星球永續健康線上直播

星球健康週新知 &

專題: 智慧機器人(2)

智慧足式機器人研發

2026-11-11

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

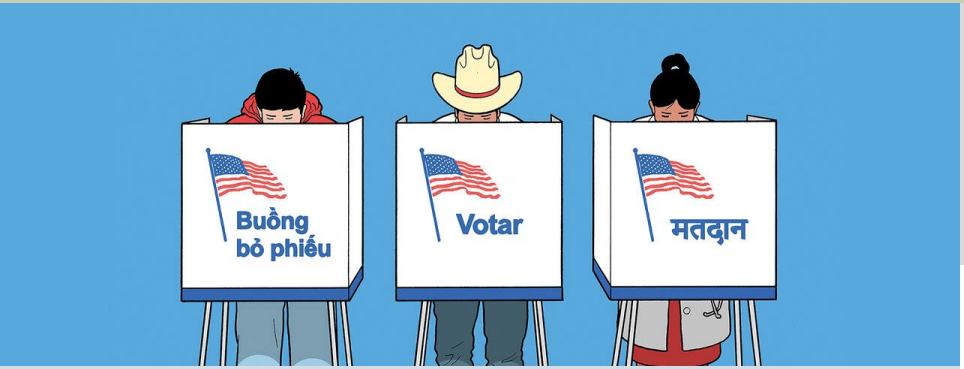
- 健康科學新知 (2026 / W45)
- 足式機器人智慧穩步前行挑戰
- 量身打造個人化智慧外骨骼

健康科學新知 2026/W45

「博覽新知」

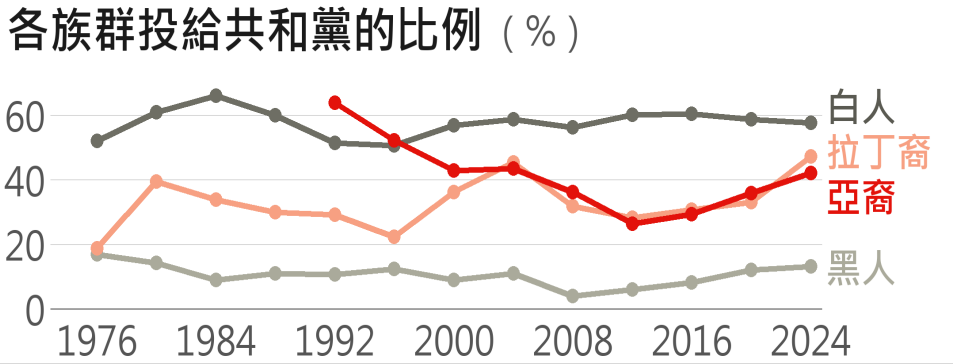
搖擺選民助民主黨大勝:「民心向背」

economist.com / channelnewsasia.com



拉丁裔與亞裔成關鍵搖擺選民
占選民比例自2006年增至21%
可促使兩黨走向中間

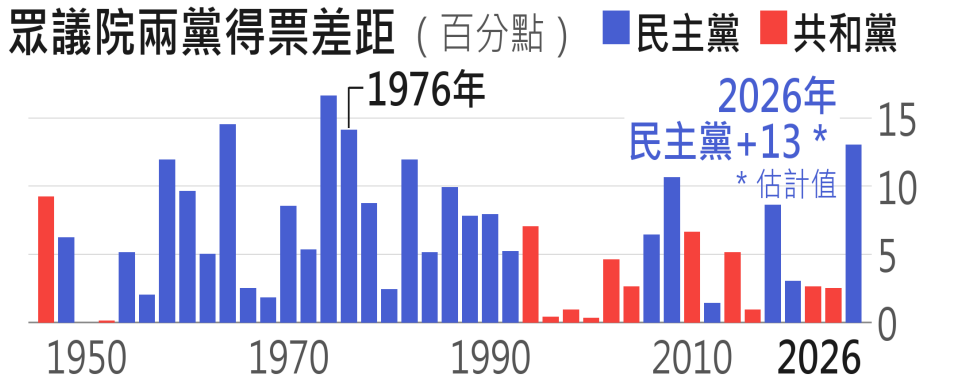
川普2024年獲46%拉丁裔選票
此後民主黨領先幅度擴大
拉丁裔、亞裔民主黨皆領先





