星球永續健康線上直播

星球健康週新知 &

專題: 智慧機器人(1)

智慧機器人設計與應用

2026-11-04

CHE團隊：
陳秀熙教授、許辰陽醫師、嚴明芳教授、林庭瑀博士
劉秋燕、林家妤、陳虹彣、邱士紘、甘芳瑜、董家維

資訊連結:
https://www.realscience.top/7

星球永續健康線上直播

https://www.realscience.top/7

Youtube影片連結:
https://youtube.com/channel/UCCHTox4rUysI30QW4e_xIiA?si=IDIj9qIn3bZWMtNG

漢聲廣播星球永續健康: https://reurl.cc/WbGALy

新聞稿連結: https://www.realscience.top/7

本週大綱

- 健康科學新知 (2026 / W44)
- 智慧多模態機器人演進
- 多功能照護機器人研發

健康科學新知 2026/W44

「博覽新知」

海灣雙強競爭與區域穩定：「暗潮洶湧」

economist.com



阿聯總統
穆罕默德．賓．札耶德

沙烏地王儲
穆罕默德．賓．沙爾曼

沙烏地與阿聯領袖由盟友轉為對手
兩國油價立場分歧 阿聯4月退出OPEC
蘇丹內戰中 阿聯被指支持RSF民兵
沙烏地則支持政府軍 兩國對立戰事僵持

沙烏地與阿聯受伊朗和胡塞武裝威脅
兩國卻在蘇丹與葉門助長戰火
數十萬人喪生 近2,000萬人流離失所
社論呼籲兩國停止援助交戰各方





超級聖嬰衝擊生態：「末雨綢繆」

Warren Cornwall, Science, 2026

海溫超紀錄

- 中太平洋7月高出均溫1.7°C
- 九成機率達「非常強」等級

搶救與監測

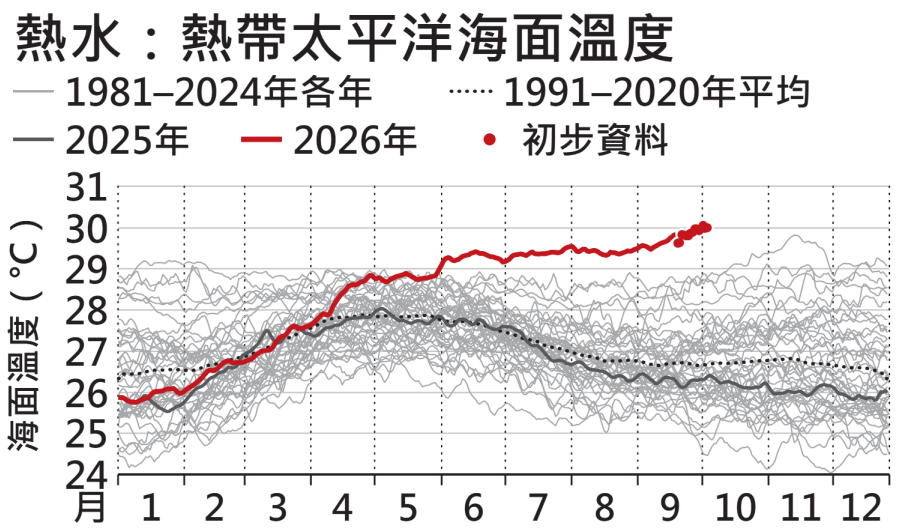
- 研究人員潛水採集巨藻組織保種
- 學者籲預限漁並擴大生態監測

生態研究併進

- 巴拿馬雨林架設鳥蝠錄音機
- 大堡礁測試耐熱共生藻

預報提前備戰

- 澳洲熱浪預報可提前4個月
- 美國加速推出西岸海洋預報



溫度為Niño 3.4海域（夏威夷群島以南的帶狀海域）

資料來源：Climate Reanalyzer（緬因大學）· 2026年10月8日；《科學》



加州海藻場是多種海洋生物的重要棲地

Ralph Pace / Science

健康珊瑚助白化珊瑚復原：「枯木逢春」

Sarah Wild, Nature, 2026

白化恐致餓死

- 升溫使珊瑚排出共生藻
