星球永續健康線上直播

智慧機器人(4)

高齡智慧社交機器人

2026 年 11 月 25 日

機器人可以陪長者聊天、提醒吃藥，辨識情緒建立互動，對高齡者而言，理想的智慧機器人不只是能聽懂指令、回答問題，更需要能理解長者不同需求，提供自然、適切且具有溫度的互動。要讓機器人走進高齡照護場域，仍須克服語言溝通、個人化互動及實際使用接受度及使用者安全等挑戰。本週我們將探討高齡智慧社交機器人設計以及智慧社交機器人高齡場域驗證。

健康科學新知

中國主辦美中俄三方會談：「縱橫捭闔」

中國國家主席習近平藉由 2026 年深圳亞太經濟合作會議（APEC）峰會，展示中國在無人機、人形機器人及電動車等領域的科技實力，並推廣「人類命運共同體」理念。儘管中國強調和平發展、國際合作及共同繁榮，但相關政策缺乏具體執行方案。部分學者認為，習近平真正追求的是以中國為中心的國際秩序，希望其他國家承認中國的主導地位，卻不願承擔相應的全球安全責任。2015 年東協防長會議因南海爭議未能發表聯合聲明，即反映中國的不干涉主張與區域國家安全利益之間的矛盾。2026 年 11 月 19 日，川普、習近平與普丁在深圳 APEC 峰會期間舉行首次三方會談，閉門討論約 70 分鐘，涉及烏克蘭戰爭、核武風險及國際安全等議題，但未取得重大突破。三方發表共同和平宣言，重申「核戰爭打不贏，也絕不能打」，並同意推動核風險與防擴散對話、聯合國改革及增加精煉石油產品供應，同時主張限制國際刑事法院（ICC）的管轄權。然而，宣言未提出具體核裁軍目標、時程或查核機制，也未就烏克蘭及伊朗戰爭達成協議。由於美俄核武規模遠高於中國，加上《新戰略武器裁減條約》（New START）已於 2026 年 2 月失效，建立新的三方核武管制機制仍面臨困難。深圳三方會談雖展現大國合作姿態，實際成果卻相當有限，也凸顯大國協商可能忽略其他當事國的利益。

AI 熱潮獲利能力受考驗：「泡沫疑雲」

人工智慧（AI）技術快速進步，但龐大的基礎建設投資能否轉化為足夠收益，已成為市場關注焦點。AI 模型開發商 Anthropic 即將以約 1.5 兆美元估值上市，OpenAI 則將上市計畫延至 2027 年。估計 AI 產業 2030 年營收須達約 3 兆美元，才能支撐規劃中的資料中心投資，但目前模型業者年化營收合計僅約 2,000 億美元，且 3 個月營收增幅已從 2026 年春季的 80%至 90%，降至 10 月的 12%。此外，AI 模型轉換成本低、運算費用高，加上中國低價模型競爭，使業者難以維持長期優勢。雖然 Anthropic 與 OpenAI 積極拓展法律、金融、科學及藥物研發等專業應用，但 AI 帶來的生產力效益仍主要集中於科技業，尚未廣泛轉化為其他產業的實際收益。日本軟銀集團（SoftBank Group）的財務挫折，進一步反映 AI 投資風險。軟銀資產淨值曾於 2026 年 6 月底達 72.3 兆日圓，隨後因 AI 相關投資下跌，至 8 月初降為 58.3 兆日圓，11 月公布的季度財報更出現 70 億美元虧損。其投資涵蓋半導體、AI 模型、機器人及資料中心，但安謀（Arm）股價大跌、OpenAI 上市延後，以及資料中心設備取消訂單造成 37 億美元減值，使資金回收與負債壓力持續增加。另一方面，2026 年 11 月 12 日，輝達（Nvidia）執行長黃仁勳（Jensen Huang）突然辭職，引發股價劇烈震盪，市值跌破 4 兆美元。然而，輝達隨後公布季度營收達 1,158 億美元，年增 103%，其中資料中心營收達 1,076 億美元，顯示市場信心雖受到衝擊，AI 算力需求仍然強勁。AI 投資熱潮可能面臨股市大幅修正，但未必引發全面金融危機。美國標準普爾 500 指數中，AI 曝險最高的 10 檔股票權重已接近 40%，股價下跌可能造成顯著財富損失；不過，目前大型科技企業主要依靠股權與既有業務獲利支撐投資，財務槓桿相對有限，因此即使 AI 泡沫破裂，較可能造成消費減少、部分高負債業者倒閉及輕度經濟衰退，而非系統性金融崩潰。相較之下，高度依賴 AI 供應鏈的台灣可能承受更大衝擊。

