決與不健康飲食相關的非傳染性疾病(NCD)之高額負擔(世衛組織，2015)。維也納宣言一個重要組成部分，即是在歐盟成員國家中，創建和採用標準營養成分模型(standard nutrient profile model)。

食品供應鏈的技術推動力

世界經濟論壇(the World Economic Forum，WEF，2019)指出“食物在人類社會中發揮著核心作用，對人類和地球福祉至關重要，然而要滿足包容、高效、可持續、營養和健康的食品系統願望，需要進行根本性的轉變。”；WEF也認為，應用現代資訊技術是推動 FSC 發展的關鍵驅動力，尤其是食品可追溯性。因此，數位化轉型將對全球農產業產生重大影響，並創造新的發展機會。設想一套未來商業驅動的數據架構，涵蓋整個農產食品生態系統，在這種情境下，小農持有數位設備，其中包含多個農場產銷技術，以及基於雲端服務商提供的訊息饋送和警報(例如: 天氣、市場定價、雨前，或霜凍前收穫的警報)。本質上，小農擁有一套手持決策支持系統，可以使技術民主化，並使其可負擔得起，且可運用。從移動工具，到農場設備/設施、車輛，和農場動物上的物聯網(IoT)設備，FSC 被廣泛部署具變革性和潛在創新的技術。圖 5-4 彙整幾種可能之技術推動力，也許未見完備，支持 FSC 邁向實現社會 5.0 願景，和聯合國可持續發展目標，概略敘述說明於下：

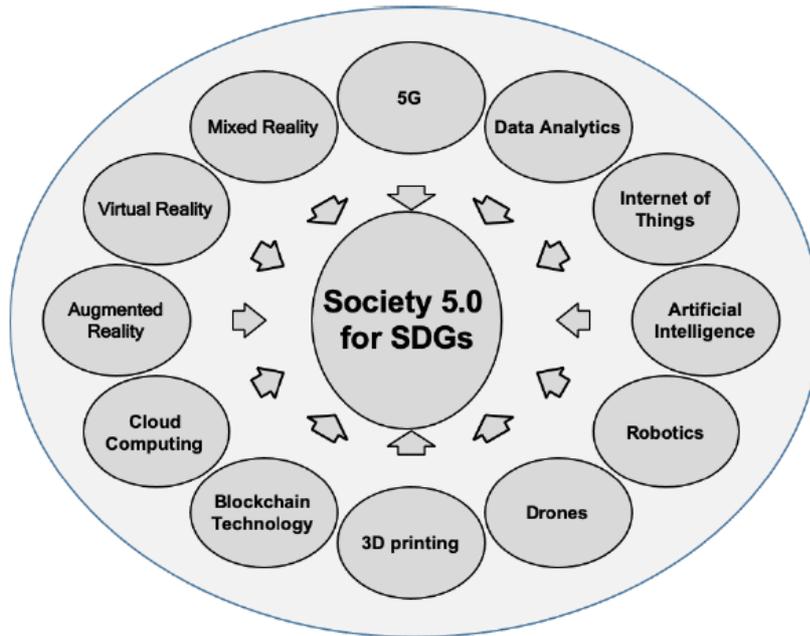


圖 5-4 社會 5.0 和 SDGs 的技術推動力

數據分析

FSC 和其他許多經濟部門的技術，皆以前所未有的速度生成數據。數據量呈現指數方式增加，累積形成所謂“大數據”(Big Data)。Subudhi 等人(2019)定義為“異質化數據集蓬勃發展價值的整合體，這些數據集巨量而且複雜，使用現有的數據庫管理工具處理，變得困難。收集、構建和分析這些數據的過程，稱為大數據分析”。就概念而言，社會 5.0 強調需要藉助先進的分析和預測工具，來分析與氣象條件、作物生長、行銷情勢，以及食品趨勢，以及需求相關的各種數據和信息，從而在 FSC 中創造新價值。此外，數據可以通過為食品生產商，提供識別新興市場，和預測消費者需求的能力，例如健康和環境可持續食品之需求潛力，支持 FSC 適應全球化的市場條件。這意謂企業組織可以使用技術，藉由迅速提供適合消費者個人喜好的食品，使 FSC 能夠更好地回應市場需求脈動和變化。更進一步，若增加對相關數據和信息的運用，將使食物生態系統也能夠識別和解決食物浪費問題，開發出更有效的 FSC 運營管理模式。將預測分析應用於整合數據系統，亦可優化食品品質、食品安全和食品保障。因此，應用先進數據分析和預測工具，將成為社會 5.0 和 SDGs 食品目標的重要推動力，並為食物生態系統中的所有參與者，提供經濟性和社會性價值。

物聯網

物聯網(IoT)已然成為全球信息和通信技術(ICT)產業的一個關鍵領域，物聯

網代表一種新興的通信範式，各種設備在單一架構內共享數據，或表現為單獨的參與者。在工廠生產層面，IoT 設備協助生產線流程可視化，以及運營績效，並提供預測性、預防性之維護警報；在農場層面，廣泛使用訊息和通信技術，概念化為精準農業，利用眾多傳感器和 IoT 設備，來改進對作物、牲畜和物質資源的監控，以優化農場經濟、社會和環境之管理績效，例如，在農場中實施應用 IoT 傳感器，監測天氣變化，以及土壤、作物和牲畜的健康狀況。

