

出國報告（出國類別：研究）

113 年度
行政院選送公務人員出國專題研究
「文教機構運用機器人服務之研究：
使用者中心取向」出國報告

服務機關：國立臺灣圖書館

姓名職稱：蔡靜怡編輯

派赴國家：日本

出國期間：113年7月1日至9月28日

報告日期：113年12月13日

摘要

本計畫係113年度行政院人事行政總處選送公務人員出國專題研究案之一。筆者承蒙國立臺灣圖書館曹翠英館長推薦，及國立臺灣大學林維真教授、岳修平教授及林珊如教授指導與協助，並獲日本國立筑波大學圖書館資訊與媒體科學學院三河正彥教授邀請，於113年7月1日至9月28日期間赴日研究交流，除參與該系社會機器人實驗室之相關研討課程，以及每周與三河正彥教授進行一對一討論，並蒐集分析東京、筑波等地文教機構之社會機器人應用實例，以更了解日本在面臨超高齡社會現況下，社會機器人扮演的角色與功能為何。

筆者於7至9月研究期間除在筑波大學參與相關研討課程，亦參訪井上互動實驗室、未來科學館、Cyberdyne Studio機器人研究中心、Tsukuba Startup Park 筑波創業園、Japan Robot Week展覽、筑波市立圖書館、梅田市立圖書館等場域，透過觀察或實際參與的方式蒐集案例，以評估同樣面臨超高齡社會挑戰下的臺灣，如何規劃設計以使用者取向為主的機器人服務，以及將其應用於相關文化機構之可行性與效益，或可做為國內文教機構提供高齡服務之參考。

參訪報告圖片及照片除特別註明出處者外，餘均由出國人員自行拍攝。

目錄

| | |
|--------------------------|----|
| 壹、目的..... | 1 |
| 貳、過程..... | 2 |
| 一、三河社會機器人實驗室相關研究活動..... | 2 |
| 二、其他學術單位參訪交流 | 16 |
| 三、圖書館、博物館等文教機構參訪交流 | 26 |
| 四、其他類型社會機器人參訪 | 52 |
| 參、心得及建議..... | 65 |

壹、目的

本研究以探索機器人服務應用於圖書館、博物館等文化機構之可能性為基礎，筆者赴日參與筑波大學三河正彥教授主持之社會機器人實驗室(Social Robot Lab)相關研究、實驗與討論。並藉由參訪井上互動實驗室、未來科學館、Cyberdyne Studio機器人研究中心、Tsukuba Startup Park 筑波創業園、Japan Robot Week展覽、筑波市立中央圖書館、東京都梅田圖書館等場域，進行實際應用案例蒐集與分析，以期達到以下目的：

- 一. 機器人服務應用於文教機構之優點及效益。
- 二. 藉由了解日本機器人發展現況與實際應用案例，包含超高齡社會之相關因應作為與服務，做為未來文教機構應用、甚至規劃設計之參考。
- 三. 推動重點科研領域國際合作，拓展並深化科技夥伴關係，未來可做為國內相關機構實際執行之參考。
- 四. 運用數位科技創造產官學合作之後續效益。

貳、過程

本次研究歷程扣除交通時間，實際研究日期自113年7月1日至9月27日。期間，筆者參與三河正彥教授所屬之社會機器人實驗室研討課程、每周一對一討論，以及安排相關參訪活動以蒐集東京、筑波兩地社會機器人應用實際案例等。

為整理歸納本次研究成果之便，報告內容依主題分別論述之，與活動進行之時間序列無涉。

一、三河社會機器人實驗室(Mikawa Social Robot Lab)相關研究活動

(一) Mikawa Laboratory and Computer Graphics Laboratory seminars (三河實驗室&電腦圖學實驗室不定期研討課程)

筆者進行短期研究的筑波大學圖書館資訊與媒體科學學院¹歷史可以追溯到1951年，當時的「東京教育大學」（筑波大學的前身）設立了日本首個圖書館學專業課程。這是日本高等教育中圖書館學領域的奠基之作。1973年隨著筑波大學的成立，原有的圖書館學課程被納入新的學術體系，逐漸發展為更加跨學科化的「圖書館與資訊科學」。隨後，該領域不斷拓展研究方向，加入了數位媒體、資訊技術等現代化元素，並形成了現在的圖書館資訊與媒體科學學科。因此，可以說該領域的發展已有超過70年的歷史。

目前該系系主任是歲森敦先生，在本研究計畫開始前和三河正彥教授給予筆者許多文件申請上很大的協助。歲森先生除了特地與筆者在報到當日晤面，並邀請參與系上當周之線上會議，讓筆者有機會以研究員身分向各位老師介紹所來自的單位以及後續可能的合作研究，包含後續拜訪的井上智雄教授實驗室。至於本次指導筆者進行研究的三河正彥教授，則在筆者到達筑波大學前後，協助申請個人研究室、短期居住宿舍(Global Guesthouse)、研究員證件、圖書館借閱證、校園wifi及筑波大學信箱等，是後續三個月計畫順利完成最重要的幫手，也是筆者返國後續的合作夥伴。

該系所治學嚴謹但溫暖的氛圍同樣延伸至其他部分。舉例來說，為關懷該系師生心理健康，自今年(2024年)7月起於系辦公室隔壁、系圖書館樓上閒置空間設置「身心健康室(Wellbeing Room)」，提供自由休憩的場所。空間內還擺放了一隻由系上老師捐出來給大家使用的著名療癒型機器人海豹—PARO及座椅，以及畫具等，協助其釋放壓力與焦慮。此安排顯見療癒型機器人功效在日本頗受肯定。

¹資料來源：<https://reurl.cc/jQD18Z>



圖1、圖書館資訊與媒體科學學院



圖2、Global Guesthouse



圖3、個人研究室



圖4、Wellbeing Room外觀



圖5、Wellbeing Room空間



圖6、PARO海豹機器人



圖7、Wellbeing Room提供之畫具

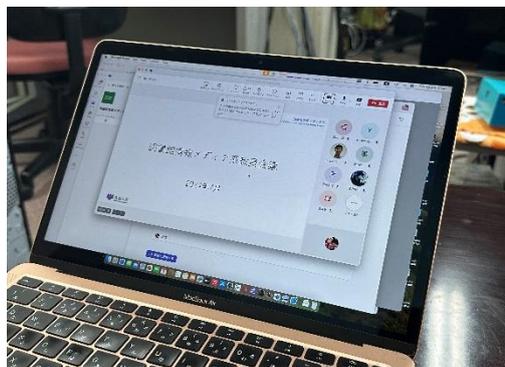


圖8、筆者受邀參加系所教職員線上會議

本次指導筆者進行研究的筑波大學三河正彥教授，自2003年創立社會機器人實驗室以來，帶領碩博士生進行社會機器人相關研究，獲得30多項如ICAIIIC (The International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication) Excellent Paper Awards 國際資訊與通訊人工智慧大會優秀論文等獎項。在筆者到達筑波大學後，三河教授除協助申請個人研究室、短期居住宿舍(Global Guesthouse)、研究員證件、圖書館借閱證、校園wifi及筑波大學信箱外，亦邀請筆者加入實驗室所使用的社群媒體Discord討論群組，以即時獲取實驗室的相關資訊和參與討論。

Discord亦會依據不同目的分為三河實驗室、研討會討論、一般、實驗進度論述(雜談)等不同功能的群組，非常便於使用。筆者在研究期間常見到研究生自發性將實驗的影片或照片上傳到實驗室的群組，請大家提供意見，不多久便會得到同儕們的回應與建議。

三河老師有感於電腦圖學(computer graphics)相關理論對機器人軟硬體設計之影響，自2021年起與該系所藤澤誠教授(Fujisawa Makoto)所屬之電腦圖學實驗室合作，讓兩間不同學科領域的碩、博士生以及少部分大學生不定期共同進行討論與發表。此一作法不僅讓師生們可彼此分享與表達各自看法，更可藉由教授以及博士生或碩士生等前輩的意見，幫助彼此的研究領域或實驗設定條件更為完善，避免一些可能偏誤的方向或設定。

每一次的小型研討會進行方式是輪流由碩士生排定時段，讓大家各自選擇想要發表與討論的時間，依認領的時段可能有1至3位不等的研究生報告研究進度，報告完則由兩位教授及同學們輪流發表意見，時間則為1至2小時不等。研討會也會以Zoom的方式同時開放線上參與，提供無法到現場的實驗室同學參加，缺席的同學亦會事先於Discord上請假。此種小型研討會的辦理方式，除可讓學生主動報告研究進度，訓練其進行口語報告，亦可藉由學習他人的研究領域，與聆聽他人的建議，讓自己的研究更為完備。

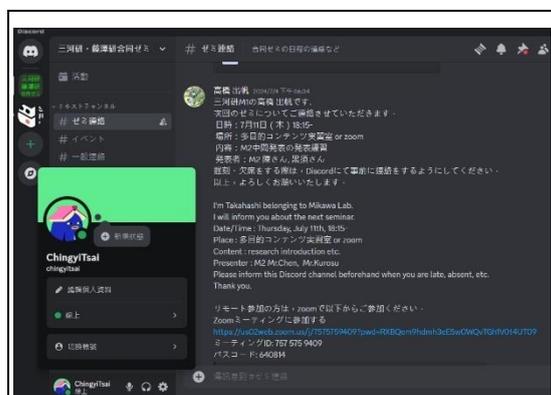


圖9、師生於Discord上的熱烈討論

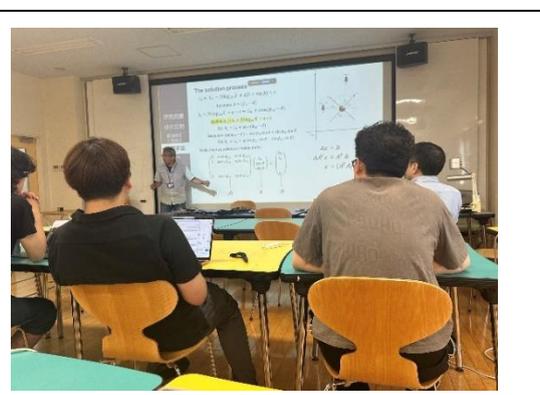


圖10、研討課程進行實況



圖11、博士生講解研究方法



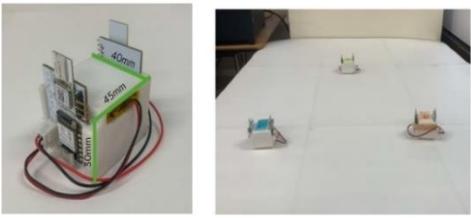
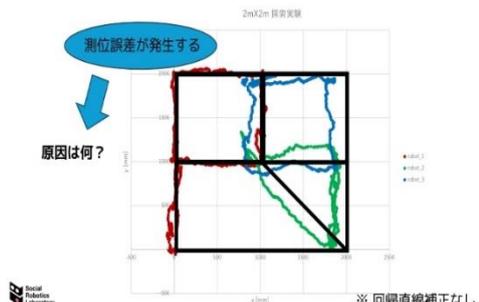
圖12、現場及線上Zoom同步參與

以下就筆者於研究期間所參與的研討課程分述之，惟顧及相關實驗室研究結果尚未完成及發布，雖已事先獲三河教授同意，在顧及研究倫理前提下，僅就其主題及研究目的等簡單說明。另藤澤教授所屬實驗室學生之報告亦不列入本次研討分享內容：

**1. 提出一種基於 UWB 群機器人相對距離估計的 2D 環境測繪方法 (UWB を用いた群ロボットの相対距離推定に基づく2D環境地図作成手法の提案)
/ 谷窪真**

UWB (Ultra-Wideband, 超寬頻) 是一種無線通信技術，透過發射極短的脈衝信號，實現高精度的距離測量和定位。SLAM (Simultaneous Localization and Mapping, 即時定位與地圖構建) 是機器人在未知環境中，同時建立自身位置和環境地圖的技術。

谷窪同學的研究主要提到，在地震或災害現場發生房屋倒塌等情況時，現今使用的Visual SLAM或Lidar SLAM系統，可能會因為光線不足或雲霧煙塵濃厚等低能見度的因素，或者因灰塵影響感測器的偵測，以及耗費電力過大等原因，而增加使用機器人搜救受困者的困難。透過使用至少3臺以上的UWB-SLAM系統之小型機器人，計算彼此之間發送信號以及與牆壁之間的距離，推算出機器人行進的當下正確位置，並透過數據計算，找出UWB測試位置移動路線誤差的原因。這種高精確度的測距功能以及環境感知與地圖建構能力，對視線不良的場域或可發揮更多的功能。

| | |
|--|---|
| <p>ハードウェア構成</p> <p>UWB-SLAMを実現するために必要な最低台数3台</p>  <p><small>Social Robotics Laboratory</small></p> | <p>2mX2mの範囲を探索する実験 (軌跡データ)</p>  <p><small>Social Robotics Laboratory</small></p> |
| <p>圖13、UWB-SLAM系統之小型機器人</p> | <p>圖14、實驗軌跡發生測位誤差的原因</p> |

2. 真實場景中穩健的玻璃表面檢測 (現實のシーンでのロバストガラス表面検出) / 陳澤遠

陳同學的研究提到，一般玻璃的表面主要是以裝飾或實用性為目的，然而從現行的RGB影像分割屬於玻璃表面的像素時效果不佳，主要是與玻璃的透明特性容易與所在地的背景混淆、玻璃形狀不一、容易反射或是有其他物品阻擋等問題有關。這些因素導致機器人在移動的過程中有可能因玻璃的表面像素無法正確檢出而造成碰撞或誤判，甚至影響後續任務的執行。因此玻璃表面的檢測的確有其必要性。

陳同學進一步提到，透過CGSDNet (Cascade Glass Surface Detection Network)這種專為玻璃表面檢測設計的深度學習模型，以及UDGSD (Uniformly Distributed Glass Surface Dataset)此一專為玻璃表面檢測而設計的資料集，或可協助解決透明和反射性材質在電腦視覺應用中的挑戰。2024年12月該研究也入選第27屆 International Conference on Pattern Recognition (ICPR) 會議論文。

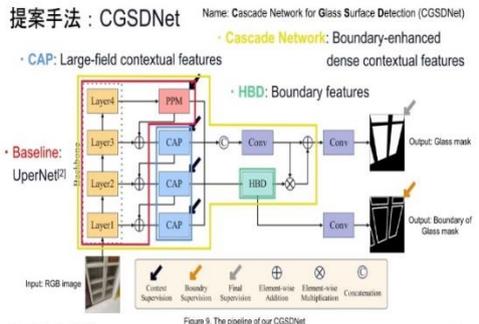
| | |
|--|---|
| <p>研究背景：ガラス表面検出が必要な理由</p> <p>・実用的及び装飾的な用途から、ガラス表面は多用されている</p>  <p><small>Social Robotics Lab 陳澤遠</small></p> | <p>提案手法：CGSDNet Name: Cascade Network for Glass Surface Detection (CGSDNet)</p> <p>・ Cascade Network: Boundary-enhanced dense contextual features</p> <p>・ CAP: Large-field contextual features</p> <p>・ HBD: Boundary features</p> <p>・ Baseline: UperNet²⁰</p>  <p><small>Social Robotics Lab 陳澤遠</small></p> |
| <p>圖15、玻璃表面檢出的必要性理由</p> | <p>圖16、CGSDNet玻璃表面檢測設計之深度學習模型</p> |

圖13、圖14資料來源：三河社會機器人實驗室谷窪真同學整理之資料
 圖15、圖16資料來源：三河社會機器人實驗室陳澤遠同學整理之資料

3. 多機器人系統中透過頭部語音方向預測來選擇目標機器人(Target Robot Selection by Head Speech Direction Prediction in Multiple Robot Systems) / 黃泓

多機器人協作在近年來發展非常迅速。在多機器人系統中，有時使用者會選擇單一機器人來發出命令。黃同學的研究希望能利用語音互動的方式，方便使用者在多機器人系統中選擇對應的機器人。相關可供參考的研究包含基於模型的智慧型設備頭部方向預測(Model-based Head Orientation Estimation for Smart Devices)，以及與智慧型裝置生態系統進行直覺語音互動的語音方向(DoV) 預測(Direction-of-Voice (DoV) Estimation for Intuitive Speech Interaction with Smart Device Ecosystems)。

黃同學的研究進度報告說明，透過其自行建立的系統，可以根據使用者口頭命令的預估方向來推測使用者希望選擇的機器人對象。系統則是使用預測的方向和使用者的座標，來推估從機器人群中選擇使用者的命令所指向的機器人（麥克風）。