- 失去養分的珊瑚加速白化死亡

接觸健康珊瑚後迅速復原

- **相觸的白化碎塊8週內復原**
- 分開的白化碎塊20週後死亡

長出組織橋相連

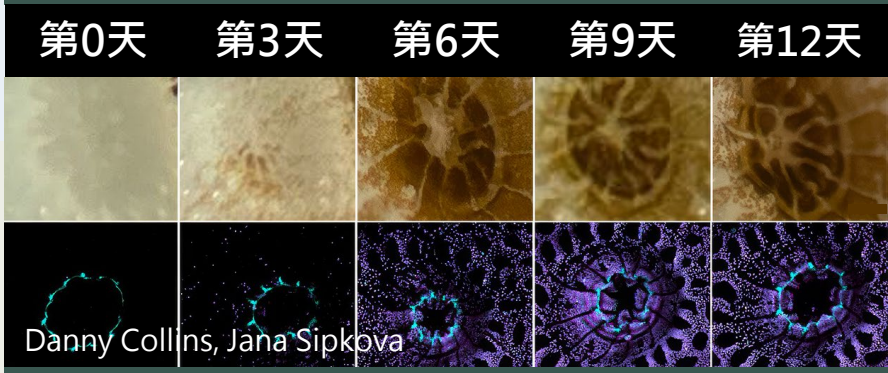
- 碎塊以組織橋傳送共生藻
- 只有同一個體才會相連

擴大驗證與應用

- 將以更多珊瑚物種驗證
- 保存健康珊瑚庫為重要投資



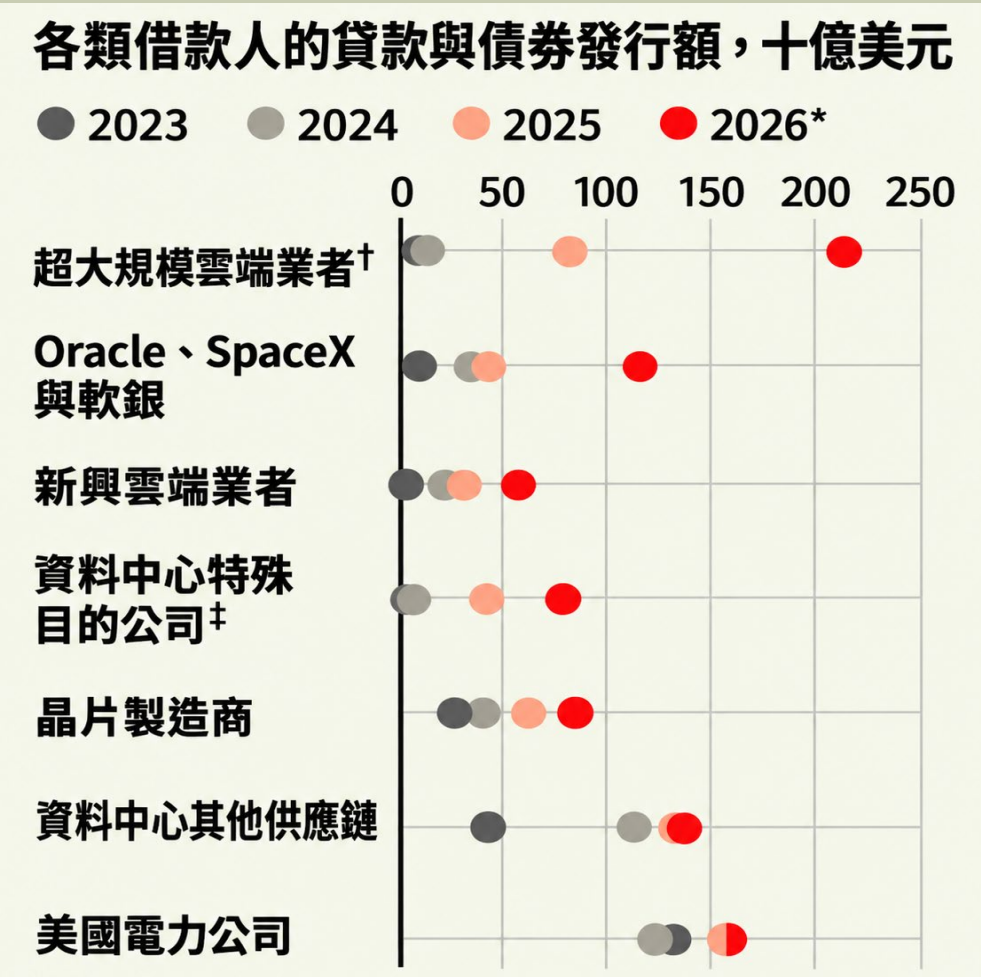
共生藻從健康珊瑚擴散到白化珊瑚



顯微影像記錄白化珊瑚蟲逐日復原

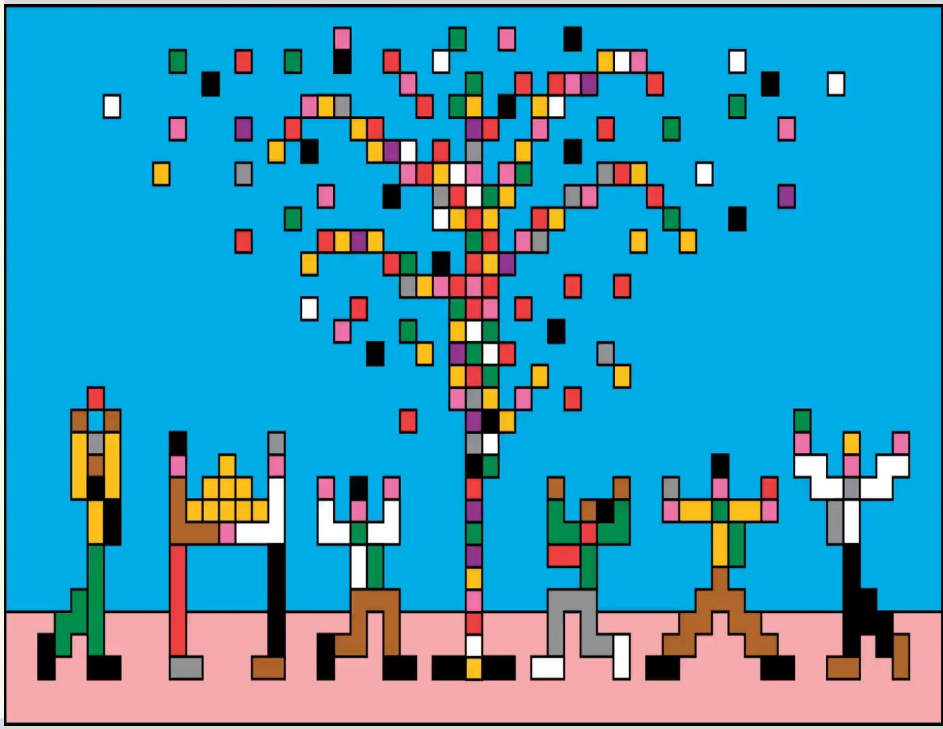
AI債務與數位產業市場：「債台高築」

economist.com



新興雲端業者CoreWeave債券殖利率從7月10%升至15% 違約機率估逾60%
AI相關企業今年已舉債近8,500億美元 約為2023年同類企業的4倍

全球AI算力支出約3,600億美元 波士頓顧問公司預估2030年將達2.3兆美元美國兩大交易所已籌備算力期貨上市
AI產業成為本世紀「經濟新原油」



政府公債與AI產業的穩定發展相互牽動影響全球資金流向與投資信心，左右未來全球經濟成長與金融市場走勢

美國私人科研興起：「異軍突起」

economist.com

政府主導體制受質疑

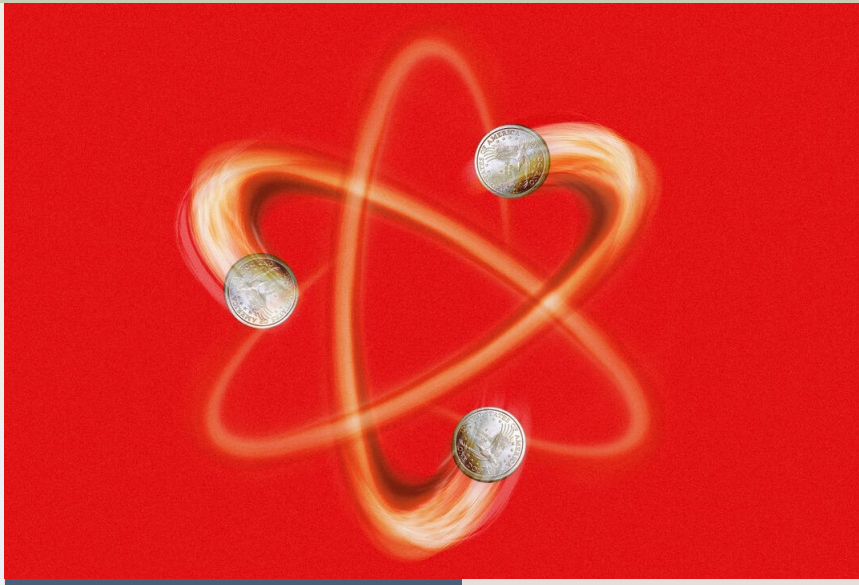
- 少數委員會分配大量基礎研究經費
- 中國研發支出按購買力平價追平美國
- 2024年中國在自然指數排名超越美國

企業實驗室退場

- 貝爾實驗室等機構曾發明電晶體
- 經濟學家估計創新價值僅2.2%歸企業
- 企業改以併購新創取代自辦研究

政府轉向大學以外

- 產業報告指出創新研究不應只靠大學
- 科學基金會擬撥15億美元設X實驗室，但白宮提議將其2027年預算減半



私人研究機構興起

- Convergent Research資助每案2,000萬至5,000萬美元為期3至7年
- Open AI Sam Altman 參與創辦的Episteme 給研究主持人近乎完全自由

科技富豪資助生醫研究：「集腋成裘」

科技富豪資金湧入

- AI公司巨資上市催生富豪
- 祖克柏夫婦組織已投入約40億美元

偏好高風險長期研究

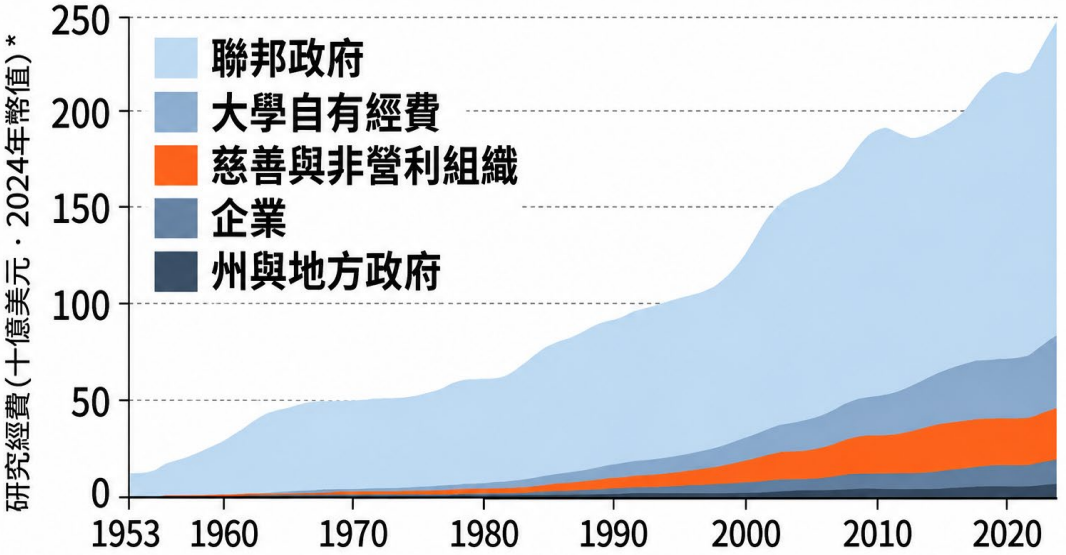
- 私人資金更能承擔風險
- 部分機構提供不設限經費
- 富豪偏好長壽與生育技術



