**星球永續健康線上直播**

**智慧機器人(3)**

**高齡照護智慧機器人設計協作模式**

**2026 年 11 月 18 日**

人工智慧（AI）與機器人技術快速發展，如何運用此兩科技於高齡者日常生活自主協助，並減輕居家及照護機構的人力需求，成為智慧醫療與高齡照護重要課題。過去機器人主要用於執行單一、重複性的工作，如今則逐漸朝向整合健康監測、生活輔助及情感陪伴的多功能照護模式發展。然而照護機器人除了必須具備智慧感知與自主執行任務的能力，更需要考量高齡者的實際需求、使用接受度、互動安全及隱私倫理等問題。本週將探討高齡照護智慧機器人的設計，以及高齡照護機構中的人機協作模式。

**健康科學新知**

**美伊戰火恐重燃 波灣備戰：「山雨欲來」**

美國與伊朗在 2026 年 2 月至 4 月爆發首輪戰爭後，第 2 輪衝突風險再度升高。美國總統川普持續威脅動武，並增派航艦打擊群及防空武器至中東。首輪戰爭已大量消耗波灣國家的防空攔截彈，伊朗對巴林、阿拉伯聯合大公國（阿聯）等國發動數百至數千次飛彈與無人機攻擊，重創軍事及能源設施。波灣國家普遍反對再度開戰，卻難以左右美國決策。美伊談判也陷入僵局，美國要求伊朗在核計畫上讓步，伊朗則堅持先解除海上封鎖及部分制裁。戰爭已嚴重衝擊區域經濟，波灣 6 國中有 5 國預計在 2026 年陷入經濟萎縮，沙烏地阿拉伯（沙國）全年財政赤字可能超過 GDP 的 6%。與此同時，葉門胡塞武裝（Houthis）逐漸擺脫對伊朗軍援的依賴，建立本土飛彈與無人機生產體系，並透過中國等地取得零組件，在葉門山區秘密製造武器。儘管受到聯合國武器禁運及美國制裁，胡塞武裝仍具備持續作戰能力，對波灣國家的能源設施與交通運輸構成威脅。另一方面，沙烏地阿美（Saudi Aramco）雖面臨設施受損及荷莫茲海峽運輸受阻，仍受惠於高油價，2026 年第 3 季調整後淨利達 310 億美元，年增 9%。公司透過紅海輸油管、替代航線及海外儲油設施維持供應，10 月每日市場供應量已回升至約 700 萬桶，接近

戰前水準。波灣地區正面臨安全與經濟的雙重困境。各國不願再次陷入戰爭，卻缺乏影響美國決策的能力；防空資源與財政緩衝持續消耗，伊朗及胡塞武裝的軍事威脅仍未解除。儘管能源企業能藉高油價維持獲利，整體區域經濟仍承受沉重代價。未來關鍵在於美伊能否突破核計畫、制裁及海上封鎖的談判僵局。若能實現持久和平，國際貨幣基金（IMF）預估波灣經濟 2027 年有望成長 9.1%；若衝突延續，區域安全、能源運輸及經濟復甦將持續面臨挑戰。

**塞爾維亞學生運動勝選：「學者從政」**

2026 年 10 月 25 日，塞爾維亞由學生支持的反對派「學生名單—學生正在勝利」（Student List – Students Are Winning）在國會選舉中取得壓倒性勝利，贏得 250 席中的 141 席，結束武契奇（Aleksandar Vučić）長達 13 年的威權統治。這場政治變革源於 2024 年 11 月諾維薩德（Novi Sad）火車站雨棚倒塌事故，造成 16 人死亡，引發學生對政府貪腐及公共工程弊端的抗議。隨著運動擴大，學生推舉學者、醫師、律師及其他專業人士參選，使數十名科學家與大學教授進入國會。新科議員超過半數擁有博士或醫學專業學位，涵蓋醫學、工程、自然科學及社會科學等領域，成為全球學歷背景最突出的國會之一。長期以來，塞爾維亞學術界受到政治干預，包括政府介入大學治理、限制學術自由，以及研究經費分配受到政治與私人關係影響。新任國會議員、諾維薩德大學化學家 Marija Lesjak 強調，大學應享有自由研究及批評政府的權利，不必擔心政治報復。「學生名單」承諾恢復大學自主權、建立穩定且公平的研究經費制度、設立不受政治控制的獨立科學基金，並改善研究環境，以減少人才外流及吸引海外研究人員返國。然而，學術專業不等於政治治理能力，多數新科議員缺乏政治經驗，改革仍面臨制度重建與政治協調的挑戰。學者認為，新政府必須優先恢復法治、打擊貪腐，才能逐步改善科研環境。這場延續約 2 年的學生運動，不僅改變塞爾維亞的政治版圖，也讓科學家從研究室走向公共事務，展現學術界捍衛民主與自由的力量。