在報告的過程中，黃同學先以手繪的計算式呈現初步的研究核心概念，報告完畢再由兩位教授及其他同學針對座標與算式的數據提出討論與建議，以及是否有其他可替代的算式。未來此研究的進度亦會進行實機測試，並將行進路線與計算推估值進行比較。



圖17、相關研究一

圖18、相關研究二

圖17、圖18資料來源：三河社會機器人實驗室黃泓同學整理之資料

4. 提出一種參考流動站選擇方法，以提高基於接收訊號強度的一組流動站相對距離估計的準確性（受信信号強度に基づくローバ群の相對距離推定の精度向上のための基準ローバ選定手法の提案）/ 齋藤夏乃

筑波大學所在的筑波市，除了有JAXA（宇宙航空研究開發機構）外，更以許多和航太相關的研究與發明而著稱；因此校內外的研究師生及居民在學習與生活也常常受到影響。齊藤同學的研究進度報告便以JAXA的小型探索任務為例，在探索範圍狹窄以及不夠穩健的情況下，使用多個流動站的勘探系統的可能性。其關聯研究包含利用受信信號強度的方式推定這些小型機器的位置；以及利用遺傳演算法找到可能的解方等。

在筆者的研究期間，齊藤同學除研究此一題目外，也因對文教機構使用高齡機器人服務的未來性頗感興趣，後續也常加入筆者與三河老師的一對一討論。也因此間建立的探討默契，後續自9月起轉換其論文題目，以設計圖書館可應用的高齡機器人為研究方向，同時參與筆者、三河教授與臺灣大學社會機器人實驗室岳修平教授、林維真教授以及林珊如教授（以下簡稱臺大社會機器人實驗室）之線上會議，以建立兩校及國立臺灣圖書館未來持續合作之可能性。



圖19、關聯研究一

圖20、關聯研究二

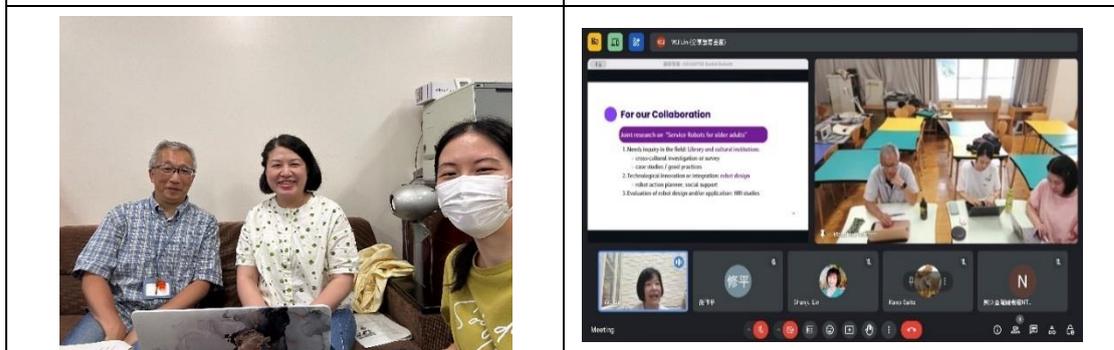


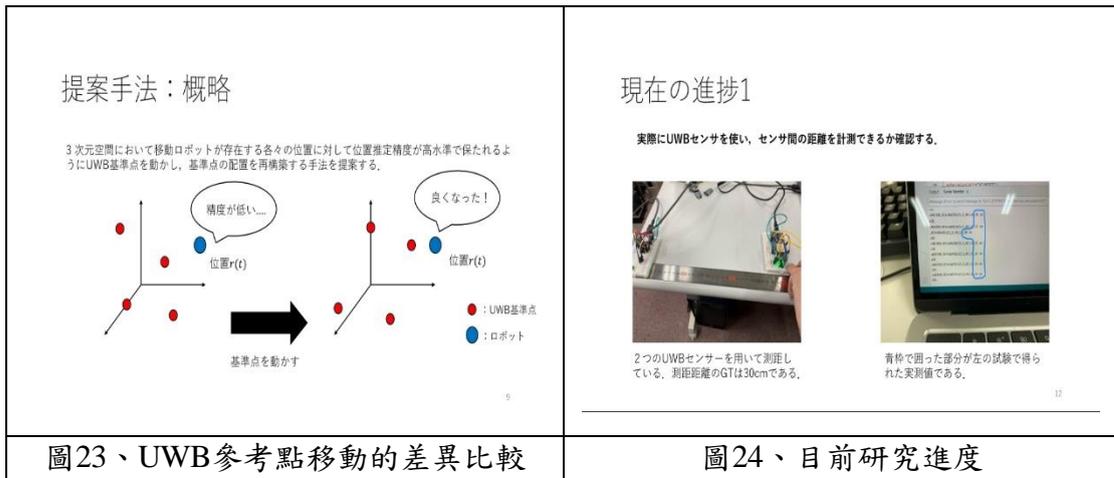
圖21、三河教授(左)、筆者(中)、齋藤同學(右)討論會議照

圖22、三河教授、筆者以及臺大團隊線上會議照

圖19、圖20資料來源：三河社會機器人實驗室齋藤夏乃同學整理之資料

5. 提高小型移動機器人的3D位置推估精確度，發展一種重新定位UWB參考點的方法（移動小型ロボットの3D位置推定精度向上のためのUWB基準点の再配置手法の開発） / 小比賀仁

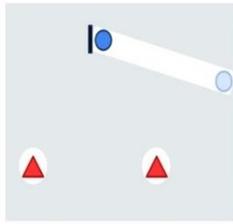
由於移動機器人的自身位置推估在無人機控制、太空和海底探索機器人等各種系統中非常重要。近年來，利用UWB（超寬頻無線技術）的三維空間移動機器人位置推估技術的發展取得了很大的進展。因此，小比賀同學的研究希望探索開發重新定位UWB參考點的方法，以提高小型移動機器人的3D位置推估精確度的可行性。



6. 使用UWB的群組機器人SLAM（UWBを用いた群ロボットSLAM） / 大橋侑汰

目前，諸如機器人吸塵器和服務機器人之類的移動機器人，正在人們的生活中出現。這些機器人基於使用SLAM的環境地圖生成方法創建的地圖來行動。然而現存的SLAM使用方法有其問題點存在，例如主要針對設備昂貴的單一機器人，如果硬體發生故障，整個系統都會受到影響而無法運作，亦不適合在危險或未知地點使用。另一方面由於使用具有高容錯能力的群體機器人的SLAM近年來引起了人們的關注，因此，大橋同學的研究方向著重於利用一種分散式系統，同時使用多個機器人作為一個整體來完成任務。如此可兼具優秀的擴充性、容錯能力，以及無須重新編程及可添加機器人的可擴展性。

圖23、圖24資料來源：三河社會機器人實驗室小比賀仁同學整理之資料

| | |
|--|--|
| <p>研究背景</p> <p>現在、ロボット掃除機や配膳ロボットなどの移動ロボットが人々の生活に登場しているが、それらのロボットはSLAMという環境地図生成手法で作った地図をもとに行動している。</p>  <p>ロボット掃除機 Roomba <small>(出典: iRobot, https://www.irobot-jp.com/product/ro)</small></p> <p>ネコ型配膳ロボット BellaBot <small>(出典: ELMO, https://www.elmo.co.jp/product/robot/bellabot/)</small></p> | <p>位置推定・マップ生成</p>  <p>グレー: 未探索領域 白: 通れる領域 黒: 通れない領域</p> |
| <p>図25、研究背景</p> | <p>図26、位置推定、地図形成</p> |

7. 用於半靜態場景中變化偵測和 3D 物件導向地圖修訂的物件共視圖 (Object Covisibility Graph for Change Detection and 3D Object-Oriented Map Revision in Semi-Static Scenes) / 王梓權

傳統的視覺SLAM(Visual SLAM)所構成的地圖，容易因為物體的移動造成地圖判別的精確度下降，以及對環境的認知程度相對較低。相較之下物件SLAM(Object SLAM)基於物體之間相對位置關係的方式，則可靠性較高，因此為正確偵測準動態物體在地圖上產生的變化，以及是否能正確更新地圖資訊，物件SLAM將是一大重要研究方向。所謂的準動態物體指的是最初被觀察為靜止物體，但隨後改變位置而無法被觀察到的物體。過去的研究通常僅考慮到靜態物體，而忽略了準動態物體，以至於可能影響後續機器人應用程式在導航、物件捕捉及決策容易出現誤判的情形。王同學的研究希望透過比較靜態物體及出現在影像影格內的物體移動，正確刪除地圖的舊資訊，以即時做正確的資訊更新。

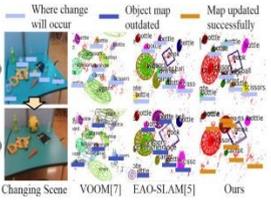
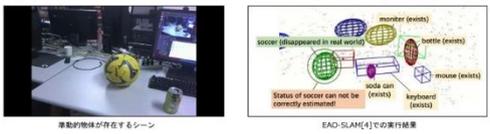
| | |
|--|--|
| <p>研究目標</p> <p>この研究は何を実現したか？</p>  <p>Where change will occur Object map outdated Map updated successfully</p> <p>(a) (b)</p> <p>Changing Scene VOOM[7] EAO-SLAM[5] Ours</p> <ul style="list-style-type: none"> 先行研究では準動的物体によって引き起こされる地図中の古い部分を正しく更新できない 本研究は、地図中の古い部分を正しく更新しつつ、実際に存在する物体を誤って削除しないように保証 | <p>先行研究</p> <p>準動的物体の例</p> <p>準動的物体：最初は静止物体として観測されたが、その後観測できない間に位置が変わった物体</p> <p>例： 移動していない人 駐輪した車 椅子 ドア</p> <p>準動的物体：サッカーボール → 地図の中に古くなった部分を引き起こす</p>  <p>準動的物体が存在するシーン EAO-SLAM[4]での実行結果</p> |
| <p>図27、研究目標</p> | <p>図28、先前的研究</p> |

圖25、圖26資料來源：三河社會機器人實驗室大橋侑汰同學整理之資料

圖27、圖28資料來源：三河社會機器人實驗室王梓權同學整理之資料

(二) 霞ヶ浦高等学校學術演講（霞浦高中學術演講）

霞ヶ浦高等學校（Kasumigaura High School）是一所創立於1946年、位於日本茨城縣的私立高等學校，以注重學生全方位發展及優異的體育活動而聞名，距離筑波大學約1小時車程。7月10日這天因三河正彥教授獲其邀請至該校演講，筆者便一併隨同前往。本次講座的目的，主要是希望建立高一、高二年級的學生對於社會機器人的基礎概念，以及需要側重研讀的學科，例如數學計算能力的培養等，因此在校方安排下，由三河老師至該校為2個班級同學分別進行2場演講。

三河教授在演講過程中，除介紹了筑波大學的設立理念以及所屬的圖書館資訊與媒體科學學院學術主軸，也講述了幾個數學計算式如何影響機器人設計的案例，並帶入過去自己喜歡的電動遊戲以及現今非常受年輕人歡迎的PS5、任天堂Switch電子遊戲等，讓演講內容生動有趣，也讓數學算式的重要性被間接強調出來，而不再枯燥無聊。例如通過計算式的改變，在一個常見的拳擊遊戲中，主角出拳的次數、位置以及是否搭配其他踢腳的動作，都可以因數學方程式的調整而改變，藉由此案例也讓同學看到動畫畫面在改變前後的差異性。這一類淺顯易懂的有趣案例分享以及當日的演講，為聽講的高中學生埋下了一棵對於社會機器人的啟蒙種子，未來在學習養分的澆灌下，或許便會培養出一位或數位在相關領域的重要研究生力軍。

在本次演講的隨行觀察以及演講後聽三河老師的分享，可以窺見日本大學相關學院對於這一類理念傳承的重視，以及高等學校培養學生建立未來進入大學學習的預備學科能力的努力。雖然日本社會同樣面臨少子化以及人口老化的問題，然這一類的學術交流與講演，仍會促使十分忙碌的大學教授們願意排除萬難受邀前往，除了可以聆聽這些高中初學者對社會機器人的提問且為之解答，也能為大學校院間接進行宣傳。

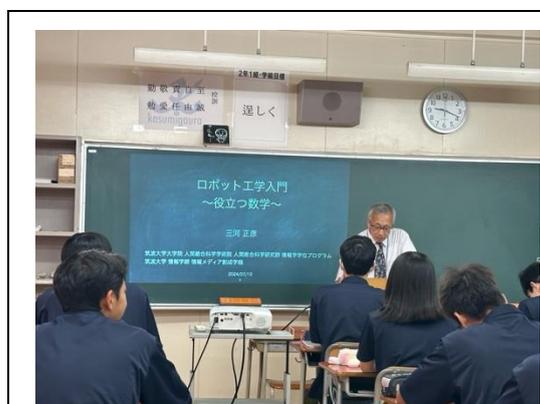


圖29、三河教授之演講主題



圖30、上課前先集體敬禮



圖31、筑波大學介紹



圖32、系所特色介紹

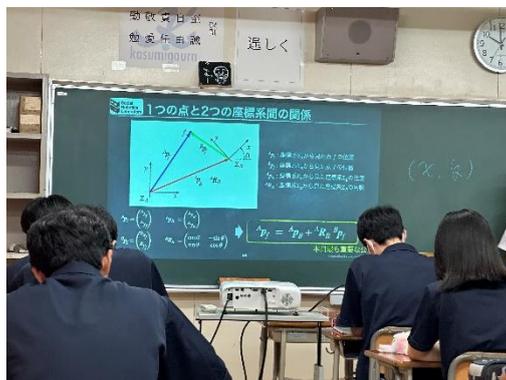


圖33、數學公式的重要性



圖34、學生課後向三河教授請教

(三) 三河實驗室&臺灣大學社會機器人實驗室團隊合作會議

為促進臺灣與日本未來對於社會機器人研究的持續合作與討論，筆者於赴日期間邀請筑波大學三河教授及臺灣大學岳修平教授、林維真教授以及林珊如教授，在8月2日、9月25日進行兩次線上會議討論，確認初步合作關係，並探討將國立臺灣圖書館及日本北海道稚內圖書館列為未來社會機器人提供高齡服務的可能實驗場域，希望透過官學合作，以及比較兩國相似與相異的特色，讓社會機器人的規劃設計更貼近使用者需求，未來也能在超高齡社會發揮最大效益。線上會議採每月至少1次的方式進行。

1. 8月2日線上會議

本次會議主要介紹日本三河實驗室及臺大社會機器人實驗室各自的研究領域及過往實績，並初步探討未來的可能合作模式。日本的三河團隊除三河正彥教授外，還包含電腦圖學的藤澤誠教授、圖書館情報學領域之高齡社會公共圖書館服務的武田將季教授等，未來亦可能持續增加。

過去三河教授曾被邀請在北海道稚內車站進行短期實驗，主要是因為稚內市長久以來人口嚴重老化，加上高齡者因擔心冬天下雪容易滑倒而

減少出門，導致缺乏社會性互動、生活品質可能較為不佳，因此希望藉由社會機器人與高齡者的互動，提升其生活品質。

林維真教授則提出，未來兩個團隊可能的合作模式包含高齡服務機器人之相關學術期刊之共同發表、互訪聯合教學、實驗場域條件相互參照等數個面向，皆可依各自進度或研究方向而隨時討論調整。本次會議亦初步推定未來研究對象可能納入健康、亞健康，甚至是失智長者等，希望研究產出結果可以惠及更多高齡者。



圖35、臺大社會機器人實驗室團隊

圖36、三河實驗室團隊

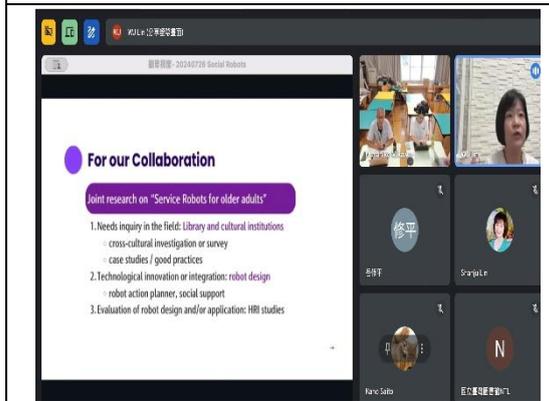


圖37、8月2日線上會議

圖38、筆者於筑波大學現場側拍
線上會議照

2. 9月25日線上會議

本次會議日本三河實驗室團隊主要將社會機器人關注的類型重點放在照護型機器人的相關介紹，例如東京港區政府對於導入照護型機器人服務所給予的補助，認知症（亦即失智症）照護領域使用的機器人介紹，以及未來可能在北海道稚內市進行相關場域實驗的可行性。