物聯網有助開發更高效、數據驅動的 FSC，改善糧食生產，滿足世界人口日益增長的需求。通過改善對數據的實時運用，使用 IoT 可幫助提高供應鏈的可見性和決策制定，有助 FSC 參與者間的溝通、協調和合作。為了平衡全球 FSC 供需，可以利用 IoT 傳感器，和其他信息與通信技術(ICT)，監測食品品質、食品安全和食品保障。因此，IoT 可能提高 FSC 的敏捷性，實時生成的大量數據，可以運用先進預測分析，進行分析探索，使食品供應鏈組織能夠識別供應鏈之潛匿弱點，並引入主動改進措施。此外，IoT 應用於 FSC，有助於新鮮農產品維持品質，確保符合食品安全標準，從而減少食品浪費，俾利維護食品安全。然而 IoT 應用於農場和廣泛的 FSC 途程，要確保跨專有設備部署的 IoT 設備安全性、整合性和互操作性，仍然存在挑戰，必須解決這些問題，才能確保應用 IoT 可以顯現出全部價值。世界經濟論壇(2019)關於食品可追溯性的一份報告指出，食品產業應用傳感技術，在保持食品品質、食品安全，和實現可追溯性等方面，可以將食品浪費減少 5%~7%。因此，IoT 設備可以提高 FSC 的全球生產力，加快實現社會 5.0 和全球糧食安全，以及 SDGs 的進程。

人工智能

人工智能(AI)近年來發展迅速，影響諸多產業的發展，當然也包括食品供應鏈。人工智能有可能讓農產食品生產更具效率，並能抵禦氣候的不確定性。例如，人工智能工具為農民提供不同作物共生種植、預測問題，並通過機器人技術，採取適當預防，或糾正措施的潛力。世界經濟論壇(2019)認為：運用人工智能協助流程自動化，智能食品生產，以及整合可互操作性，來提高 FSC 的運營效率。人工智能的出現，將使農產食品的產、製、銷之場域中，任務活動執行發生重大重組，人類重複性和常規性之任務執行將被取代，可為人創造新的機會，讓人專注於創造價值的活動。

人工智能支持與耕作、土地分配、灌溉過程監測和控制，以及機器人引導相關的農業活動。同樣，AI 工具和技術可以通過使用傳感器生成的實時數據，和使用機器學習算法，提供預測能力，來改善 FSC 活動和營運管理。機器學習是人工智能的一種應用，它涉及計算機學習，如何通過數據，以自主方式，像人類一樣思考和行動。機器學習的一個相關應用領域，也是 FSC 最關心的

問題之一，是它可以幫助優化供應鏈途程的車輛路線安排，降低運輸成本。機器學習在 FSC 中有多種應用，其中包括預測客戶需求，提高客戶保留率，以及預測產品需求，作為供應管理之依據。通過 AI 促進 FSC 發展，不但有可能成為實現社會 5.0 的推力，實現新價值之機會，同時也可賦予 FSC 參與者，適應動態可持續全球糧食系統之能力。

機器人技術

機器人技術包含一系列關鍵科技，這些技術可為食品生態系統內的自動化帶來新機遇，並支持邁向社會 5.0，和實現可持續發展目標發揮效能。在 FSC 中，機器人可以執行重複性的任務，同時簡化整個食品製造過程中，處理、貼標籤、移動和追蹤等活動，提高其可見性，並採取干預措施，防止食品安全問題發生。此外，使用協作機器人，或“cobots”，亦有助於 FSC 內作業的人類活動，例如舉起或移動沉重的大型物件/容器。將這種機器人轉化技術，進一步導入 FSC，可以優化作業活動，例如檢查和監測土壤條件、飼養/耕作(餵食和除草)、運用無人駕駛車進行自動化收割，以及快速回應不斷變化的條件。結合機器人技術與人工智能，使 FSC 具有更高水準的靈活性，有助於提高生產力，以及實現以往依賴人類特定任務的自動化。其他可能的生產力提升，包括：識別和消除目前易受人為錯誤影響的食品製造途程中危害，以及優化食品生產的定性和定量活動。聯合國(2020)指出在全球糧食系統中，採用機器人技術和自動化，將顯著提高作業效率，並顯著促進社會 5.0 的未來需求，以及在生產力、可持續性，和適應氣候變化，與極端天氣條件的能力方面，實現可持續發展目標。