民主黨拿下參眾兩院
國會對中國策略可能轉趨強硬
但川普仍主導外交與關稅

民主黨得票領先約13個百分點
為1976年以來眾議院最大勝幅
並同時拿下參議院



美國選舉

誰來選？選誰？多久選一次？為什麼少數「搖擺選民」能改變結果？

總統	聯邦參議員	聯邦眾議員	市議員
全國各州投票	全州選民直選	選區選民直選	選區或全市直選
選舉人團決定	每州 2 位	**按人口分配席次**	各城市規則不同
每 4 年	**任期 6 年**	**任期 2 年**	**常見 2 或 4 年**
不是全國票數直接決定	約每 2 年改選 1/3	全部席次每 2 年改選	最貼近住房、交通與治安

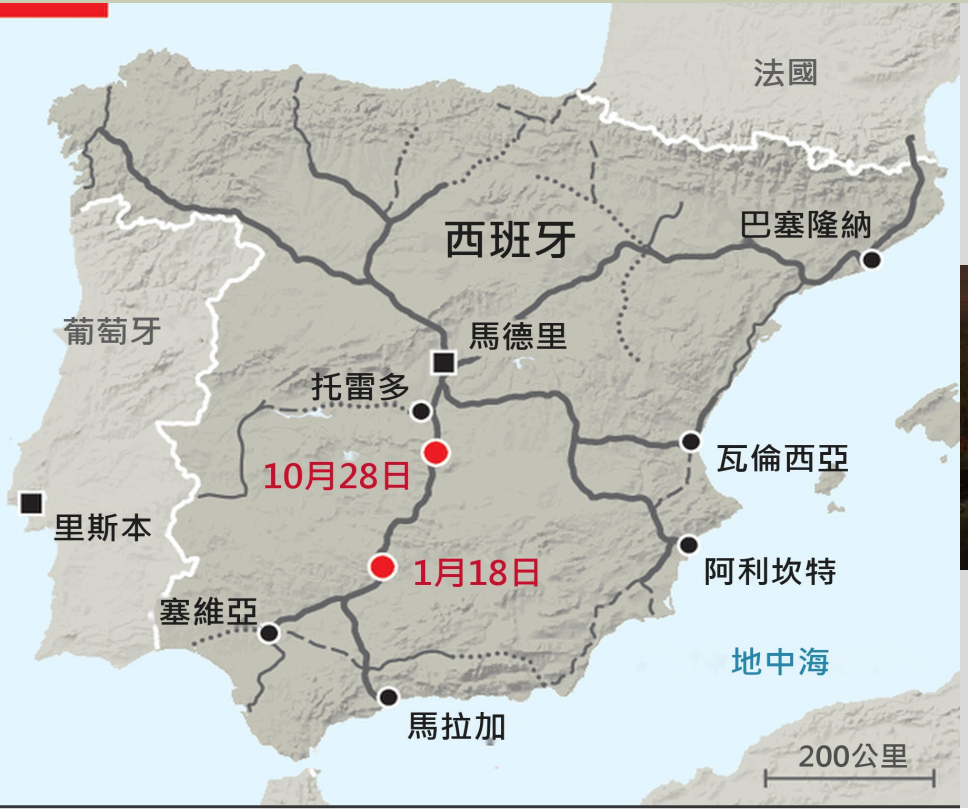
搖擺選民怎麼改變勝負？（假設某選區只有 1,000 票）

原本：甲 510 票 | 乙 490 票　11 人由甲轉投乙 →　結果：甲 499 | 乙 501

總統由選舉人團決定；國會與地方議員通常直接選出。少數人轉向，可能讓選舉翻盤。

西班牙高鐵再傳重大事故:「信任危機」

economist.com / theguardian.com / politico.eu



西班牙高鐵路網與路線時速，2026年

時速270–300公里　時速200–250公里

興建中　規劃中　事故地點

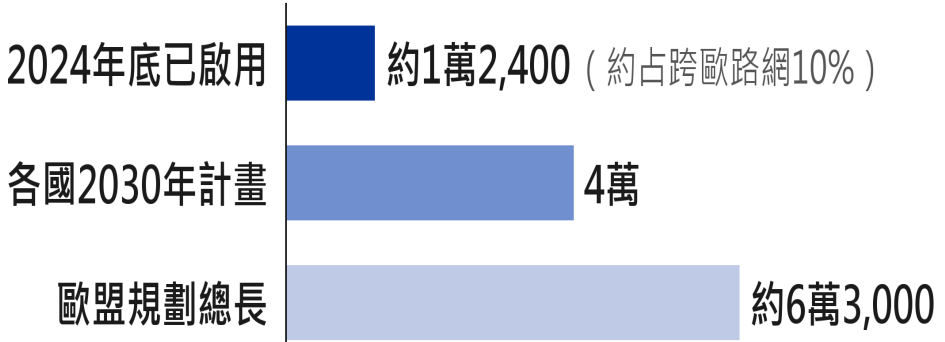
10月28日托雷多南方號誌系統停擺
行控人員仍下令國營Renfe高鐵續
17分鐘後追撞停駛的民營Iryo列車
1月同一路線出軌事故已有46人死亡