**日本成立防災廳 備戰巨震：「未雨綢繆」**

日本長期面臨重大天然災害威脅，2026 年 11 月 2 日正式成立防災廳，由首任防災

大臣細野豪志（Hosono Goshi）負責推動跨部會防災整合。日本位於多個板塊交界，全球約 5 分之 1 的規模 6 以上地震發生於日本。統計模型估計，東京首都圈未來 30 年發生規模 7 以上地震的機率約 70%，南海海槽發生巨震的機率則達 60%至 90%，最壞情境可能造成近 30 萬人死亡、1,230 萬人撤離，經濟損失高達 292 兆日圓。

日本雖在耐震建築及地震預警方面居全球領先地位，但過去防災業務分散於各部會，缺乏長期統籌機制。新成立的防災廳約有 350 名職員，將加強跨部會協調、地方政府支援及災害風險管理提升國家整體應變能力。除了地震與海嘯，氣候變遷引發的豪雨、洪災及人口高齡化，也使日本防災面臨更複雜的挑戰。2016 年熊本地震及 2024 年能登地震的死亡案例中災害相關死亡分別占超過 80%及 70%，顯示長期避難造成的健康惡化與照護不足，可能比災害當下更具威脅。日本積極規劃改善避難中心衛生、營養與醫療照護條件，並結合政府援助、社區互助及個人準備，降低災害造成的長期傷害。在地震科學方面，研究團隊整合 2011 年東北大地震後 14 年的海底大地測量、陸上衛星定位及小型重複地震資料，分析巨大斷層如何重新累積地震能量。研究發現，雖然地函黏滯鬆弛仍持續影響地表變形，但主震後斷層滑動力已明顯減弱，斷層鎖定分布與震前一致，顯示巨大斷層可能已逐漸恢復鎖定狀態。然而細部滑動與應力累積仍存在不確定性。

**鄉村人口減少衝擊生物多樣性：「人地共生」**

人類離開後，自然環境就一定會恢復嗎？人口減少不一定有利於生物多樣性，部分生態系反而因缺乏人類管理而逐漸衰退。全球鄉村人口比例已從 1950 年的近 40%降至目前的 19%，日本及歐洲尤其明顯。日本研究團隊分析 158 處樣區的長期生物調查資料，發現人口增加地區因都市開發與農業集約化導致物種減少，但人口減少地區生物多樣性同樣下降，顯示人類活動與生態保育之間並非單純的對立關係。造成生物多樣性下降的主要原因是物種與人類活動棲地之依存關係。日本傳統耕地「里山」（satoyama）由農田、草地與森林交錯組成，透過灌溉、疏伐及農耕活動維持多樣化環境。一旦居民遷離、農田棄耕，水田乾涸、森林逐漸鬱閉，青蛙、螢火蟲及依賴開闊環境的植物與昆蟲便失去棲地。歐洲也面臨類似問題，1980 年至 2024 年間農地鳥類族群減少 58%，部分

原因與農業集約化及土地棄耕有關。瑞典依靠傳統放牧維持的半自然草地，更是全國約三分之一受威脅物種的重要棲地。然而，人口減少也可能讓狼等大型掠食者受益，顯示不同物種對人類活動的依賴程度存在差異。研究者因此主張，生態保育不能只依賴讓自然自行恢復的「再野化」（rewilding），也需要適度的人為管理，包括維持小規模農業、放牧、森林疏伐及季節性淹水。日本部分地區透過志工維護水田與森林，保護青蛙、螢火蟲等物種，歐洲則嘗試恢復自然河川、引入大型草食動物，以降低對人力的依賴。然而，鄉村人口老化、管理人力不足及經費限制仍是主要挑戰。

**衛教試驗重塑村莊社會網絡：「漣漪效應」**

隨機對照試驗（randomized controlled trial，RCT）不僅影響直接接受介入者，也可能透過人際互動產生外溢效應（spillover），進而改變社區的友誼、互助及資訊交流網絡。研究團隊重新分析宏都拉斯 110 個村莊、超過 8,000 人的衛教實驗，依接受衛教的家戶比例區分為未介入、低涵蓋率（5–30%）及高涵蓋率（50–100%）村莊，觀察衛教介入對社會網絡的影響。研究發現，接受衛教者與未接受者之間的關係逐漸疏遠，但接受衛教者彼此的連結反而增強。當介入涵蓋率較低時，跨群體關係減弱，使整體社會網絡更加破碎。當涵蓋率提高時，接受介入者之間新增或維持的關係增加，反而提升社區整體凝聚力。這顯示相同的公共衛生措施，可能因介入比例不同而產生截然不同的社會影響。不過，這項研究屬於既有資料的次級分析，尚無法確認衛教介入與社會網絡變化之間的直接因果關係，人際關係減弱影響亦須長期評估。這項發現凸顯傳統隨機對照試驗的限制，若研究只關注個人健康知識或行為改善，可能忽略介入對未參與者及整體社區的間接影響。尤其在公共服務不足、仰賴人際互助取得資訊與資源的地區，試驗造成之社會網絡變化可能影響居民的生活與應變能力。

