

從國際生產力4.0案例 前瞻未來農業

撰文/余祁暉·周孟嫻

由於全球暖化、氣候變遷、極端氣象等因素，導致世界農業生產不穩、農業經營風險增加。面對未來可能發生耕地減少、水資源不足等環境變遷衝擊，必須妥善運用科技研發創新，更有效的使用各種農業生產資源，以維護甚至強化農業生產力。

除此之外，隨著經濟發展與民眾生活品質提升，消費型態已有所改變，消費者日漸重視食品安全議題，並更加追求安全、健康、新鮮之農產品。農業生產模式如何快速回應未來追求安全、健康、新鮮的消費需求趨勢，將是促進未來農業發展的一大關鍵。此外，伴隨雲端技術與物聯網產業發展趨勢，網路購物日趨風行。然而，我國農產品銷售目前仍以超市、市場等傳統通路為主，透過掌握網路購物新浪潮，將可發展新型態的農業產銷模式。

回顧我國農業發展進程，農業已逐漸從講求勞力密集與經驗密集的農業 1.0，邁入講求技術密集與機械密集的農業 2.0，再邁入講求知識密集與自動化密集的農業 3.0。我國農業由 1.0 發展至 3.0，農業產業人均產值也從每人 28 萬元，上升至農業 2.0 的 41 萬元，再上升至農業 3.0 的 145 萬元。然而，農業 3.0 中仍需許多人工的投入，對於已高齡化的農業人力，成為未來農業發展急需面對的課題。

國際農業生產力4.0案例

近年來各國為提升農業競爭力，紛紛運用科技研發創新以提升農業生產力。尤其，智慧自動化結合了數位化、虛擬化、網路化，能有效提高可靠度

與效能，已經成為日本、韓國、中國大陸、美國、歐盟等國家提升產業競爭力的重要手段。例如，運用智慧溫室搭配物聯網技術，透過裝置光照、溫度、濕度、壓力感測與視訊監控等技術，在各數據傳回後，分析調整最佳化智能溫室環境條件對應參數，進而據以有效控制與優化植物生長環境，積極提升生產效益。

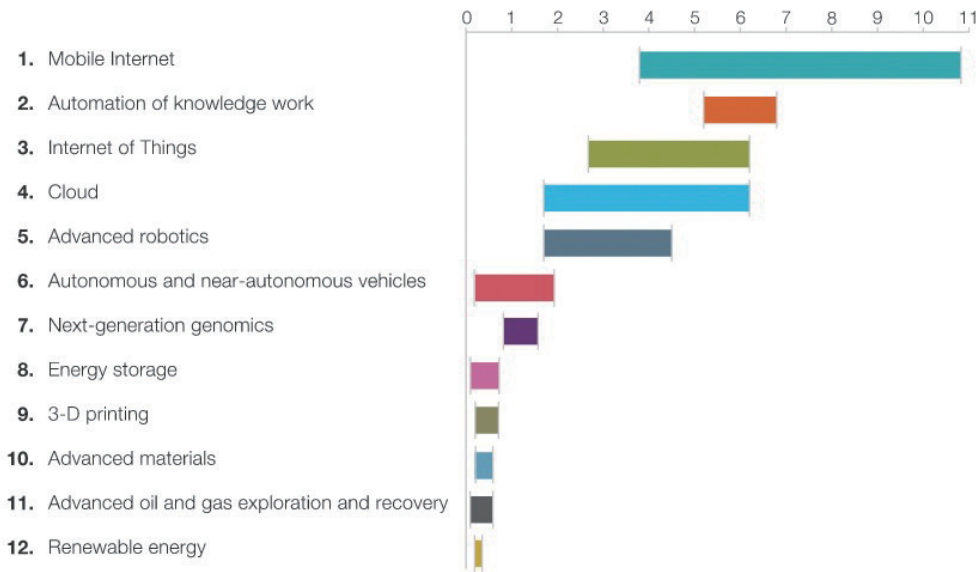
McKinsey 提出 12 項在 2025 年對人類生活產生巨大影響的新穎科技包括：行動網路、物聯網、雲端科技、先進機器人、次世代基因體、自動及近自動駕駛交通工具、知識工作自動化、能源儲存、3D 列印、先進材料、先進石油及天然氣探勘與開採以及再生能源，其中可能對農業發展有重大影響者包括：行動網路、物聯網、雲端科技、先進機器人、次世代基因體等（圖一）。