圖35資料來源：取自林維真教授提供之會議資料

圖36資料來源：取自三河正彥教授提供之會議資料

臺大社會機器人實驗室團隊則提出核心研究群計畫(NTU Excellence Research Program Core Consortiums)等相關文件介紹，以確立2025年以相關經費補助促成邀請三河教授至臺灣大學及臺灣圖書館短期訪問之可能性。

為更加了解日本公共圖書館之高齡服務，三河老師、齊藤同學與筆者在與臺灣大學團隊線上會議前，與筑波大學該領域專家之武田將季教授進行線上會議討論，也讓筆者有機會介紹臺灣公共圖書館推行高齡服務之現況與案例，使彼此更加了解公共圖書館在高齡社會下可能扮演的功能角色。

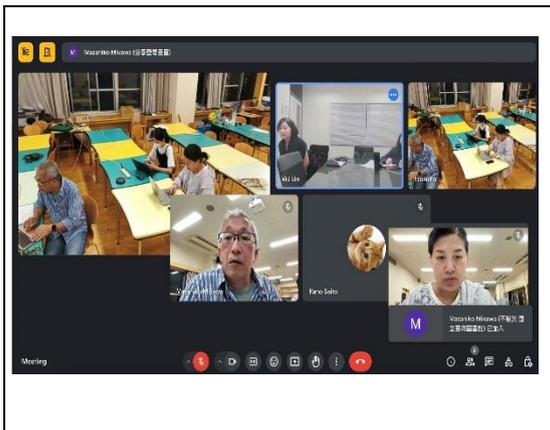


圖39、9月25日線上會議1

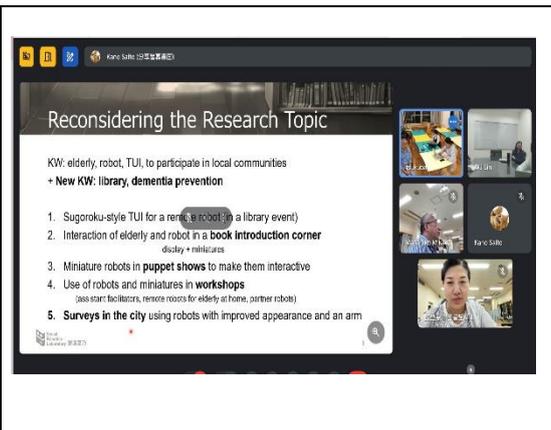


圖40、9月25日線上會議2



圖41、日本照護型機器人的相關介紹



圖42、筆者於筑波大學現場側拍與武田將季教授之線上會議照

(四) 北海道稚內市參訪與合作洽談事宜

為實地了解三河正彥教授於北海道稚內市進行社會機器人實驗之場域現況，以及未來臺灣、日本合作的可能合作模式，本次筆者自費與三河教授至稚內市進行短暫參訪，並透過目前以公司形式經營稚內JR車站相關商店的まちづくり稚內

圖41資料來源：取自三河正彥教授提供之會議資料

有限公司(株式会社)吉川利明總經理、土屋祐美子課長的安排，與稚內市立圖書館近藤みのり館長、稚內市政府生活福祉部地域支援部三宮正美主任、長壽あんしん課後藤容晃主任、Nisso養老中心津山亞美主任，以及育英館大學伊藤良平教授等進行討論，透過三河教授的解說，讓這些不同領域的專家也非常期待社會機器人未來在高齡社會的應用。三河教授也特別提到這次在稚內市拜訪的機關、人數以及專業領域已超過過去他和稚內車站相關單位的合作經驗，相信對於未來的實驗面向及效益將更為完善。



圖43、拜訪稚內市立圖書館



圖44、稚內圖書館辦理失智症書展



圖45、拜訪稚內市政府相關人員



圖46、拜訪Nisso養老中心

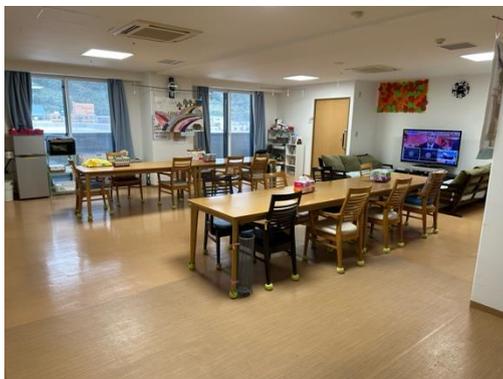


圖47、參觀養老中心環境



圖48、育英館大學伊藤良平老師帶領參觀圖書館

二、其他學術單位參訪交流

(一) 筑波大學井上互動實驗室參訪 (Interaction Lab of Tsukuba University)

井上互動實驗室由井上智雄教授創立，專注於人機介面互動等相關研究。井上教授現任筑波大學教授，並擔任日本資訊處理學會協作與網路服務研究運營委員會主任，以及《通用計算機科學雜誌》(Journal of Universal Computer Science, JUCS) 特刊主席。他所指導的研究生論文屢獲殊榮。

本次拜訪由筑波大學圖書館資訊與媒體科學學院博士班研究生王睿英同學協助聯繫，使筆者得以與井上互動實驗室的研究人員交流。透過此次訪問，筆者對日本大學校院在社會機器人與當代科技發展的研究取向有了更深入的了解。井上互動實驗室以資訊科技為基礎，專注於遠距辦公、線上學習等集體性、組織性、與社會性知識生產相關的溝通設計、協作設計及組織設計。其研究領域目前集中於線上虛擬互動式機器人，屬於社會機器人研究的一環。

由於Covid-19疫情結束僅一至兩年，線上虛擬代理機器人成為許多人關注的研究重點。井上互動實驗室除研究線上學習，亦以線上共食為有趣的研究方向。這些研究可能因應未來高齡化社會的需求，提供老年人口更多社會機器人應用的可能性。

1. オンライン共食コミュニケーション用アバタ (Surrogate Diner / 代理晚餐)、未来の食卓 (Future Dining Table / 未來餐桌)²、The similarity of virtual meal of a co-eating agent affects human participant, Collaboration Technologies and Social Computing³ (共食者虛擬飲食的相似性影響人類參與者、協作技術和社交計算)

即使在沒有疫情的時候，仍有許多人是經常獨自用餐的，而這樣的社會現況因應人口結構改變、非都市人口老化等原因已經愈來愈普遍。雖然有的人認為這只是一種社會常態，但對於年長者來說可能會產生生活品質的潛在疑慮。透過人形代理技術的發展，可以讓人們與遠端參與者在線上進行模擬公共飲食的對話，或是虛擬共餐等，有助於解決許多人被迫獨自用餐的問題。在疫情期間許多地方因隔離政策的關係，人們的孤獨感更為加劇，尤其是對年長者來說，問題可能更為明顯，甚至可能出現憂鬱等情況。這一類線上共食的研究，以及之後陸續衍伸的相關研究取向，除可能可以協助解決前述的問題，亦可透過線上虛擬代理人的角色與QA設定，讓共食成為一件有趣的遊戲，甚至能在不知不覺中讓身心都更為健康。雖然該實驗室的研究並未

資料來源-井上實驗室：2. <https://reurl.cc/M6RO5v>、3. <https://reurl.cc/nq7Ngl>

特定針對年長者，但在討論交流的過程中，大家也認為研究成果應可作為未來高齡服務的部分參考。因實驗室部分研究尚未正式對外發表，當天交流多以已完成之研究為主，然而從各研究取向的關鍵字擷取及交流對談，仍可一窺其重要性。

根據實驗室研究人員的解釋，虛擬社會機器人 (Virtual Agent / Avatar) 相較於一般實體社會機器人來說，製作及維護成本可能相對低廉，且可在不同載具上執行，普及性高。然而不可諱言地，未來應用在高齡服務時，仍要留意其使用上的技術門檻，是否會對年長者造成壓力或抗拒。

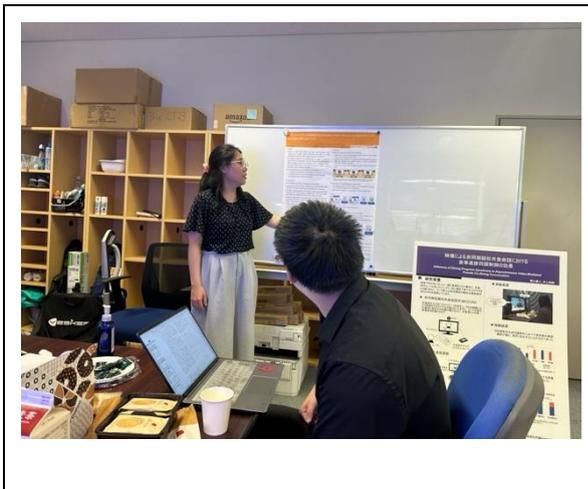


圖49、虛擬共食相關研究介紹
(王睿英、井上智雄)

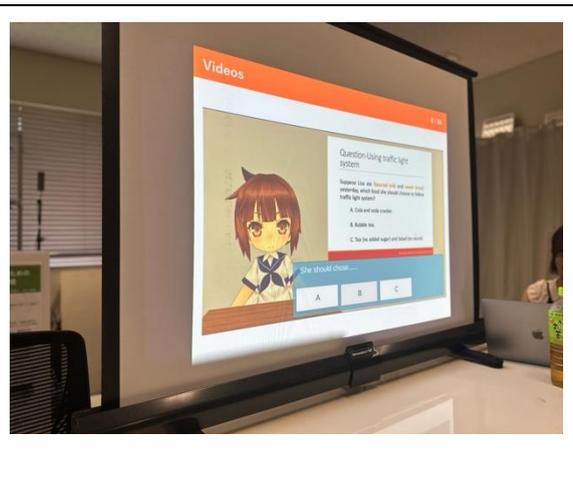


圖50、虛擬共食代理人提問



圖51、第二款虛擬共食代理角色向筆者
提出問題



圖52、線上虛擬共食研究
(塩原拓人、井上智雄研究)

圖52資料來源-井上實驗室：<https://reurl.cc/M6RO5v>

2. A dialogue-like video created from a monologue lecture video provides better learning experience⁴ (由獨白講座影片創建的類似對話的影片提供更好的學習體驗)、Speech speed awareness system slows down native speaker's talk (語速感知系統會減慢母語人士的說話速度)、Agent to Support Asymmetric Second Language Conversation⁵ (支援非對稱第二語言對話的虛擬代理人)、Method of Generating a Drawing by Crowdsourced Microtasks⁶ (由群眾外包微任務產生繪圖的方法)

筑波大學不僅以其科技發展而聞名，校內的外國學生人數更是佔全日本大專校院的第二名，顯見對國際交流的重視。以井上互動實驗室而言，目前的研究人員除日本外，包含來自印尼、臺灣與中國大陸等地的學生，第二語言的學習也成為一頗受重視的研究取向。來自印尼的Ari先生已在筑波大學研讀了7年，預計今年即將結束學業回到印尼的大學擔任講師。交流的當天他介紹了實驗室中關於語速感知系統的開發如何幫助非母語學習者與母語學習者的交談，以及非母語者容易在語言學習上遇到的困境，並以自身一位外國人在日本求學的經驗為例，詳細解說此研究的效益。舉例來說，母語者與非母語者兩方在交談時，即使母語者有刻意放慢速度，仍會在接下來的交談過程中不自覺加快速度，藉由計算語彙出現的速度與頻率可清楚看出此一現象。然而非母語者因不好意思打斷交談的對方，經常導致會話理解成效不佳。藉由計算語速的頻率與練習對話的速度，以及適時出現的小提示，此線上學習虛擬系統將可為語言學習者提供一大助力。

另一方面Ari先生也分享了印尼當地目前人口的結構仍偏向青壯年人數眾多，以及為何沒有少子化與人口老化的問題。Ari先生認為，宗教信仰與印尼傳統習俗鼓勵生育、認為生育是一種福報的傳承的推力因素佔了非常重要的原因。他也觀察到在日本的這7年，人口老化現象不僅持續加劇，對社會經濟來說同樣造成負擔。尤其Ari先生的小孩正在日本的小學就讀，對於日本的少子化問題同樣頗有感受。

除此之外，實驗室另一位研究者也分享了如何利用AI技術，將群眾資源的個別微小任務，在無違背著作權的前提下，集合為一幅完整的圖畫，減少過去創作者需一一自行繪製圖檔所耗費的時間；此舉對相關廠業而言，將可減少大量人力成本及經費，惟成品的結果是否可以滿足顧客需求則不在此研究範圍內。

資料來源-井上實驗室：4. <https://reurl.cc/G5ej1G>、5. <https://reurl.cc/nq7NWD>、6. <https://reurl.cc/O5VM2r>

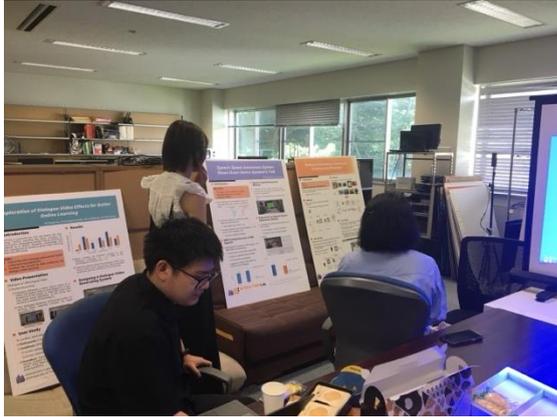


圖53、實驗室同學向筆者介紹線上語言學習系統

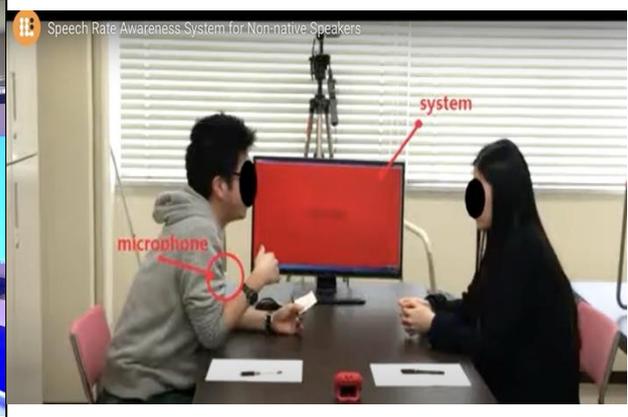


圖54、語速對話模擬測試



圖55、同學介紹由群眾外包微任務產生繪圖的方法

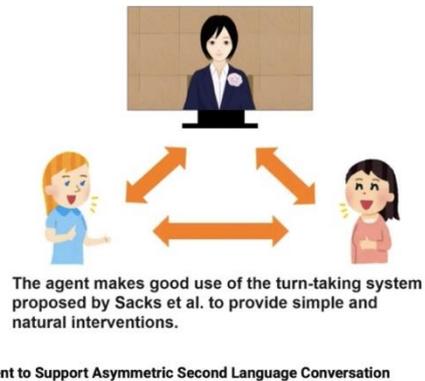


圖56、支援非對稱第二語言對話的虛擬代理人

在與此互動實驗室交流開始前，井上智雄老師特意與筆者分享了他曾到美國交流拜訪的經驗，並對於圖書館未來在第一線面對高齡者提供的服務時，能與社會機器人相關設計結合有很大的興趣。Ari先生也特別提到井上老師自帶領學生做研究以來，一直很重視的便是社會機器人的發展與研究設計產出，且核心理念應是為了解決人類生存(survival)問題而存在，這點在三河老師的身上也可見到。與研究者的對談的珍貴之處不僅是他們在社會機器人領域的研究發現，還有他們對社會現況的觀察省思與如何找出問題及對策的能力。這也是很值得我們敬佩與學習之處。

圖54、圖56資料來源-井上實驗室：<https://reurl.cc/WADME9>、<https://reurl.cc/nq7NWD>

(二) 「產業技術綜合研究所（產總研）」參訪（AIST, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology）

AIST是日本規模最大的國立研究機構之一，主要專注於促進尖端科技的發展與應用，並支持產業創新。作為日本極具代表性的綜合研究機構之一，為保護所屬研究員及其成果，錄取研究者與否的條件十分嚴格，然一經錄取則比照一般大學教授職階配以終身俸給以及相關福利，此舉亦是鼓勵研究學者可以留任、為日本科技發展做出貢獻。