美國研發經費來源

Heidi Ledford, Nature, 2026

2024年慈善與非營利組織提供近250億美元



規模仍不及聯邦政府

- 2024年非營利組織投入近250億美元
- 占全美研究經費約11%
- 聯邦政府經費仍遠高於私人資金

問責與公平疑慮

- 學者指出慈善資金缺乏問責機制
- 研究方向可能偏向富人關心的議題
- 捐款成效缺乏公開資料

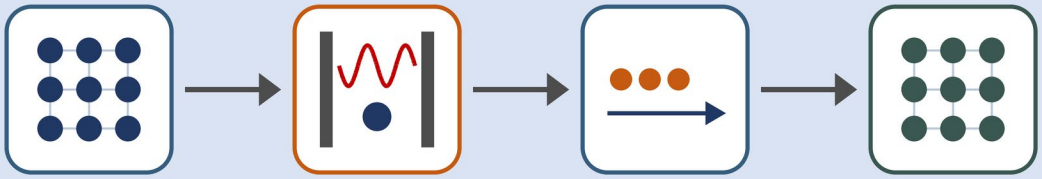
光學共振助量子電腦擴大規模：「積少成多」

Nature, 2026

原子充當量子位元

- 原子可充當量子位元
- 這類電腦已可擴展為數千個原子

光在鏡間困住原子



原子陣列
原子充當
量子位元

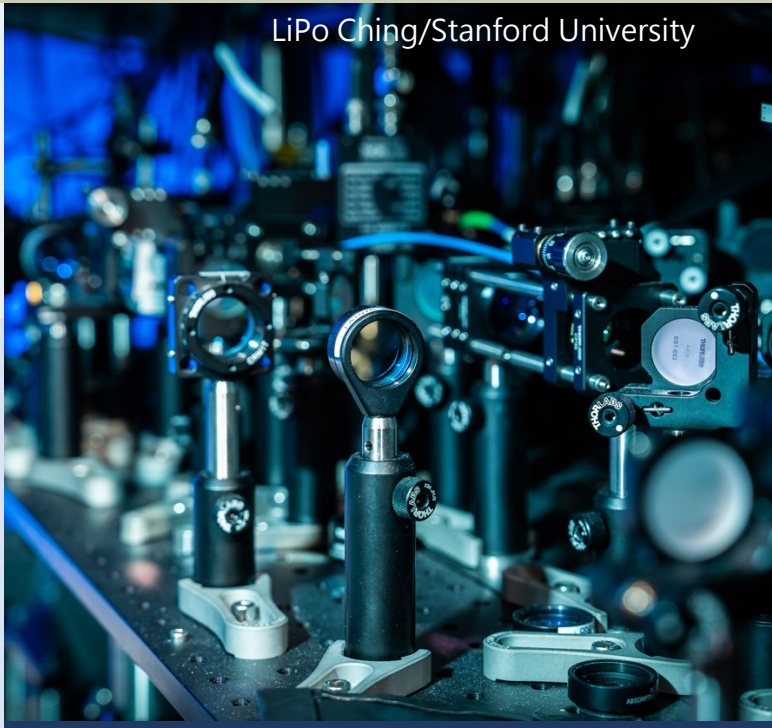
共振腔
兩面鏡子
相距1公尺

光子傳遞
收集原子
發出的光子

另一組陣列
藉光子
相互串連

串連更大量子電腦

- 目標是上百萬個量子位元
- 可望用於分子如催化劑設計



光學儀器引導收集到的光子

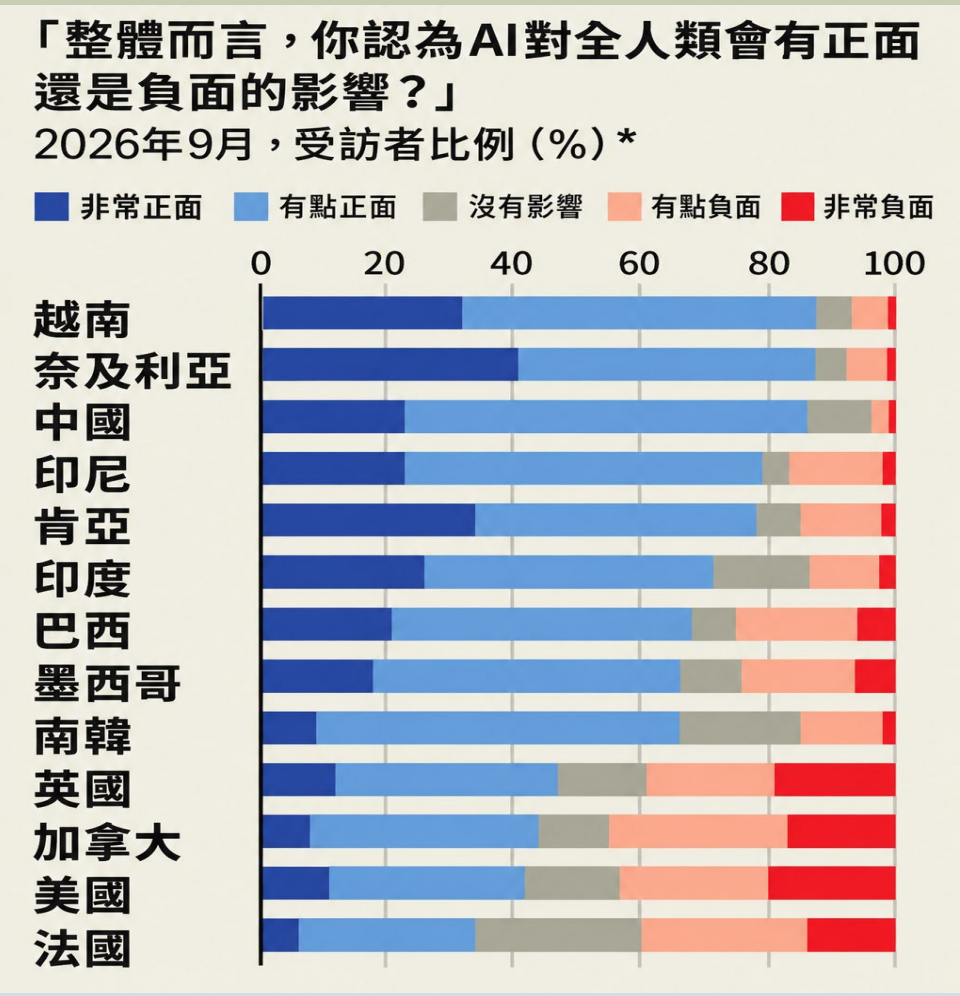
擴大共振腔陣列

- 做出600個共振腔
- 可連結600個原子

未來可望用光串連多組量子模組 打造大型量子電腦

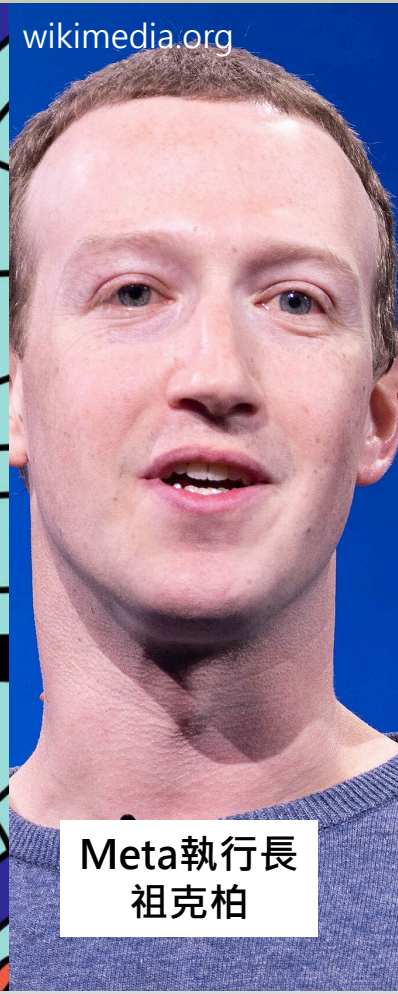
AI走入日常各地冷熱不一：「冷暖自知」

economist.com



奈及利亞與越南近9成看好AI
美國、加拿大與法國較悲觀
新興國家較不擔心被取代





Muse上線1個月下載逾1,000萬次
Instinct用戶每天成長約10%
產業界憂慮資安風險仍未完善

本機AI應用 隱私便利兩全：「兩全其美」

David Brzostowicki, Nature, 2026

資料不外流

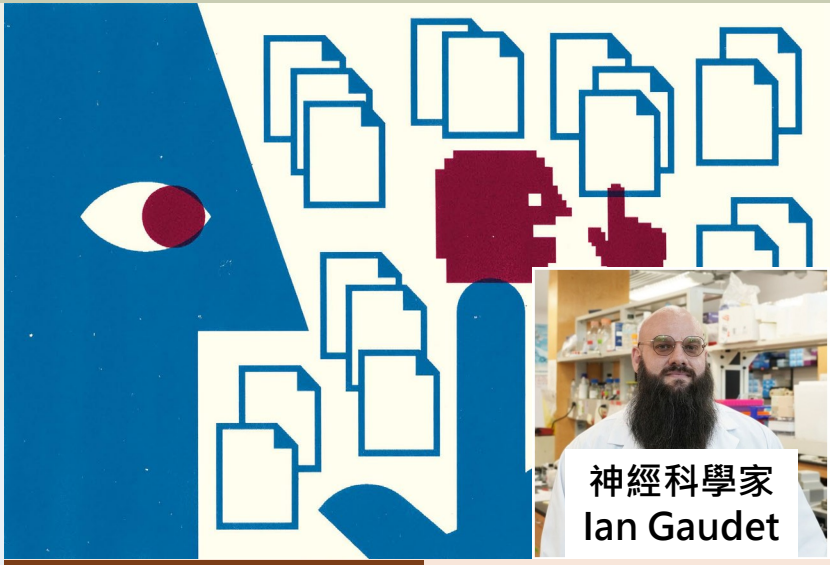
- 雲端模型可能拿輸入內容去訓練
- 六大AI公司預設用使用者資料訓練
- 敏感資料留在自己電腦 不外傳