在傳統農業中，需投入龐大勞力始能獲取相關農業資訊，然而藉由遠端感測、地理資訊系統、智慧機器人、物聯網、大數據分析等農業生產力 4.0 智慧化科技，能有效管理農業資材與人力投入，並確保安全、健康、優質農作物生產。以下將從農業生產力 4.0 案例，由智慧農業生產科技、智慧物聯網感知系統、智慧農業決策體系等三大面向，前瞻未來農業發展趨勢。

1. 智慧農業生產科技

日本富士通 (Fujitsu) 之 Akisai (秋彩) 食品農牧業雲端服務，可以讓使用者透過平板電腦就可以

Estimated potential economic impact of technologies across sized applications in 2025, \$ trillion, annual



SOURCE: McKinsey Global Institute

Notes on sizing: These economic impact estimates are not comprehensive and include potential direct impact of sized applications only. They do not represent GDP or market size (revenue), but rather economic potential, including consumer surplus. The relative sizes of technology categories shown do not constitute a "ranking," since our sizing is not comprehensive. We do not quantify the split or transfer of surplus among or across companies or consumers, since this would depend on emerging competitive dynamics and business models. Moreover, the estimates are not directly additive, since some applications and/or value drivers are overlapping across technologies. Finally, they are not fully risk- or probability-adjusted.

資料來源：McKinsey。

圖一 2025年將對人類生活產生巨大影響的新穎科技

操作噴頭、電扇以及加熱器，根據農場或溫室中感測器追蹤的濕度與溫度做適當調整，不僅能有效降低農藥、肥料等資材投入，並能有效增加農產品生產量值（圖二）。由於氣候變遷將對農業生產造成影響，日本對智慧自動化農業之需求預期將持續提升，預估 2020 年日本國內食品農牧業雲端服務系統相關市場規模可成長九倍，達 5.86 億美元（黃熾，2014）。

美國 OnFarm 農業雲端物流網系統則在田間設置感測器，通過感測器收集農業資料，進行資料分析後，提供隨身行動諮詢服務，以利農業從業人員動態和精確地掌握農作物病蟲害、畜禽疾病等信息，及時採取應對措施，並有效減少農業用水、化肥、農藥等使用（圖三）。根據美國 OnFarm 研究發現，美國大農場對物聯網等技術的採用率高達 80%，預計到 2020 年，美國平均每個農場將擁有 50

台物聯網相關設備。

2. 智慧化物聯網感知系統

物聯網的運用除了可以提高農業生產經營效率外，物聯網技術亦可有效追蹤並監控農產品從農場到餐桌的全過程，更便捷的提供消費資訊，而重建消費者對農產品的信心。換言之，運用感測與物聯網技術，將可推動農產品生產履歷智能化；若能再進一步結合智慧化風險管理制度，將可特別針對風險等級較高的農產品進行特別抽驗；故將能快速、準確串接各生產環節資訊，並加強確保食品安全（圖四）。

農產品冷鏈物流能確保產品品質、減少損耗、防止污染等，為農業產業化推動的重要基石之一。尤其，儘管現階段生鮮農產品電子商城、網路店家數量持續增加，但生鮮農產品具易腐性和冷鏈物流