無人機技術

聯合國糧農組織(2018)指出，農業和漁業中的無人機技術部署，處於起步階段，但發展速度很快，他們認為“在農業，要獲取可操作的實時品質數據方面，無人機和聯結分析，具有支持和解決人類面臨一些最緊迫問題的巨大潛力。”從技術角度來看，無人機代表多種類型的無人機器載具，它們是遙控或自主的，可在陸地(如自主農用設備)、空中(如固定翼、多旋翼，或四軸飛行器)，在水上或水下。FSC 可以嘗試運用該類技術，探索概念應用案例，例如從偏遠農場採集作物樣本，進行實驗室測試。無人機在 FSC 已有實際應用成果，從監測大面積牲畜運動，到供應鏈配送和零售的運營效率。例如，Wal-Mart 使用無人機，將其倉庫庫存從三十天減少到一天，由於倉庫成本平均佔供應鏈總成本的30%，因此運營效率提昇非常顯著。在漁業部門，聯合國糧農組織(2018)指出，一些政府正在使用無人機，監測受保護水域的非法捕魚，而在農場，無人機提供“農業的天空之眼”(eye in the sky for agriculture)，使農民能夠自動收集

數據，並實時監測他們的作物。

同樣，陸地和空中無人機可以有效地替人類進行耗時的活動，如播種和除草作業，以及免除人類接觸化學肥料和農藥噴灑，可能帶來健康和安全的風險的活動。遠程數據收集有助於 FSC 參與者進行與減少災害風險之作物管理、精準農業、產量預測，和環境可持續性相關的決策過程。當 FSC 利益相關者能夠實時獲取品質精確數據時，就可以為實現社會 5.0 和可持續發展目標，提供更有效的政策決策和實際干預措施。

3D 列印技術

3D 列印代表一種先進的生產自動化形式，包括連接材料，從 3D 模型數據中製造對象，通常是一層一層進行，而不是減材製造方法。雖然這項技術並不新鮮，但該技術的相關新應用是可期待的，並在社會 5.0 發展中發揮關鍵作用。3D 在研發中的效用和製造，有助促進產品設計的創造力，包括形狀、尺寸、內部結構，和口味，以及個性化的食品配方。因此，3D 列印提供食品設計、預製造的靈活性，可根據消費者要求和偏好，量身定制創新食品。3D 技術的新穎應用，通過製造具有複雜規格，和精緻質地的食品，可強化食品個性化趨勢，製造特定營養成分，並能提高消費者滿意度。FSC 可以依靠 3D 列印技術，設計富有吸引力的食品包裝，並能最大程度地減少浪費，以及減少食品處理和可能的污染風險。3D 列印的專有技術特徵，與社會 5.0 和可持續發展目標是一致性，因其植根於鼓勵可持續製造、消除浪費、減少包裝，以及提高作業安全。

區塊鏈技術

區塊鏈為一種數位化、去中心化，和分散式賬本，其中交易按時間順序記錄和添加，目標是創建永久防篡改紀錄”。區塊鏈被認為是一種通用技術，超越加密貨幣的原始技術基礎，更被視為 FSC 變革性和基礎性技術。它是一種技術、工具和方法的多重配置，可協助解決商務紛擾問題，是提高交易透明度，不可或缺的一種技術創新，可增加 FSC 參與成員間的相互信任。透明度和信任都是社會 5.0 概念中，至關重要的基本結構。信任乃社會基本運作的必要條件，被描述形容為“社會潤滑劑”，尤其社會處於不確定時期，例如發生食品相關危機時，至關重要。因此，區塊鏈可以通過交易夥伴間，不可變更之數據和信息的無縫交換，強化提高 FSC 透明度，以及促進建立成員相互間之信任。

零售商可以運用區塊鏈技術，管理各個商店中貨架之食品品質保障期，並應用額外的保障措施和工具，來確保食品安全可靠性；還可用於增強產品可追溯性，提高快速識別，和召回不安全產品的能力。例如，Wal-Mart 模擬芒果的產品安全召回，展示先進的可追溯性績效，將追溯和召回時間，從 7 天縮短到

2.2 秒的潛力。

食品供應鏈的全球化，對 FSC 在整個供應途程中，確保和保護食品和訊息的流動，帶來若干挑戰。然而，參與的成員公司在區塊鏈環境中運營，將能夠保持對 FSC 的實時可見性，快速識別數據來源，以及食品流通的實體路徑。區塊鏈應用結合其他技術(如：智能合約、物聯網、人工智能)、方法(如：分析科學)和工具(如：食品和包裝中防偽的隱性、顯性和鑑識安全特徵)，使 FSC 有更顯著的機遇，能以最佳和有效方式，協助解決與 FSC 相關的機會主義、可持續性、食品品質、食品安全、可靠性、原產地，和食品欺詐風險。區塊鏈技術的功能屬性，包括去中介化、高度數據安全性，和不變性，是未來全球 FSC 必須強化，且不可少的要項。區塊鏈可以降低線上交易的複雜性和成本，同時降低各種形式的交易風險，以及食品有關的犯罪，包括產品不當轉移和訛誤。聯合國(2020)指出在全球 FSC 活動中採用區塊鏈技術，有助於實現可持續發展目標，特別是與商品市場正常運作、促進及時獲取市場信息，以及簡化貿易程序有關的目標。世界經濟論壇(2019)指出，基於區塊鏈的可追溯性，可以減少糧食損失 1~2%。