**AI 加劇網路資安威脅：「攻防競賽」**

人工智慧（AI）正使全球網路安全面臨前所未有的威脅。2026 年 10 月被部分分析師稱為「黑色十月」（Black October），AI 在短時間內協助發現數千個軟體漏洞，重大網路攻擊接連發生，包括廣泛使用的 PHP 程式語言出現重大漏洞、加密貨幣交易所幣安

（Binance）遭竊 63 億美元，以及歐洲超市冷凍設備遭駭客操控。政府機構、銀行及關鍵基礎設施也成為攻擊目標。資安漏洞通報數量急遽增加，2026 年第 3 季已達約 37,900 件。AI 不僅能自動搜尋漏洞、製作惡意軟體及網路釣魚郵件，還能將漏洞轉化為實際攻擊的時間從數天或數週縮短至數小時，使企業修補漏洞的時間大幅減少。隨著開放權重 AI 模型的能力快速提升，缺乏專業技術的駭客也更容易發動大規模攻擊。面對日益嚴重的資安威脅，企業開始利用 AI 偵測漏洞、監控異常活動及自動修補程式，部分大型機構甚至將高達兩成的資訊科技資源投入資安防護。OpenAI 與 Anthropic 也積極進軍資安市場，希望透過 AI 代理程式自動檢查企業程式碼並修補漏洞。全球資安軟體市場規模已達約 1,500 億美元，成為 AI 產業的重要商機。然而，AI 防禦工具仍面臨模型可靠性、企業信任及身分驗證等限制，難以完全取代既有資安業者。此外，老舊設備、人為疏失及中小企業防護資源不足，仍是駭客容易利用的弱點。AI 同時強化網路攻擊與防禦能力，卻也使雙方資源差距更加明顯。攻擊者可利用低成本的開源模型大規模搜尋漏洞，防禦者卻必須投入大量資源及時修補，部分機構甚至因政策限制而無法取得最先進的 AI 防禦工具。因此，政府應加快開放先進資安模型供防禦用途，同時限制高風險 AI 攻擊能力的擴散；企業則須持續強化漏洞管理、更新老舊系統及部署 AI 防護技術。

**數位浪潮重塑信仰與識別：「一體兩面」**

全球保護主義持續升溫，人工智慧（AI）卻帶動新一波國際貿易成長。美國總統川普自 2025 年起大幅提高進口關稅，各國貿易限制措施增加逾 60%，但 2026 年前 8 個月全球貿易額仍年增 18%，其中 AI 相關商品貿易成長高達 55%。各國為加速興建 AI 資料中心，普遍豁免伺服器、半導體及網通設備的進口關稅，使 AI 硬體占全球商品進口比重從 2023 年的 15%提高至約 25%。美國尤其明顯，2026 年前 8 個月 AI 商品進口年增 69%，非 AI 商品進口卻減少 10%。由於美國高度依賴台灣、墨西哥及亞洲國家的 AI 供應鏈，AI 進口熱潮也使貿易逆差持續擴大，凸顯保護主義政策與 AI 產業全球化需求之間的矛盾。另一方面，中國正加速發展 AI 主導的自動化實驗室，將科學研究視為提升產業與國家競爭力的重要工具。2026 年中國新 5 年計畫要求擴大 AI 科研應用，

中國科學院推出「磐石」（ScienceOne）AI 科學家平台，整合科研資料、AI 模型及專業代理系統，協助分析資料、提出假設與設計實驗。深圳晶泰科技（XtalPi）則利用數百隻機械手臂全天候進行藥物研發，透過 AI 篩選大量候選分子，再由機器人自動測試，大幅提高研究效率。中國也積極將自動化實驗室應用於新材料、太陽能電池及藥物開發，部分材料實驗的每日測試能力預計可從人工操作的 1 至 2 種提升至 1,000 種。中美雖然都將 AI 視為科技競爭的核心，但發展策略有所不同。美國偏重高風險、突破性的科學研究，並依靠創投資金推動創新；中國則更重視政府主導、產業應用及短期商業化，利用 AI 與機器人提升研發速度和製造效率。2025 年中國來源藥物已占全球授權交易金額約 50%，顯示其研發能力與國際競爭力快速提升。