資料來源：Fujitsu。

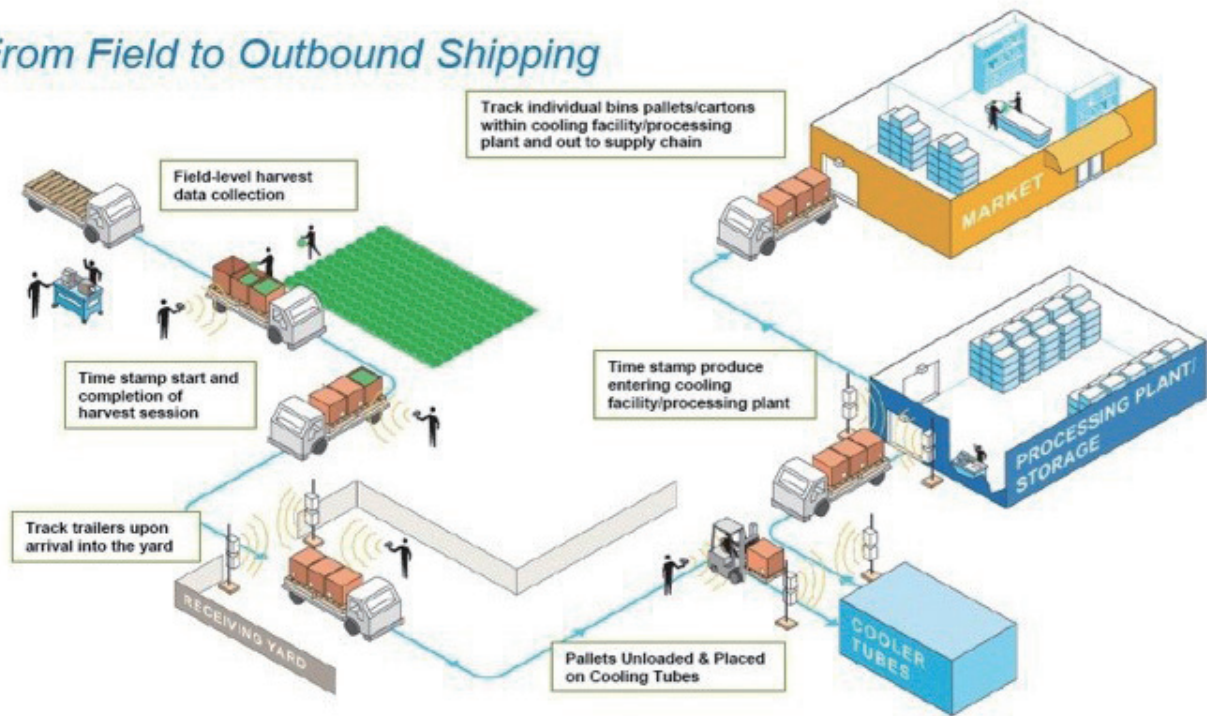
圖二 日本富士通(Fujitsu)之Akisai食品農牧業雲端服務



資料來源：OnFarm。

圖三 美國OnFarm農業雲端物流網系統

From Field to Outbound Shipping



資料來源：Northwest Food Processors Association。

圖四 安全履歷智動化示意圖

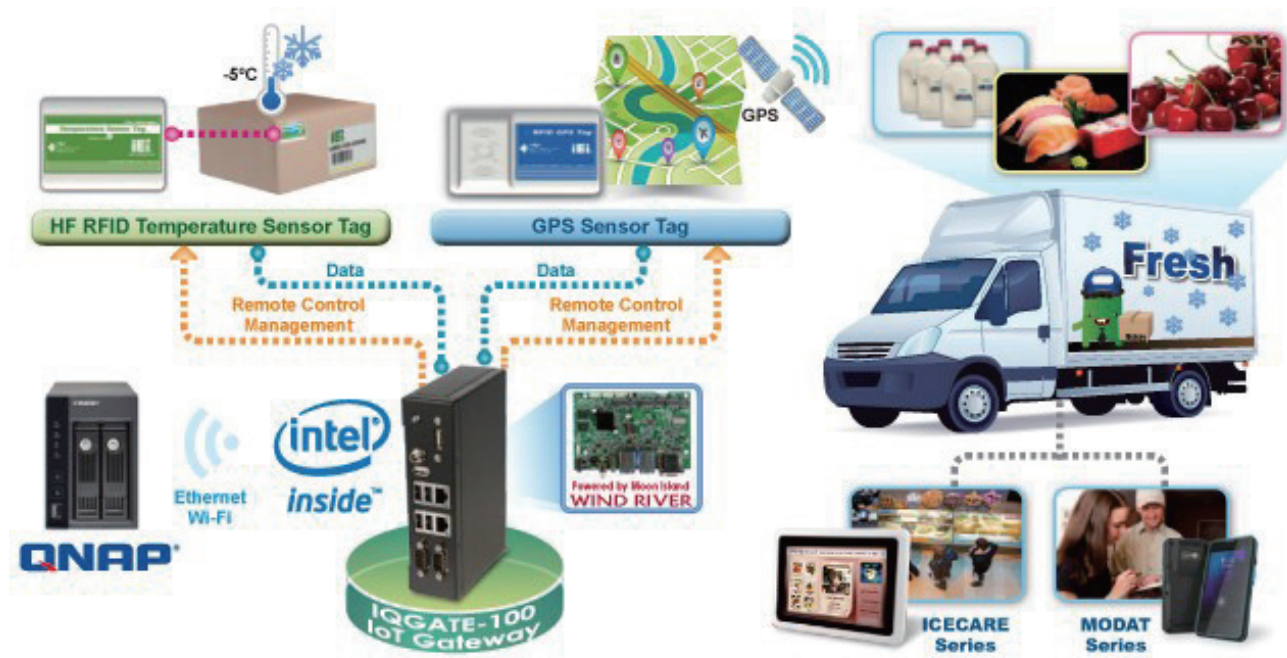
發展遲滯為現階段農業電子商務的重要發展瓶頸，運用感測與電子鼻技術，將可發展農產品智慧化冷鏈物流，實現從農場到消費者冰箱的全程智能管控溫度、濕度、鮮度，延長農產品保鮮時間（圖五）。