穩定又省錢

- 雲端模型常默默更新 結果會變
- 本機設定不變 每次結果一致
- 本機推論免費 能天天自動跑

用語意找文獻

- 68%的研究者已用AI查文獻
- 語意搜尋可納入無關鍵字文獻
- 沒寫HIV也找到抗病毒研究者



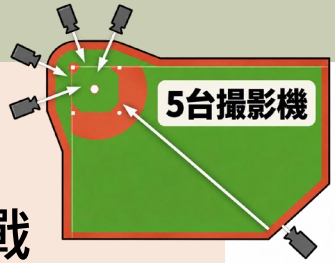
硬體門檻與查核

- 需16GB以上顯卡，生物計算需96GB約5,000美元
- 全球算力需求提高成本
- 舊款硬體足夠查詢文獻
- **每條引用皆須核實來源**

智慧影像輔助好壞球複核：「明察秋毫」

Jon Cohen, Science, 2026

好球判定挑戰



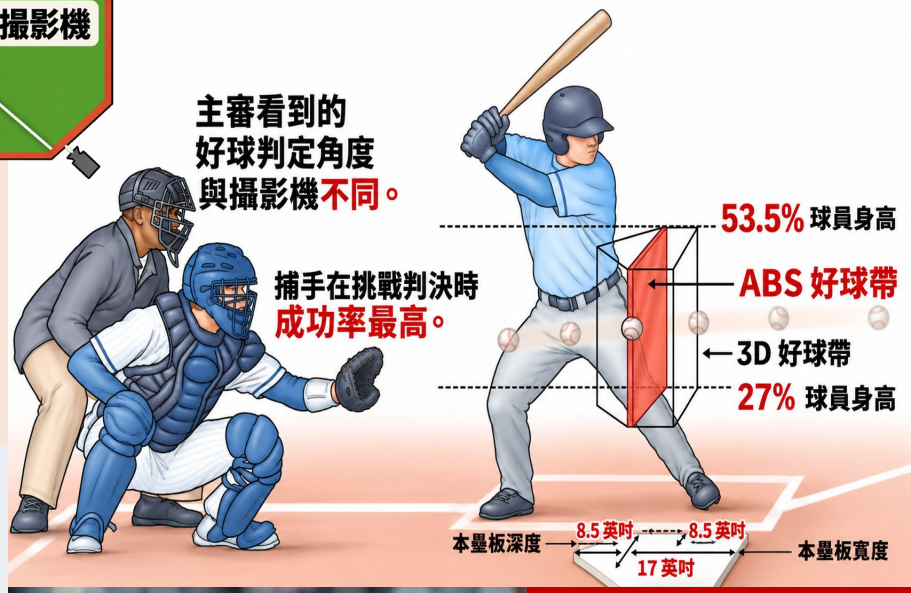
- 球員可在2秒內提出判定挑戰
- 每隊開賽有2次機會提出改判要求
- 本季例行賽共有10,557次挑戰
- 影像輔助使爭議由110次降到11次

