

全球實體智慧製造最前線



劉仁傑
Ren-Jye Liu

日本神戶大學經營學博士，現任東海大學工業工程與經營資訊學系暨研究所教授、東海大學精實系統團隊核心成員。曾任日本大阪市立大學商學部客座教授、美國賓州大學華頓商學院訪問學者。中文及外文著作十分豐富，著書五度獲得經濟部金書獎，包括《日本企業的兩岸投資策略》（聯經）、《重建台灣產業競爭力》（遠流）、《企業改造》（中衛）、《共創》（主編，遠流）、《世界工廠大移轉》（共著，大寫）。長期致力於精實系統推動、台灣製造產業體系變革暨台日商策略聯盟研究，經常應邀到國內外大學、大型企業，講授追求物質文明與精神文明的製造管理理論與實務洞悉心得。

2018年底英國經濟學人智庫(Economist Intelligence Unit)發佈了企業高層的IoT觀點，相對於2013年的調查，有三點重要發現：

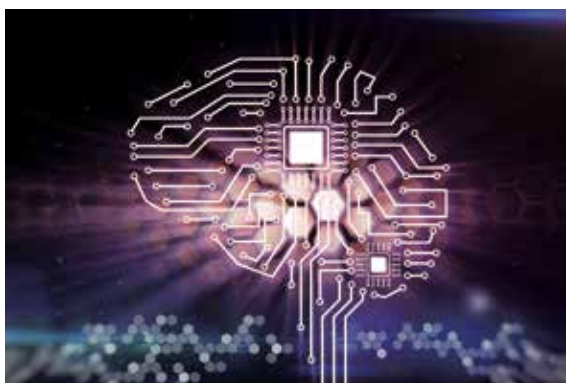
- 1 IoT雖然影響深遠，導入速度遠低於預期。
- 2 到目前為止影響十分有限，將來的衝擊仍然不容小覷。
- 3 阻礙導入的兩大要因：基礎投資成本過高、資安與隱私疑慮。

經濟學人智庫的宏觀數據，與本欄作者團隊去年10月出版的新著《面對未來的智造者：工業4.0的困惑與下一波製造業再興》(大寫出版)，在時空上剛好相互呼應。我們積極提倡「先求精實，再求智慧化」主軸的同時，樂意繼續分享智慧製造的第一線觀察與研究心得。

IoT導入速度遠低於預期

事實非常明顯，2013-2014年漢諾威工業展所吹起的工業4.0熱潮，確實已經告一段落。國內外智慧製造現場曾經交錯著的主觀期待，包括強調活用AI與雲端、無人智慧工廠等現象，已經不復存在。究竟一流的製造企業如何看待智慧製造？如果說智慧製造擁有漸進的實踐模式，全球一流的製造現場目前的具體做法與思維，可能反映出務實導入的第一步。

最近兩年作者訪問了小松(Komatsu)、島野(Shimano)、發那科(Fanuc)、ALPS、大金(Daikin)的日本母廠以及部分歐美據點，實地檢



視全球一流製造企業實體智慧工廠的最新動向。

基於部份企業的守密約定，考量撰寫此文的目的與效果，作者嘗試用代號表達實際看到的生動現場。

A公司歐洲據點的廠長說，想將行銷中已經廣被活用的AI放在現場取得的資料進行分析，不是對現場過於外行，就是對AI充滿幻想，不會達到價值創造目標。他說，受到電商或網路平台領導企業的不良影響，阻礙智慧製造的實踐；現場的價值創造非常樸素、因果關係通常不會那麼跳躍。

他為我們導覽「智慧機械加工生產線」，是以既有加工經驗與知識作基礎的智慧實踐。過去鍛

造材料是直接進入加工生產線，因為材料的微妙差異，使加工時間不穩定、精度要求過度仰賴技術人員。而鍛造材料的智慧機械加工，包括：人工量測、自動對照與加工設定、加工執行的三個步驟。

智慧製造3S機制

換句話說，這條改善後的生產線是先量測鍛造素材的微妙差異，決定加工差異，提升人機加工效率；亦即採用一種事前納入技術人員精度形成經驗的智慧模式。數據顯示，這條智慧生產線提升了人均產值10 %。更重要的是，這些數據提升了產品品質的追蹤能力(Traceability)，也就是對於從顧客使用經由組裝回饋到加工與素材的問題追蹤與解決能力，發揮了重要的作用。

觀察這個生產線，不僅呈現了作者在著書《面對未來的智造者》中所提倡的智慧製造3S機制。也就是釐清目的，從目的與邏輯進行系統建構。因此，系統能夠從數據取得(量測，sensor)開始，經由邏輯解析與運算(software)，再實踐對策(solution)，達到價值創造的成果。