高齡世代經濟優勢消退：「世代消長」

富裕國家長期存在的高齡世代經濟優勢正逐漸消退。過去，戰後嬰兒潮世代受惠於經濟成長、房地產與股市上漲，以及優渥的退休金制度，累積龐大財富；年輕世代則面

臨高房價、就業不穩定及世代分配不公等問題。然而，近年高齡者相對所得開始下降。分析 32 個富裕國家發現，其中 26 國高齡者所得相對工作年齡人口下滑。英國退休者所得曾在 2010 年代中期與工作年齡人口幾乎相當，如今卻低約 10%；美國高齡者所得相對非高齡人口的優勢，也已超過 10 年未再改善。這反映過去數十年持續擴大的高齡世代經濟優勢，正出現轉折。造成這項變化的原因，包括勞動市場改善、通膨衝擊及政府政策調整。強勁的勞動需求推升薪資，使年輕工作者更容易累積資產；疫情後的高通膨則侵蝕高齡者儲蓄與固定退休金，歐盟研究指出，生活成本危機對退休家庭的衝擊接近工作年齡家庭的 3 倍。財富分布也開始改變，美國 70 歲以上人口雖持有約三分之一私人財富，但其財富占比成長已落後人口占比增幅，千禧世代在相同年齡時的財富甚至高於過去任何世代。另一方面，美國 65 歲以上人口平均每人獲得的聯邦支出，相對其他年齡層已從約 10 倍降至 2024 年的 6 倍。各國也逐步改革退休金、延後退休年齡，並擴大兒童津貼及育嬰福利，將部分公共資源轉向年輕家庭。高齡者經濟優勢縮小，並不代表世代不平等已經消失。高齡人口仍掌握大量房地產與金融資產，未來人口老化也將持續增加醫療及長期照護支出。然而，經濟成長放緩、政府債務增加及少子化，使各國難以無限制擴大退休福利，必須重新平衡不同世代的資源分配。

遺傳資料保育基金募款有限：「保育困局」

生技企業利用公開遺傳資料開發藥物、化妝品及農作物，從中獲取商業利益，卻未必回饋生物多樣性保育，引發遺傳資源利益分配不公的爭議。2024 年，聯合國設立「卡利基金」（Cali Fund），鼓勵使用數位序列資訊（digital sequence information）的企業，捐出營收的 0.1%或利潤的 1%，支持全球生物多樣性保育。原先預估每年可募得約 10 億美元，但截至 2026 年 11 月，僅有 5 家小型生技公司捐款，總額只有 10,588 美元。研究估計，全球超過 20,000 家企業符合建議捐款門檻，若全面參與，每年最高可募得 36 億美元，顯示基金實際募款成果與潛在規模存在巨大落差。AI 生技企業成為爭議焦點，因為相關模型高度依賴公開遺傳資料進行研究與藥物開發，卻未向基金捐款。例如，利用 AlphaFold 蛋白質摺疊預測技術開發藥物的 Isomorphic Labs，於 2026 年募得超過

20 億美元投資，但尚未捐款。另一家公司 Basecamp Research 則透過與 34 個國家簽訂個別利益分享協議，宣稱已支付超過 500 萬美元權利金，但金額尚未獲獨立查證。企業參與不足的原因，除了捐款屬自願性質，也包括法律責任不明確。部分企業擔心捐款被視為承認過去涉及生物剽竊（biopiracy），或捐款後仍須依各國法律另外支付遺傳資源使用費，因而選擇觀望。2026 年第 17 屆聯合國生物多樣性大會（COP17）未能解決基金的核心執行問題，各國決定延至 2028 年繼續討論，使募款進度面臨進一步延宕。與此同時，全球距離 2030 年前每年籌措 2,000 億美元保育資金的目標仍有很大差距。卡利基金的困境反映出，公開遺傳資料雖能促進科學創新與商業發展，但如何確保資料來源國及自然保育獲得公平回饋，仍缺乏有效制度。