**AI 重現幼兒詞彙成長軌跡：「牙牙學語」**

兒童每天接觸的日常語音，是否足以讓人工智慧（AI）像人類一樣學會語言？2026 年 11 月 5 日，《科學》期刊刊登一項研究，利用「最初 1000 天」（First 1000 Days）計畫蒐集的居家語音資料，模擬兒童出生後最初 1000 天的語言發展。研究團隊追蹤 8 名兒童，每人累積數千小時的日常錄音，並為每名兒童建立獨立 AI 模型，讓模型依照實際接觸語音的時間順序逐日學習。模型起初完全不具備語音與詞彙知識，透過漸進式學習（curriculum learning），模擬兒童隨年齡增長而增加的語音接觸量，並利用夜間重播（replay）重新處理近期經驗，模擬睡眠可能促進記憶鞏固的作用。研究發現，AI 模型在模擬出生後第 1 年內，便能逐漸分辨英語的不同語音，接著從連續語音中辨認詞彙，並在 1000 天內累積數千個詞彙，其詞彙成長軌跡與對應兒童的實際發展高度接近。研究也發現，充足的語音輸入與夜間重播是成功學習的重要條件。當模型接觸的語音量減少，或取消夜間重播時，詞彙學習能力便明顯下降。這顯示持續且密集的語言經驗，以及反覆處理既有資訊的機制，有助於 AI 逐步建立詞庫。相同的模型架構也能重現 8 名兒童不同的詞彙成長速度，反映個別語言經驗對學習發展的影響。不過，模型能模擬兒童的詞彙成長，並不代表已完整解釋人類語言學習的機制。真實兒童除了聽覺，還會透過手勢、眼神、物體及社會互動理解詞彙意義，而研究模型目前只能辨認語音中的詞形，

尚無法建立完整的語意理解。此外，模型夜間重播與人類睡眠中的記憶鞏固機制仍存在差異，不能直接視為兒童大腦運作的證據。

**高齡照護智慧機器人設計**

《機器人與法蘭克》（Robot & Frank）講述一名曾是珠寶大盜的高齡男子法蘭克，隨著年齡增長，逐漸出現記憶力衰退與認知功能退化的問題。他獨居鄉間，經常忘記過去發生的事情，甚至不記得兒子早已大學畢業。由於子女工作繁忙，難以經常陪伴與照顧，兒子杭特便為他購買一台健康照護機器人，希望協助維持日常生活，延緩認知功能退化。法蘭克起初十分抗拒，但為了避免被送往失智長者照護機構，只好勉強接受。機器人開始管理法蘭克的飲食、睡眠與日常活動，包括要求他按時起床、健康飲食、從事園藝及外出健行，希望透過規律生活與心智刺激維持健康。然而，法蘭克不喜歡受到限制，經常拒絕配合。直到他得知機器人若被送回原廠，所有記憶都可能遭到清除，才逐漸產生同情與認同，開始接受機器人的陪伴。某次，法蘭克在商店偷取肥皂時，意外發現機器人不具備法律與道德判斷能力，甚至主動協助他完成偷竊。法蘭克因此開始教導機器人開鎖及破解保險箱，兩人逐漸形成合作關係。機器人憑藉精確的操作能力，成為法蘭克的得力助手，並將竊盜活動視為促進認知功能的訓練。後來，法蘭克為了幫助自己喜愛的圖書館館員，以及對抗圖書館數位化改造，與機器人共同策劃竊盜行動，甚至成功偷取一名富豪家中的名貴珠寶。竊案發生後，警方開始懷疑具有犯罪前科的法蘭克。機器人發現自己的記憶資料可能成為犯罪證據，因此主動建議將記憶格式化，以保護法蘭克。雖然機器人認為記憶清除只是程式重置，並不等同於死亡，但法蘭克早已將它視為具有情感意義的重要夥伴，因此難以接受失去兩人共同回憶的結果。最後，他仍忍痛清除機器人的記憶，而自己也因認知功能持續退化，入住失智長者照護機構。

高齡照護機器人主要涵蓋醫療需求、基本生活需求與情感互動需求三個面向，但能否符合長者的個人需求，仍受到多項因素影響。首先是使用者特性，包括年齡、照護需求、科技使用經驗、認知能力、教育程度、文化背景及個人期待。例如，熟悉智慧型手機與數位設備的長者，可能較容易接受機器人；缺乏科技使用經驗者，則可能因操作困