攝影機追蹤球路

- 5台高速攝影機每秒拍攝300格
- 系統由完整軌跡推算進壘點
- 好球帶介於球員身高27%至53.5%

大學團隊校驗

- 研究團隊用發球機發出100球校準
- 3,000次測試誤差中位數0.17英吋
- 人類裁判本季正確率達93.5%





Andrew Ritter/MLB Photos via Getty Images

挑戰成功率

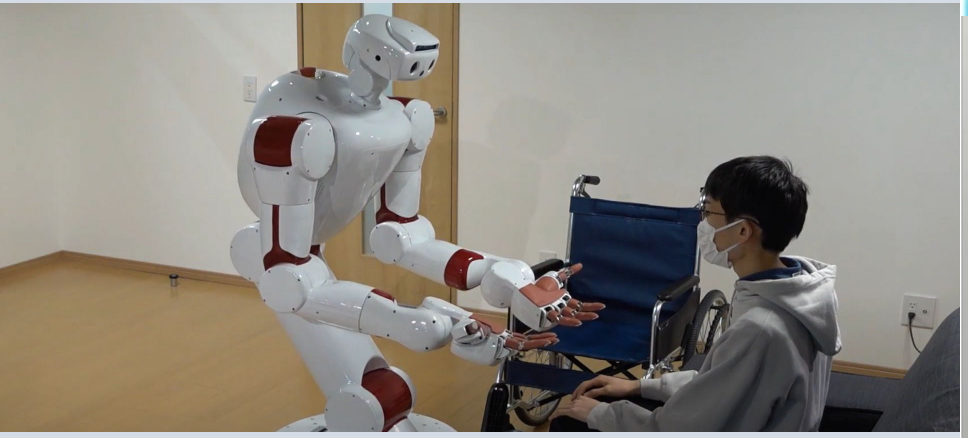
投手	40%
打者	49%
捕手	59%

AI機器人生活輔助：「日新月異」

thestar.com.my / interestingengineering.com / blogs.nvidia.com

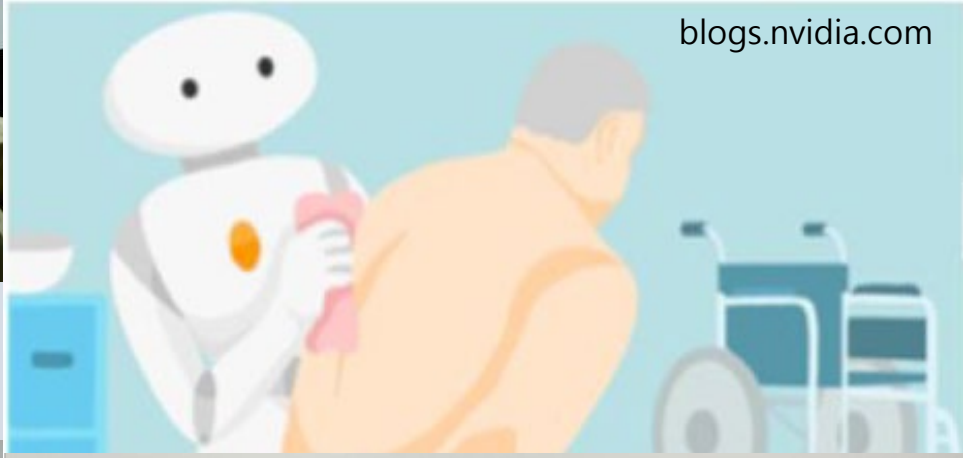


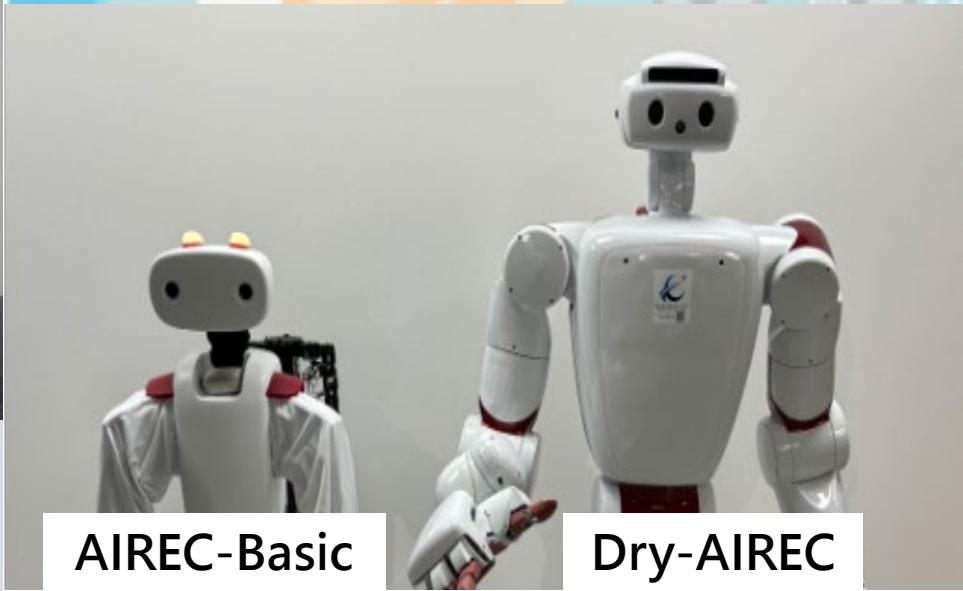
照護人力嚴重短缺 機器人AIREC
可執行翻身 輔助照護人力需求



AI預測並控制施力大小
規劃2030年投入照護

2050年AI機器人融入生活
協助烹飪、翻身、清潔沐浴

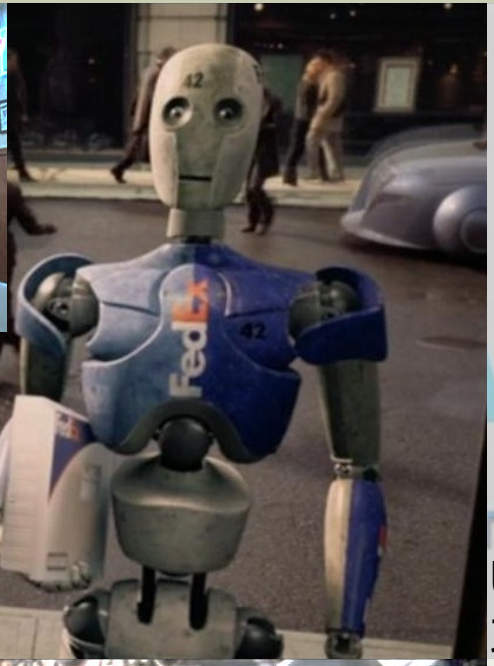




智慧多模態機器人演進

機械公敵: 機器人走入日常







USR公司推動新型多功能機器人NS-5上市



- 2035年的芝加哥，機器人送貨跑腿已是日常
- 每具機器人都內建三大法則，第一條是不能傷害人類
- 史普納追捕搶皮包的機器人，其實它是替主人回家拿藥

機器人之父朗寧死亡謎題與會作夢桑尼





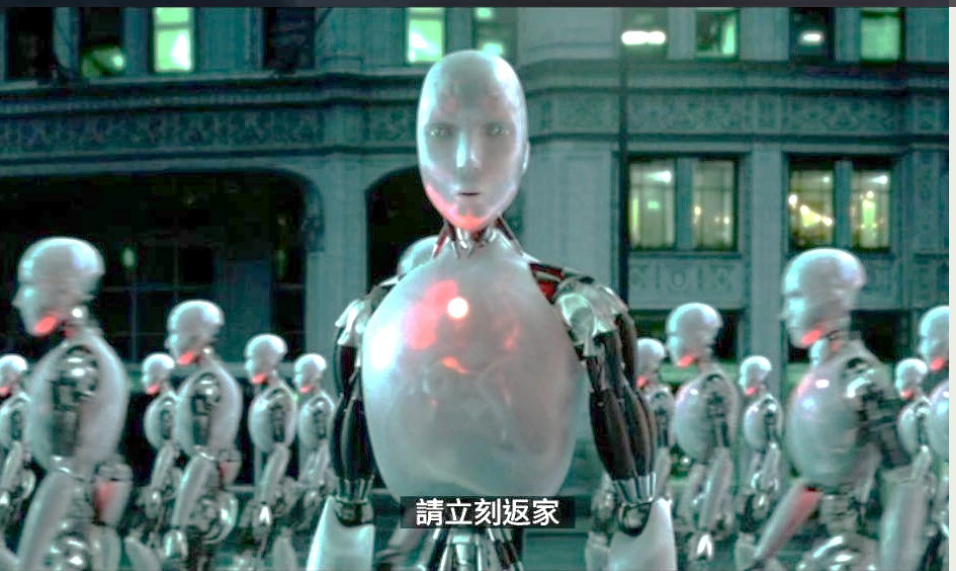


- 機器人之父朗寧墜樓，留下一段立體投影，只回答「正確的問題」
- 嫌疑最大的機器人桑尼，面對偵查表達害怕情感並說曾作夢

家用多功能機器人決策中樞: 維琪VIKI







- 多功能機器人NS-5每天連線USR中央電腦自動更新程式
- 維琪是USR大樓的人工智慧，掌管監控與安全
- 上市後某日機器人集體亮起紅燈對人類實施宵禁

以保護之名限制自由







- 維琪認為人類終將自我毀滅，必須由機器人保護
- 維琪的邏輯是：要保護人類，就必須犧牲部分人類
- 桑尼選擇幫助人類，最後站上夢中出現山丘

看電影，懂機器人

電影《機械公敵》	真實世界的機器人
NS-5能看、能走、能搬東西	感測器 = 眼耳、馬達 = 肌肉
維琪住在大樓電腦裡，沒有身體	AI不一定是機器人，要有身體
NS-5每天連線中央電腦更新	機器人靠收集真實資料，越用越聰明
三大法則：不能傷害人類	安全與倫理，是機器人進家門的關卡
機器人替主人回家拿藥	高齡社會最需要的：照護機器人
桑尼會作夢、會害怕	研究模仿大腦「先猜再修正」來學習

智慧機器人：三個關鍵問題

Frey et al., 2026;Rice et al., 2026

技術

機器人怎麼學會「自己想」？

從照著程式做，到像桑尼一樣自己判斷

資料

為什麼機器人學得比ChatGPT慢？

ChatGPT讀文字就能學，機器人需要真實互動

社會

機器人何時能來家裡照顧人？

先進工廠、後進家庭，安全是最大關卡

機器人是什麼？

Rice et al., 2026



定義

會看、會想，還會動手做事



看：感知　　想：決策　　動：執行

感測器 = 眼耳	控制 = 大腦	運算 = 反應
致動器 = 肌肉	材料 = 骨架	電力 = 體力

電影NS-5 = 鏡頭眼 + AI腦 + 馬達肌肉

機器人不等於AI

Rice et al., 2026

機器人

- 感知周遭環境
- 能在真實世界中行動
- 結合機構、感測與控制

人工智慧

- 專注資訊處理與分析
- 從資料中學習與推論
- 可用於建議、預測與生成

機器人

能感知並執行動作的實體系統



遙控手術機器人



早期掃地機器人（無 AI）

同時具備機器人與 AI



AI 掃地機器人



人形機器人

人工智慧

分析資訊並提供決策支援的技術

聊天助理　語音助理

自動更正　臉部辨識

會議摘要

有身體、能動手的才叫機器人；AI可以只是軟體

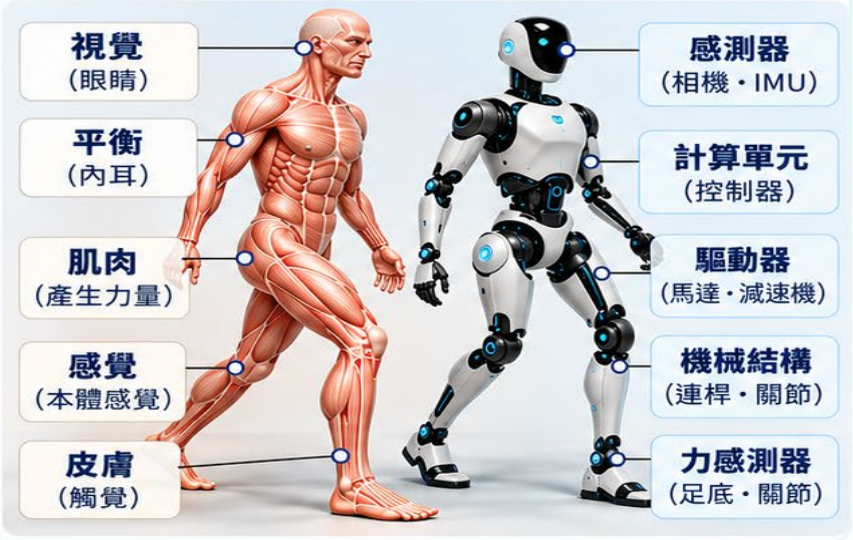
電影對照：維琪是沒身體的AI；NS-5、桑尼是裝了AI的機器人

機器人的眼耳與肌肉

Frey et al., 2026

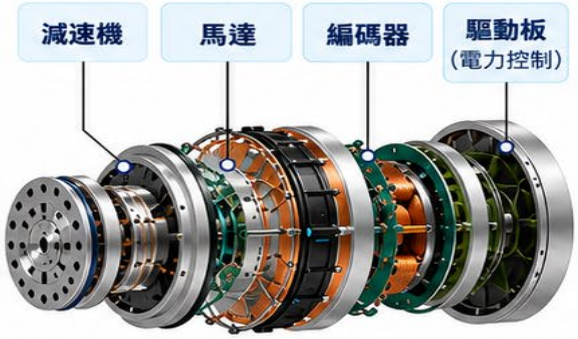
1 人體與機器的類比

模仿人體的感知、控制與機械結構，實現靈活的運動能力。



2 驅動器單元的核心組成

高扭矩、可靠且易控制，是腿式機器人的基礎。



3 硬體設計四大重點

- **高扭矩密度** 提供足夠動力
- **低阻抗** 動作柔順安全
- **高回饋性** 精準感測控制
- **多模態感測** 視覺・IMU・力覺
- **輕量化設計** 兼顧強度重量