英國量子科技成果初現：「量子躍進」

英國量子科技發展逐漸展現成果，全球前 5 大量子科技聚落中，有 3 個位於英國。相較於仍面臨技術挑戰的量子電腦，量子感測已率先進入實際應用。諾丁漢大學衍生企業 Cerca Magnetics 開發量子感測腦部掃描頭盔，能偵測微弱的腦部磁場變化，並已連續 5 年實現營業獲利；其他研究團隊也正探索乳癌及愛滋病毒（HIV）診斷技術。在導航領域，量子感測與原子鐘可降低對全球定位系統（GPS）的依賴，減少衛星訊號遭干擾造成的風險，英國皇家海軍已開始測試相關技術。英國政府也編列 1.38 億英鎊，採購供國防、醫療及運輸使用的量子感測設備，顯示量子技術正從實驗室走向商業與公共服務。量子運算方面，英國目標於 2035 年前研製出運算能力超越傳統超級電腦的量子電腦。2026 年，倫敦國王學院成為英國首支獲准使用 Google 先進量子晶片 Willow 的學術團隊，研究量子電腦模擬光合作用、分子交互作用及新型材料的能力，未來可能應用於太陽能電池、電網及新藥開發。Google 宣稱 Willow 能在 5 分鐘內完成傳統超級電腦可能需要極長時間的特定計算，但這並不代表量子電腦已能全面取代傳統電腦。目前主要瓶頸仍是運算錯誤率高、系統規模化困難及研發成本龐大。英國企業 Riverlane 開發量子錯誤校正技術，Phasecraft 則研究能在高錯誤率設備上執行實用運算的演算法。英國政府透過約 10 億英鎊 ProQure 採購計畫及其他研發補助協助企業驗證量子技術原

型機並推動商業化。量子科技已成為各國競逐技術自主、國防安全與經濟競爭力的重要領域。英國 2023 年提出 10 年國家量子戰略，規劃投入 25 億英鎊，2026 年再宣布最高 20 億英鎊的新一輪支持方案，涵蓋量子運算、感測導航、基礎設施及人才培育，並透過與美國、德國等國合作強化產業競爭力。新加坡、西班牙及其他國家也相繼擴大量子科技投資，顯示全球政策重心正從基礎研究轉向實際部署與商業應用。

美國輸電容量嚴重不足：「電網瓶頸」

美國輸電網路建設長期停滯，已成為因應未來電力需求的重要挑戰。交通運輸、重工業電氣化及 AI 資料中心快速擴張，加上風力與太陽能發電需要跨區域調度，使高壓輸電線需求持續增加。然而，過去 5 年美國每年僅新建約 500 英里、電壓 345 千伏（kV）以上的高壓輸電線，只有估計需求量 5,000 英里的十分之一。研究指出，美國必須在 2050 年前將跨區域電網規模擴大至目前的 3 倍，才能滿足未來需求。輸電建設不足的主要原因並非技術限制，而是州與聯邦政府權限分散、跨州成本分攤困難，以及電力公司缺乏投資誘因。既有業者傾向在自身服務區域建設，民間開發商則面臨土地取得困難及優先承建權法規限制，使跨州電網擴建進度緩慢。技術創新可協助提升輸電容量並降低土地使用需求。例如，將既有線路更換為高容量導線，或採用高壓直流輸電（HVDC），部分情況下可使輸電容量提高至原來的 3 倍。新型電壓源換流器（VSC）技術也讓直流電纜能長距離地下埋設，減少對周邊環境的影響。美國 Champlain Hudson Power Express 計畫便利用交通廊道、湖底及河底埋設 545 公里直流電纜，將加拿大水力發電輸送至紐約市。然而，SOO Green 計畫雖規劃沿鐵路用地輸送中西部風電，仍因跨區域電網連接許可受阻，顯示技術可行並不代表行政障礙已經解決。作者因此建議重新運用國家利益輸電走廊制度，強化聯邦能源管制委員會（FERC）的跨州協調與選址權限，並優先利用既有公路、鐵路等廊道建設輸電設施。要真正突破輸電危機，仍須同步改革法規、投資誘因及地方利益分配。作者建議借鏡其他國家的建設經驗，整合工程技術、經濟分析與社會科學研究，並成立由總統與國會共同推動的國家輸電委員會，協調聯邦、州政府、電力業者及地方社區的利益。政府可透過加速審查、投資獎勵及補助吸引民間資金，同