難而產生抗拒。此外，部分長者可能認為接受機器人照顧，代表自己失去獨立生活能力，或必須依賴機器而非家人，因此在心理上難以接受。其次是機器人特性，包括安全性、操作便利性、外觀、擬人程度、表情、體型、性格及適應能力。具有人類外觀、自然表情與互動能力的機器人，可能更容易讓長者產生親近感；反之，缺乏自然互動方式的機械裝置，則可能降低接受意願。電影《機器人與法蘭克》便是如此。法蘭克起初認為機器人只是干涉生活的工具，但隨著相處時間增加，兩者逐漸建立情感關係。第三是功能效益，包括個人化服務、娛樂、地位提升及實際生活協助。機器人除了完成照護任務，也必須讓長者感受到使用效益。因此，高齡者的接受度並非單純取決於技術是否先進，而是使用者特性、機器人特性與功能效益共同作用的結果。即使產品功能強大，若操作複雜或不符合長者期待，仍可能遭到排斥。對部分長者而言，能夠聊天、互動的陪伴者，可能比功能複雜的機器更具吸引力。此外，照護機器人為了執行健康監測與生活輔助任務，可能需要蒐集個人資料，甚至透過居家攝影機及視覺感測器觀察長者活動。因此，如何保障個人隱私，並建立適當的倫理、法律與技術界線，也是高齡照護機器人發展的重要課題。

醫療功能與生理監測方面照護機器人可以協助長者進行運動訓練及復健活動。例如，PHAROS 是一種能夠指導運動訓練的機器人。對於高齡者，尤其是罹患巴金森氏症等需要持續進行動作訓練的患者，如何維持規律的復健活動相當重要。這類機器人可以結合穿戴式感測器，量測使用者的生理指標與身體動作，進一步分析運動過程中的姿勢與動作表現，並提供即時矯正。由於醫療專業人員的工作相當繁忙，如果能夠利用機器人協助部分訓練工作，就有機會減輕醫療人員的負擔。另一個例子是 Mini 機器人，主要應用於言語失用的復健訓練，協助患者進行相關練習。這些都屬於醫療功能與生理監測機器人的應用範圍。這類機器人在實際使用時，仍然存在一些限制。首先，高齡者不一定能夠正確配戴穿戴式感測器。當照護機器人需要搭配感測器時，長者可能因為操作不熟悉，而無法正確使用設備。其次許多醫療與復健機器人仍然需要醫療專業人員在旁監督，才能確保使用過程中的安全與訓練效果。這也代表機器人雖然可以協助復健，卻不一定

能夠立即減少醫療人員的工作量，有時反而需要投入更多人力進行操作與監督。隨著人工智慧技術持續進步，這些操作與監測上的限制，未來有機會逐漸改善。

生活輔助任務機器人也是高齡照護的重要應用，涵蓋排泄清潔、送藥、移位及如廁等日常需求。例如，對於長期臥床或行動不便的長者，XFCS-A 排泄清潔輔助設備可協助處理排便後的清潔工作，透過溫水清洗與暖風烘乾，減輕照護人員的負擔。HOSPI-R 送藥機器人則可執行送藥任務，並透過語音指令與使用者互動。此外，這類機器人也能跟隨使用者、辨識環境風險並提供提醒，例如協助判斷輪椅行進路線是否安全，降低意外發生的風險。移位與如廁同樣是重要的照護需求。對於無法自行從床上移動至輪椅，或如廁時容易失去平衡的長者，可透過雙向移位機器人及智慧如廁設備提供協助，並結合滑倒風險辨識功能，提升移動過程的安全性。生活輔助任務機器人的主要目標，是自主執行重複性、相對單純的照護工作，減少人員介入並分擔照護負擔。然而，如何確保機器人在不同生活環境中安全執行任務，仍是重要的技術挑戰。

生活輔助機器人應用範圍已經逐漸擴展到移位、沐浴與進食等不同活動，協助長者維持基本的日常生活功能。對於行動不便或長期臥床的長者而言，從床上移動到輪椅，或從輪椅移動到其他位置，往往需要照護人員協助。由於這些動作需要反覆搬動長者，照護人員也容易因此產生慢性腰部疾病。例如，Robear 是一種移位輔助機器人，可以透過感測技術偵測輕微的接觸力量，協助照護人員完成長者的移位工作，減少反覆搬運所造成的身體負擔。其次是沐浴輔助。Bishamon 是一種結合浴缸與分離式輪椅的設備，讓行動不便的長者能夠透過輔助裝置完成沐浴，減少照護人員在搬運與清潔過程中的工作負擔。另一個重要的應用是進食輔助。例如，Obi 與 My Spoon 等進食輔助機器人，可以協助手部動作不穩定或失能的長者完成進食。對於部分高齡者而言，因為手部功能退化，可能無法穩定地使用餐具，因此需要透過機器人的輔助，才能維持自行進食的能力。這類技術與先前介紹的牙科機器人具有部分相似的機械控制概念，例如透過精確的動作控制，協助完成需要穩定操作的工作。牙科領域已經將機器人技術應用於部分植牙手術，而高齡照護機器人則將相關控制技術運用於日常生活輔助。因此，無論是移位、