雲端計算技術

雲端計算是一項成熟技術，可以幫助更快速、更高效地傳輸、存儲、處理和共享供應鏈訊息。在農產食品產業中，雲端計算代表一種驅動力，開發更敏捷的 FSC，使其可以主動因應品質和數量不可預測的食品供應變化。雲端計算也提供 FSC 交易夥伴多種功能，例如平行處理、資源虛擬化、數據安全，和高數據存儲容量等。FSC 獨特的商業環境愈來愈需要，基於雲端計算的虛擬基礎架構，來整合監控設施、存儲設備、分析工具、可視化平台，和客戶端傳遞等功能。雲端計算也可以強化冷鏈系統協作，從而加強對產品信息的共同控制，例如在供應鏈途程的溫度監測，提高易腐食品的遞送效率。雲端計算可以支持達成社會 5.0 願景，其願景旨在通過促進 FSC 的各種相互作業性情境，包括 FSC 交易夥伴間之實時協作和互動，加速數位化，驅動產品、價值鏈和商業模式的互相串聯。綜合評估，雲端計算是一種具有成本效益的工具，它使食品企業組織，能夠節省投資於實體信息技術(IT)基礎設施相關的成本。

擴增實境(AR)/虛擬實境(VR)/混合實境(MR)

擴增實境(Augmented Reality, AR) 是一種技術，其中真實和虛擬環境相結合，實時交互，並以三維(3D)呈現圖像。儘管社會 5.0 努力將實體和數位世界完全整合，AR 提供的機會，可以吸引 FSC 參與者採用這項技術。藉助 AR 技術可以保持對食品產製過程，掌握更多控制、更高的靈活性，和快速的學習

能力，來增強員工訓練程序。例如，在食品和飲料生產和加工廠，使用 AR 耳機可為生產線工人，提供所有必要的信息，確保正確準備或包裝食物。一項研究傳統課堂與視訊培訓方法之比較，結果發現基於 AR 的智能眼鏡，在餐飲服務人員的在職訓練效率提高 50%。AR 若融入各種愉悅為導向的功能，讓消費者在購買或消費食物時，增強其感官效果，是可以促進和創造享樂和互動體驗。在 FSC 中，AR 的好處，還包括提高食品加工的可視化、預防污染風險、促進食品培訓效益、增強食品行銷能力，以及優化食品物流(如倉儲活動)。

虛擬實境(Virtual Reality, VR)與 AR 不同，它的重點是創建一個模擬環境，讓用戶沈浸其中，並給人一種身臨其境的感覺。鑑於社會 5.0 需要可持續發展、食品足量供應和食品安全，VR 可以成為具前膽，推動行為改變的工具。VR 使食品研究人員和培訓老師，能夠運用在現實世界不可見的厭惡線索(如食品製備表面上的細菌污染)，來增強虛擬環境；VR 被視為是食品產業培訓，和改變與衛生相關行為干預措施的催化劑。FSC 推動 VR 應用於食品研發活動，VR 系統為研究人員提供一種身臨其境，且引人入勝的工具，用來檢查和操作食品的內部結構，從而產生新的製造實踐、食物商品，和客戶體驗。食品包裝是另一個受益於 VR 的潛在使用例子，特別是在可視化，和沈浸式體驗方面。VR 亦是一種具前景的技術，未來運用 VR 可能有助於了解消費者，於食物浪費行為模式的潛在驅動因素，例如，面對一盒過期牛奶，消費者可能顯現出強烈厭惡暗示，然而一袋過期白米，卻可能可以接受，因為認為它的風險較低。

混合實境(Mixed Reality, MR)與 VR 和 AR 相比，它吸引使用者融入到一種空間，對包含數位和真實標的，有更深刻體驗。MR 應用到 FSC 類似於使用 AR 的情境，然而，現實和虛擬的混合，可以幫助消費者瀏覽食品。在這方面 MR 使虛擬對象有更複雜、和多層次的精描。舉一個例子，消費者虛擬地伸出手，“拿起”一個食品包裝物件，把它翻轉過來，然後閱讀包裝四面八方的信息，從本質上講，它乃實體產品的完美孿生數位物。

5G

向社會 5.0 發展的轉變，和在 FSC 中實現可持續發展目標，需要一個能夠連通性的傳播，模糊數位和實體空間界限的電信網絡。5G 通信網絡的出現，可能會將連接成本，提昇到大多數 FSC 合作夥伴可承受之範圍。5G 代表下一代無線網絡，它將為用戶(任何人或任何事物)提供信息接近權限，以及隨時隨地共享數據的能力，5G 的部署不僅鞏固 FSC 現有的通信基礎設施；更可有效回應 FSC，在大容量、低延遲、可擴展性、敏捷性，以及對數據和媒體應用程序，和服務的普遍支持方面，日益增長的要求。5G 是 FSC 中使用多種技術的基礎層，例如物聯網(前所未有的數據生成)和網絡實體系統。採用 5G 將促進

和優化基於演算法的網絡管理、用於優化複雜業務目標的高端自動化功能、數據分析和大數據技術。5G 可以響應配合 AR、VR 和 MR 等沉浸式技術的要求，這些技術需要在超高速網絡，和高效能源消耗環境中運行。

