

## 「元年的挑戰 機器人自動化」

2023年12月2日閉幕的東京國際機器人展（iREX2023），各公司推出的機器人解決方案、套裝軟體與周邊器材，實用性廣受肯定。產業生態推波助瀾，機器人正成為社會的基礎建設，2024年宛如是「機器人自動化」元年。

高齡化、少子化已經不可逆轉，臺日製造業都苦於缺工。我們的持續觀察發現，日本典範企業堅持精實基礎的智慧製造，繳出了亮麗的成績單。同時，我們也看到部分企業推動機器人自動化有成，取得了伴隨而來的士氣提升、招募到年輕夥伴。

### 當機器人成為基礎建設…

iREX2023顯示機器人產業生態的日趨成熟，不僅關鍵零組件、套裝軟體與器材非常豐富，從使用者觀點所推出的解決方案，有效突破了實用上的障礙。

譬如，過去將機器人使用到製造現場，首先面臨期待與實踐的落差，亦即具體落實上的障礙。此次不同公司針對其擅長領域，所推出的解決方案展示，似讓許多使用顧客獲得了實踐性啟發。第二項是導入成果的評估障礙。在解決方案策略區隔、實踐導入案例增加的情況下，評估障礙大幅降低。第三項是結合周邊軟硬體、落實到使用環境，達成目的的實裝障礙。SI業者的大幅投入，因應導入內容與規模，能夠有效溝通使用企業與設備業者。

這三項障礙的突破，使機器人有如水電、橋樑等基本建設，已經不是要不要的選擇問題，而是如何活用的能力問題。

機器人屬於通用型基礎設備，具備使用在各種用途的泛用優勢。因此，機器人的產品生命週期價值，受到兩個重要的制約。一個是使用在特定用途之初，必須加以客製化，需要各色各樣的知識與竅門。這個過程不同企業、產業間花費的時間與費用差異極大，形成了非常重要的限制條件。另一個是隨著市場條件的變化，製造現場需要進行漸進或激進的改善時，企業是否擁有足夠的人才，將它們重新組合，發揮應有的設備機能。

這個將機器人導入生產線，以及調適需求持續改善的能力，就是企業製造組織的差異化能力。換句話說，買得起整線機器人、有能力投資自動化工廠，「花錢可以買得到」部分，並不能形成競爭



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)。新書《面對未來的智造者》(共著，大寫)則收錄本欄關於智慧製造之精華。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。

力。形成競爭力的關鍵在於活用機器人的事前準備、開發設計、導入與營運，以及支持這個過程的人才培育與組織機制。

作者長期主張精實智慧製造，鼓吹精實自動化，指陳未經精實改善即投入自動化的巨大浪費。然而，伴隨著環境的劇烈變動、機器人產業生態的成熟，也強烈覺得，同時思考如何活用機器人，已經刻不容緩。

因此，本文從製造業活用機器人、提升組織競爭力的觀點，提出精實自動化的3個階段：精實改善、低成本自動化、機械人自動化。並以大金空調為例，進行從精實改善到低成本自動化的具體說明。同時，提出機器人自動化的步驟與方法，讓迫在眉睫的企業也能夠直接參考。

### 精實自動化典範：大金空調

本欄曾介紹作者對大金空調滋賀廠的13年觀察（參閱本專欄88期2017年3月）。從2003年首次參訪，廠內製程時間（Lead Time）的68小時開始，2008年、2013年、2016年底分別改善到9.5小時、5.9小時、4.94小時。

2019年大金空調穩定實踐LT4小時的精實模式，全面智慧化到新設的臨海廠。生技工程師指著戰情室、組裝線上的機器手臂、走道上的AGV對我們說，精實變革讓LT縮短，讓智慧科技與自動化設備充分活用。堪稱是先精實化再智慧化的一個典範。

臨海廠組裝過程的自動化摸索，讓大金空調思考低成本自動化的重要性。2021年起結合茨城廠的規畫，啟動了組裝的自動化計劃，包括空調與空氣清淨器。方法是從檢視設計階段的多種多樣調適，減少組裝作業工序開始，初估可減少20%；除配線作業之外，包括風扇裝置、熱交換器組裝等，都已推動高水準的低成本自動化，目標是達成作業人員減半。

大金堅持用混線單件流的短交期生產，因應多樣化、增減產的計畫變更。核心概念包括：結合全球標準的模組化、設備小型化，帶動低成本自動化（LCA）。

模組化按組裝、檢查、搬運、教育等製程別採不同做法。譬如組裝困難度高，採人機協作模式。亦即將焦點放在機器人APP的開發與使用。同時選用機器人的特色方案，共同開發專用影像程式，達到確保品質的技術目的。同時區隔反覆性作業與技能性作業，前者活用機器人，後者活用工匠。譬如室外機組裝與配線作業，就非常依賴工匠，因此開發了握取柔軟物的技術，是跨越產品設計與製程模組的一項同步工程。

在教育模組部分，聯手日立的方案，用IoT習得技術、進行傳承；同時讓新進人員先學習AI，提案創新。譬如：檢查工程按照視覺、聽覺、味覺、嗅覺、觸覺等感官，使用學過AI的新人發展功能模組。搬運工程也活用新人的AI知識，進行機器人、影像處理與標準AGV的應用。