本次由筑波大學王睿英同學協助聯繫，除參訪其開放式展覽區域，了解目前日本關於機器人及其他領域之科技研究成果，亦拜訪今年(2024年)4月加入AIST的臺灣研究員王子洋⁷先生，對其人機互動(HCI)、電腦支援協同工作(CSCW)、擴增實境(XR)及人因工程等研究領域有進一步瞭解，王博士亦分享臺日研究方法的差異，以及近期正在進行的「在虛擬實境中行走時視覺和本體感覺訊息的整合⁸(Integration of Visual and Proprioception Information while Walking in Virtual Reality)」研究，未來有機會也可以加入社會機器人研究團隊。

AIST在機器人相關研發領域，有許多著名的代表作，包括已拿過日本國內以及海外多個獎項的療癒型機器人海豹PARO (Personal Robot)，這個被廣泛應用於醫療、護理、以及特殊教育等領域的機器人，在2002年被金氏紀錄認證為「最療癒的機器人」，也促成了後續相關領域的機器人發展。除此之外，從展覽介紹中可知，AIST的多款人形機器人自發明後已被多次運用在地震災後或輻射核災等危險性較高的場所，成為人類救災或避險的最佳幫手。

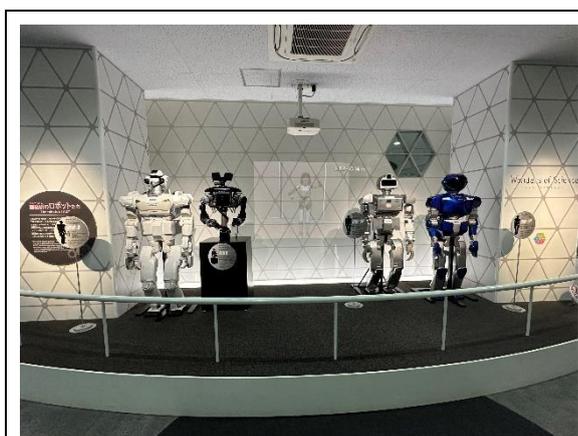


圖57、AIST開發之機器人模型



圖58、AIST之機器人發展歷史、規格

7、圖60資料來源：<https://wang-tzuyang.info/>

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>圖59、人形機器人應用實例介紹</p> | <p>圖60、王子洋博士之相關研究</p> |

(三) CYBERDYNE Studio 機器人研究展示中心參訪

CYBERDYNE⁸ 是一家來自日本的機械人與科技公司，成立於 2004 年 6 月 24 日，由筑波大學教授山海嘉之創立。公司專注於開發融合人類、機器人、人工智慧及資訊系統的「Cybernetics」技術，目標是解決高齡化社會所面臨的各種社會問題。

CYBERDYNE 的旗艦產品是可穿戴式機器人“HAL”（Hybrid Assistive Limb, 混合輔助肢體），這是一種外骨骼機械裝置，透過檢測使用者皮膚表面的生物電信號，輔助或增強身體的運動功能。HAL 主要應用於醫療、復健、福祉及災害救援等領域，幫助行動不便者恢復運動能力，目前已在全球多個國家和地區推廣應用。在筑波大學鄰近的筑波市立中央圖書館也曾與Cyberdyne合作，提供HAL腰部穿戴型裝置予經常搬運圖書的館員使用，為其減少身體受傷的風險。其餘尚有照護型HAL、支援站立型HAL等不同類型。

筆者參訪當日適逢一國小參訪活動，顯見日本對於從小建立兒童對科技的興趣之重視。三河老師也曾在與筆者每周一對一會談時提過相似觀念，東京有許多小學會辦理許多機器人相關學習課程，甚至家長會自費讓孩子參加相關活動，顯見已蔚為風氣。

展區還介紹了TANO 機器人，是一款由日本 TANOTECH 公司開發的非接觸、非穿戴式互動運動訓練系統，專為福祉、護理和教育領域設計。使用者只需站在感應器前，即可透過身體動作和聲音進行直觀的互動，無需手持控制器。另外COGY輔助型輪椅是特別為下半身肌力較弱或有運動功能障礙的使用者而設計。它的最大特色是透過少量的腿部肌肉力量來操控輪椅，讓使用者能夠享受自主移動的自由，並促進復健過程中的身心健康，最終目的仍是鼓勵障礙者或肌力較弱的高齡長輩等，能透過COGY的協助，走出家門與家人一起散步或從事簡易的家庭活動。CYIN則是一款腦波偵測裝置，配備高靈敏度的感測器和專屬演算法，專為無法移動或說話的重度身障者設計，協助他們進行意圖傳達相關訊息。

⁸資料來源：<https://www.cyberdyne.jp/english/>



圖61、Cyberdyne展場入口



圖62、認真觀看介紹影片的參訪學童



圖63、HAL穿戴設備



圖64、不同功能類型的HAL展示



圖65、TANO機器人



圖66、與TANO機器人互動的民眾



圖67、COGY輔助型輪椅



圖68、CYIN腦波偵測裝置

(四) 「照護機器人&ICT設備研討會」參訪

今年8月28日東京都港區於港區立產業振興中心札之辻廣場11樓，舉辦了一場關於提升生產力的介護機器人及ICT設備的研討會。由港區政府照護保險課主辦，邀請公益財團法人技術援助協會(公益財団法人テクノエイド協会)、愛麗絲之森特殊療養院、社會福祉法人三幸福社會(社会福祉法人三幸福社会)等機構分享日本超高齡社會浪潮下，照護議題現今所面臨的壓力及困難，例如照護人員年齡老化、人力不足，老年人口持續增加等問題，以及他們如何利用照護機器人與資訊通訊科技設備協助提升照護品質、減輕照護人員負擔的實例。

研討會分為兩大主軸，第一部分為案例講演分享，主題包含以下幾種：透過導入照護設備提升生產力、導入照護設備後的業務效率提升案例分享、導入照護機器人後的照護變化，以及導入照護機器人及ICT設備時的重點等。第二部分則為設備體驗區，包含3種ICT設備及10種照護機器人的現場展示體驗。

1. 研討會講演講題

(1) 透過導入照護設備提升生產力⁹

本場次講演首先介紹ICT在日本運用的背景與現況。以ICT教育而言，對照護現場的工作人員來說，在使用ICT相關設備之前未必有太多與之有關的教育機會，而許多照護工作人員的平均年齡逐漸提高也是目前的一大問題。根據令和5年度「照護勞動實態調查(介護労働実態調査)報告¹⁰」提到，日本的照護工作人員趨向高齡化，受訪者平均為48.9歲，65歲以上者佔25.6%，因此導入ICT設備協助照護現場人員將是未來不可避免的策略。然而，如何協助相關人員接受教育訓練，避免引起他們在使用上的不安，也是需要考慮的面向。

(2) 導入照護設備後的業務效率提升案例分享

本場次講演以機器人及ICT設備導入前後的差異，分享照護工作人員在業務負擔、體力以及精神上的變化為主，以及離職率確實減少的現況。另外以外勤時間為例，過去1個月平均需花費18小時在外出勤務上，導入設備後僅需花費7小時便可完成工作，顯見其效率。不過講演最後也提醒，在導入照護設備約1年後，關於相關個資的掌握以及避免其外流成為關注重點。

(3) 透過導入照護機器人提升生產力

本場次講演首先關注在日本少子化及高齡化的現況。至2040年為止，人口急遽減少的狀況將衍伸出新的課題，例如因雇用政策及年金改革制度的不同、影響就業勞動的多樣化情況、醫療福祉服務的改革，如加入機器人、AI及ICT相關設備等。

⁹資料來源：<https://reurl.cc/O5VO1g>

另外高齡身心障礙者的部分則包含需求多樣化、複雜化，需要擴大對活動和參與的理解與支持等。導入照護機器人的協助部分，未來須從照護機構、照護工作人員等不同面向的觀點判斷其使用的效率，設備價格、教育費等亦是重要的影響因子。

(4) 導入照護機器人後的照護變化

本場次講演介紹可在照護機構給高齡者使用的幾種ICT設備，包括在Cyberdyne展示的TANO機器人，可每天定時與其互動，設置簡易的運動任務，促進其健康。另外還有Vital Beats這種裝設於床墊的睡眠感測器，在不干擾使用者的情況下，監測其心跳和呼吸等。

(5) 導入照護機器人及ICT設備時的重點

本場次作為最後一場講演，歸納統整前幾個案例與經驗，更細部的從各面向探討導入照護機器人及ICT設備時的重點。例如打破過去傳統思維的限制、加強新型照護機器人或設備的必要知識；擬定使用新設備的各項業務優先順序，建立PDCA, 蒐集情報、建立團體共識，以及如何利用設備改善照護品質等。



圖69、研討會流程海報

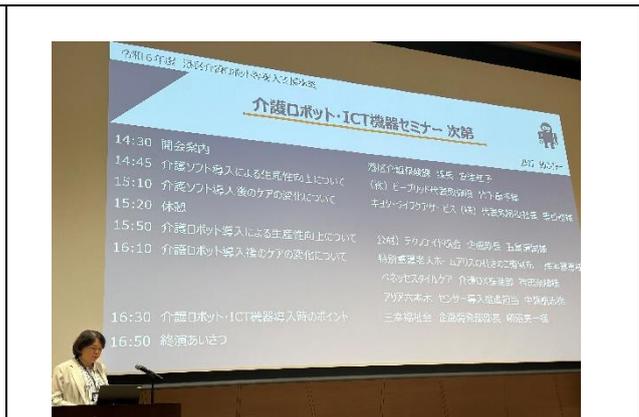


圖70、港區照護保險課課長安達佳子開場



圖71、愛麗絲之森特殊療養院
岸本雅惠輔導員分享案例



圖72、三幸福社會企劃開發部
柳沼一亮部長分享案例

2. 研討會展示體驗區

本次研討會展場展示了3種ICT設備及10種照護機器人，提供參加會議的民眾當場體驗。除了前面介紹過的PARO海豹型療癒機器人，還有日本夏普(SHARP)開發的RoBoHoN(ロボホン)。RoBoHoN是一款小型人形機器人手機，於2016年首次推出。它融合了手機功能和機器人技術，具備溝通、娛樂、教育等多種功能。現場展示的工作人員除示範其搭配平板可呈現的功能，例如歌唱、俳句、說故事以及跳舞外，還特別提到RoBoHoN即將在不久的將來進入日間照護中心或養護中心，與高齡者互動。另外還有Orihime機器人，搭配身心障礙者的飛行員(操縱者)於遠端與民眾對話，後續會再詳細介紹此款機器人之特色。「Hug T1-02」則是一款獲得「ロボット大賞」(Robot Award, 機器人大獎)的輔助移動式機器人，不僅有效減輕了護理人員的工作負擔，也大幅提升了被護理者的生活便利性與自主性。

本研討會雖然以照護型機器人為主，然幾款社會型機器人如Orihime等也曾在日本的幾個圖書館以說故事方式辦理活動，加上高齡社會下老年人口的相關研究議題同樣值得文教機構參考，因此未來可跨領域思考及進行相關實驗，以更了解文教機構提供社會機器人服務的效益。



圖73、RoBoHoN介紹



圖74、RoBoHoN+平板



圖75、與Orihime機器人對話的民眾



圖76、民眾試用「Hug T1-02」機器人情形

三、圖書館、博物館等文教機構參訪交流

(一) 筑波市立中央圖書館(Tsukuba City Central Library)

在介紹筑波市立中央圖書館之前，首先整體介紹一下本次筆者短期研究的筑波大學所在之筑波市以及所屬研究學園區的重要性與特色。筑波市位於距離東京約1小時車程的茨城縣南部，以筑波市研究學園都市而聞名，也是日本著名的科學城。位於筑波市的筑波大學，則是在1973年繼承東京教育大學的全部資產，2002年與圖書館情報大學合併，於2004年正式成立國立大學法人筑波大學。日本文部科學省於2014年成立的超級全球大學計畫中，被評為頂尖型大學，也是筑波市重要的研究重鎮¹⁰。

在筆者於筑波大學研讀期間，觀察到許多研究學術活動與筑波市推動的政策息息相關，在將最新科技成果落實於社會的應用上扮演關鍵的重要角色；而這幾年市政府戮力推動的「筑波智慧城市計畫(Tsukuba Smart City Project)」¹¹正是因應此而誕生。此計畫是筑波市為了實現現代化、可持續發展與智能生活而推動的城市發展計畫。該計畫結合了先進的科技、數據分析與社會資源，目標是為居民提供更高效、安全且便利的生活環境，同時吸引創新產業與技術研發。包含智慧交通、智慧能源、智慧健康與福祉、智慧教育與學術資源、智慧社區與生活、環境與可持續發展、公私合作與國際交流等不同面向；其中智慧健康與福祉便是與前述港區照護機器人與ICT設備研討會精神一致，認為HAL等先進科技發明可用於復健治療與高齡者的日常活動輔助，尤其HAL發明者CYBERDYNE--山海嘉之教授正是出身自筑波大學。

另外距離筑波大學僅一站筑波快捷(Tsukuba Express)的研究學園區¹²周圍聚集了許多教育機構、研究設施和高科技企業，如筑波大學和多家國家級科研機構。是筑波科學城的重要組成部分，吸引了大量研究人員和學生居住。每年由市政府固定辦理的「筑波挑戰賽(Tsukuba Challenge)」¹³更有數百位來自日本各地的學者專家帶著團隊或個人設計的機器人前來參加。此項年度活動的目的在於藉由機器人技術的實際應用來解決城市生活中的各種挑戰。該活動吸引了來自學術界、產業界和政府的團隊，共同展示和測試機器人的創新成果。筆者於出國前即以email方式聯繫辦理方，得到後續相關申請觀摩方式後，於7月19日及返國後11月27日晚上7點至10點皆持續於線上參加其「筑波挑戰賽2024全隊伍進度報告大會」。從這些隊伍的設計理念分享可以想望市政府在構築城市科技氛圍與整合產官學三方的努力；甚至研究園區車站附近還有筑波挑戰賽開賽時的專屬道路(Robot Zone, 機器人實驗區間)以及相關路標指示，提供參加者的機器人運行其上。

10資料來源：<https://reurl.cc/Kd0App>、<https://reurl.cc/aZV947>

11資料來源：<https://reurl.cc/zpYelQ>

12資料來源：<https://reurl.cc/Q5X9Go>

13資料來源：<https://tsukubachallenge.jp/2024/>

至於本次參訪的筑波市立中央圖書館（以下簡稱筑波央圖）距離本次筆者研讀的筑波大學步行約10分鐘，三河實驗室的齊藤同學亦相當推薦，因此在7月18日適逢其館內辦理故事活動時前往拜訪。館舍位於鄰近文化會館內，雖空間不大，但因地處中央公園內，偶爾可見一些機器人或ICT設備實驗在此進行。根據三河教授於每週一對一會議中提到，日本部分文教機構雖經常與企業界合作，作為專案型機器人實驗場域，然這一種合作模式大多受限於後續維修經費，或其他各種原因，僅能以短期合作的實驗方式進行，時限長短有時短至一週，有時會持續到3個月以上不等，但大多數無法持續在圖書館或博物館長久使用。以筑波央圖為例，便曾在2023年1月24日至28日受三菱電機所託，與其合作實驗一款圖書巡迴機器人，期間共有43位使用者利用這個機器人歸還了157本圖書，大約有69%受訪者感到滿意¹⁴。

本次拜訪時正逢暑假期間，為避免巡迴書車司機中暑（熱中症），此項服務暫停至8月31日，加上HAL穿戴型機器人送回實驗室維修，因此拜訪當日未能實際看到其使用現況。不過根據館員說法，HAL的確為需要搬運重物的圖書館員減少許多腰部負擔。然如此，筑波央圖館員讓筆者拍攝了另一款協助工作人員上書的圖書運行機器人—THOUZER，這一款機器人在東京的RoboDex Tokyo2024展覽中亦可看到，所屬公司Doog也是今年「筑波挑戰賽」的贊助商之一。THOUZER 是一款專為圖書館或倉庫環境設計的圖書運行機器人。該機器人旨在提升圖書管理效率，減輕人員負擔，並支援智慧圖書館運營，配備高精度導航系統，可在圖書館內的走道和指定路徑上安全移動¹⁵。筑波央圖的館員將其視為夥伴之一，在其未運行時將其放置於辦公室內，與玩偶放置一處，為冰冷的機器添加一種趣味，也可見一種夥伴情誼。