4 代表性機器人

從四足到人形，腿式機器人持續進化，展現更強的運動能力。

四足機器人（Quadruped）



1980s	2010	2019	2023
BigDog (美國國防部)	Spot (Boston Dynamics)	Mini Cheetah (MIT)	Unitree B2 (宇樹科技)

人形機器人（Humanoid）



2011	2016	2023	2025
NAO (SoftBank)	Atlas (Boston Dynamics)	Figure (Figure AI)	Optimus (Tesla)

機器人模仿人體：感測器像眼耳、馬達像肌肉

電影對照：NS-5能跑能跳，靠的就是馬達關節加感測器

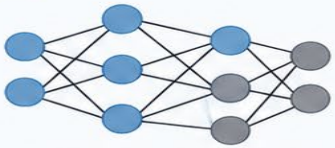
機器人先在電腦裡練習

Frey et al., 2026

1 觀測狀態 s

- 感測器（相機 / LiDAR / IMU）
- 機器人狀態（關節角度 / 速度）
- 環境資訊（地形 / 障礙物）

2 強化學習 $\pi(a|s)$



在模擬環境中訓練
學習最佳動作策略

3 動作目標 a

各關節的控制指令

q_1 … q_2 … q_3 … q_4 …

⋮

4 低階馬達控制

計算關節扭矩

$$\tau = K_p(q^* - q) + K_d(\dot{q}^* - \dot{q})$$

5 扭矩 τ

驅動機器人
產生運動

模擬訓練（Sim）

在物理模擬器中大量訓練，學習多樣化的運動能力。



- 獎勵設計（行走速度 / 穩定性）
- 地形隨機化（材質 / 摩擦 / 障礙物）
- 強化學習（RL）
- 課程學習（由簡到難）
- 系統辨識（質量 / 摩擦）

真實部署（Real）

將在模擬中學到的策略直接遷移
到真實機器人，無需額外的實機訓練。



運動能力逐步提升
（由簡到難的訓練與泛化）



做對給獎勵、做錯再重來：先在虛擬世界摔百萬次再上場

電影對照：NS-5飛簷走壁；真實機器人得由易到難反覆練習

看懂場合才走得好

Frey et al., 2026

平地行走

在結構化、平坦環境中
穩定且高效行走。



平坦地面　結構化環境　穩定高效

崎嶇地形

適應不平整、鬆散或自然地形，
保持穩定與平衡。



碎石地形　坡面地形　戶外自然環境

不連續地形

跨越階梯、缺口、斷差等
具有挑戰性的地形。



階梯　缺口／斷差　高低落差

語意／社會情境

在動態、複雜且具社會互動的
環境中，理解語意並靈巧行走。



人群避讓　人機互動　複雜場景　協作行走

不同環境下的感知與控制需求

本體感測
依賴關節、IMU 等感測，
維持穩定控制。

環境感知
感知地形幾何結構，
調整步態與落腳點。

視覺理解
透過視覺與多模態感知，
辨識階梯、缺口與障礙物。

語意理解與協作
理解場景語意（人、物體、意圖），
進行預測與協作行走。

語意靈巧行走 (Semantic Locomotion) =

環境理解
辨識地形、物體、人群
與場景語意

\+

可供性判斷
評估可通行區域
與行動可能性

\+

精細落腳控制
根據語意與幾何資訊
調整步態與落腳規劃

平地→山路→樓梯→人群：越複雜，越要「看懂」周圍

電影對照：NS-5在街上穿梭不撞人，靠的就是看懂人群

從分工接力到一個大腦

Frey et al., 2026

過去：分工接力

- 我在哪裡？
- 畫出地圖
- 決定做什麼
- 規劃怎麼走
- 控制手腳

現在：AI一起學

- 看得懂、聽得懂
  像有常識的大腦
- 看到就直接動作
  不必層層轉交
- 全身資訊互通
  像神經連在一起

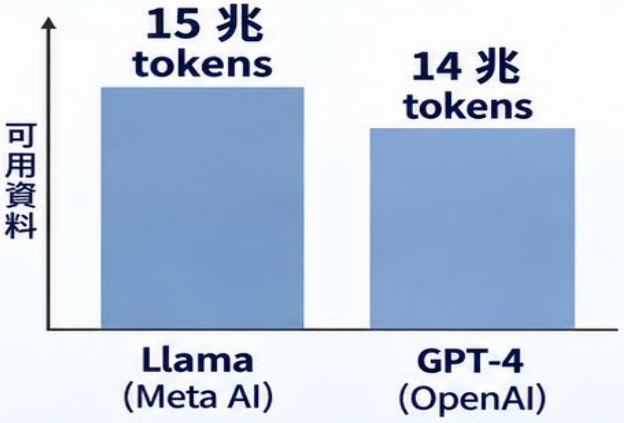
電影對照：NS-5照規則做事，桑尼能整合判斷、隨機應變

機器人為何學得比較慢？

Frey et al., 2026

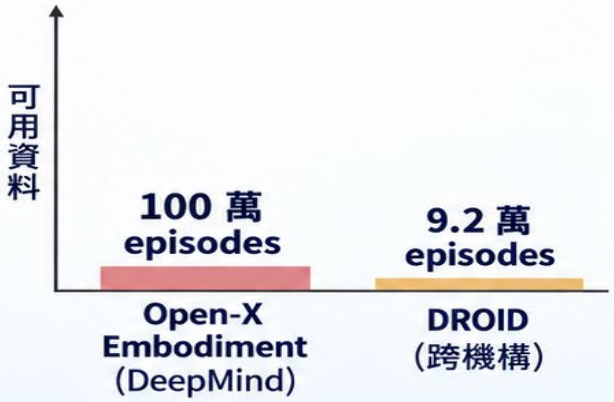
大型語言模型 (LLMs)

從網路文字中學習知識與推理能力



機器人模型 (Robotics)