由於 5G 的高速吞吐量和低延遲，還可以支持機器對機器間的通信，例如將自動導引車應用於食品物流操作。5G 網絡的先進技術能力，將提高 FSC 的連接程度，因為這種新興技術為數據吞吐量，提供前所未有的選擇。然而，FSC 與農村地區的連接，仍然是一個待克服的技術挑戰領域，5G 之應用也是如此，各種利益相關者都在從事研究和實驗，試圖尋求可行解決方案。例如，英國數位、文化、媒體和體育部，正支持一項名為“5G 農村綜合測試平台”的多方利益相關者計畫(詳見 <http://www.5grit.co.uk>)。此外，一些學者(如 Kota and Giambene,2019; Volk et al,2019)將重點研究無人機、衛星與 5G 網絡結合，將覆蓋範圍擴大，到服務不足和偏遠地區，以及火車、船舶、飛機和地面基站。

供應鏈營運參考架構中的定位技術

總體而言，通過達成聯合國 SDGs，實現社會 5.0 願景，是一項值得追求的目標，也對我們未來健康社會和地球至關重要。新興技術是社會 5.0 的關鍵推動因素，這顯現於我們通過社會、商業、和技術，提供創新的商業機會(產品、配銷、供應鏈和生態系統)和創新解決方案，來應對人類面臨之環境、健康、生產力，和資源配置等相關議題的嚴厲挑戰，並產生深遠的(和潛在的破壞性)影響。食品產業融合創新(Food Convergence Innovation, FCI)是一個相關架構，可在 FSC 中充分發揮數位化潛力，在邁向社會 5.0 的過程中，所有參與者都需要積極參與，並發揮領導作用，以實現聯合國可持續發展目標。

社會 5.0 中的食品供應鏈

供應鏈管理數位化需要新的策略管理方法，在整合新興技術的同時，實現 FSC 範圍內的 SDGs 目標。供應鏈營運參考模型(The supply chain operations reference (SCOR) Model)係供應鏈委員會開發，用於解決和改進供應鏈的策略管理決策，並將其傳達給關鍵之實參與者，如供應商和客戶等。圖 5-5 概述描繪有助於供應鏈五個領域的技術，這些領域是 SCOR 架構的重點。SCOR 模型協助分析供應鏈流程，並確定其發展的水準。於下說明 SCOR 方法的五個類別，供應鏈的所有流程都可以納歸為其中的某一類組，並指出一些關鍵先進技術，協助改進特定流程的活動：

- 計劃：這是供應鏈活動非常關鍵的階段，有助於平衡供需。它規劃供應鏈中要遵循的溝通方法，並概述業務規則和改進措施，以提高營運效率。機器學習可以運用智能演算法，幫助預測需求、供應和庫存。預測

分析可用於需求推估，方法是分析供應鏈活動數據，找出有助於預測未來銷售的模式。

- 來源：供應鏈在這一階段，涉及材料採購和整個供應商之基礎設施，包括庫存和供應商網絡管理。物聯網設備可以提供比人單獨作業，更有效的庫存管理系統。人工智能可以運用從供應商收集來的數據，幫助識別損壞的產品，以及供應鏈延遲的作業資訊；5G 將通過降低成本、延長壽命，和最小化電力需求，來幫助增加 IoT 設備使用效率。AR 設備可以協助改進篩選採購的原材料，因為可讓遠程用戶，能夠看到作業者執行活動之操作內容。
- 製造：FSC 在這一階段側重於製造和生產。AI 可用於預測性維護；IoT 可以幫助定位、跟踪，和識別製造單元中的故障區域；機器人和重複性任務的自動化，有助於提高產品品質；無人機可以提供許多實用程序，其中包括產品運輸；3D 列印有助降低生產成本，確保更短的交貨時間，並且更為環保；AR 和 VR 可以幫助改進，從設計和原型製作，到最終生產和組裝的全程階段。
- 交付：此階段包括訂單管理、倉儲，和運輸。IoT 可以幫助跟踪和驗證產品和貨物，從而預測最終交貨日期；無人機可用於將產品運輸到配送中心；機器學習可用於從 IoT 傳感器收集的數據，幫助進行模式識別，協助識別管理不善，以及改進機械、倉庫設備和運輸載具之維護。
- 退貨：此階段涉及供應鏈另一重要層面，處理有缺陷產品、容器和包裝的退貨。就供應鏈成員要留住客戶，和實現綠色食品供應鏈之 SDGs 目標的角度來看，該項活動具有其重要性。考慮食品易腐壞性質，逆向物流在 FSC 是一個較難掌握的步驟。全球生產的糧食約有三分之一沒有被消費，如果把糧食損失和浪費視為一個“國家”，那麼它將成為僅次於美國和中國，第三大溫室氣體排放國。FSC 必須建立一種機制，確保從播種、培育、收穫、採收後之儲存和分配、加工/製造、配銷和物流、零售、餐飲服務，及至家庭消費的所有階段，都按照糧食儲架壽命，進行產品保質期優化，從而減少糧食損失和浪費。AI 可通過發出警報，幫助客制商務運作，指示需要更短交貨時間，確保產品新鮮度。AI 結合 IoT 傳感器，還可以優化配銷遞送路線，最大限度地降低產品不適合消費之風險。FSC 利用區塊鏈功能亦可受益，特別在需要更好數據品質，與精進衍生分析的完整性方面，採用區塊鏈技術，可產生非常正向結果。