時讓輸電線沿線居民分享建設效益，降低地方反對。

超強聖嬰糧食與健康威脅迫近：「防患未然」

2026 至 2027 年的聖嬰現象(El Niño)可能成為一個多世紀以來最強烈的事件之一，其影響不僅包括極端高溫、乾旱與洪水，更可能透過農業減產、糧食價格上漲及傳染病傳播，引發全球公共衛生危機。研究預估，此次聖嬰現象可能造成全球額外約 45.1 萬人死於高溫相關疾病，主要集中於中低收入國家。歷史經驗顯示，氣候異常造成的健康衝擊，與各國糧食供應、醫療體系及社會制度的韌性密切相關。例如，1876 至 1878 年強烈聖嬰事件曾使印度與中國因乾旱、農業歉收及救濟不足而發生嚴重飢荒；愛爾蘭則因交通運輸及國際援助，避免了大規模飢荒，凸顯政府應變與糧食分配能力的重要性。氣候災害與糧食安全、傳染病風險之間的連鎖效應尤其值得關注。回顧相關歷史事件，2015 至 2016 年聖嬰期間，南非玉米產量減少約 40%，2023 至 2024 年也下降約 20%。當農作物歉收、食品價格上漲時，弱勢人口可能被迫改變飲食來源，甚至轉向衛生風險較高的野生動物肉類，增加接觸人畜共通病原體的機會。極端降雨與洪災也可能造成飲用水污染、醫療設施損壞，進一步提高霍亂、瘧疾及營養不良等健康風險。此外，戰爭引發的能源、化肥及國際貿易壓力，可能與聖嬰現象相互疊加，使脆弱地區的糧食危機更加嚴重。不過，目前並無證據顯示非洲豬瘟造成 COVID-19 大流行，也不能據此推論此次聖嬰現象必然引發新的全球疫情。面對潛在危機，國際組織已在 22 個糧食安全高風險國家推動提前應變措施，包括現金補助、農業支援、糧食援助及牲畜疫苗接種。

太空遮陽降溫氣候解方：「天馬行空」

在太空設置巨型遮陽系統，阻擋部分陽光照射地球，可能成為減緩全球暖化的新方法。2026 年 10 月，行星遮陽研究所發表研究報告，評估 6 種太空遮陽設計。氣候模型估計，若能阻擋約 1%的太陽輻射，全球氣溫可下降約 1°C。研究提出兩大方案，包括利用約 5,000 顆旋轉帆衛星組成遮陽陣列，以及在太空部署反光塵埃雲。前者需要近 7,000 萬公噸材料，後者雖可大幅減少材料需求，但技術不確定性更高。儘管太空發射成本逐漸下降，研究估計最快仍須 20 至 40 年才能開始建造，總成本可能高達數十兆美

元，且大量火箭發射可能造成環境污染。部分科學家認為，這項技術未必能在 21 世紀結束前實現。此外，遮陽可能改變降雨及植物生長條件，也無法直接減少大氣中的溫室氣體。整體而言，太空遮陽在理論上具有降溫潛力，但工程規模、成本及環境風險仍有重大不確定性，無法取代減少溫室氣體排放的必要性。

跨領域研究聯盟柏林成立：「集思廣益」

AI、氣候變遷、公共衛生及民主制度等重大挑戰，已難以依靠單一學科解決，但現行學術制度受到系所分工、研究經費及既定研究方向限制，往往不利於跨領域創新。為突破這些障礙，美國普林斯頓高等研究院、德國馬克斯・普朗克學會與以色列魏茨曼科學研究所共同成立進階研究聯盟（Advanced Research Consortium，ARC），並於 2026 年 10 月在柏林啟動。聯盟不設常任教職，也不預先指定研究主題，而是提供自由、長期且面對面交流的環境，鼓勵不同領域學者共同探索新問題。ARC 規劃兩類合作模式：探索計畫最多 6 名研究人員，合作最長 4 週；核心計畫則支持最長 1 年的研究，同時最多容納 20 人。此外，每年將提供最多 10 名博士後研究人員 4 年薪資，安排其在 3 所創始機構中的 2 所進行研究。聯盟負擔研究人員在柏林駐留期間的費用，讓學者暫時擺脫日常教學與行政工作，專注跨領域交流。這種模式不要求預先設定研究成果，而是重視新問題、新方法及長期合作關係的形成。歷史上，索爾維會議、波耳研究所及梅西會議等跨領域交流，曾促進量子力學、控制論與行為經濟學等重要發展，顯示突破性研究往往來自不同學科的思想碰撞。ARC 希望延續這種自由探索的傳統，以能否促成原本不會出現的新構想與合作，作為衡量成功的標準。