為了延長生鮮農產品的保鮮與儲架時間，美國星巴克 (Starbucks) 現正投入研發 Clover 智慧冰箱，以監控食材的保存期限與溫度，避免賣到過期的產品，提高顧客服務品質。此外，傳統販賣機受限於保鮮技術多販賣可長期保存的包裝食品為主，美國新創公司 Pantry 以智慧冰箱的概念改造傳統自動販賣機（圖六）。結合智慧感測技術，Pantry 販賣機能自動記錄與辨別各種新鮮食材進出的時間，讓販賣機只賣出新鮮的食物，當販賣機產品銷售一空，販賣機也會自動提醒管理者前來補貨，而能確保食材新鮮度與庫存狀態。該台販賣機前所搭載的 Android 平板電腦，讓消費者可直接從販賣機取出所需食物，在直接讓採購者直接透過 NFC 感應支付

款項，Pantry 即能自動感應消費者所購食物，並完成交易，創下無人機器也可銷售新鮮食品的創新應用服務。

隨著經濟發展與民眾生活品質提升，消費型態已有所改變。預期未來農產品消費型態趨勢分別包括：食品安全與資訊需求成為消費者重要關切議題、網路虛擬通路消費增加等兩大趨勢。如何運用此兩大趨勢，進行虛實通路整合，發展新型態互動模式，提供消費者所關切之食品安全相關資訊，為未來促進農產品消費的重要關鍵。

呼應農產品網路與行動消費趨勢，近年來越來越多業者投入物聯網與感知裝置等末端服務，建立消費者與生產者之新型態互動模式，以提升農產品銷售。例如，隨著行動雲端趨勢來臨，Walmart 進一步將行動雲端整合在物聯網應用上，該公司藉由導入地理圍欄 (Geo-fencing) 偵測技術與 Beacon 系統，當有下載「Walmart App」或 Beacon 系統的手機進