沐浴或進食，機器人的重要功能都是協助完成需要反覆操作或耗費體力的工作，減少照護人員的勞動負擔，同時幫助長者維持日常生活能力。

高齡照護機器人並不只是負責清潔、移位或其他基本生活工作，更重要的是能夠提供情感上的陪伴。過去日本在陪伴型機器人的研發方面相當積極，陸續出現許多具有不同功能的機器人。例如，PARO 主要提供類似寵物的陪伴功能，MARIO 應用於失智長者的陪伴，Jibo 著重社交互動，而 HOBBIT 則具有緊急狀況辨識功能。這些機器人具有不同的外觀與互動方式，其中部分採用寵物或嬰兒般的造型，因為相較於一般機械外觀，長者可能更容易接受這類具有親近感的設計。AIBO 是一種寵物犬機器人，外觀與行為模仿真實的狗。相關研究顯示，這類寵物型機器人有助於降低長者的孤獨感，提供情感上的陪伴。除了寵物型機器人之外，社交互動機器人也逐漸受到重視。例如，Jibo 曾經在美國加州的高齡照護社區進行為期 3 週的試驗，共有 19 名長者參與。研究透過機器人與長者互動，觀察其對人際互動的影響，結果顯示機器人具有促進社交互動的潛力。另外，部分陪伴型機器人也結合健康管理功能。例如，Mabu 與 Stevie 可以協助提醒長者按時服藥，改善用藥遵從性。HOBBIT 則具有緊急狀況辨識功能，當長者發生跌倒或其他需要協助的情況時，機器人可以辨識異常狀況，並發出警訊請求協助。因此，情感互動陪伴機器人除了可以透過聊天、娛樂及社交互動減少孤獨感，也能結合服藥提醒與緊急事件辨識等功能，進一步提供生活上的支持。

隨著機器人技術持續發展，如果能夠將更多功能整合到人形機器人之中，就有機會提供更完整的高齡照護服務。目前已經有許多不同類型的多功能機器人，例如 EDAN 與 Justin 可以透過遠端操作協助照護，T-HR3 主要提供居家活動支援，Busboy 能夠透過示範學習執行家務，而 Care-O-bot 4 則採用模組化設計，協助完成不同的家庭工作。其中，Lio 是一種值得注意的照護服務機器人，已經部署於德國與瑞士的多家護理機構，協助照護人員執行部分日常工作。此外，還有其他具有不同操作能力的機器人。例如，TWENDY-ONE 具有精細抓握與扶持能力，可以協助完成需要較高操作精度的工作；PR2 則可以協助執行身體擦拭等照護任務。LIMS2-AMBIDEX 則採用輕量化雙臂設計，讓機

器人能夠透過雙臂執行不同的操作任務。從這些例子可以看到，機器人的功能已經逐漸從單一任務，發展為結合遠端操作、家務協助、精細抓握及身體照護等多種功能的系統。

機器人進入高齡者的生活環境或需要直接接觸長者時，安全性便成為重要課題，不僅要避免身體傷害，也必須兼顧心理上的安全感。高齡照護機器人的安全互動可分為四個面向。第一是控制，機器人接近長者或執行照護任務時，必須限制移動速度與距離，並在發生碰撞時立即調整控制方式，避免持續施力造成傷害。第二是規劃，機器人必須將人機距離及長者的視線範圍納入路徑規劃，避免移動路線干擾長者活動或造成不適。第三是預測，透過感測器辨識長者的動作與意圖，例如在長者準備起身或移動時，提前調整位置與行動。第四是心理安全，機器人應調整動作與社交互動方式，避免突然靠近或移動過快，使長者感到恐懼或誤認具有攻擊性。前三個面向著重於身體安全，第四個則強調心理安全，唯有兼顧兩者，才能讓長者安心地與機器人互動。