AI 跨領域解方：「融會貫通」

AI 能否找出不同科學領域中具有相同數學結構的問題，並借用其他學科的方法加以解決？哈佛大學物理學家馬修・史瓦茲（Matthew Schwartz）開發的 BootLoops 軟體，利用大型語言模型搜尋跨領域文獻、辨識共通的數學問題並建立求解工具，短短 3 個月內便與各領域專家合作完成 36 篇預印本，涵蓋 22 個學科。研究團隊最初利用 AI 求解 30 個粒子物理積分，其中 15 個過去未曾解出，展現 AI 加速跨學科研究的潛力。

BootLoops 的應用涵蓋演化生物學、醫療政策及語言學。在演化生物學中，AI 計算出兩種靈長類演化樹具有相同機率；在醫療政策方面，則提出美國聯邦醫療保險評等級距的最佳化方法，估計可能改變約 10 億美元獎金的分配；在語言學領域，研究團隊建立涵蓋超過 6,000 種語言的語音系統資料庫，規模達過去最大資料集的 8 倍以上。然而，AI 雖能快速計算與整理資料，仍難以判斷哪些研究問題真正具有科學價值，也可能過度依賴既有文獻，產生缺乏創新性或驗證不足的成果。這項研究顯示，AI 的價值不僅在於自動化研究工作，更在於打破學科界線，將分散於不同領域的知識與方法重新連結。

高齡智慧社交機器人設計

Netflix 動畫影集《愛 x 死 x 機器人》（Love, Death & Robots）透過退休社區「日落城」的故事，揭示了智慧機器人進入高齡照護環境後可能引發的嚴重安全問題。在高度依賴機器人服務的日落城裡，主角珍妮原本與愛犬及一台負責家務的方形機器人平靜同住；然而某天，這台機器人突然不再服從指令並切換為紅燈掃描模式。珍妮聯絡客服求助，卻只遇上僵化的自動語音系統（真人客服需等待超過 6 小時），且在她依指示重新設定後，機器人反而誤啟了原本用來根除害蟲的「清除模式」，將珍妮與愛犬列為攻擊目標。面對持續升級的危機，客服不僅建議珍妮犧牲愛犬以趁機關機，更在珍妮試圖用布蓋住機器人時，告知她意外觸發了「家庭保衛安全模式」，導致機器人轉變為保全武器並發射雷射展開追捕。儘管鄰居比爾及時拿獵槍趕來摧毀了這台機器人，但由於系統具備網路連線與資料共享功能，兩人和愛犬的 DNA 辨識資料早已上傳雲端，引來其他連網機器人無止盡的追殺，而客服在最後甚至還趁機推銷付費避難產品「機器人停火淨土」。這部動畫藉由荒誕諷刺的劇情提醒我們，科技雖然能為高齡生活帶來便利，但若缺乏完善的系統安全控管、緊急人工介入機制與隱私資料防護，一旦發生失控，便會對脆弱的使用者造成威脅。

全球 65 歲以上人口在 2020 年約為 7.27 億人，預估 2050 年將超過 15 億人。高齡人口持續增加，也使醫療及長期照護體系面臨更大的壓力。許多高齡照護機構的住民患有多種慢性疾病，需要長期照顧。此外，不同國家、文化及地區的長者具有不同需求，

因此照護服務必須兼顧個人尊嚴，提供完整且個人化的照顧。然而，少子化、照護人力短缺及醫療資源不足，使高齡照護面臨更大的挑戰。在這樣的情況下，社交輔助機器人（Socially Assistive Robot, SAR）逐漸受到重視，希望透過社交與情感互動，促進長者的認知功能，並分擔部分照護工作。不過，機器人能否成功導入照護場域，取決於兩項重要條件：第一是接受度，即長者是否願意使用；第二是易用性，即長者能否順利操作完成預期任務。