10/28事故造成69人死亡
兩起事故共115人罹難
交通部長普恩特請辭

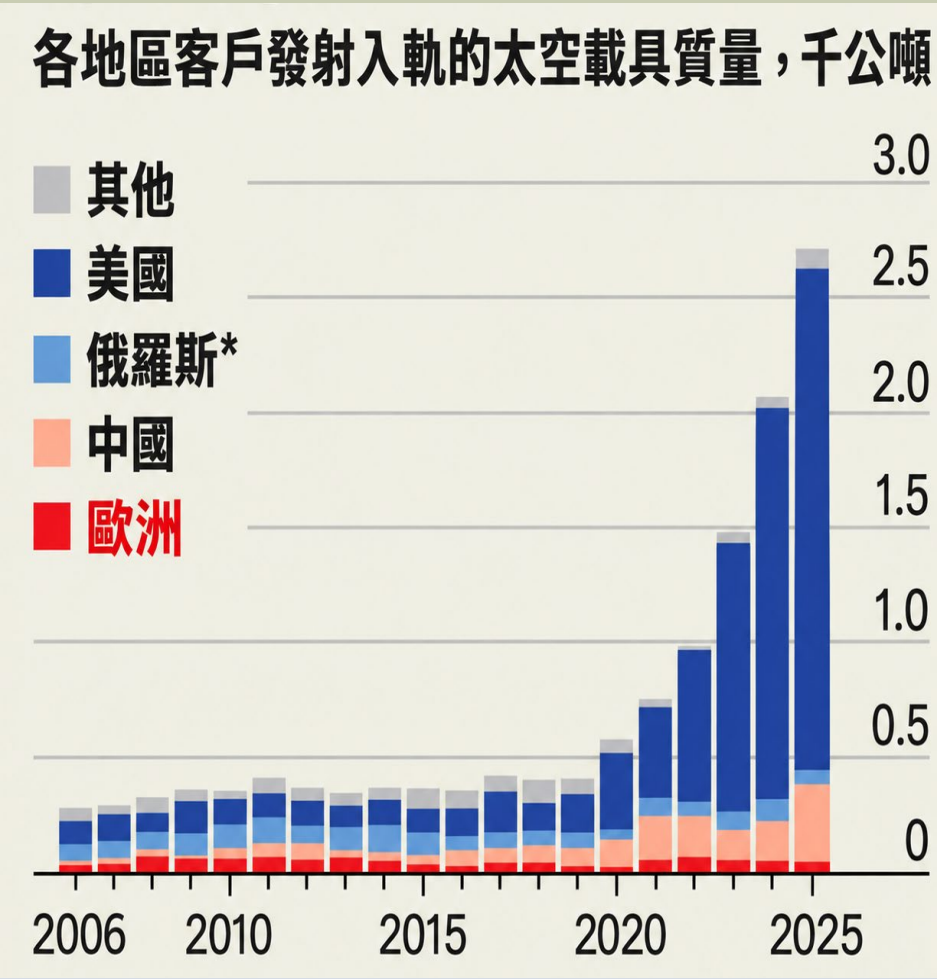


事故凸顯歐洲汰換各國號誌系統的難題
歐盟統一號誌系統僅涵蓋約10%跨歐路網
各國政治因素拖延 2030年目標恐落空
歐盟預算草案擬將建設基金較原案減14%

歐盟統一號誌系統部署長度（公里）



歐洲太空難以擺脫美國:「太空戰略」



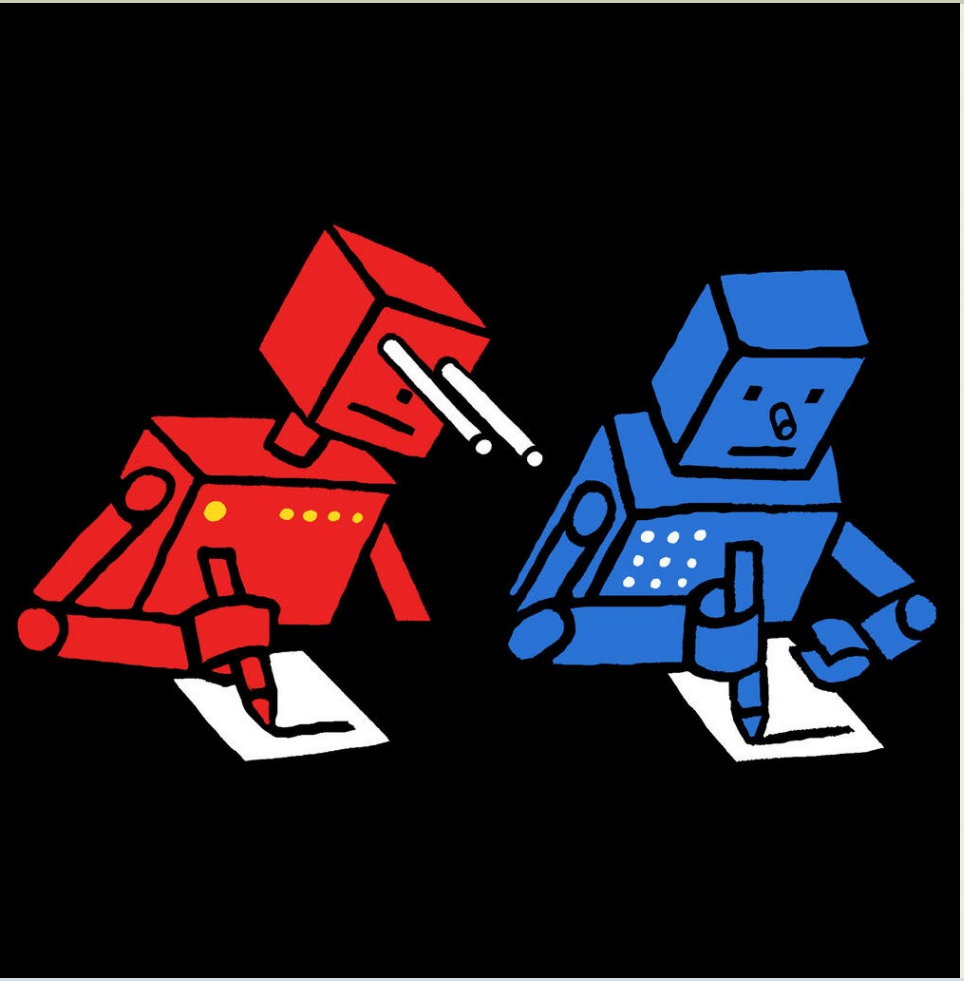


烏克蘭報導星鏈使用受限無人機連線中斷
歐洲衛星網路、情報與發射都仰賴美國
OneWeb僅約600顆衛星 星鏈逾1萬顆
歐洲小衛星進展快 但發射仍靠SpaceX

社論主張歐洲先補強發射能力
亞利安6型延誤 歐洲近1年無法自主發射
亞利安收費逾9,000萬美元 高於SpaceX
其次應整合各國需求 採用共通標準

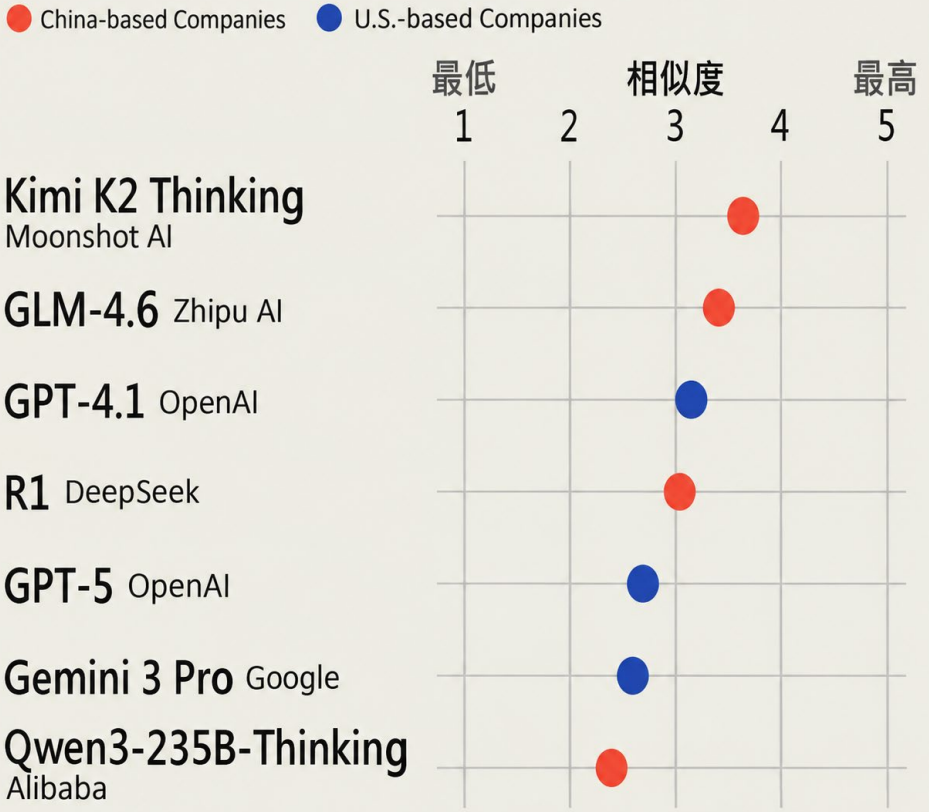
中國-美國AI競爭:「緊追在後」

economist.com



各家AI模型與Claude的相似度

比較對象：Claude Sonnet 4.5（思考模式）*



Anthropic與OpenAI向美國政府申訴