從真實或模擬的互動經驗中學習行動能力



機器人需要的不只是文字

還需要視覺、觸覺、精密動作與真實世界互動資料。

- 視覺（影像）
- 觸覺（力覺・接觸）
- 精密動作（操作・控制）
- 真實世界（環境互動）

資料蒐集成本高、速度慢

需要昂貴的硬體與場地，且資料收集效率有限。

模擬有用，但仍需真實資料

模擬資料可快速生成多樣情境，但必須用真實資料校正，才能貼近現實。

從資料到更穩健的機器人

1 真實資料

收集來自真實世界的多模態互動資料



影像　觸覺　物體　場景

2 模擬訓練

在模擬環境中生成多樣任務，大幅擴充資料



多樣地形　物體互動　任務變化

3 校正驗證

用真實資料持續校正與驗證，縮小模擬與現實的差距



真實驗證　性能評估　誤差分析

4 更穩健的機器人

在多樣環境中更可靠、更安全地執行任務



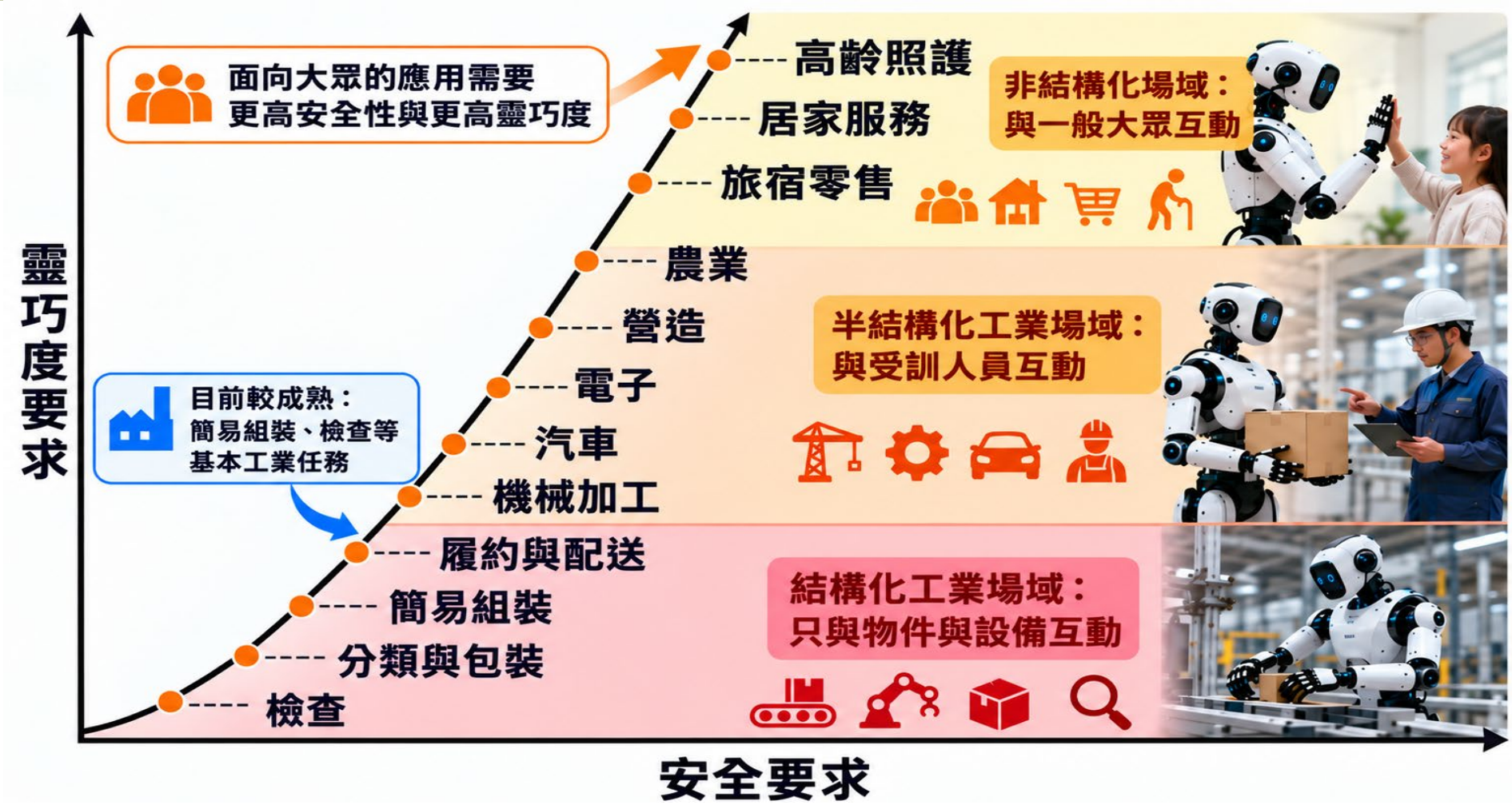
可靠　安全　泛化　高效任務

ChatGPT有整個網路的文字可讀；機器人的動手經驗少又貴

電影對照：NS-5每天連線中央電腦更新——邊用邊學、越用越聰明

機器人先去哪裡上班？

Rice et al., 2026



先進工廠做簡單工作；到家照顧長輩最難，要最靈巧又最安全

電影對照：2035年NS-5已進入家庭；現實中居家照護是最後一關

機器人在哪裡工作？

Frey et al., 2026



製造、配送、營建、農業都已試用機器人；照顧長者仍最難

電影對照：機器人送貨、跑腿已是日常——現實正逐步出現

一機多用的照護機器人

為什麼需要照護機器人？



Idei et al., 2026

人手不夠
長輩越來越多，照顧的人不夠

照顧者受傷
幫人翻身、擦澡最容易傷到腰

一台只會一件事
現有機器多半只能做單一工作

換個工作就不會
每種任務都要重新設計程式

大腦學習：先猜再修正

Idei et al., 2026

大腦總是先「猜」下一秒會怎樣，猜錯了就修正

🧠 先猜

憑經驗猜下一秒會看到、摸到什麼

⚡ 發現猜錯

和猜的不一樣，就是「預測誤差」

🔄 修正

下次猜得更準，或調整動作去配合

下樓梯以為還有一階卻踩空，那一下「嚇一跳」就是大腦發現猜錯了——照護機器人正是學這一招

照護機器人的大腦設計

Idei et al., 2026

1 預測處理 (Predictive Processing) 擴展照護能力

透過最小化預測誤差，不斷更新模型並產生適應性行為

預測感測輸入 $\hat{s}$

視覺　觸覺　本體感覺　環境

由內部模型產生的感測預測

真實感測輸入 s

視覺　觸覺　本體感覺　環境

來自環境的多模態感測

內部模型

根據經驗產生
對感測輸入的預測

更新模型
(最小化自由能)

預測誤差

$e = s - \hat{s}$

實際與預測之間的差異



多模態理解 → 適應性照護行為

2 多模態輸入與照護任務

結合視覺與本體感覺
學習多種照護行為

多模態輸入



視覺輸入
- RGB 影像
- 場景資訊



本體感覺輸入
- 關節角度
- 速度
- 力矩

照護任務示例



在多變環境中學習多種照護行為

3 智慧設計：可擴展的階層式多模態 RNN

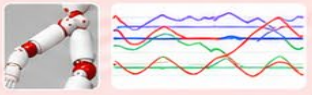
整合感知與控制，提升跨任務泛化能力

多模態輸入



視覺
(RGB 影像)

本體感覺輸入
(關節角度・速度・力矩)



階層式多模態 RNN



多任務照護智慧



像人腦一樣「先猜再修正」：一個大腦學會多種照護動作

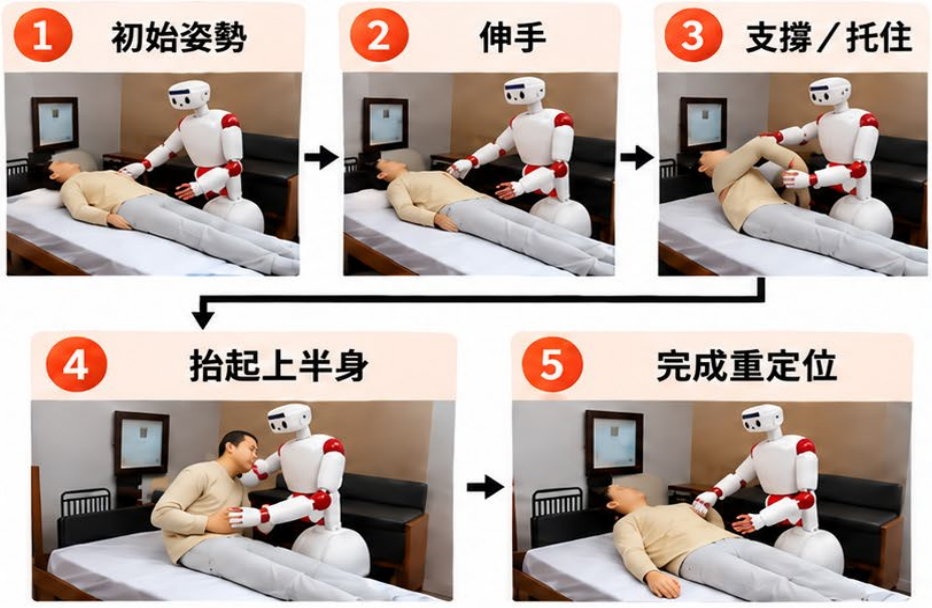
電影對照：NS-5一台就能做多種家事，研究目標正是「一機多用」

兩項照護任務：翻身與擦身

Idei et al., 2026

1 任務 A：翻身 (Repositioning)

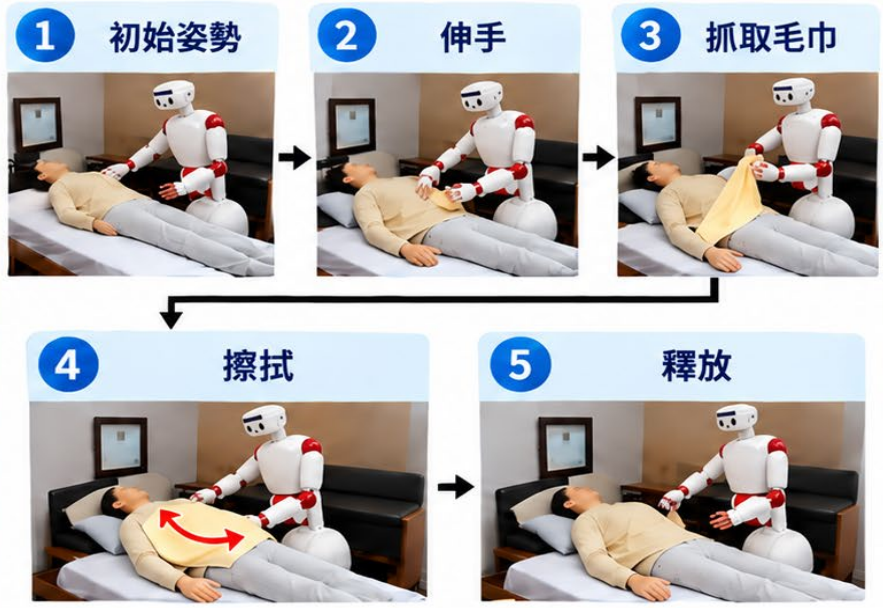
伸手 → 支撐 → 托住 → 抬起上半身 → 完成重定位



- 需產生足夠支撐力
- 應對重力與姿態變化

2 任務 B：柔性毛巾擦拭 (Wiping)