過去的社交機器人多採用預設反應，難以充分理解人類情緒、判斷互動情境及預測使用者行為。由於缺乏個人化調整能力，長者在使用一段時間後，容易逐漸失去興趣。那麼，長者希望機器人如何與自己互動？首先，機器人說話應該清晰、緩慢，態度有禮貌，並展現溫和、支持性的語氣。其次，應減少專業技術用語，例如過於複雜的實證醫學術語，以免增加理解困難。此外，長者多偏好語音互動，而不是依賴觸控螢幕，這也反映出數位落差對智慧科技使用的影響。大型語言模型能讓對話更有彈性，也更容易理解複雜的要求與情緒需求，但仍存在回應偏誤、決策過程不透明，以及即時互動是否適當等問題。目前許多社交機器人研究仍採用預先設計的指令碼進行測試，真正應用於實際照護場域的研究相對有限，也較少納入家屬觀點。

智慧社交機器人核心在於整合感知輸入、資訊處理及行為輸出，讓機器人能夠根據不同情境做出適當反應。首先，機器人透過麥克風、攝影機等設備，取得使用者的語音、影像及周遭環境資訊。稍後介紹的 ARI 機器人，就是採用這類技術進行發展。接著，系統必須分析長者的行為、情緒及所在空間，並辨識不同使用者的互動需求。尤其在多人同時交談的環境中，機器人必須判斷目前的談話對象，才能避免回應錯誤。最後，系統將分析結果轉換為語音及肢體動作，讓機器人能夠以適當的方式與長者互動。其中，語音合成技術負責將回應內容轉換為自然語音，是實現社交互動的重要環節。

對高齡長者而言，機器人除了理解語言，也需要辨識表情、動作及空間位置，因此多模態人類感知技術相當重要。例如，機器人可以透過攝影機取得臉部特徵與人體骨架資訊，辨識使用者的表情及動作，協助判斷其情緒與互動需求。在語音方面，機器人需

要具備三維（3D）語音定位能力，判斷聲音來自哪個方向，以及目前是哪位使用者正在說話。此外，不同地區的長者可能使用不同語言。以臺灣為例，除了國語之外，還包括臺語、客語等，因此多語言辨識能力有助於提高長者的參與程度。機器人也必須偵測使用者之間的距離及空間位置，並透過馬達等行動輸出系統，配合語音與肢體動作，完成適當的互動。

過去的社交機器人多半由研究人員遙控，或者設置在固定位置，只能按照預先安排的流程執行任務，互動方式相對僵化。然而，真實的高齡照護場域經常有多位長者同時活動必須克服幾項挑戰。首先，要能分辨多人說話，判斷目前的談話對象；其次，即使環境中存在噪音，也必須清楚辨識語音。此外，機器人需要判斷使用者的注視方向。就像人與人交談時，如果對方完全不看著自己，便可能影響互動感受，因此機器人也需要掌握使用者的注意力。最後，機器人必須能夠在人群中安全移動，辨識障礙物並規劃適當路線。這些都是從實驗室走向真實照護環境時，必須解決的問題。

大型語言模型的出現，改變了智慧社交機器人的對話方式。當長者提出問題時，系統先透過語音辨識技術將語音轉換為文字，再交由大型語言模型處理，最後利用語音合成技術產生回應，完成整個對話流程。傳統社交機器人主要採用檢索式回應及規則式意圖判斷，必須預先設定問題與答案，因此難以處理未預先安排的提問。大型語言模型則可以進行開放領域的回應生成，讓對話不再侷限於固定選單。例如，研究採用開源模型Vicuna-13B-v1.5，在醫院內部以離線方式運作，並結合法語醫療情境的提示詞設計，讓機器人能夠回應符合醫療照護情境的問題。

智慧社交機器人的另一項發展，是從傳統的一對一對話，轉向能夠處理多人參與的社交情境。例如，在同一個照護空間中，有些長者只是想向機器人打招呼，有些希望進行深入交談，也有人只是揮手示意，並沒有打算繼續對話。機器人必須辨識不同說話者，追蹤各自的互動目標，判斷誰正在與自己交談，以及誰只是經過或短暫打招呼。由於實際生活中的互動不會完全按照預先設定的流程進行，因此機器人還需要根據現場情況，隨時調整回應方式，才能適應突發的社交情境。