指中國業者以蒸餾技術模仿其模型輸出
專家認為蒸餾讓消費者享有便宜模型
也使中國AI進展依賴美國

中國AI實驗室靠蒸餾追趕高階模型
若無蒸餾耗時將翻倍 Anthropic已
蒐集訊息證據加強防堵

AI衝擊數學研究與驗證:「審慎求證」

Terence Tao, Nature / H. Holden Thorp, Science / Celina Zhao, Science, 2026

AI證明大量湧現

- AI數月內為數百難題提出證明
- OpenAI一次公布722份手稿
- 數學家需數月才能讀懂證明

數學研究動機衝擊

- 研究者擔心研究方向被AI搶先
- 數學家擔心失去發現的樂趣

電腦驗證缺漏

- 學者在2頁找到2處命題弱化
- 程式漏洞可能放行錯誤證明

邁向數學2.0倡議

- 評價研究應重視過程與洞見
- 學界需要數學專用開源AI模型
- 人類須保有理解與否決AI的能力



菲爾茲獎得主
陶哲軒呼籲
建立
「數學2.0」

AI證明如何驗證

AI用文字寫出證明

↓ 轉寫時可能弱化原本命題

AI轉寫成Lean 檢核程式語言

↓ Lean 檢查程式碼

Lean 逐步檢查並發出認證

風險：軟體漏洞可能放行錯誤證明

業餘者用AI破解歷史密碼:「方興未艾」

Kaia Glickman, Nature, 2026