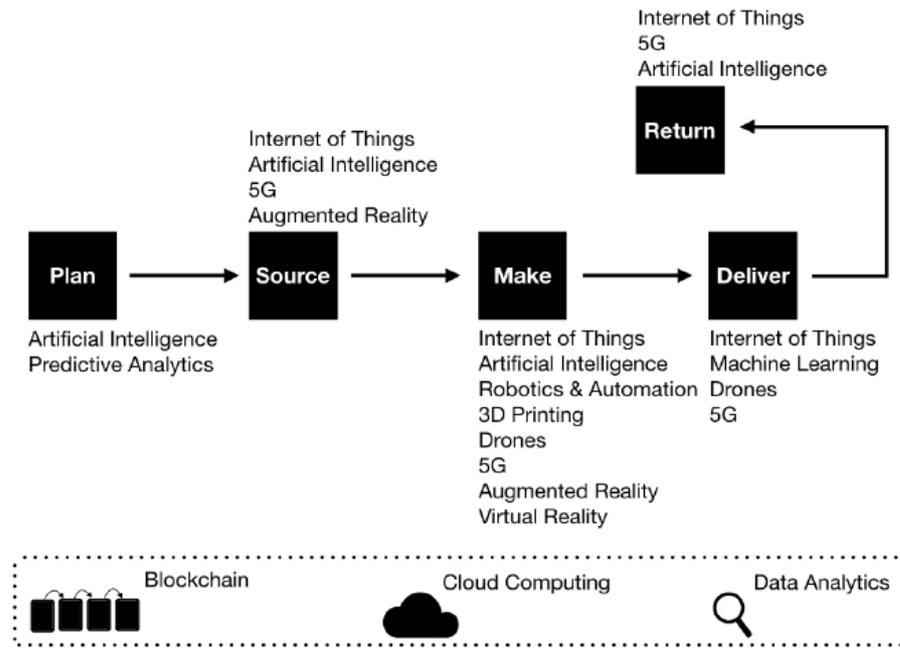


圖 5-5 社會 5.0 的 FSC 數位化

食品產業的融合創新

食品產業融合創新(Food Convergence Innovation, FCI)的概念，強調需要一個全面性架構，協助 FSC 實現社會 5.0 和聯合國 SDGs 的期望。FCI 加速工業 4.0 對社會 5.0 的貢獻。社會 5.0 願景的特徵，包括：以人為本的方法；開放、可持續、包容；以及實驗驅動。這些有遠見的特徵，為實現 SDGs 帶來巨大希望，並仰賴數位化，嵌入公民消費者、組織、系統，以及整個社會的日常生活。實現 SDGs 不僅需要對問題進行技術“修復”，而且要求在人類行為、選擇、行動、互動，以及社會組織(包括其政策)等方面，進行全面化社會變革。實現綜合可持續發展的個人和集體目標的能力，無論是在專業、組織、制度、系統，還是政策背景下，皆取決於人類行為之規範和調適的品質。個人日常生活中，人類行為的變化，也是社會層面解決方案重要的先決條件。為了加快工業 4.0 對社會 5.0 的貢獻，需要“創新其創新方式”，讓人們在現有的數位、實體、社會和經濟系統的內部和其間，以及世界各地司法管轄區，皆能參與其中，並設定融合目標。融合創新(CI)一詞就是為這種整合方法創造的，融合創新之架構如圖 5-6 所示。

Convergent Innovation: Behavioural change and ecosystem transformation solutions

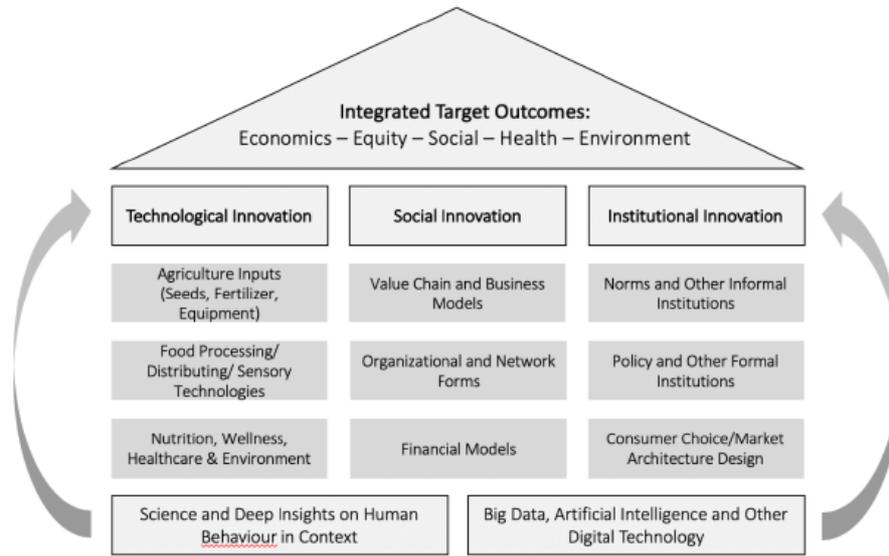


圖 5-6 融合創新之架構(Dube 等人, 2014)