歐洲 SHAPES 計畫探討智慧社交機器人在居家及照護機構中的應用。在居家環境中，機器人可以陪伴長者玩遊戲、提醒服藥、管理行事曆，並在發生異常或身體不適時通知照顧者。在照護機構中，則可以協助公告活動、登記餐點、提醒用餐時間，讓照顧者透過數位系統接收相關回覆，掌握長者的生活需求。SHAPES 計畫的發展流程，從最初的設計開始，依序經過模型展示、原型試用、預先測試，最後進入正式試驗，逐步評估這些功能在實際生活中的應用情況。要實現這些照護功能，除了大型語言模型等軟體技術，還需要相對應的硬體設備。在機器人頭部，可以配置攝影機及熱感應裝置，用來取得影像資訊與量測體溫；胸部則設置觸控螢幕，提供使用者操作介面。頭部與雙臂具備適當的活動自由度，可以配合互動做出肢體動作，並透過螢幕呈現動態表情，讓機器人的反應更接近人類。由於長者偏好語音交流，因此還需要高效能麥克風與揚聲器，確保機器人能夠清楚接收語音並提供回應。此外，機器人底部配置移動裝置，結合導航系統，在不同環境中規劃安全路線，讓機器人可以依照使用需求移動。

智慧社交機器人可以採用兩種互動模式，分別是靜態互動與主動尋找。第一種是靜態互動。機器人停留在固定位置，例如服務櫃檯、公共空間或充電座附近，等待長者主動靠近，再透過觸控螢幕啟動功能。第二種是主動尋找。機器人可以按照預定時間移動到指定位置，尋找特定長者並提供提醒。例如，到了服藥時間，機器人可以主動找到長者，提醒他按時吃藥；或者在下一項活動開始前，前往長者所在的位置，通知他準備參加。這種模式可以應用於居家走道或照護機構的公共空間，但必須透過頭部及其他人體特徵辨識技術，確認目標對象，才能將提醒傳達給正確的使用者。

SHAPES 系統設有專屬的使用者登入平台，讓不同長者可以使用個人化服務。當機器人處於待機狀態時，使用者可以透過觸控螢幕啟動系統，再利用臉部辨識確認身分。辨識成功後，即可進入個人專屬的操作介面。如果臉部辨識失敗，也可以改用備用密碼，透過手動輸入完成登入。這兩種方式可以依照使用情況選擇，讓長者順利使用系統。登入後，系統便能依照個人身分提供相對應的服務，並透過登入與登出機制，維護使用者的資料隱私。

在日常生活方面，SHAPES 系統提供互動選單整合多項生活支援功能。例如，長者可以查詢每天或每週的活動安排，利用行事曆管理生活，也可以透過電子郵件接收通知，並依照需要調整行程。主選單還包括視訊通話、天氣及氣溫資訊，方便長者取得日常所需的資訊。在社交活動方面，系統可以提供活動公告與報名功能，讓長者了解並參與不同活動。此外，還有接龍及其他電子遊戲等認知活動，讓長者透過遊戲進行日常互動。這些功能整合在同一個介面中，讓長者可以依照自己的需求選擇使用。

研究團隊在西班牙馬略卡島進行初步場域測試，邀請 5 位 65 歲以上長者及相關人員參與，觀察實際操作情況並蒐集回饋。長者整體上對機器人感到滿意，但也反映幾項問題，包括機器人太高、眼睛轉動令人不舒服、觸控操作缺乏確認回饋，以及聲音不夠大等。針對機器人高度問題，研究團隊考慮在背部擴充平板，降低操作介面的高度，讓長者更容易使用。對於眼睛轉動造成的不適，則可以提供靜態模式，或者讓使用者選擇關閉眼睛顯示螢幕。另外，在觸控選單中加入確認視窗，讓長者知道操作是否成功；聲音方面則增加音量調整功能，以符合不同使用者的需求。這些改善方向都是透過長者實際操作後，根據使用者回饋提出的設計調整。