在高齡照護機器人的設計中，心理安全是重要課題。對許多長者而言，機器人仍是陌生的科技產品，即使不會造成身體傷害，突然靠近或出現在身旁，仍可能引起緊張與不安。因此，機器人必須建立適當的互動方式，並依照長者的個別需求，調整移動速度、加速度及接近距離。例如，有些長者能接受機器人快速靠近，有些則需要較慢的速度與較遠的距離，才能感到安心。此外，隨著年齡增長，部分長者的空間辨識與認知功能可能改變，機器人也必須避免突然加速或做出容易引起恐懼的動作。另一項重要因素是個人空間與文化差異。不同文化背景及個人習慣，可能影響長者對人機互動距離的接受程度。因此，機器人必須尊重長者的個人空間，並依照使用者的習慣調整互動方式。這也說明，照護機器人的安全性不僅在於避免碰撞與身體傷害，更需要讓長者在心理上感到舒適與信任。

高齡照護機器人的安全設計，可從動作與路徑規劃、物理接觸控制、心理與社交安全，以及行為意圖辨識四個層次來考量。首先，動作與路徑規劃必須考量實際環境，以及長者的身體功能、活動能力與生活習慣，進行個人化調整。其次，物理接觸控制強調機器人在扶持長者或協助移位時，必須適當控制接觸力量，並即時調整動作，避免造成

傷害。第三是心理與社交安全，機器人的外觀、動作及互動方式，都應讓長者感到舒適與尊重，展現傳統所說的「溫良恭儉讓」。最後是行為意圖辨識，機器人必須結合影像感測與行為辨識技術，判斷長者的動作及其背後的意圖。例如，長者伸手拿取杯子，與失去平衡時伸手支撐身體，兩者動作可能相似，但代表的需求與風險不同。若機器人無法正確辨識，就可能誤判正常活動，或忽略真正需要協助的情況。因此，高齡照護機器人除了具備動作執行能力，還必須理解長者的行為與需求，才能適時提供協助，兼顧身體與心理安全。

結合前述各項技術可建立完整智慧居家機器人輔助照護模式，包含感測網路，透過不同的感測器蒐集長者在居家環境中的活動與健康資訊。照護機器人負責協助長者完成日常生活中的各種照護工作，例如移位、清潔及其他生活輔助任務。陪伴機器人透過語音、社交互動與娛樂功能，提供長者情感上的支持，減少孤獨感。雲端管理系統將不同設備與照護資訊整合，協助管理相關資料。健康監測透過持續蒐集與分析生理資訊，掌握長者的健康狀態，提供必要的照護協助。這些系統能夠相互整合可在長者熟悉的居家環境中建立具有情境感知能力的自動化照護服務。對高齡者而言最重要的仍然是能夠繼續生活在自己熟悉的家中，維持獨立自主的能力，以及對生活的自信與成就感。因此智慧居家照護系統必須考量每位長者的個別差異，依照不同的身體狀況、生活習慣與照護需求，彈性調整服務內容。

**高齡照護機構人機協作模式**

全球人口高齡化發展照護人力不足已成為各國長期照護體系面臨的重要挑戰。運用智慧機器人分擔照護工作，同時維持長者的生活品質與照護尊嚴，成為高齡照護科技發展的重要方向。日本作為高齡化程度較高的國家，近年積極推動照護機器人導入，也透過實際機構調查，評估機器人對照護人力、工作分工及照護品質的影響，為其他高齡化社會提供參考。研究團隊針對日本 30 床以上的特別養護老人之家進行調查，從全國 7,228 家機構中隨機抽樣 4,000 家，分別於 2020 年及 2022 年進行兩次調查，並追蹤其中 265 家兩次皆有回覆的機構。研究內容涵蓋機器人導入情形、照護人力、離職率、照

護任務分工，以及身體約束、壓瘡與跌倒等照護品質指標，藉此了解機器人如何改變高齡照護機構的工作模式。研究將高齡照護機器人分為三大類。第一類為移位機器人，主要協助照服員將長者抱起、翻身，或從床上移動至輪椅等位置，分為穿戴式與非穿戴式。穿戴式設備由照服員穿戴，透過機械輔助減輕抬舉時的肌肉負擔；非穿戴式則由照服員操作獨立機器，提供長者移位所需的支撐力量。這類機器人的主要功能是降低照護人員的體力負荷，改善工作時的人體工學條件，但仍須由照服員操作，目前尚未能有效取代移位照護工作，且設備體積及購置成本也是導入時必須考量的因素。第二類為監測與溝通機器人，主要透過床墊、房間感測器或其他監測設備，掌握長者的活動、離床及安全狀況，並在發現異常時即時通知照服員。此外，部分溝通機器人能主動與長者對話，或透過機器寵物提供陪伴及情緒支持。由於照護人員無法全天候守在每位長者身旁，這類設備能協助機構持續掌握長者狀況，讓照服員在收到通知後及時介入。其成本相對較低，也較容易融入既有照護流程，因此是日本高齡照護機構中最普遍採用的機器人類型。第三類為行動機器人，主要協助長者自主移動、行走及如廁等日常活動。長者經過基本指導與操作學習後，可以自行使用機器人輔助行動，減少對照護人員的依賴。這類設備有助於提升長者的自主性與活動能力，也能分擔照服員部分體力工作，但由於操作方式較複雜、設備單價較高，長者必須具備一定的學習與操作能力，才能安全使用。