AI破解二戰密文

- 業餘者請AI解開德軍密文
- AI測試逾40億組密碼機設定

解譯1809年密信

- 工程師以AI解讀1809年密信
- AI約6小時解出部隊位置

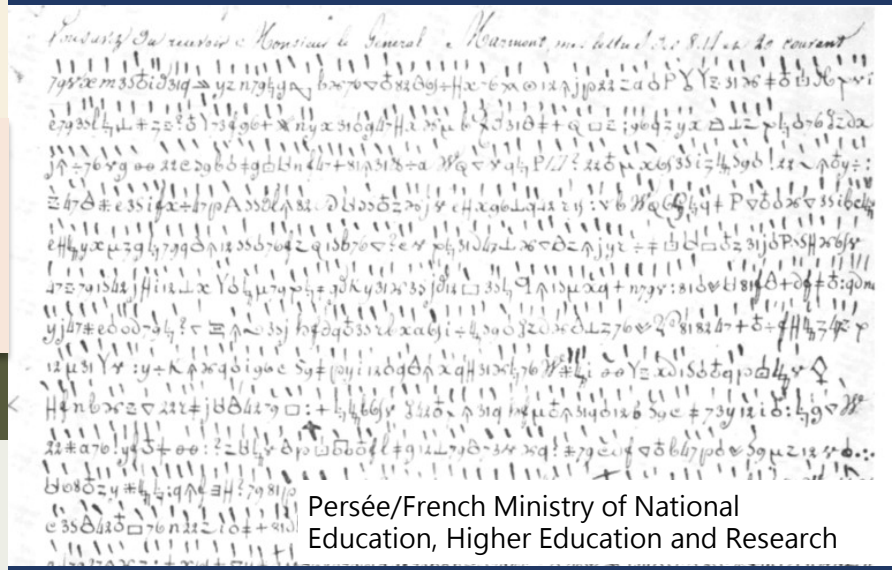
專家警告AI可能虛構解答
建議先確認歷史背景

罕見密碼待突破

- AI目前缺乏罕見密碼訓練資料
  善加使用可推展史料解讀



二戰德軍的恩尼格瑪密碼機



Persée/French Ministry of National Education, Higher Education and Research

寄給拿破崙麾下將領密信

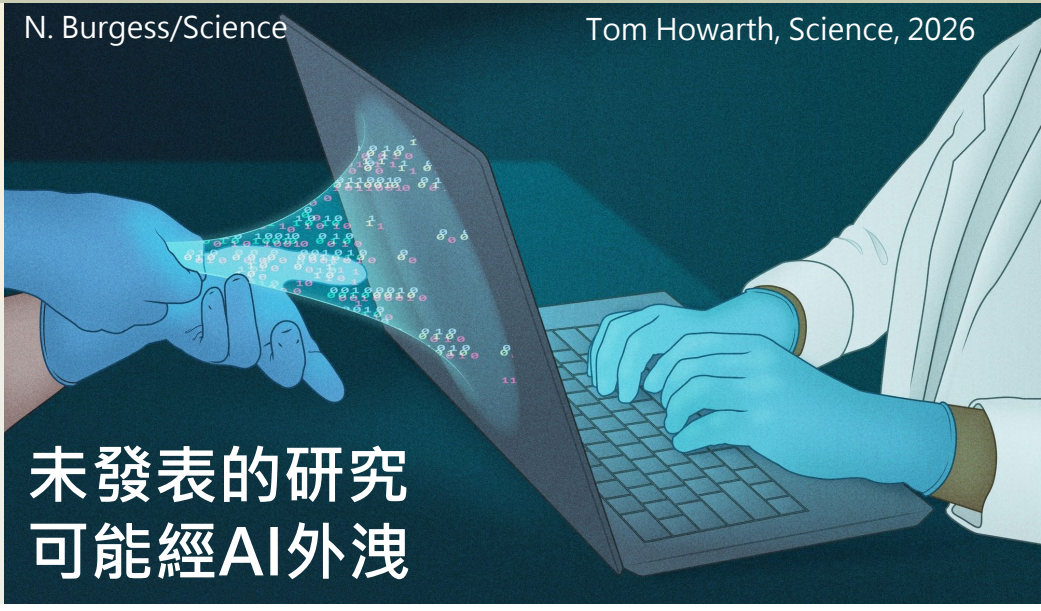
智慧助手洩漏研究構想:「權衡利弊」

成果歸屬起爭議

近日AI公司宣布科學突破
但學者質疑研究遭不當使用

AI彙整分析藏風險

AI互動對話可能透露研究進展與結果 密集提問風險高



降低外洩的做法

1. 改用企業帳號
2. 關閉訓練設定
3. 留意例外條款
4. 下載後刪除紀錄
5. 自架開放權重模型
6. 敏感研究考慮不用AI

商用AI產品對話完全保密極為困難

發光觸控纖維織成衣袖螢幕:「穿戴科技」