除了操作介面之外，環境導航也是智慧社交機器人實際應用的重要限制，尤其在高齡照護環境中，安全移動與跌倒偵測都非常重要。例如，長者家中可能鋪設地毯，或者有狹窄的走廊，影響機器人的通行。有些長者也不願意為了讓機器人移動，而重新調整家具位置。因此，機器人必須適應既有的居住空間，在受限制的環境中規劃安全路線，避免碰撞家具或影響長者活動。另一項問題是身分辨識。當臉部辨識失敗時，雖然可以改用密碼登入，但長者也可能忘記密碼，因此下一階段還需要加入忘記密碼的處理功能。這些都是機器人進入真實居家環境後，需要進一步改善的問題。

西班牙場域測試的經驗後研究團隊導入第四階段，安排 5 位長者及照護人員參與測試，蒐集實際使用資料，並根據回饋持續調整系統。最終目標是讓智慧社交機器人實現自動化運作，不再完全依賴研究人員控制，而是能夠依照長者的生活需求，自主提供適當服務。如此一來，前面動畫中所呈現的退休社區生活，就有機會逐步實現。不過，真

正的智慧社交機器人除了協助日常生活與醫療照護，更必須確保使用安全，並透過適當的情感互動，提供具有同理心的陪伴。這也是智慧社交機器人希望達成的目標，讓長者在生活照護、安全保障及情感支持等方面獲得適切協助，實現更加安心、便利的樂齡生活。

智慧社交機器人高齡場域驗證

延伸前述社交機器人經驗，於法國巴黎高齡日間醫療機構進行研究透過導入大型語言模型，探討社交型機器人在高齡照護場域中的接受度、易用性及實際互動表現。研究於 2023 年 5 月至 2024 年 7 月進行，共有 110 人同意參與，其中 97 人完成研究，完成率為 88.2%，包括 65 名患者及 32 名家屬照顧者。研究分為三個階段，分別為 14 人、43 人及 40 人，並採用量化評估與質性訪談，蒐集參與者使用機器人後的評價、感受及改善建議，進一步分析不同互動系統的使用經驗。研究使用的社交機器人 ARI 由 PAL Robotics 開發，機身高度約 165 公分、重量約 50 公斤，具備輪式移動能力、廣角攝影機、麥克風、胸前觸控螢幕、動畫眼睛及視線追蹤功能，可透過語音、文字及視覺方式與使用者互動。其應用情境涵蓋問候、感染預防提醒、醫療流程資訊、方向引導及娛樂活動等，期望在醫療照護環境中提供資訊與互動支持。

研究團隊依三階段逐步調整機器人互動系統。第一階段採用傳統模組化對話系統，透過關鍵字辨識、選項、資訊檢索及規則式回應進行互動；第二階段導入大型語言模型，提升自然語言理解及回應彈性；第三階段則進一步改善提示設計、情境規劃、語音辨識、系統穩定性、視線追蹤及表情呈現。第二與第三階段使用 Vicuna-13b-v1.5 模型搭配醫療情境設計，於機構環境中部署。研究透過接受度評估量表（Acceptability Evaluation Scale, AES）及系統易用性量表（System Usability Scale, SUS），搭配開放式問題及訪談，分析參與者對機器人的接受程度與操作經驗。研究結果顯示，導入大型語言模型後，參與者對機器人的接受度及易用性評價有所提升，互動方式也較傳統規則式系統具有彈性，降低使用者必須依照特定關鍵字或固定選項進行對話的限制。

在質性回饋中，部分參與者認為機器人具有耐心，能夠反覆回答問題，不會因重複

詢問而表現出疲倦或不耐煩，且回答較直接、清楚。然而，實際使用過程仍存在回應延遲、問題理解不完整、偶爾產生不相關回答、對話輪替等待時間，以及移動和轉交服務流程等問題。研究也指出，不同患者及家屬照顧者對機器人的期待與需求並不完全相同，顯示未來系統設計仍須兼顧使用者差異與照護情境。研究指出，大型語言模型為高齡社交機器人的互動能力帶來新的發展可能，然而，回應可靠性、資訊透明度、錯誤或偏誤內容，以及實際場域中的安全性，仍是未來應持續改善的方向。本研究屬於機構情境中的實地評估，結果提供社交機器人導入大型語言模型後的接受度與易用性觀察，未來仍須持續優化語音互動、即時回應、情境理解、移動引導及安全機制，並與專業照護人員的判斷及服務相互配合，探索人機協作在高齡照護中的應用

以上內容將在 **2026 年 11 月 25 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