研究發現日本高齡照護機構採用機器人的比例持續增加。2020 年約有 66.7%的受調查機構採用至少一種照護機器人，2022 年進一步提高至 74.0%。其中，監測機器人的採用率從 50.4%增加至 63.0%，行動機器人從 17.9%增加至 26.4%，移位機器人則從 18.7%增加至 25.7%，顯示各類機器人在高齡照護場域的應用逐漸普及。監測機器人是三類設備中使用最普遍的類型，平均每家機構使用約 10.3 台，反映機構對長者安全監測及即時通報的高度需求。至於機器人是否真正改善照護人力方面，導入機器人機，其照護人員人數增加約 6.5%，臨時聘僱人員增加約 13.7%，但整體照護工時並未顯著增加。代表機器人導入後機構雖然增加照護人力，卻沒有同步增加相同比例工作時間，顯示科技輔助可能有助於減輕照護人員的工作負擔。採用機器人的機構，其人員離職率相

對較低，尤其對非正職照護人員的穩定性影響較為明顯，顯示機器人輔助有機會改善工作環境，提升照護人力留任情形。

機器人導入並不代表照護工作全面由機器取代，研究將照護任務自動化程度分為五個等級，第一級代表完全由照服員執行，第五級則代表完全由機器人執行。調查結果顯示，目前各項照護任務的自動化程度仍偏低，多數工作仍由照服員負責，機器人主要分擔部分監測、移動及移位任務。現階段高齡照護機器人的發展，主要呈現人機互補的協作模式，而非全面取代人力。這種分工也使照護人員的工作內容逐漸轉變。過去照護工作約有 80%投入體力負荷及例行監測，僅約 20%能投入情緒支持與較高專業需求的臨床判斷。隨著機器人協助分擔部分基礎照護及監測任務，照護人員便有機會將更多時間投入人際互動、情緒支持及個別化照護，提升照護工作的專業性與人性化程度。

導入機器人的機構在照護品質方面其身體約束使用情形約減少 13%，壓瘡發生情形約減少 26%。監測機器人導入對降低身體約束及夜間跌倒具有較明顯正向關聯。透過智慧床墊、感測器及即時通報系統，照護人員能更有效掌握長者的活動狀況，降低因夜間人力不足而必須限制長者行動的情形，同時也有助於維護長者的自主性與尊嚴。不過，研究也發現，行動機器人的導入伴隨跌倒及夜間跌倒增加的情形，顯示科技輔助並非沒有風險。長者若不熟悉設備操作，或因身體衰弱而無法妥善使用機器人，加上照護人員未能即時提供協助，反而可能增加跌倒風險。因此，機構在導入行動機器人時，除了考量設備功能，也必須重視長者的操作能力、身體狀況及照護人員的安全監督，避免科技應用帶來額外的照護風險。

日本的研究顯示，高齡照護機構導入智慧機器人，關鍵並不在於完全取代照護人員，而是透過適當的任務分工，讓機器人承擔重複性、監測性及部分體力負荷較高的工作，使照護人員能將更多心力投入需要專業判斷與人際互動的照護服務。如何依據長者需求、機構環境及照護人力條件，建立安全且有效的人機協作模式，將是智慧高齡照護發展重要課題。

以上內容將在 **2026 年 11 月 18 日(三) 10:00 am** 以線上直播方式與媒體朋友、全球民眾及專業人士共享。歡迎各位舊雨新知透過星球永續健康網站專頁觀賞直播！

- **星球永續健康網站網頁連結: https://www.realscience.top/7**
- **Youtube 影片連結: https://reurl.cc/o7br93**
- **漢聲廣播電台連結: https://reurl.cc/nojdev**
- **不只是科技：https://reurl.cc/A6EXxZ**

**講者：**

陳秀熙教授/英國劍橋大學博士、許辰陽醫師、陳立昇教授、嚴明芳教授、林庭瑀博士

**聯絡人：**

林庭瑀博士 電話: (02)33668033 E-mail:happy82526@gmail.com

劉秋燕 電話: (02)33668033 E-mail: r11847030@ntu.edu.tw