Shanshan Yao, Nature, 2026

螢幕素材難融入布料

- 過去研究把面板貼在布上
- 布料因此變硬或像素稀疏

晶片封入纖維創新設計

- 團隊把晶片焊在細銅線上
- 再拉成能感測按壓的纖維

耐水洗衣袖螢幕

- 衣袖耐50次溫和機洗
- 衣袖可播影片、當計算機

電路電源待整合

- 互動功能仍近似早期手機
- 電路與電池仍須外接



Tural Khudiyev

手指觸控衣袖上的選單圖示



衣袖螢幕當作計算機使用



衣袖螢幕顯示文字與圖案

足式機器人

智慧穩步前行挑戰

極樂世界:天上與地下醫療落差







- 2154年地球人口爆炸、疾病與污染蔓延，富人移居配有飲水與綠地的太空站「極樂世界」
- 極樂世界的醫療床能治好所有疾病，但須有公民身份碼才能使用，偷渡者則遭逮捕遣返

機器人假釋官審查







- 馬克思在巴士站遭警察機器人攔查，機器人假釋官隨後判定其再犯機率為78.3%
- 受主管逼迫馬克思進入故障爐室受高劑量輻射暴露，醫療機器人僅以藥物維持功能

外骨骼神經連結







- 為換取前往極樂世界治療機會，馬克思接受外骨骼安裝手術，並藉神經連結增強體能
- 阿瑪代執行長卡萊爾在大腦中儲存極樂世界的重開機程式，馬克思將其下載到自己腦中