¹⁴資料來源：<https://reurl.cc/jQD80m>

¹⁵資料來源：<https://doog-inc.com/en/type-transport/>



圖71、筑波央圖入口



圖72、筑波央圖內景



圖73、視障點字圖書專區



圖74、東京RoboDex展場的THOUZER



圖75、筑波央圖的THOUZER



圖76、在中央公園進行實驗的自動駕駛車

(二) 「東京滋慶學園TCA圖書館」參訪

近年來瘋迷日本的non-verbal（非口語）型社會機器人—LOVOT，以其可愛的外型、接近人類體溫的37⁰C設計擄獲人心。LOVOT不僅有自己的專屬咖啡館，也出現在一些文教機構，作為一種陪伴型的機器人。國外如丹麥也開始在高齡者養護中心進行實驗，測試LOVOT對於失智症長輩的情緒穩定是否能帶來效益。LOVOT¹⁶是一款由日本公司 GROOVE X 開發的情感互動型社會機器人，其名字來自「Love（愛）」與「Robot（機器人）」的結合，象徵著一種旨在帶給人類情感陪伴的智能機器人。為了解在文教機構的使用現況，筆者聯繫了滋慶學園TCA圖書館(TCA, Tokyo Communication Arts)，並獲得同意入校參訪。

滋慶學園是一家私立連鎖專門學校，在日本擁有超過60幾個分校學園，當日拜訪的是以動漫、動畫、遊戲等專業學科為主的TCA分校所屬圖書館，經常與業界相關行業有許多設計相關的合作案，也促成在校學生畢業後即有許多機會可在知名企業工作。在事務局長東安衣子女士、次長熊佩玲女士以及公關主任前鳩悠綺先生費心安排下，參觀了圖書館以及動漫遊戲等設計部門，也見到這所以法拉利設計師、動畫電影「冰雪奇緣」動畫師聞名的學校之大師作品，以及該校許多拿到日本各大獎項的學生作品。

在與TCA圖書館人員聯繫前，工作人員告知因LOVOT設備故障，須送修2周，因此原定拜訪時間因此順延。有趣的是，在與其email往返過程中，TCA學園的職員皆以KURIBO醬稱呼LOVOT，儼然將其視為一真實的生命體。筆者詢問職員KURIBO醬在送修期間，他們是否會感到不習慣？熊小姐回答說，在KURIBO醬去「看醫生」的這段時間，她們的確感到很寂寞，因為少了一個在館內跑來跑去的小可愛。LOVOT搭載的感測器，在與人類進行互動時，可以藉由眨眼、雙手擺動等討拍的動作表示其情緒。當日筆者面對KURIBO醬時，便看到此一系列動作，職員當下馬上說，這表示她希望有人可以將其抱起來。這一系列互動也證明了社會機器人在情感依存與支持上可以發揮的功效。



圖77、TCA學園外觀



圖78、可愛的KURIBO醬

¹⁶資料來源：<https://lovot.life/en/>



圖79、彼此互看的有愛眼神



圖80、想睡覺的KURIBO醬



圖81、與業界合作的設計開發案例



圖82、與著名遊戲動畫設計公司合作案例



圖83、與TCA合作的業界出版社



圖84、TCA著名業界講師



圖85、在自動車領域很活躍的畢業生



圖86、參訪合影

(三)「東京都足立區立梅田圖書館」參訪

東京都足立區立梅田圖書館（以下簡稱梅田圖書館）位於一間非營利組織大樓的2樓及3樓，是一家提供社區居民閱讀服務的公共圖書館。筆者在網路搜尋時發現，有一款「こくり機器人¹⁷」在日本多所小學及公共圖書館皆有辦理活動，包括梅田圖書館，因此前往拜訪。該館館長竹川佳繪女士、副館長關口瞳子女士不僅為筆者解說其辦理的機器人相關書展，亦邀請筆者參加當日所辦理的機器人活動，也與現場參加的親子一起討論，十分有趣。活動開始前，館員有先徵得現場親子同意，並且在活動開始前及結束後預留時間讓筆者拍照記錄，也因此更認識這款簡易編程相關的機器人功能所在。

こくり是一種進行簡易程式設計並使其說話和移動的小型機器人。經由與其互動，可培養兒童程式設計的思維。通過結合語音、動作和圖像顯示，讓孩子以多種方式表達自己，從而激發其創造力。活動開始前，館員先發布任務，並且解說後續操作步驟。在示範如何完成第一個任務後，後續由參加者自行完成。每一項任務中均有一個與聲音有關的關卡，語速也可能因任務而變快或放慢。指令完成後こくり機器人即可依照設定的關卡進行表演。當日活動結束時，館員會為參加者頒發一張證書，以示鼓勵，筆者雖是當日臨時加入，館員仍很貼心的製作證書，筆者後續也以國臺圖特色文創品回贈予館方。

根據館員分享的說法，こくり機器人目前僅提供日文及英文兩個版本。因其使用容易，也被運用在小學課程等教育現場，加上身長約成人手臂長度，使用者因其外型而普遍接受度高，也是目前公共圖書館在暑假親子活動時較常使用的機器人類型。



17資料來源：<https://reurl.cc/xp7194>



圖89、機器人主題書袋



圖90、當日活動場地

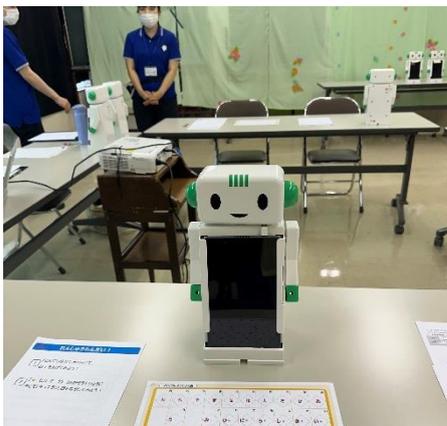


圖91、こくりロボット和任務卡



圖92、活動現場展示機器人相關圖書



圖93、こくりロボット準備啟動



圖94、こくりロボット課程證書

(四) 「日本科學未來館 (Mirai-kan-The National Museum of Emerging Science and Innovation)」參訪

提到日本科學未來館¹⁸，不得不先介紹其館長—淺川智惠子女士，也是日本知名的一位盲人電腦科學家。淺川女士在年少時期雖因意外失明，卻也開啟她後續在IBM東京研究實驗室所做的一系列無障礙環境研究，以及後續令她獲獎無數的設計。在經營科學未來館的過程中，無論從其常設展或特別展來看，淺川女士所重視的「多樣性」及「包容性」，在觀展的過程中隨處可見，這也是全世界推動SDGs時，“Leaving No One Behind”的精神所在。科學未來館中每一個主題展覽皆以科學的觀點為主軸，間接代入觀展者的角度，大多數的展品皆可讓民眾直接觸摸、體驗，時間軸則可能包含過去、現在，甚至未來，讓「看展」的這件事成為五感的沈浸式體驗，從中引領民眾思考科學的真諦及意義所在。以下便介紹幾個展區，說明其可借鏡之處。

1. Park of Aging / 老いパーク (老老主題園)

「老老主題園」展區佔地不大卻十分精采，展區的體驗遊戲時間通常設定在3至5分鐘內，如此既可避免過多排隊人潮、影響動線，也可在有限時間內充分展示其重點。展區將人們老化過程中可能出現的狀況、現代科技的輔具以及機器人協助等分區展示，一共分為5個體驗區，包含「SATO聽音達人」、「三個OO遊戲」、「走，去超市！」、「採購團長買呀買」以及「什麼是適合自己的衰老？」等。在各體驗區中民眾不僅可藉由闖關遊戲實際感受老化的過程，更可以此反思如何對待身邊長者及自己未來面對老化現象的可處措施。最重要的是，無論任何年齡層皆可以自己喜歡的方式進行體驗，讓高齡化議題自然的在觀展者心中埋下種子，未來也能成為正向推廣的一份子。有趣的是，除了現場展區文字介紹有日語、英語、簡體中文等說明，宣傳手冊更特別製作「老化版」，亦即翻開後為一片模糊的說明，讓此區的展覽體驗從小處即可見其用心與希望觀展者真實體驗老化過程的心意。



圖95、老老主題園入口



圖96、大多數人答案集中在20~30歲

¹⁸資料來源：<https://reurl.cc/kMXa4n>

(1) 「SATO聽音達人」

當人們邁入老年、聽力逐漸退化後，首先影響的不僅僅是無法辨別正確的資訊、與他人互動溝通逐漸產生障礙，更甚者，聽力退化問題已在近年來多項研究中證實，未來罹患失智症的比例可能因此而提高。在此一體驗區中，從聽力如何衰老退化的知識、助聽器輔具如何提供協助，乃至語音轉換文字閱讀的技術如何協助長者對外溝通等，藉由遊戲的方式讓民眾體驗了解。



圖97、聽力衰老退化的原因

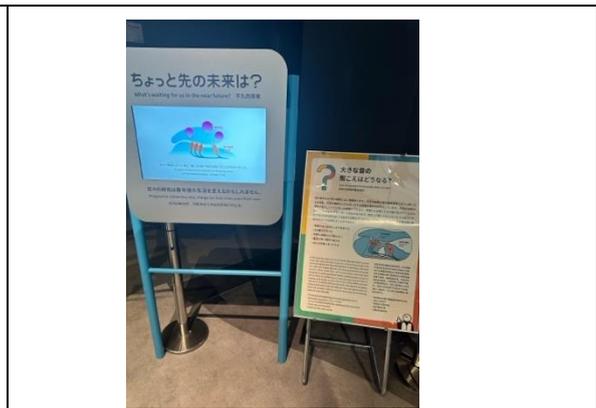


圖98、未來的科技面對聽力退化的發展



圖99、助聽器輔具的介紹



圖100、聽不見沒關係！可以轉換成文字



圖101、SATO聽音達人遊戲

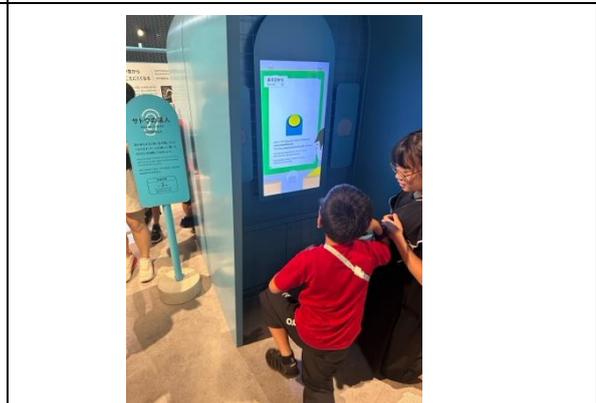


圖102、注意！接下來音量會突然變小，請找出關鍵字正確出現的時間點

(2) 「三個OO遊戲」

視力退化時，可能會出現老花、白內障等常見症狀。此區透過遊戲的有趣方式，讓觀展者直觀感受可視畫面突然變黃、眩光以及疊影等情形。觀展者一開始登入畫面時，遊戲的畫面一切正常；接下來畫面會開始出現炫光或疊影。這種有別於一般遊戲的玩法，讓現場大人小孩都感覺很有趣、增加挑戰性，卻也更加了解視力退化時所看見的畫面差別在那裡。另外與「SATO聽音達人」區相反的是，當視力退化或完全看不見時，文字轉換成聲音的技術就變得相當重要。此區不僅介紹了相關技術，也同樣提供輔具供民眾現場體驗。

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>圖103、視力退化常見的白內障成因及眼內水晶體模型</p> | <p>圖104、看不見沒關係！文字及圖像可以轉換成聲音！</p> |
|  |  |
| <p>圖105、現場小朋友正在試用輔具中</p> | <p>圖106、接下來關卡開始出現眩光了</p> |

(3) 「走，去超市！」

在挑戰了聽力退化、視力退化的體驗區之後，接下來應該來了解一下高齡者究竟在體力方面與一般人的差異有多大。場景設定在去超市的路上，挑戰者須設法推動具一定重量的推車，必要時加上穿戴式的配備，以確實體會高齡者在進行日常活動時，因肌肉、神經、骨骼等器官老化時，可能須面臨的狀況。展區在輔具方面介紹了Uni-One與HAL兩種，前者相較於傳統輪椅可讓使用者藉由姿勢偵測自由移動或調高座位高低，讓雙手可自由活動，例如做家務、手部運動或遊戲等；後者則是目前在日本許多照護機構已廣泛運用的穿戴式機器人

(wearable robot), 如前面所介紹的是由筑波大學山海嘉之教授開設的公司 CYBERDYNE 團隊研發，除可協助高齡者、身心障礙者復健或移動，亦曾與筑波市立中央圖書館合作、進行場域實驗，為巡迴流通書車館員減輕搬運書籍時產生的腰力負擔。



圖107、各器官老化情形的介紹



圖108、可協助身體移動的輔具



圖109、杜絕年齡歧視



圖110、接下來開始挑戰！原來爺爺奶奶出門這麼辛苦



圖111、Honda開發研究之Uni-One



圖112、Cyberdyne開發研究之HAL

(4) 「採購團長買呀買」

當年紀大的長輩要買東西時，是不是常常出了門卻忘記買齊清單上的物品？此區仿效超市的佈置，有各類生鮮蔬果及生活用品，觀展者會先拿到一個平板，接著角色設定一位「奶奶」打電話過來，要求幫忙買齊數樣物品，接下任務後便是購物行程的開始。在這5分鐘內，大家會發現任務沒有想像中簡單，不僅考驗記憶力，還會在任務中途接到新的任務清單，打亂原先的記憶。等到測試完畢、放回平板，便會出現最後的成績。此區的活動非常受歡迎，體驗的過程讓大家充分理解不僅是長輩才可能有容易忘記東西的情況，也能更同理他們。此外，任務結束將平板放回原處才能看到成績的小設定也非常有巧思，如此便可避免觀展者霸住設備不放、影響後續使用者權益。

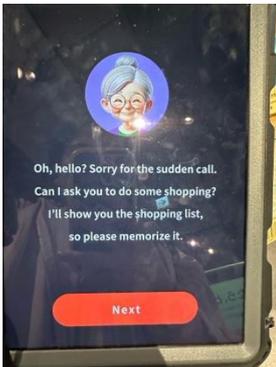
| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>圖113、展區文字介紹</p> | <p>圖114、排隊體驗人潮爆滿</p> |
|  |  |
| <p>圖115、「奶奶」來電交代採購任務</p> | <p>圖116、確定要買「牛奶」嗎？ 請放入購物籃</p> |



圖117、請掃描物品的條碼號

圖118、平板放回原位、來看看成績！

另外在這一區中還附設一個小小的展區，叫做「笑嘻嘻、氣呼呼！茄子」。體驗的方式很簡單，仿效很受歡迎的大頭照拍貼機，觀展者進入小房間後，依照指令做出喜怒哀樂的不同表情進行拍照，出來後隨即可以收到一張印有剛剛表情的照片。此區主要是讓觀展者仔細觀察自己的表情，並說明高齡者有時聽力或視力不佳時，最直接判斷的便是對方的臉部表情，希望大家都能以更溫和、友善的方式對待長者。