訪客詢問：「為何不將量測工作自動化？」



廠長回答：「現場實體流程的改善，不是以做得到為目的。只要達到QDC改善效果，都會陸續實現。」

B公司歐洲據點則用主動型(Proactive)與因應型(Reactive)分類他們的現場數據收集，分別代表例行的資料收集與出現問題時的資料收集。主動型系統性資料的可視化就是現場監控，不僅是循序穩定達成目標的關鍵，也是進行改善的分析基礎，關鍵在於豐富性與實用性。而因應型資料收集是在出現異常時啟動，除能夠立即通知外，回饋的速度與品質堪稱關鍵。歐洲據點總經理用三年間的案例說明兩項心得。第一，資料要設法直接取得，初期曾採用手寫，因為作業員會自動簡化，讓問題無法正確呈現。第二，不急功近利，解決問題崇尚目的清晰、逐次導入。

相對而言，C公司日本廠的資料收集更為古典。我們看到工程師在現場反覆攝影一台沖床的

作業。導覽人員對我們說，這是新機種的零組件試作，工程師在確認作業過程與產出是否符合生技部門的製程設計；這項工作將支配未來量產的順暢程度。他說，在多樣少量的趨勢中，這個試作確認需要一次到位，如果量產才發現問題進行改善，雖然能夠做為未來參考，但這一批產品的獲利機會將非常低。一次作好作對的重要性，已今非昔比。

關鍵在於動腦筋與用心

訪客詢問：「為何不導入結合研發與現場的數位雙胞胎(Digital twin)？」

經理回答：「現場試作檢討屬於前負荷(Front Loading)開發模式的一環，關鍵在於動腦筋與用心，解決開發試作前段的問題；數位雙胞胎應該也能夠做到，只是從成本觀點，實用性還偏低。」

C公司雖被譽為全球智慧製造先驅，經理卻說能夠自動收集、自動分析的現場案例仍然不多，因為各地的客戶要求不同，客製的設計、試作與生產才具備顧客價值。同時，他們對顧客現場使用中的產品數據收集經驗雖然豐富，對於結合研發數位化與現場製造數據收集的數位雙胞胎，興趣缺缺。

C公司美國廠除了表達類似觀點外，更進一步



強調，現地現物現實的日本現場主義精神，是實體系統智慧製造發展的原點。導入智慧製造雖是長期趨勢，不會有跳躍式的進展或突然的意外收穫。

D公司最近15年間以直接學習豐田汽車的精實變革著稱，相信沒有一流的日本工廠，就沒有一流的世界工廠。從投料到裝完箱的廠內LT從68小時一路降到4小時。最近作者第三度參觀這個日本母廠，發現製造現場多了三個展示區：第一個是2003年開始推動精實變革時的照片，包括堆疊達8層的倉儲料架，以及生產線邊達4-8小時的WIP；第二個是KRAKURI(無動力自動化)；第三個則失敗案例展示。

生產技術課長提及下一步的挑戰是導入IoT，正計畫利用淡季停一條線試行。這些展示就是喚醒同仁，消除浪費、動腦筋與用心、防止再發等改善精神，遠比導入IoT重要。如果IoT能夠帮助大家進一步達成這個目的，何樂而不為？譬如他們強調採用低成本自動化，亦即透過動腦筋與用心的KRAKURI與部份自動化，更能彈性因應市場變動與尋求精進。他邀請我繼續觀察與一起研討。

調適顧客需求才能產生差異價值

E公司在高度自動化方面讓人刮目相看，理由非常簡單，因為他們不僅內製率100%，生產的

是各種設備都需要用到的共同模組。換句話說，製程之前與製程產出都在可控制與預測範圍。即使如此，仍然強調AI或雲端對他們沒有意義，他們的發展是一步一腳印，從實體的精實改善出發。

事實很明顯，E公司的自動化水準，與谷歌購併的Google Robotics研發物流倉庫無人化相去不遠，投入與產出都是可控制、可預測，對於一般製造企業沒有啟發。

觀察這5家企業的9個海內外工廠顯示，扣除E公司的量產型模組，客製化愈來愈重要，調適顧客需求才能產生差異價值。麻煩、複雜、需要用心，以及被要求客製與差異化的高階製造，會有更高的附加價值。對於大多數的先進國製造企業而言，顧客價值來自調適顧客需求或解決顧客痛處的差異化。這正是確保利潤與可持續經營的原點，可能也是IoT導入速度遠低於預期的根本原因。^{M4}