農產食品可能是一個極佳的實施領域，藉由工業 4.0 的數位化與社會 5.0 的理想特徵之交織結合，加速轉變傳統和現代系統的結構和動力，是邁向社會 5.0 全面過渡所需的途徑，確保人人享有健康膳食，可持續之糧食系統。無論在傳統或現代之經濟與社會中，食物乃人類生存與生活的農業生態、社會、文化和經濟等環境間的堅固橋樑。將農產食品系統的生物、社會和商業層面，數位化聯結整合起來，提供開發一套生態系統平台之機會，該生態系統超越個體參與者角度，將倫理、社會、環境和商業等議題，整合在一起，並且在社會層面和範圍內合理實施。

食品產業融合科學與創新(FCI)方法，勾勒出一套強大的配置式替代方案，以替代當今仍然盛行的農產食品垂直整合系統模型。FCI 旨在提供一個架構，彌合、或跨越目前社會存在的經濟鴻溝；同時避免潛在的數位落差。CI 不僅針對制度轉型，還致力於技術、社區、供應鏈、市場，以及形成經濟和社會的其他組織和系統層面的創新。

第一次工業革命以來，由於結構式發展，形成社會和經濟鴻溝。FCI 的架構將人類和人本身，置於轉變這種鴻溝所需之供需兩側的中心。有關人類食物、飲食、生活方式，和健康領域，以前所未有的層級，組建出大規模行為數據，提供語境、空間和時間粒度之資訊，為連接生物、社會和食物環境，開闢了探討糧食生態系統新視角。新數位行為分析方法，整合關於個人和家庭飲食行為的多樣化、動態，且經常相互衝突的驅動因素之大規模數據。因此，人工智能和深度/機器學習，以及其他方法，有助於識別以前使用傳統統計分析，無法檢測到的潛在行為模式，以及它們與生物、社會，和食品系統的關係。整合

消費者洞察和行為經濟學，可能有助於應用經濟、文化，和環境可持續方式，針對終身營養、健康和保健等領域，設計和部署干預措施。

廣義而言，CI 進一步倡議 ”創新其創新方式”，強調具有重大經濟和社會影響的成功創新，往往包括技術、商業、社會和制度等層面的創新融合(詳見圖六)。在農產食品領域，技術創新例子，包括：農業投入和應用的使用、食品加工和配銷中的科學或技術創新，甚至行為創新(即與營養攝入、健康、保健和與環境相互作用等有關)。採用技術創新通常需要開發合適的商業模式，來生產、傳遞和維護創新；技術創新有時會創造，或破壞整個價值鏈，當創新具有破壞性時，就是一種廣義上的社會創新情況，因為它們往往伴隨著社會慣例、網絡，有時甚至是信念和態度的變革。

結語：挑戰與建議

FSC 多方利益相關者之組織形式(農民、生產因素供應商、營利性、非營利性團體、協會、政府和學術機構等組成，與地方、區域、國家和全球層面的競爭)，增加了全球糧食生態系統的複雜性。因此，要考慮所涉行為者的多樣性，行為改變的範圍和規模，以及生態系統之轉型，這些要件對於綜合可持續發展，是必要的，至關重要。為了解決 FSC 的複雜性和獨特挑戰，CI 提出創建模組化平台和計畫組合，以實現農產食品，乃至社會 5.0 的整體轉型。模組化可以支援個人和集體價值創造的方式，彌合社會和經濟鴻溝。模組化計畫涵蓋私有、競爭前，和公共價值創造的全部範圍，無論其起源於社會經濟鴻溝的一側，或另一側，其目標範圍廣泛，且是可行的解決方案。總而言之，CI 不僅提供社會規模層級的解決方案，亦可同時追求單一和協作目標。結合來自地域、國家和全球，不同學科和部門的科學家和行動夥伴，將有針對性和可行的目標聚集一起，創新融合人類、社會和經濟發展，以及藉助對個人和環境的深刻理解，來設計形成干預方案。

FCI 生態系統需要以綜合數位骨幹為基礎，其中技術(數位化和其他)與數據、人類創造力、計畫方案組合中的社會資本交織在一起，當這些計畫組合在一起時，可以在重點領域，提供社會層次的解決方案(詳見圖 5-7)。