設備小型化是指針對製程最小單位，進行標準化技術開發。生產線設計的設備模組標準考量各製程特質、當地的機種與數量。經由功能與製程磨合，所開發的搬運模組標準、檢查模組標準，搭配工廠的標準IoT邊界技術，進行有效的連結營運。搬運模組是由4米的鋁管製成，檢查模組包括氣密真空與運轉等複數模組，按照機種與數量進行組合。這種模式讓生產線平均建置時間減半、總投資金額減半，同時兼具跨國生產技術人才培育的附帶效果。

低成本自動化則結合上述的模組化與設備小型化，實踐線邊生產同期化、降低在製品的精實目標。LCA也是按照生產線的製程，區分為組裝、加工、檢查、搬運，按其性質進行功能簡單、維護容易的低成本自動化，達成最小投資目標。

如同西方智慧工廠，設備模組、小型設備與LCA等硬體技術，正連結工廠的IoT虛實整合系統，摸索高效率的營運模式。大金空調深刻理解到數位技術與現場進化之間的矛盾，堅持數位化與自動化的持續改善。大金空調強調，不能遺忘現地現物的改善，日本型精實智慧製造是在CPS基礎上持續納入人類智慧，讓造物系統持續進化的一種理想模式。

### 機器人自動化的步驟與方法

活用機器人將成為全民運動。不同的產品市場、供應鏈定位、企業本身體質，除少部分特定領域的企業之外，機器人自動化儼然是缺工時代的趨勢。在這裡，我們不再強調精實改善是自動化的前提，而是將實踐機器人自動化視為精實變革的重要過程。我們檢視日本過去3年導入機器人自動化的複數企業經驗，提出實踐機器人自動化的步驟與方法。

## 0. 前提不再是精實有成，而是凝聚變革共識

導入機器人自動化是一項變革，是從現況邁向一個期待目標。認識經營環境，能夠塑造危機意識、形成共同的價值觀。價值共有才能資訊共享，達成凝聚變革的共識。自動化推進室應直屬總經理，由跨部門成員組成，技術部門偕同使用部門擔任主角，初期聚焦在藍圖的勾繪。推進室凝聚共識過程，包括使用VSM（Value Stream Mapping，價值流程圖）檢討現場問題，確認機器人自動化的目的。

一家日本小型加工廠在自動化之前，金屬片經過折床、暫放、天車移動、網綁、堆高機運送到完成區。廠長說沒有進行流程改善的原因是缺工，擔心改善過程流失員工，「未蒙其利，先受其害」。結果廠長在推進室的分析建議下，直接設計符合後製程需求的配套台車，機器人連結折床作業一次到位。推進室具備後製程是顧客的精實思維，能夠凝聚共識、勾畫目的與藍圖，堪稱關鍵。

### 1. 積極投入事前的準備與調查

自動化系統通常需投資一定金額。類似蓋大樓要先打好地基，推進室的第一個工作，就是進行事前的準備與調查，包括三點：亦即（1）目的或藍圖的明確化、（2）支援負責同仁做好現況分析（3）藍圖與現況間落差的填補。

這個過程最大的意義在於理解自己，將自動化用在刀口。大金空調區隔不同製程的作業特質與技能、機器人好用是一項同步工程等發現，就是事前準備與調查的成果。這些工作直接支配導入階段的效率與成果。

選定自動化導入對象後，開始釐清導入時必要的數據與基準，以及公司本身擁有的能力或要件。結合這些基礎資訊與能力，開始選定 SI，作為推進室與設備供應商間的橋樑。

## 2. 綿密的規格檢討與設計確認

自動化構想設計「設備購入規格書」，是此一階段的具體產出，也是導入成敗的關鍵。通常包括三項要點：（1）減少勞務費用或生產力提升的評估（2）CT 縮減與省人化的評估（3）設備購入規格明細。這個過程也可以說是 SI 與推進室，特別是生產技術人員的「要件定義」作業過程。

基於三項要點間具有強烈的連動關係，過程本身也是一項精實改善暨自動化實踐變革。譬如：現有機器稼動 CT 與員工作業 CT 的縮短，將直接支配自動化的績效，而使用 PQ 分析、線平衡圖、ECRS、人機組合圖等工具，提升標準化水準，可以在設備規格決定前，排除浪費。同樣的情形，也在自動化方法選擇、讓自動化容易的治具設計、物流暨現場機台布置、向海外展開的設備國際標準問題…等，具有同步的改善空間。

## 3. 導入與營運

SI 負責構築整合機器人及其周邊設備的自動化系統，與推進室並肩作戰。雖然系統的規模與複雜程度，前述兩個階段不僅內涵與重心迥異，耗費時間也不同。但是，導入與營運的流程卻十分一致，可概分為五個過程：（1）要求規格檢討（2）系統製作企業的選定與交涉（3）詳細規格的協議（4）系統設計、製作與組裝調整（5）設置、最終調整、試運轉與驗收。

最後我們要指出，機器人自動化蔚為趨勢，結合精實思維做好營運的改善與維護，是持續精進的關鍵。活用機器人，讓人做附加價值更高的工作，已經成為提升製造業魅力的新動向。我們期待，連結 APP、AI 與機器人的知性職場，結合 TPS 的持續改善，能夠成為製造業吸引人才的新契機，讓知名全球的臺灣製造業得以永續發展。*MA*