資料來源：IEI。

圖五 農產品智慧化冷鏈物流示意圖



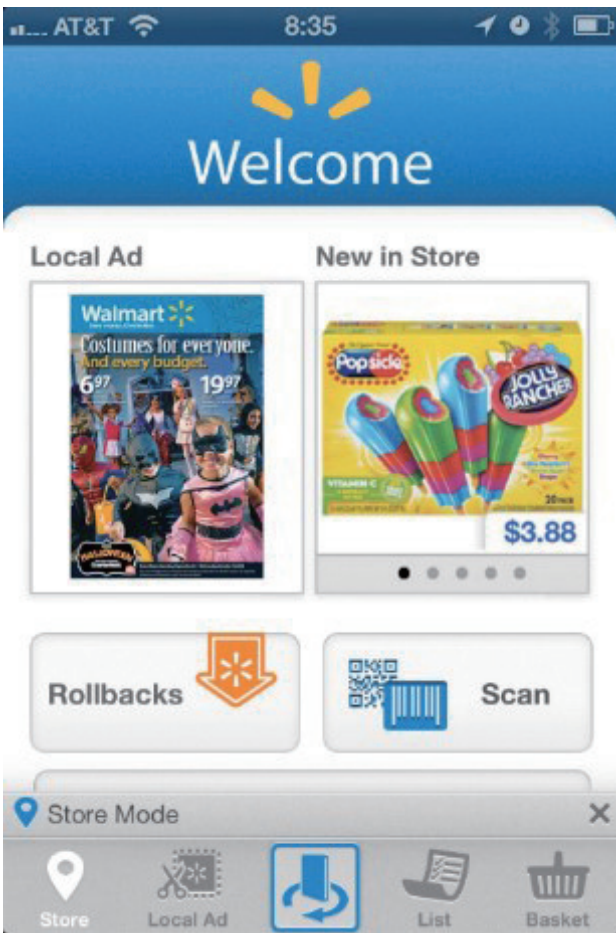
資料來源：Pantry。



圖六 Pantry智慧冰箱生鮮農產品販賣機

入圍欄範圍內，Walmart 的系統就會自動偵測到來客，然後推播商品資訊、優惠訊息在內的各種商品資訊給顧客，顧客也可透過行動裝置邊逛邊掃描商品，然後到櫃台快速結帳（圖七）。

回應消費者對於食品安全與相關消費資訊之需求，今年米蘭世博會 MIT SENSEable City Lab 與義大利消費合作社 (Coop Italia) 合作展出未來超市之概念，藉由超市展示櫃下方的暗藏感應器，消費者無需碰觸到農產品，即能藉由展示櫃上方的螢幕知曉各農產品的價格、生產者、產地地圖、原料名稱、營養價值、熱量、碳足跡等資料（圖八）。



資料來源：Walmart。

圖七 能自動推播商品資訊的Walmart App



資料來源：MIT SENSEable City Lab。

圖八 MIT SENSEable City Lab的未來超市

進言之，未來可建構農產品互動資訊服務平台，運用互動式螢幕或個人隨身行動裝置，連結雲端農業大數據資料庫，提供便捷消費資訊，提高消費者對農產品的食品安全信心。

3. 智慧農業決策體系

在智慧農業決策體系相關案例部分，Sun World 為位於美國加州的水果公司，產品包括世界著名的 MIDNIGHT BEAUTY、SCARLOTTA SEEDLESS、BLACK DIAMOND 葡萄，其在全球各地皆有生產據點（圖九）。在當前全球化市場競爭激烈的情勢下，Sun World 和 IBM 與 Applied Analytix 合作，整合空間、灌溉、資材、和消費資訊等大數



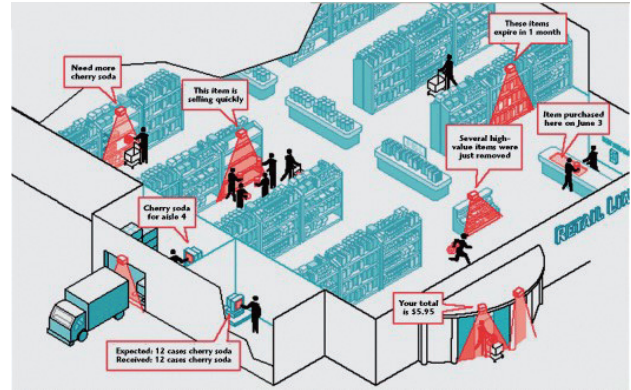
資料來源：Sun World。

圖九 Sun World全球據點

據資料並予以分析，有效降低 5% 收穫成本、減少 8.5% 水資源使用、20 燃料使用量及 550 萬美元人力開銷，並增加 50% 的產量和每年增加 20% 客戶數量。

此外，Walmart 為全球最先導入物聯網技術並做為營運依據參考的零售業者。2005 年 Walmart 率先全球在倉儲物流上建置無線射頻辨識系統 (RFID) 系統以及要求供應商的商品都必須貼上 RFID 標籤，藉以精準掌握其在全美數千家超市的商品供應情況與銷售情況，作為向上游採購訂貨之基礎 (圖十)。