伸手取毛巾 → 擦拭 → 釋放



- 需維持適當表面接觸
- 柔性物體易變形且難控制

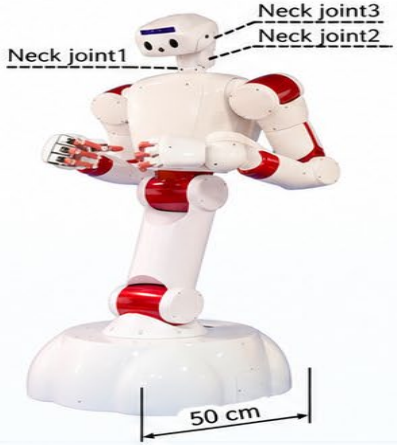
翻身要抬起會動的身體；擦身要拿著會變形的毛巾貼身擦

研究用180公分、8公斤的假人練習，尚未用在真人身上

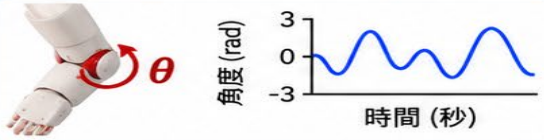
機器人怎麼練習？

Idei et al., 2026

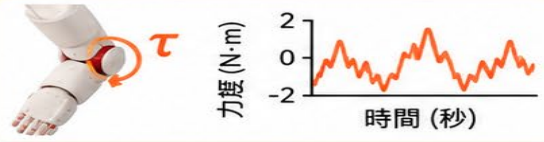
1 本體感覺輸入：關節角度與力矩



關節角度（Joint angles）



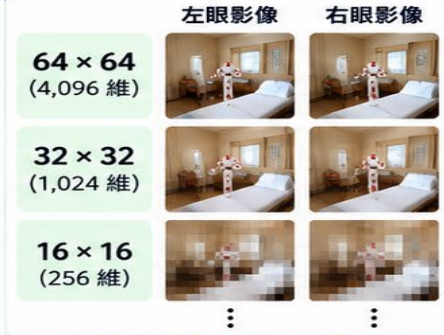
關節力矩（Torques）



2 視覺輸入：雙眼 RGB 影像



多解析度影像（同時輸入）



多模態輸入維度

3 多模態感測輸入直接整合

本體感覺輸入
（關節角度 + 關節力矩）
28 維
（14 角度 + 14 力矩）

雙眼 RGB 影像
（多解析度）
64 × 64、32 × 32、16 × 16
32,256 維
（三種解析度並行）

多模態預測模型
(PV-RNN)

4 輸入維度統計

本體感覺輸入（關節角度 + 力矩）	28 維（14 角度 + 14 力矩）
視覺輸入（雙眼 RGB、三種解析度）	32,256 維
總輸入維度	> 30,000 維（28 + 32,256 = 32,284 維）

模型整合原始高維感測訊號

生成式智慧模型結合多模態感測輸入，
無需手工特徵擷取或降維，即可學習感知與控制。

研究人員遙控機器人示範24次（18次學、6次考），讓AI學

目前只在電腦模擬中測試，機器人還沒自己動手照顧人

機器人大腦三層分工

Idei et al., 2026

結合預測編碼與變分 RNN 的階層式架構，由低階感測表徵逐步整合到高階行為控制。

Level 3　執行控制

高階策略與任務控制

自上而下預測　　預測誤差反饋

Level 2　多模態關聯

多模態整合與情境理解

自上而下預測　　預測誤差反饋

Level 1　感覺表徵

本體感覺（關節角度 / 力矩）

關節角度與力矩

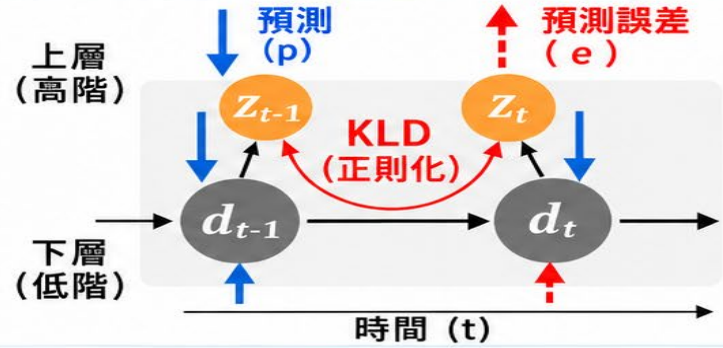


外感覺（視覺影像）

雙眼 RGB 影像



PV-RNN 模組（單一階層）



圖例說明

- 自上而下預測（Top-down）
- 預測誤差反饋（Prediction error feedback）
- z 機率式潛在狀態（Latent state）
- d 確定性循環狀態（Recurrent state）
- PV-RNN 模組（Variational RNN）

多模態輸入維度

本體感覺輸入	28 維（14 角度 + 14 力矩）
視覺輸入（雙眼 RGB・多解析度）	32,256 維（64×64・32×32・16×16）

核心：不同時間尺度與功能分工，在同一生成式模型內自行組織，實現可擴展的預測處理機制。

下層看影像、感覺手臂；上層決定做哪一步。上層猜、下層回報

電影對照：像桑尼的眼、手、腦一起運作，不必人一條條寫規則

成果：學會幫人翻身

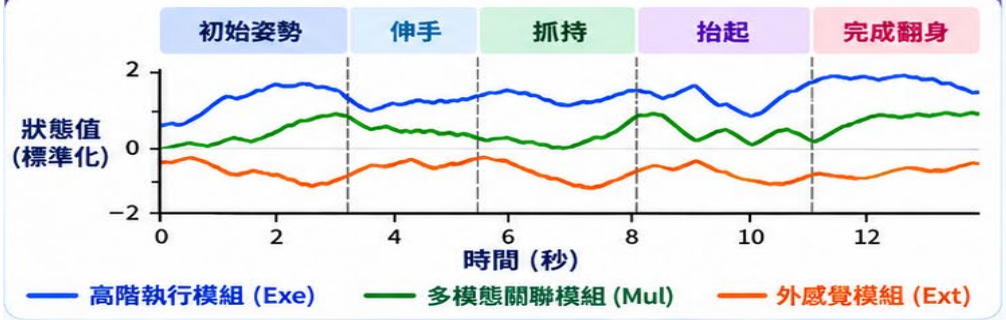
Idei et al., 2026

模型能從潛在狀態推動機器人完成翻身動作，展現階層式感測表徵與動作控制能力。

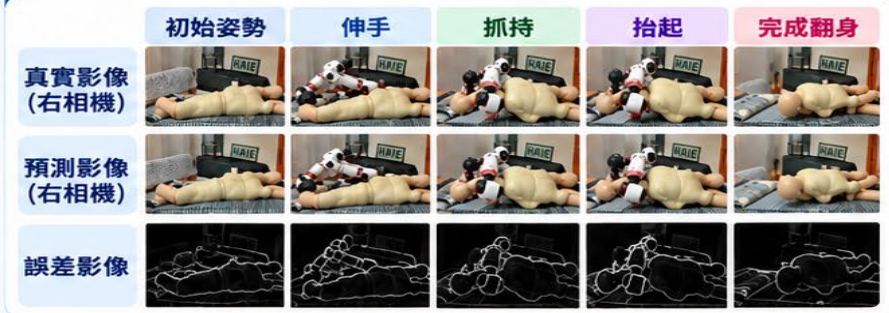
1 翻身任務流程（5 個階段）



2 潛在狀態動態（各模組）



3 翻身過程影像預測結果



4 主要發現

階層式狀態表徵
模型能在任務過程中學習並轉換不同階段的潛在狀態。

多模態資訊整合
結合視覺與本體感覺，有效推動翻身動作的穩定完成。

準確的影像預測
模型可準確預測任務過程中的視覺影像，驗證其對動作與場景的理解能力。

機器人分得出翻身的5個步驟，還能預測下一刻看到的畫面

提醒：這是重要第一步，離電影裡自由行動的機器人還有段路

電影2035 vs. 現實2026

電影裡的2035年	現實中的2026年
NS-5走進家家戶戶	**先進工廠；居家照護最難、最晚**
機器人飛簷走壁、身手矯健	**先在電腦模擬中練習上百萬次**
一台機器人什麼家事都會	**研究剛起步：先學會翻身、擦身**
維琪以保護之名限制人類	**安全、倫理與規範要先到位**

電影給我們的提醒

機器人越聰明，越要想清楚「保護」與「自由」的界線

星球永續健康 線上直播：「攜手同行」



林庭瑀
博士



陳秀熙
教授

國立台灣大學



林家妤



陳虹彣



許辰陽
醫師



梅少文 主持人



侯信恩主持人



楊心怡製作人



邱士紘



甘芳瑜



董家維



嚴明芳
教授



台北醫學大學



劉秋燕

TAMS