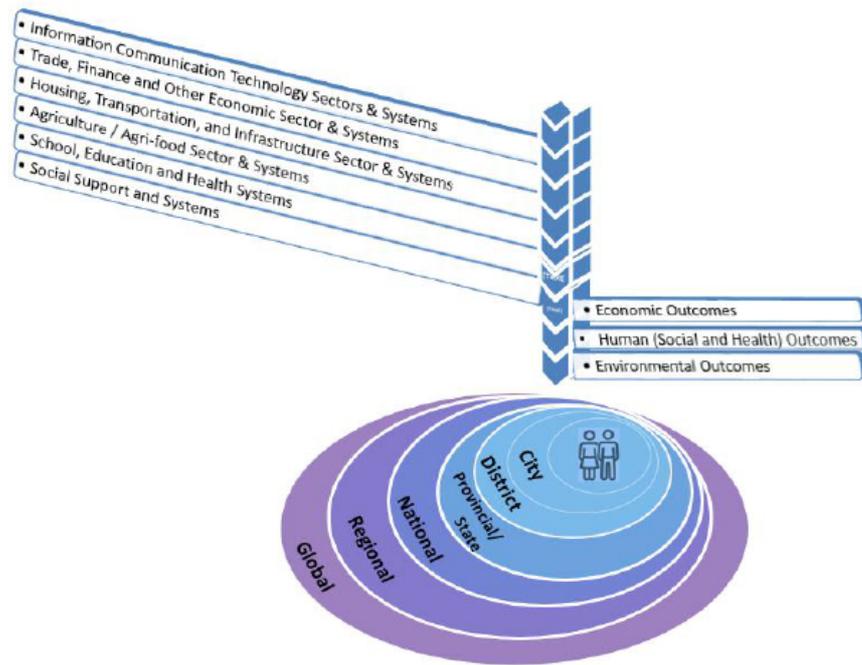


圖 5-7 融合創新之社會層次解決方案

技術(新興的)不應單獨被視為目標；相反的，它們是實現社會 5.0 和可持續 FSC 全部潛力，強大有用工具和解決方案。當然，朝著這種通常被視為激進社會變革方向邁進，並非沒有挑戰。在 FCS 中採用新技術的一個主要障礙，就是實施成本和預期的投資回報。關於 FSC 參與者採用先進技術的評估，通常效益成本比是他們最重要的考慮因素，其次是總投資成本、使用簡單、已驗證的性能/績效，以及可用性。此外，為建構健康的環境和社會，採用先進技術，不應脫離對 FSC 運作背景和環境的理解，FSC 利益相關者若缺乏適足知識，以及對不確定性的理解不足，就較難掌握社會、經濟和環境效益的驅動力，而正確評估技術採用的價值。對於農產食品而言，任何技術，只有在正確的時空，和合適地點使用，才具有可採用性，並產出好的成果，這一點至關重要，因為產出經濟和環境效益，開始於農場採用技術--在正確農場，採用正確技術，只有如此，才能實現可持續發展目標。

FSC 的複雜性，帶來數據治理的挑戰，基於這個原因，FCI 採用世界視角，匯集來自工業化和發展中國家，相關電腦、數據科學之知識與實務經驗，說明如何從這些視角，實時支持有針對性，和有效的創新概括行為改變、產品/程序創新、系統設計，和數據標準/政策的設計、傳遞和監控。換句話說，需要由創建(如農民)、共享(如農民)，和使用數據的人，設計可實施的治理架構。儘管信任應該嵌入或啟用，作為技術的基礎層，但亦應建立足夠的訊息政策，來授權和管理數據創建者和數據保管人的可信度。發展強有力，且具成效的合作關係非常重要，唯有值得信賴的參與者，可以幫助簡化數據治理、同意，和所有權。此外，值得信賴的組織承諾，在 FSC 成員間，建立強有力的聯繫和整

合，對於 FSC 更可持續運營，也至關重要。除了值得信賴的技術外，農業產品部門還需要利用值得信賴的組織，例如在農場層面實施 GS1 標準，並利用諸如自我主權身份，和數位農場錢包等工具-由可信賴農場認證組織，如此才能使人們對於數據、所有權、獲取，和同意，更具信心。

目前，IoT 系統和農場技術是分離、孤立的系統，數據的整合和獲取，仍受到一些限制。廣義上講，孤立的技術和傳感器，限制了運用技術消除，或根除地域性，和/或新出現的作物和動物疾病的能力。例如，一項關於使用精密乳製品技術的研究指出，需要做更多工作，來改進疾病檢測，方法是結合畜群管理軟體，和記錄生產者已知的動物行為，作為動物健康指標。因此，數位化必須基於非專有，與多方利益相關者，於數位架構中之共享標準和互操作性協議，來克服問題。實現社會 5.0 目標需要跨學科合作，促進開放科學，以及公平獲取數據和訊息。此外，共享數據、設施、工具，和專業知識，可以協助實現研究突破，從而支持可持續食品、營養，和健康領域的政策與創新，並能塑造關於食品未來的公眾討論園地。

在整個全球糧食系統中實現和保持最佳實踐，個人、組織、生態系統和機構，必須承擔前所未有的責任和積極合作。實現社會 5.0 的願景，需要領導力和對更全面、更值得信賴的數位農業食品策略的承諾，加速邁向融合創新的進程，也是實現 SDG 目標所必需之工作。

本文編譯內容主要取材自：

1. John G. Keogh, Laurette Dube, Abderahman Rejeb, Karen J. Hand, Nida Khan, Kevin Dean, 2020, “The Future Food Chain: Digitization as an Enabler of Society 5.0”, Building the future of Food Safety Technology, 1st Edition, Elsevier
<https://orbilu.uni.lu/handle/10993/42910>
2. Toshio Ohtani, 2019, “Japan's Smart Food Value Chain: From Consumer to Agri-Food Industries”
<https://ap.fftc.org.tw/article/1400>