近來隨著巨量資料科技與社群網路的興起，Walmart 於 2005 年以 3 億美元高額併購專門分析社群網站資訊的公司 Kosmix，然後成立巨量資料實驗室 (WalmartLabs)，創新研發出該集團專屬的巨量資料系統，以及專門管理社群動態的系統，進一步將社群網站與大數據兩大科技趨勢整合在其物聯網應用之中。Walmart 的巨量資料系統透過連結臉書、

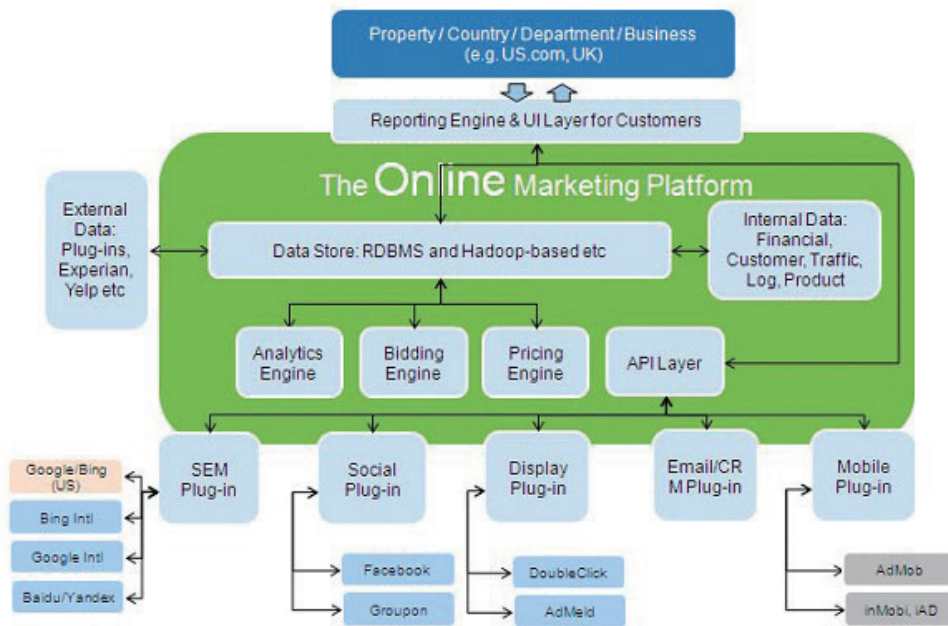


資料來源：USDA, 2007t。

圖十 RFID於商品供應與銷售情況經營管理之應用

Groupon 等社群網站，以及 Bing、Google、百度等搜尋引擎資料，即時掌握消費者動態 (圖十一)；此外，該系統也可以分析全球分店數以億計的財務、產品、消費者資訊等，然後以分析出來的結果對客戶進行客製化行銷，或是針對事件與商品的關係進行重點促銷，大幅提升 Walmart 的營業額。