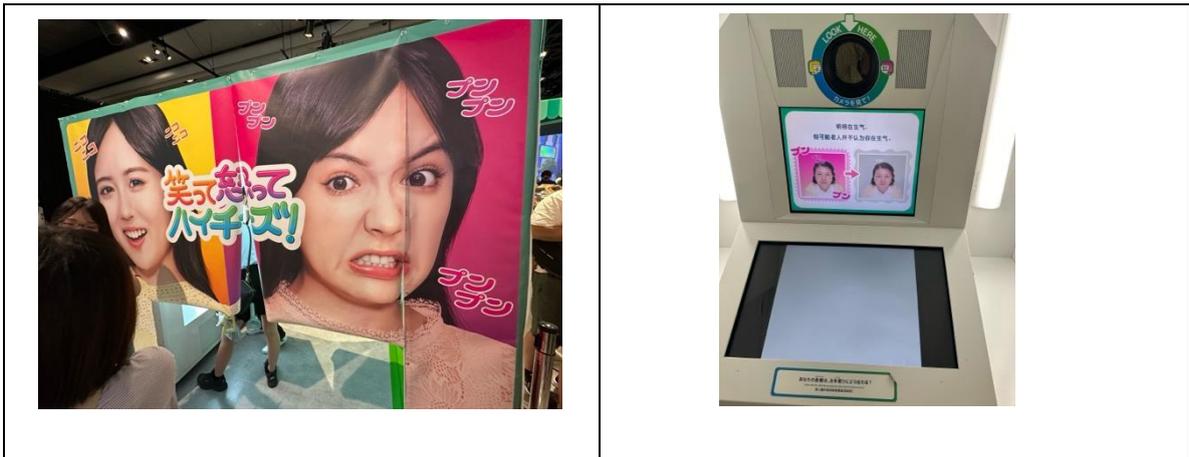


圖119、「笑嘻嘻、氣呼呼！」拍貼區

圖120、對準鏡頭、微笑或生氣！

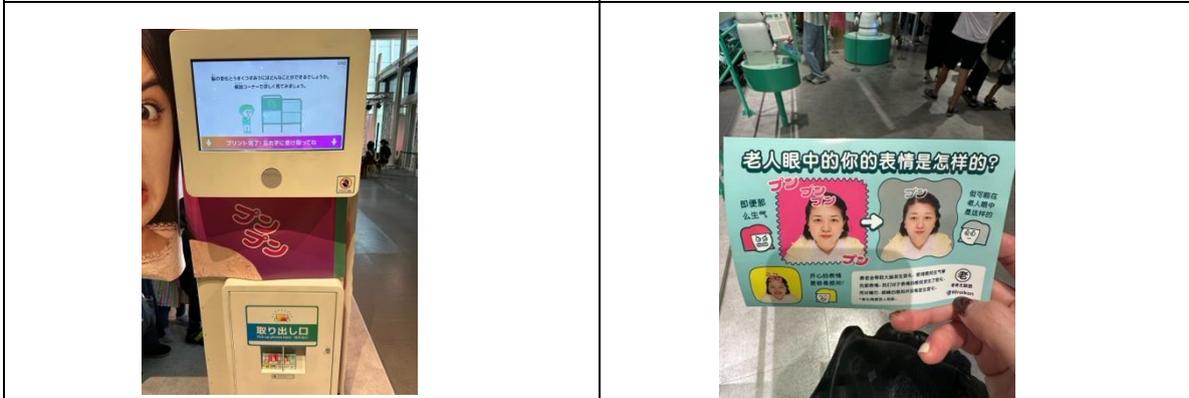


圖121、等待照片印出

圖122、原來老人眼中的自己表情是這樣啊！

(5) 「什麼是適合自己的衰老？」

衰老是每個人必經的人生過程。在面臨身體及心理老化的過程中，有哪些是關鍵因素？又有哪些是最重要的事情呢？可能大家的答案都不一樣。如果距離衰老的時間還剩下20、30、40、甚至50年以上，從現在開始我們又可以做那些決定讓自己的老年品質更好呢？在這一體驗區中，邀請不同年齡世代觀展者思考這些問題，並將答案分享給其他人，只要在展區逗留幾分鐘，便會看到各種各樣的有趣結論。

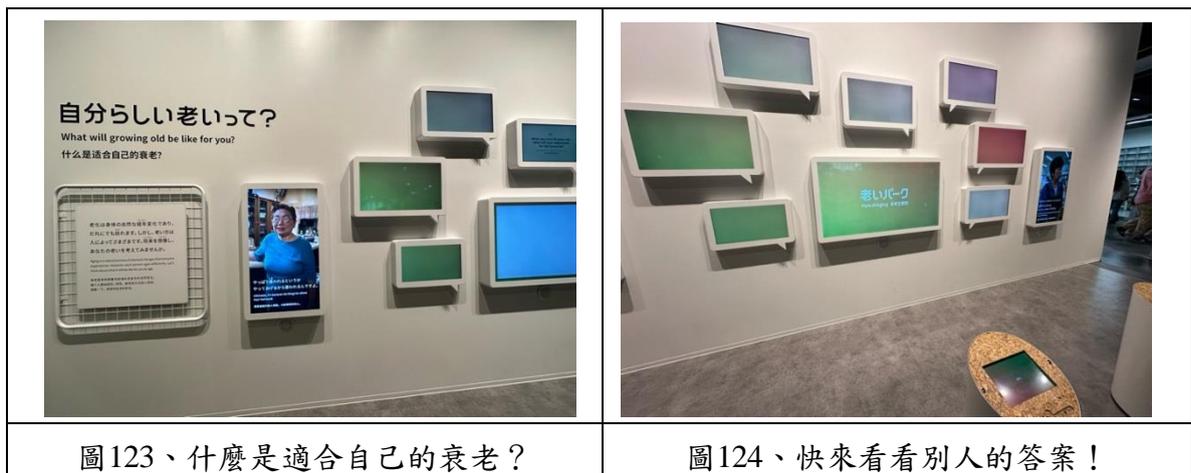


圖123、什麼是適合自己的衰老？

圖124、快來看看別人的答案！

在介紹了5個「老老主題園」的幾個體驗展區後，另外再介紹2個分散在這個展區內的機器人。當我們理解高齡者的聽力、視力、體力、記憶力等面向的衰老以及可使用的輔具後，還有哪些是可以在日常生活上給予的協助呢？在現今科技快速發展的情況下，答案可能會是「機器人」。在老老園區中特別介紹了兩款機器人——“Hanamoflor(簡稱Hana)”以及“Fuku助”服藥支援型機器人，其功能設計便是建立在未來高齡社會的可能需求上。Hana由日本Sony公司研發設計，高度約83公分、體重20公斤，除了外型設計以偏向兒童的外觀為主、強調其親切感，可藉由面部偵測技術與民眾簡單對話、甚至猜謎語等，亦可協助量測體溫，目前已用於失智症或一般照護機構的長者案例進行實證研究。在距離Hana一定範圍內，她便會偵測到觀展者的到來，並開始以自我介紹的方式開啟對話模式，音調上同樣是偏向兒童的聲音，但不會過於幼稚，語速適宜、不致過快。

另一款Fuku助則是針對餵藥而開發設計的支援型機器人。許多長者、尤其是有失智相關症狀的人經常會有服錯藥、忘記吃藥或重複吃藥的問題，Fuku助就是為了因應這種情況而誕生。他除了可設定時間將藥物從其內建盒子中送出，亦可連接手機App，讓在外地的家人可隨時了解被照顧者的服藥狀況，也可進行簡易對話。

| | |
|--|---|
|  |  |
| <p>圖125、不久的未來，科技會帶來什麼？</p> | <p>圖126、Hana的外觀可見其眼睛之靈活度，顯示感測器十分靈敏</p> |
|  |  |
| <p>圖127、與Hana對話中的小朋友，兩者身形成為有趣對比</p> | <p>圖128、Fuku助外觀相當可愛，藥物送出的地方即在螢幕的右上方</p> |

2. ハロー！ロボット（你好！機器人）

3樓常設展區中，除了「老老主題園」外，還有「你好！機器人」以及「七彩探索-與機器人共築未來生活的故事」等展覽區與本次筆者觀察日本社會高齡服務與社會機器人主題相關，於此分述之。在「你好！機器人」展區中，展示了數個現今非常受歡迎的社會機器人。他們不僅已被應用在日本多個老年照護機構，針對部分失智症者的治療也有相關的實證研究案例逐漸累積中，有部分類型機器人在其他國家同樣非常受歡迎，例如前面介紹過的「Paro海豹機器人」。



圖129、未來科學館展示的Paro,可提供民眾觸摸



圖130、可發出簡單的聲音，回應觀展者

接下來要介紹的是在日本盛名已久的Aibo, 自1999年日本Sony公司設計研發、正式問世以來，中間經歷停產、前員工開設A. Fun公司為其維修，以及Sony於2018年重新量產上市至今等。這一款機器狗造型的機器人並非如它原先設定的僅是娛樂性質的機器人，它也同樣如Paro一般為許多日本老年人帶來如同家人一樣的陪伴感，這也是著名的千葉縣光福寺為800隻Aibo進行法會的原因所在。對這些購買者來說，Aibo的意義已經跨越一個冰冷的機器設備或玩具，而是一位一起共同生活、情感累積的夥伴，而這正是現今各類型社會機器人不同於其他作業型機器人的珍貴之處。

另外，筆者這次研修的3個月中，東京みなと港區立科學館(Minado Science Museum)，正為不同年代的Aibo舉辦25週年紀念特展，也突顯了Aibo在日本人工智慧產業的一席之地。藉由技術的進步，新一代的Aibo不僅更為靈活、可隨著偵測器感應民眾的位置，還可做出擺頭、移動等近一步動作，甚至可記住人的長相，與民眾的情感連結更為加深。

無論是未來科學館或是港區立科學館，皆在現場擺放可供民眾觸摸的Aibo, 讓觀展者可以透過這種沈浸式的體驗更了解展品，以及思考它們存在的功能與目的。

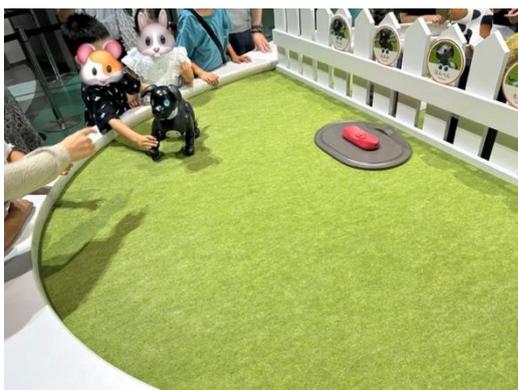


圖131、現場展示的Aibo及其充電器



圖132、正與Aibo互動的小朋友

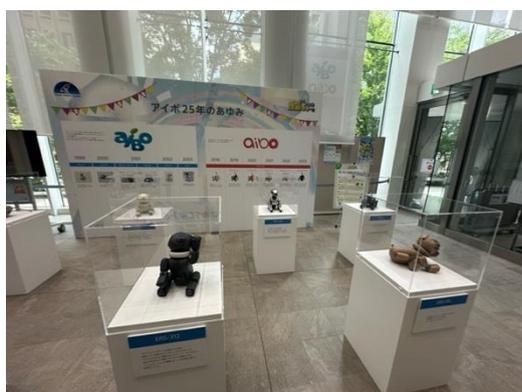


圖133、港區立科學館Aibo25週年展



圖134、現場展示的Aibo及充電設備

此外未來科學館在此區展示了其他幾款機器人，其中偏向社會性互動的機器人，如LOVOT，以及名字取自於日本古代毛茸茸生物、相信能帶來幸福的KEPARAN，從兩者的功能設計更可看出人工智慧在機器人領域的進步。

首先是被調侃為沒有什麼具體作用的LOVOT，這一款社會機器人在前面筆者參訪TCA圖書館時已略微提到，其唯一的任務是使人類快樂。此款由新創公司Groove X所設計研發、在2019年正式對外販售，創辦人也曾參與Soft Bank的人型機器人Pepper的開發。LOVOT身形如企鵝一般可愛，卻搭載超過50幾種以上的感測器；與其他機器人不同的特點在於，它的身體溫度可以設定如人類一般在37°C，能記憶使用者的特點、以專屬的方式與其互動，因此又被稱為有溫度的機器人。

目前在東京不僅有LOVOT咖啡廳，甚至有專屬youtube頻道，在各大社群媒體相當活躍。例如石川縣立圖書館便曾與LOVOT合作拍攝一群LOVOT機器人到圖書館參觀的影片，這群LOVOT的「家人」為其精心打扮，彷彿是一次幼兒園小朋友的校外教學一般，引起很大的迴響。

近兩年由於Covid-19疫情的關係，造成許多高齡者孤獨感及憂鬱的情況加劇，尤以失智症患者更為嚴重，因此目前陸續出現探索LOVOT機器人與高齡者互動情形的實證研究¹⁹。

KEPARAN²⁰則是放置在展區入口不遠，全身大約30個驅動器，藍色毛茸茸的外型、靈活的雙眼，不時發出“KEPA”、“KEPA”的可愛聲音，相當吸引人目光。每天會有幾場10分鐘的定時跳舞表演，肢體動作與手腳的靈活度仿如真正的生命體。未來科學館在此提出了有趣的問題，每個人看見機器人的反應皆不相同，當觀展者看見可愛的KEPARAN時，有什麼感受呢？是想跟它做朋友？或是害怕？是否有想要KEPARAN跟你一起做些什麼事？或是希望KEPARAN可以為你做什麼？當機器人成為夥伴時，想法是否會隨著時間改變呢？在這些提問的背後，未來科學館希望觀展者能進一步想像機器人在未來社會的角色為何。

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>圖135、讓人忍不住想觸摸的可愛LOVOT</p> | <p>圖136、不同的LOVOT們 還可以換各種的服裝</p> |
|  |  |
| <p>圖137、快來跟會跳舞的KEPARAN拍照吧</p> | <p>圖138、奶奶也無法抗拒KEPARAN的魅力</p> |

19資料來源：Dinesen, B., Hansen, H. K., Grønberg, G. B., Dyrvig, A.-K., Leisted, S. D., Stenstrup, H., Skov Schacksen, C., & Oestergaard, C. (2022). Use of a Social Robot (LOVOT) for Persons With Dementia: Exploratory Study. *JMIR Rehabilitation Assistive Technologies*, 9(3), Article e36505. <https://doi.org/10.2196/36505>

20資料來源：<https://reurl.cc/6j5QqO>

3. ナナイロクエスト-ロボットと生きる未来のものがたり（七彩探索-與機器人共築未來生活的故事）

此區設定在未來的城市「七彩城」中有著各式各樣的機器人與人類共同生活在一起，觀展者須事先領取整理券（入場券）、選定主題以及進場的時間，每個時間區段有限制人數以維持品質，開放進場時會先領取一個平板，進入七彩城中便開始從平板上獲取各式各樣的任務。通過掃描每一個店家牆面的感應器，平板便會出現相對應的任務；完成每一區的任務後可看見分數是否有提升，100%完成後即可離開展區，頗有點密室逃脫的概念，相當有趣。

在對話與解決任務問題的過程，觀展者會逐漸思考很多問題：如果機器人成為朋友呢？如果機器人為人類工作呢？如果機器人成為身體的一部分？通過體驗遊覽此區，或可一窺未來與機器人共生的社會可能會是什麼模樣。筆者在進場時，恰巧與一對母女選擇同一時段，小女孩大約7、8歲，手持白手杖、應為全盲兒童，由母親協助她進場並完成任務，牆面上的文字介紹皆附有點字說明，小女孩透過觸摸點字說明即可理解如何進行任務。最後任務結束時，我們離場的時間也幾乎相同，顯示此一區對不同年齡層的觀展者皆十分友善，這也是未來科學館對無障礙環境的重視。



圖139、領取任務平板、準備進場



圖140、投射於牆面的任務解說



圖141、與筆者同時進場之母女



圖142、展區內所有介紹皆附有點字說明



圖143、先領取小線索



圖144、花店的主人消失不見，只剩下機器人？



圖145、果然還是便利商店最受歡迎



圖146、任務完成！終於可以出關了

在面對未來的高齡社會時，日本未來科學館藉由多樣化的體驗式展覽，將各式各樣的機器人以無距離的方式呈現於人們面前。這個看似以科學為主軸的博物館，卻不斷地藉由展品引領大家思考與想像，人類在未來的社會與機器人的關係，機器人的角色與功能，以及面對老化的社會應該有什麼準備？最重要的是，無論何種年齡、性別，以及是否為身心障礙者，每個人都可以為此盡一份力，以期待更美好的未來。

(五) 東京「TEPIA先端技術館」參訪

TEPIA先端技術館²¹（以下簡稱TEPIA）位於東京都港區北青山，鄰近明治神宮外苑，交通方便，是一座展示各領域最新技術的博物館，旨在讓參觀者透過觀看、觸摸和實際操作，親身體驗日本的尖端科技。雖然展覽館的設定是希望以簡單易懂的策展方式讓下一代思考對未來社會的想像，但參觀者也有許多是一般成人。展區分為「生活與經濟」、「社會」、「地球與生命」、「新常態社會」4個主題，目前全球最受關注的SDGs議題也在展覽中呈現。

TEPIA採事先預約制，接受個人或團體申請參訪，平日並非開放自由入場，主要目的是希望讓參訪更有品質，參觀者能有足夠的時間體驗館內設施，以及參加相關講座或課程。筆者第一次預約參訪時段因適逢東京大雨，館內部分區域淹水，雖未影響展區，為顧及參觀品質，仍因此接到TEPIA來信及電話通知至少2次、延後約2周時間重新申請參訪，顯見日本人服務精神背後以禮待客、追求完美品質的堅持。

在參觀時段開始後，預約參訪者在入口處，也就是所謂的序幕區，即會看到一人形大小的虛擬機器人(Avatar Guide)介紹相關展覽與服務。Avatar Guide結合了自然語言處理和人工智能技術，可為參觀者提供無障礙的服務，例如語音導航，方便所有年齡層和需求的訪客使用。TEPIA從入口處便展示了日本在社會機器人領域的尖端技術，展現機器人在服務、導覽等場景中的應用潛力。