Tech Architecture and Online Marketing Ecosystem



資料來源：datafloq.com。

圖十一 Walmart巨量資料分析架構

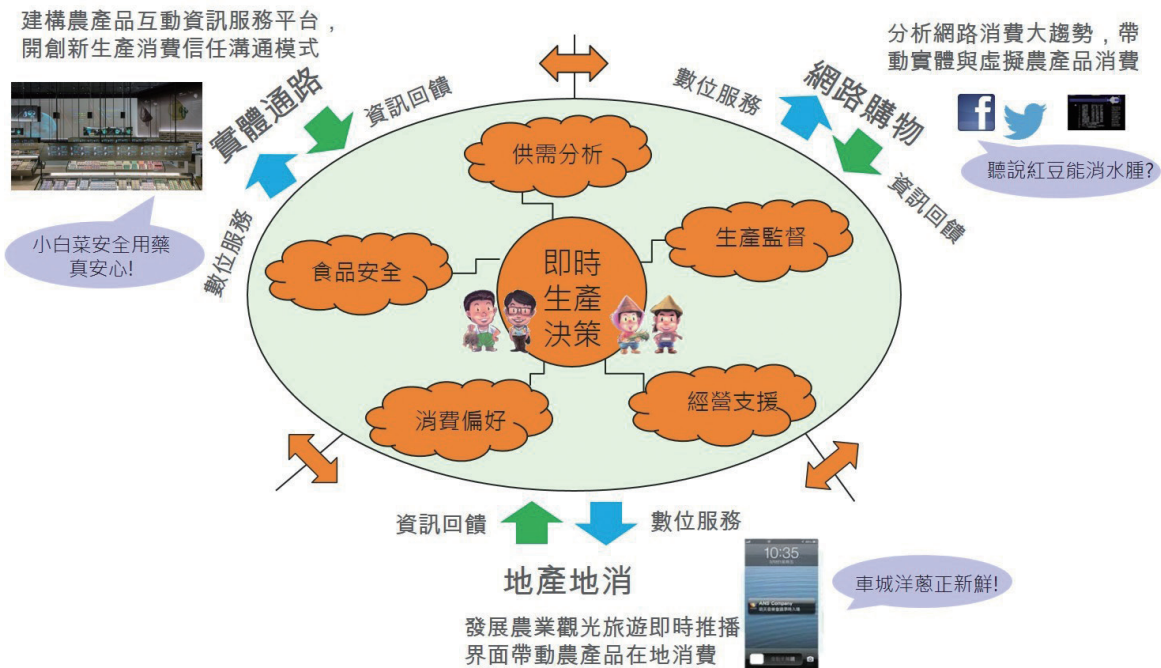
農業生產力4.0發展趨勢

綜合來說，可藉由建構農產品產銷智慧化整合平台綜整供需分析、生產監督、經營支援、消費偏好、食品安全等雲端資料，並提供消費者包括實體通路、網路購物與地產地消等農產品消費的數位服務。當人們於實體通路時，農產品互動資訊服務平台，將可開創新生產消費信任溝通模式，而重建消費者對農產品的食安信心。當人們於網路購物時，將藉此分析網路消費大趨勢，進而同時帶動虛擬與實體 (Online and Offline) 農產品消費。當人們出門旅遊時，隨身行動裝置將能即時推播各項農產品相關消費資訊，進而帶動農產品在地消費。另一方面，消費者各項消費資訊也將回饋到農產品產銷智慧化整合平台，並提供即時生產決策之參考。(圖十二)

面對全球性的農業升級挑戰，相對於國外標竿國家已積極科技發展提升農業競爭力，我國實需藉由生產力 4.0 科技發展，帶動農業轉型與升級。展望農業 4.0 的發展趨勢，未來農業將是講求效率 / 效能、安全與風險控管的時代，也是追求高質、便捷與人性化的時代。農業生產力推動策略擬藉由感測技術、智能機器裝置 (IR)、物聯網 (IoT)、巨量資料 (Big Data) 分析等前瞻技術，建構智慧農業產銷與數位服務體系，並透過智慧化以強化農業生產與產品銷售，進而結合生產面與銷售面，降低產銷落差，建立安全、安心、永續的農業。

AgBIO

余祚暉 台灣經濟研究院 生物科技產業研究中心 組長
周孟嫻 台灣經濟研究院 生物科技產業研究中心 副組長



資料來源：台灣經濟研究生物科技產業研究中心整理分析。

圖十二 農產品產銷智慧化整合平台

參考文獻

1. datafloq, From <http://www.datafloq.com>
2. Fujitsu, From <http://www.fujitsu.com/>
3. IEI, From <http://www.ieiworld.com>
4. McKinsey, From <http://www.mckinsey.com>
5. MIT SENSEable City Lab, From <http://senseable.mit.edu/>
6. Northwest Food Processors Association, From <http://www.nwfpa.org/>
7. OnFarm, From <http://www.onfarm.com/>
8. Pantry, From <http://www.pantryretail.com/>
9. Sun World, From <http://www.sun-world.com/>
10. USDA(2007)Supply Chain Basics: Technology. How Much–How Soon.
11. Walmart, From <http://www.walmart.com>
12. 黃熾(2014)，日本科技大廠技術投入，新農業對抗氣候變遷。From <http://technews.tw/2014/09/24/japan-tech-boost-agriculture/>