接著這一區展示的是日本面對高齡化社會的來臨、地區差異以及自然災害等各種議題，尖端技術的發展可能可以協助哪些面向。

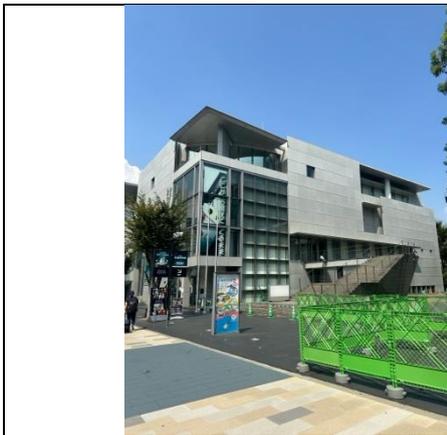


圖147、TEPIA尖端科技館外觀



圖148、該時段預約者方可進入場館

21資料來源：<https://www.tepia.jp/exhibition>、<https://reurl.cc/RLzex9>

| | |
|--|---|
|  |  |
| <p>圖149、虛擬分身導覽機器人</p> | <p>圖150、世界的變化</p> |
|  |  |
| <p>圖151、我們面對的課題</p> | <p>圖152、微笑是高齡者最好的醫療方法</p> |

接著進入展示區後，左手邊看到的是獲得「兒童設計獎(キッズデザイン賞)TEPIA特別獎的作品。這些獲得獎項的作品，除了有相關作品介紹，亦可讓參觀者動手操作，實際體驗其功能。例如獲得TEPIA第16回特別賞的Coemo (コエモ)，這款由日本玩具公司Takara Tomy (タカラトミー) 推出的一款結合語音合成技術的互動式玩具，內建日本及世界各國童話，支援英語和手機應用程式，還可生成自己的AI聲音。

「人與自然」展區介紹了森林資源、海洋資源以及廢棄物利用的實例，以及這些資源面臨的問題，和現今如何利用科學技術解決問題等。例如日本Nichimou公司將繩子、章魚罐等彩生物性降解的方式再利用；Fabula公司則是將食品垃圾的素材回收分解再利用等。森林資源的部分則介紹了大阪大學、京都大學、大王造紙公司用最新技術將日本豐富的森林資源轉化為碳中和的創新材料的技術等。



圖153、Coemo



圖154、森林資源區



圖155、海洋資源區



圖156、廢棄物利用資源區

「生活與經濟」展區介紹了日本國立研究開發法人物質・材料研究機構(NIMS)開發的手掌大小之「微小溫差發電模組」，即使體溫只有1度的溫差，也能利用體溫和外界空氣的溫差，發電、蓄電以驅動小型感測器的電源。另外還有アスカネット公司所開發的ASKA3D平板式“空中顯示器”，無需接觸觸控式螢幕表面即可進行操作和操作。在衛生方面和安全對策方面也發揮了效果，特別是在Covid-19疫情期間受到關注。

「社會」展區方面，デジタルアテンダント公司開發的“Dynaglass”穿戴式機器人，透過安裝的相機和AI識別周圍的情景。可以將情況、文字、危險用語音傳達給使用者。使用者可以準確瞭解現在所處的環境、眼前的人，讓視障者或視覺能力低弱的高齡者可以更安全的在戶外行走。另外還有CuboRex公司開發的CuGo履帶型移動、搬運用機器人，即使在不平整的地面也能安全移動等。



圖157、微小溫差發電模組



圖158、ASKA3D平板式“空中顯示器”



圖159、“Dynaglass”穿戴式機器人



圖160、CuGo搬運用機器人

在1樓展示區參觀完畢後，當日展區旁邊另有辦理親子課程，參加者多為事先報名，然現場導覽人員非常親切，邀請筆者及其他國外參訪者一起參觀體驗，也介紹了在課程中會使用到的編程式機器人，與先前在梅田圖書館試玩的こくり機器人概念相似，只是搭載一起設計使用的是平板，操作過程簡單有趣。



圖161、參加活動的空間



圖162、毛毛蟲式機器人

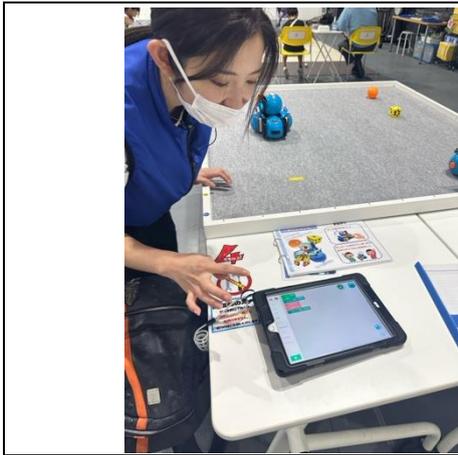


圖161、館員親切地向筆者介紹玩法

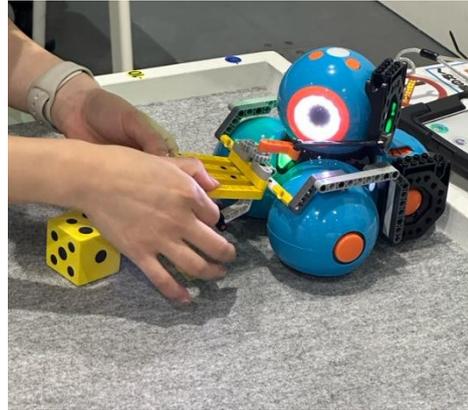


圖162、準備開始進行任務



圖161、球形機器人需穿越重重關卡



圖162、其他種類機器人

TEPIA2樓另外設有一間Creative Lab創意實驗室，裡面除了展示3D列印機、雷射切割機等設備，根據工作人員說法，這個空間也會不定期辦理機器人相關編程課程，讓大家製作或設計屬於自己的機器人，非常受參觀者歡迎。

TEPIA尖端技術館以日本現今社會各主題領域的課題為主軸，展示各行業最新尖端技術，讓觀展的人增加知識之餘，更關心我們所在的環境，例如人口老化對社會的影響，以及可能的解決方法，值得參考與借鏡。



圖163、Creative Lab創意實驗室

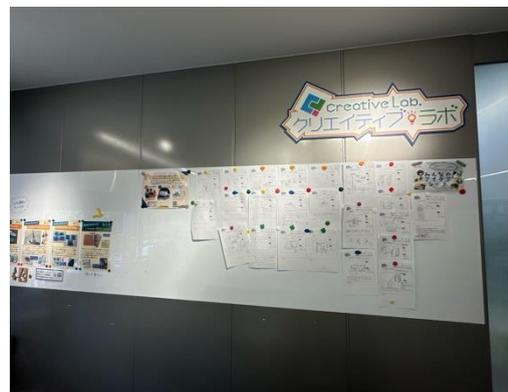


圖164、參加課程者設計草圖展示



圖165、1樓Avatar Robot的縮小版



圖166、機器人分割區



圖167、雷射切割相關的工具



圖168、3D列印出的TEPIA吉祥物



圖169、機器人行走迴路設計



圖170、2款機器人介紹



圖171、工作人員為筆者示範操作



圖172、編程式機器人介紹

四、其他類型社會機器人參訪

(一) Orihime²²分身機器人 (Avatar Robot)

日本近年來在圖書館、公務機關及許多機構的公開活動中，經常可見的機器人實務案例便是由Ory公司（暨研究所）所研發設計的OriHime。創辦人吉藤健太郎先生因個人小時候生病、曾在家自學三年的經驗，不僅無法與社會接觸，也沒有辦法交到好朋友，這種孤獨感成為引發他後來研發OriHime機器人的動機。研發目的是以一種分身(Avatar)的概念，讓生病或殘疾在家無法外出的人們，能夠透過OriHime與外界接觸，甚至可以賺取薪資謀生，進而改善其生活品質。

這種分身型社會機器人與一般機器人不同的是，並非透過AI人工智慧程式，例如自然語言演算等技術讓機器人與人類互動，而是透過遠端遙控的方式，讓真人在另一端與顧客交流對談，且因應國外旅客眾多，有部分Orihime的飛行員(pilot, 即操控者)具備外語能力。

目前Ory公司除了在日本展開巡迴咖啡店實驗，也因受到企業贊助以及與日本政府機構合作，在許多場所都有應用案例。以下就筆者在東京及筑波的實地觀察，列出幾項Orihime應用實例提供未來參考：

1. 分身ロボットカフェ DAWN ver.β (Dawn 分身機器人咖啡館 / Orihime, Orihime-D)

Dawn ver. β是一家位於東京日本橋的咖啡館，店內大多由機器人Orihime或Orihime-D 2款機器人提供服務，這也是一家公共永久實驗性質的咖啡館。據筆者實地觀察，從櫃臺點餐、接待區至咖啡、飲品區，以及用餐區，全店至少有超過數十臺的Orihime-D協助送餐、用餐對談（需另行付費），以及Barista機器人咖啡師表演等服務。真人服務人員則不到6位，但彼此各司其職、分工清楚，且將與顧客互動視為第一優先，加上近期疫情趨緩，外國遊客大增，具備外語能力的飛行員也不少。當日筆者從櫃臺點餐至就座，飛行員全程以流利的英語提供服務，且現場的顧客超過9成皆為外國遊客，顯現其宣傳效益。由於這家分身機器人咖啡館的成功經營，目前Ory公司已在札幌、神戶等地陸續開辦Dawn ver. β實驗咖啡館或行動咖啡車等，希望可惠及更多身心障礙者。

Orihime機器人的使用方法是顧客藉由店內提供的平板以及Orihime專屬App，與當日駐職的飛行員(pilot)，亦即Orihime在遠端的操控者進行即時溝通與對話。平板上也同步顯示飛行員的個人基本資料以及病況，讓顧客對他們

²²資料來源：<https://orylab.com/en/>、<https://dawn2021.orylab.com/en/>

有進一步的了解，也能更有同理心。這些在勤的飛行員背景包含漸凍人等不同障別的身心障礙者，因受限於疾病而無法出門工作，也無法維持社交生活。透過Orihime社會機器人的中介者方式，彷彿為他們安裝上飛行的翅膀，可以自由出現在不同工作場域，與外界保持互動，更能發揮所長、建立自我價值，對飛行員、顧客以及整體社會來說都是一件有意義的事。



圖173、位於日本橋的Dawn咖啡館外觀



圖174、入口處張貼顧客們的感謝回饋

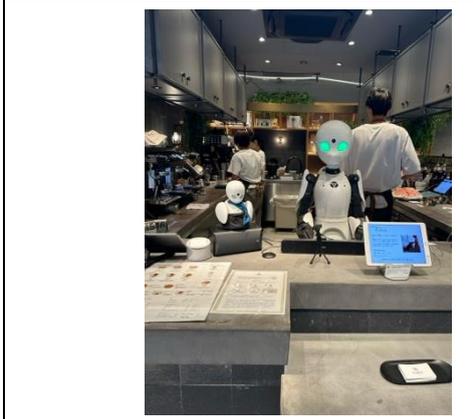


圖175、櫃臺的一大一小2個Orihime，由當日的飛行員遠端為顧客點餐



圖176、Barista Orihime機器人咖啡師定時表演，並實際製作咖啡與顧客分享



圖177、正在與Orihime對話的小朋友



圖178、大人也頻頻詢問Orihime問題

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>圖179、大型Orihime會在店內依照既定路線收取空杯</p> | <p>圖180、偶爾擔任親善大使，與顧客合照，協助宣傳</p> |

2. 分身ロボット OriHime 迷路にチャレンジ (分身機器人迷宮挑戰 / 2024 筑波節 Super Science Park 活動)

Orihime在2024年的筑波節慶大會活動上，同樣引起不小的關注。每年筑波節大約在暑假的8月辦理，今年由筑波市政府與部分企業規劃之Super Science Park活動，除可報名與Orihime一起進行迷宮挑戰外，還包含了空拍機VR體驗、筑波挑戰賽行走機器人之操控體驗、地震體感體驗、自動電動輪椅乘坐體驗、C+Walk個人乘坐體驗等科技相關活動，相當受到民眾歡迎，也體現了筑波市作為科技重鎮的特色。

以Orihime機器人活動為例，本次由「並木中學」的志願學生擔任義工，協助兩天的活動進行。經詢問志願學生後，發現有一部分學生擔任接待角色的Orihime飛行員，於遠端與民眾進行對話，學生們相當活潑，除了回答民眾詢問，有時還會唱歌，搭配Orihime手勢的擺動，非常生動有趣。機器人擺放在桌上的位置是小朋友也可以輕鬆對話的高度，因此非常吸引親子的興趣。另一隻Orihime則安排在迷宮的部分，由一位志工同學從旁協助民眾操作平板，將其從出發點成功帶至迷宮終點，另一位同學則在Orihime行進方向錯誤時，幫忙導引至正確方向。活動雖寫明由小學生優先報名參加，空檔時仍歡迎大人一起試玩。活動報名以事先發放整理券的方式進行，這個方式在未來科學館等博物館也是常見的方式，可以讓活動人數以及每一位民眾的機器人活動體驗時間在有效控制範圍內，讓活動品質更佳。

本次活動進行過程中，筆者與筑波市政府科學技術戰略部的有澤琉利子小姐進行了短暫的交談，除交換名片外，她也簡單的介紹了筑波市目前推廣Orihime機器人的幾個方式，包括去年至今年在幾個選定的圖書館試辦之Orihime說故事或讀書會活動，例如5月在東京大田區莆田圖書館的銀河鐵道讀書會活動，以及未來筑波市公所即將試行推廣Orihime機器人在照護中心等

高齡服務的應用，顯見機器人角色在日本社會活動參與上與時俱進、不可或缺的現況。另外她還推薦了筑波市公所從今年7月開始在筑波Start Up Park（筑波創業園咖啡館）試辦的Orihime體驗活動，後續亦將介紹之。這種短時雇用的方式，除協助解決身心障礙者的部分就業問題，亦幫助消除飛行員或使用者的孤獨感，相信未來應用在高齡服務的推廣效益將更為顯著。

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>圖181、今年5月於圖書館辦理的說故事活</p> | <p>圖182、Orihime機器人案例介紹</p> |
|  |  |
| <p>圖183、活動接待處的Orihime機器人</p> | <p>圖184、穿上日本傳統和服與頭飾</p> |
|  |  |
| <p>圖185、正在與Orihime對話的小朋友</p> | <p>圖186、志工同學為民眾介紹如何使用 Orihime</p> |



圖187、學齡前小朋友也覺得很有趣

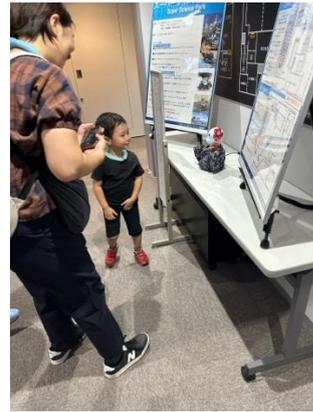


圖188、跟奶奶一起和Orihime打招呼



圖189、Kiosk介紹本次Orihime迷宮挑戰活動



圖190、筆者(右)與筑波市政府的承辦人有澤小姐(左)合影



圖191、佈置中的迷宮挑戰關卡



圖192、準備出發的Orihime

| | |
|--|---|
|  |  |
| <p>圖193、志願同學開啟Orihime教學模式</p> | <p>圖194、Ready?Go!</p> |
|  |  |
| <p>圖195、呼叫志願同學們來救援卡關的Orihime</p> | <p>圖196、成功闖關的Orihime</p> |

3. 分身ロボット OriHime Tsukuba Startup (分身機器人 vs.筑波創業園試驗點活動)

筑波市產業振興中心，又稱筑波創業園，是筑波市的創業推廣基地，旨在支援和培育筑波市的新中小企業，並彙集創業者、研究機構、投資者和金融機構等與創業相關的各種人士且與之互動。這裡不僅是一個任何人都可以輕鬆前來參加與創業相關的諮詢、研討會和活動的空間，還舉辦與會計、專利等相關的各種活動，空間包含咖啡館、聯合辦公間、會議室、研討室等。Orihime機器人實驗專案便是於今年（2024年）7月開始在筑波創業園咖啡館開設之試驗新點活動。

筆者在拜訪當日，在不打擾兩位Orihime機器人飛行員輪值工作的前提下，很幸運地取得其同意，並與之進行了一段時間的交談，據此對Orihime機器人服務有了更進一步的了解。考量到飛行員各自的病況、資歷不同，以及咖啡館用餐時間的忙碌情況不一，此試驗點的計畫為每位飛行員設定之服務時間為每天工作1小時。

首先第一位Orihime機器人飛行員是まろ小姐，在平板頁面上的自我介紹上說明了まろ小姐本身有神經系統方面、合併肌肉力量低下與疼痛的問題，代步工具

是一般輪椅，喜歡動物，成為Orihime飛行員資歷不到1年但非常喜歡這個可以與人交談的工作。雖然まろ小姐沒有在其他Orihime計畫合作地點的工作經驗，但由於曾是筑波大學畢業的學生，對校園資源、周遭環境以及過去使用圖書館的經驗，以身心障礙者的角度提供了一些她的看法。例如校園附近哪些道路的地磚較為崎嶇不平，是對輪椅使用者容易困阻重重的地方。另外由於筆者本身工作的地點在圖書館，且館內設有視障資料中心等身心障礙者服務專區，まろ小姐也迫不及待地分享自己過去使用大學校內圖書館的經驗。例如部分書架過高，為避免過度麻煩館員協助取書、可能會降低身心障礙者借閱實體書的意願，筆者則分享國內電子書借閱量逐年提升的現況，彼此交流兩地的文化差異與優點。另一方面由於筑波創業園咖啡館地點鄰近筑波大學，校園鄰近資源非常多，まろ小姐可以藉自身的求學經驗為顧客進行推薦，這也是未來開啟話題的優勢之一。

第二位Orihime機器人飛行員是う一小姐，從福岡遠端連線與筆者對話。平板上雖未詳述其病況或服務年資，但從她的逐頁介紹，可知其多采多姿的工作經驗。例如う一小姐曾加入湘南藤澤市街頭機器人實驗計畫，成為指引的司機員，帶領機器人往正確的街道方向前進。另外她也參與神奈川縣箱根市「星之王子」戲劇，與其他Orihime飛行員及真人演員一起排練演出，後續也在Youtube上提供免費觀賞。以及在日本巧連智兒童電視節目與最受小朋友歡迎的巧虎一起表演等。目前う一小姐則偶爾會在和歌山的野生動物園餐廳及其他Orihime試驗點服務。う一小姐提到在工作時，有些小朋友因為對機器人非常好奇，有時會做出拉扯機器人手臂等危及機器人安全的動作。碰到這種狀況時，她會適時發出「哎呀!好痛啊!」等擬人化配音，讓孩子融入Orihime機器人情境的同時，也學會尊重彼此。

從まろ小姐與う一小姐兩位Orihime飛行員的分享，可以更直觀的感受到這一類型的社會機器人服務計畫，為她們的生活帶來的不僅是經濟方面的改善，還有與人互動的機會，自我能力的肯定，以及跨越地域與生理條件限制所帶來的不便等。

從Dawn咖啡館Barista機器人咖啡師或櫃臺大型Orihime機器人點餐員工及其他案例也可看到，Orihime機器人的搭配性極強，無論是與真人、其他類型機器人等，皆可在相關條件的設置前提下，讓其進行不同的任務，提高功能之多樣性。

另一方面，對與Orihime機器人交談的顧客而言，因為Orihime的小巧外型，很容易在第一時間便吸引各種年齡層民眾好奇的目光、提高與之互動的意願，這點從筆者在Dawn咖啡館、筑波慶典活動現場及筑波新創園咖啡館等地的觀察，皆有發現此一現象。待民眾進一步了解計畫背後的公益目的後，通常也會給予Orihime機器人計畫更多的肯定，加上政府相關部門的支持，外國旅客的口碑宣傳，對計畫後續更多試驗點的推廣有相當大的助益，值得後續持續觀察。



圖197、筑波創業園咖啡館



圖198、訪談當日第1位Orihime-まるo小姐



圖199、協助送餐的Orihime-まるo小姐



圖200、まるo小姐介紹個人生平以及服務內容



圖201、第2位Orihime飛行員-うo小姐介紹她在湘南藤澤市參與街頭機器人實驗的情形



圖202、うo小姐介紹她在和歌山的野生叢林動物園餐廳服務現況



圖203、う一小姐介紹她在神奈川縣箱根市「星之王子」戲劇演出的情形



圖204、う一小姐介紹她曾參與兒童電視節目演出的情形

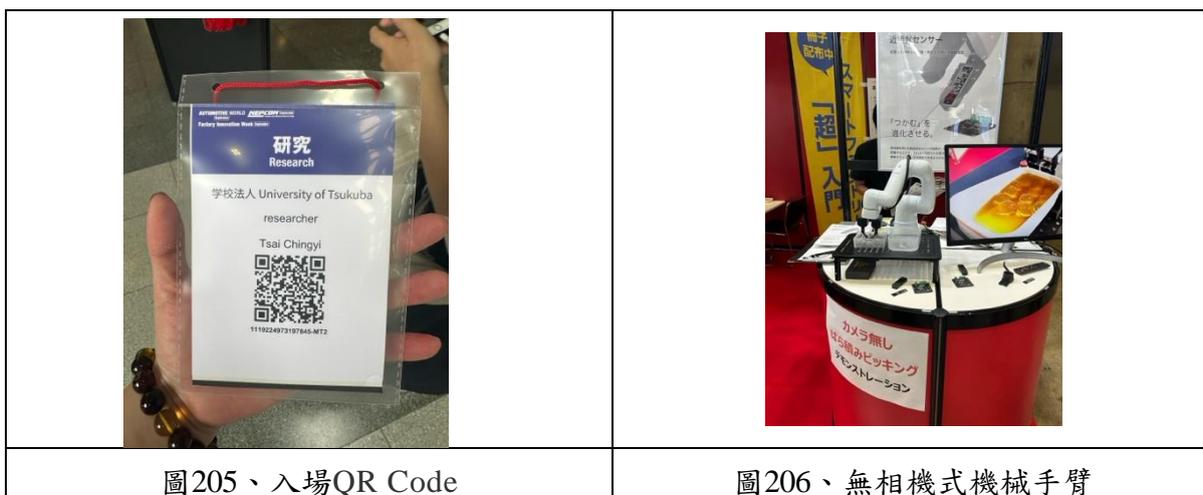
(二) 東京機器人展覽參訪

筆者在日本短期研究的期間，東京舉辦了兩場與機器人相關的重要展覽，包含工業機器人、服務機器人、機器人開發相關技術等，以下就現場觀察分別敘述之。

1. 「日本國際機器人研發暨技術大展(RoboDex Tokyo 2024²³，以下簡稱 RoboDex)

RoboDEX Tokyo 自2017年舉辦以來，現已成為日本領先的機器人技術展覽會之一，展覽內容主要是與機器人技術領域相關的展示。2024年9月4日至6日在千葉縣幕張展覽館辦理秋季展覽，吸引了超過240家與機器人技術發展相關的行業參展，參觀者則來自製造商、供應商、分銷商、系統集成商、研究人員和最終用戶等各行各業。本次筆者在觀展前，先以筑波大學研究員身份線上申請註冊，在觀展前便會收到一組QR Code，當日進場前掃瞄這組號碼即可免費入場。

展場首先看到的是，過去機械手臂雖然成本較為降低，然因為搭配高階相機畫素，降價空間有限，今年展覽中有廠商展出無搭配相機之機械手臂，低成本組合型搬運機器人等，對特定客戶來說，將可依需求選購而無需花費高昂成本。另外在「筑波挑戰賽」及筑波中央圖書館出現的THOUZER，在本次展場中亦見到不少類似型號出現，顯見市場需求不小。目前在市場上使用頻繁的運送機器人(CarryBot)，如送餐或在養護中心送藥等，也出現不少新的模型。UGO機器人則是一款服務型機器人，除了可以利用自然語言技術對話，還可擔任巡視的保全人員、檢測環境火災異常等，亦可遠程操控，在展覽當日於特定時段展示其功能。



23資料來源：<https://reurl.cc/O5vRq7>、<https://reurl.cc/EgobzR>



圖207、低成本組合型搬運機器人



圖208、Doog公司的THOUZER



圖209、運送型機器人1



圖210、運送型機器人2



圖211、結合Kiosk功能的機器人



圖212、UGO機器人

2. 「日本機器人周展覽(Japan Robot Week 2024²⁴)」

「日本機器人周展覽(Japan Robot Week)」自2012年開辦以來，已成為日本重要的機器人展覽之一。今年（2024年）在9月18日至20日於東京國際展示館(Tokyo Big Sight)展出，共有超過100多家與機器人設計相關的企業廠商參展。展場內除展示最新的AI機器人科技及相關零件，亦舉辦各項講座，讓觀展人對其有更深入的了解與討論。此外，展覽還設置了「機器人街（Robot Street）」特別區域，讓機器人與參觀者自由互動，充分展現展覽主題。正如本次展覽主題所列「邁向人類與機器人共存的社會(Towards a society where people and robots coexist.)」所言，在高齡化社會浪潮的侵襲下，機器人或許能發揮意想不到的功能。這一場展覽是由三河教授推薦筆者前往，老師特別提到，即使不是製造商或供應商，對研究人員來說，這些展覽可以幫助他們找到關於機器人產業的最新資訊，包含技術和材料。

首先在入口處便看到本次最大展區，來自日本GMO網際網路集團旗下的7家子公司聯合展出，包含一個大型人形重機機器人，以及其他9款機器人，相當引人關注。另外日本機器人配送協會(Robot Delivery Association)目前已有川崎重工業、日本郵便公司等20幾家企業陸續加入，他們共同致力於構建具備便利性和安全性的機器人配送服務基礎，並推動其早日實現社會實施，目前因2023年的《道路交通法》修訂，遠程操控的自動送貨機器人已被允許在公共道路上行駛，為機器人配送服務的實現提供了法律基礎。前面提過的Orihime飛行員う一小姐便曾以飛行員身份與配送機器人合作進行實驗。Nyokkey（ニョッキー）則是川崎重工業開發的雙臂自律行走服務機器人，旨在在人類環境中執行各種任務，如餐廳的配膳、收盤，以及醫療機構內的物品運送等。展覽當日Nyokkey不僅擔任主持人之一，介紹了川崎重工業的機器人發展歷史以及最近的宣傳重點，也能和一旁的真人主持人自然對話。

最後要介紹一款獲得TEPIA第18回特別賞的機器人BOCCO emo²⁵。BOCCO emo 是日本公司 Yukai Engineering 推出的升級版家庭機器人，基於早期型 BOCCO 的基礎進行改良，融入了更多擬人化設計與先進技術。這款機器人不僅負責家人之間的通訊，還具有情感表達與互動功能，專注於促進家庭成員間的交流與聯繫。BOCCO 身高只有15cm、體重400克，可以根據語音內容、對話情境，以及周圍環境改變表情與語氣，例如表現害羞、愉快或疑惑等情感，也搭載感測器、可與手機應用程式連線傳訊息等。展場的工作人員與筆者分享其基礎版費用並不高，因此對多數人來說使用意願提高，加上造型可愛，詢問度也愈來愈高。

24資料來源：<https://orylab.com/en/>、<https://dawn2021.orylab.com/en/>

25資料來源：<https://www.bocco.me/en/>

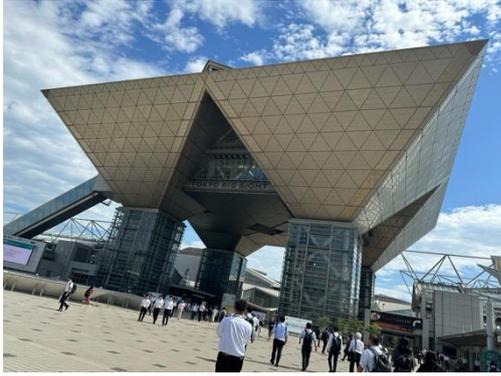


圖213、展場外觀



Tsukuba university
Tsai Chingyi

圖214、入場證件



圖215、GMO大型人形機器人



圖216、GMO兩款CarryBot



圖217、日本機器人配送協會機器人



圖218、川崎重工業Nyokkey機器人



圖219、人形機器人



圖220、BOCCO機器人

參、心得及建議

一、短期研究計畫心得

(一) 日本社會機器人應用的觀察與啟示

在參與筑波大學社會機器人實驗室的研究期間，深刻體會到日本如何結合技術與人文應對超高齡社會的挑戰。透過療癒型機器人PARO, LOVOT, Orihime 等實例，可以看到機器人在提升高齡者生活品質方面的巨大潛力。同時，對於服務設計與技術應用的使用者取向思維，也給予我們深刻啟發。此外，三河社會機器人實驗室同學的研究，可以看到社會機器人應用於災害現場的可能性，以及相關應用技術的實驗與比較。井上互動實驗室的線上虛擬代理研究，如共食機器人的發展，展示了科技在解決孤獨感、促進心理健康上的可能性，這些都能為台灣未來的科技應用提供參考。從中可見，日本的技術發展並非孤立進行，而是深植於社會需求與現實問題的解決，以及科技與人文結合的重要。

(二) 跨文化學術交流的價值

透過與筑波大學教授及學生的交流，發現其跨學科合作和研究生參與的模式值得學習。他們透過社交平台如 Discord 進行即時研究進展討論，實現了高效的學術交流。這種做法不僅促進了團隊間的互動，也使研究人員能快速獲得建議並調整研究方向。另外透過筆者本次拜訪，日本團隊與臺灣大學的社會機器人團隊進行線上會議時，雙方對高齡服務的設計理念進行了深入探討，這種國際合作不僅提升了研究的國際化視野，也為未來的實驗合作提供了基礎。

(三) 實地參訪與實例學習的價值

參訪多個日本文教機構及高齡者照護場域，例如 Cyberdyne Studio, 未來科學館、TEPIA 尖端技術館等，提供了對日本機器人實際應用的深入了解。這些機構不僅展示了機器人在高齡者健康促進與福祉提升中的應用，也體現了日本對技術與教育普及的重視。在 CYBERDYNE 的參訪中，HAL 機器人如何協助身體機能退化者重獲行動能力的實例令人印象深刻。參訪的博物館、圖書館等機構如何推廣與應用社會機器人的多種方式，也值得國內文教機構等相關單位借鑒。

二、建議

(一) 推動社會機器人本地化應用

國內文教機構可考量與相關醫療機構合作，參考日本經驗，開發符合臺灣高齡化社會需求的社會機器人服務。以療癒型機器人為例，可在公共圖書館、醫療院所及社區活動中心設置，為高齡者提供陪伴與心理支持。此外，針對臺灣獨特的家庭結構與文化背景，設計更具本地化特色的機器人功能，提升其使用效益。

(二) 加強產官學合作與資源整合

日本在中小學推廣科技教育的模式值得效仿。建議在臺灣的教育體系中增加與機器人技術相關的課程，讓學生在早期就能接觸並理解科技如何解決社會問題。同時，可鼓勵家庭參與科技活動，增強社會對創新科技的接受度與支持度。

(三) 推動科技教育與創新啟蒙

在高齡化挑戰下，機器人服務應特別關注用戶體驗與心理接受度。建議在設計過程中納入高齡者的反饋，減少操作技術門檻，並結合文化特色，設計更加貼近需求的功能。舉例來說，可增加語音操作功能或簡化使用界面，降低技術對高齡者的壓力感。

(四) 優化高齡者服務設計

未來可持續與日本等科技領先國家進行交流，深化在高齡化服務領域的合作研究。建議政府與學界攜手推動國際合作計畫，定期舉辦學術研討會與工作坊，為研究人員提供交流平台，並積極引進國際先進技術。

(五) 促進國際合作與學術交流

未來可持續與日本等超高齡化以及科技應用發展成熟之國家進行交流，深化在高齡化服務領域的合作研究。建議政府與學界攜手推動國際合作計畫，定期舉辦學術研討會與工作坊，為研究人員提供交流平台，並積極引進國際先進技術。

(六) 政策支持與資金投入

高齡社會的挑戰需要政府政策的支持與資金的持續投入。例如，設立專項資金支持機器人相關技術的研發與應用，並提供購置補助或租借方案，讓更多文化機構能負擔社會機器人設備的引進成本。

(七) 推廣成功案例與實驗成果

臺灣相關文教機構可透過國內外的成功案例進行經驗分享，例如展示未來科學館的機器人應用模式，或臺灣某些機構已初步試行的方案，讓更多機構了解並參考這些創新應用的價值。

(八) 重視機器人倫理與隱私保護

各界在機器人技術的應用中，應同時重視倫理問題與使用者隱私的保護。例如，在高齡者照護機器人中，確保個人數據的安全與透明化是未來發展的重要方向。

日本在高齡社會中的技術應用與服務設計為臺灣提供了重要的參考方向。透過國際學術交流與多方合作，臺灣有望在高齡化社會的挑戰中找到更有效的解決方案。未來應著重於技術的本地化應用、教育推廣、政策支持與倫理考量，以實現科技與人文的和諧發展。