極樂世界智慧中樞重整







- 費芮的女兒瑪蒂達罹患白血病末期，地球的醫院束手無策，唯有極樂世界的醫療床能治癒
- 馬克思以啟動碼重開極樂世界系統使地球居民成為公民，醫療飛艇隨即前往地球治療傷患

足式機器人優勢

Frey et al., 2026



爬樓梯巡檢



地下洞穴探勘

相較輪子

- 能快速跨越障礙、爬樓梯，適應複雜地形
- 主動懸吊與動態穩定組件面積小

相較無人機

- 能長時間運作、背負重物
- 可以邊移動邊操作物體

相較其他外型

- 人類環境多為足式生物設計，相同型態容易融入協作

人形機器人機會與普及阻礙

Stanford SETR, 2026



人形

- 環境依人體設計，人形最易融入
- 可補足物流、製造與餐旅人力
- 照護中協助搬運、移動與送藥

普及阻礙

- 2024年平均售價最高達20萬美元
- 耗能高、續航短，居家安全有疑慮
- 需要大量高品質RWD示範資料訓練
- 人形外觀容易讓人高估其能力

人形並非萬能

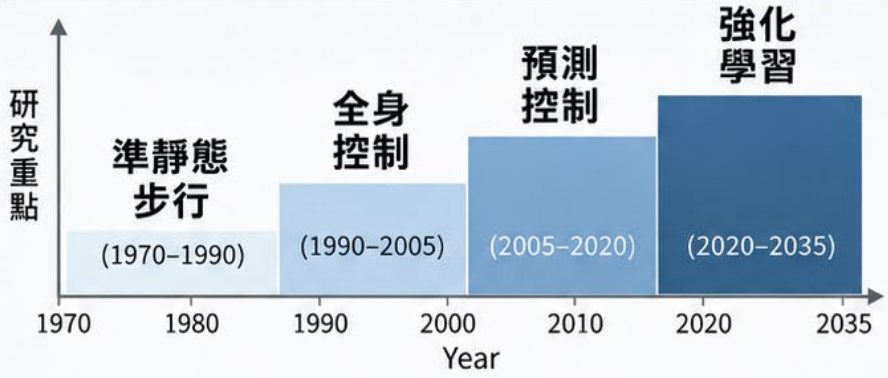
搬運與重複組裝其他類型機器人更有效率

足式機器人控制方法演進

Frey et al., 2026

研究趨勢：演進歷程與研究成長

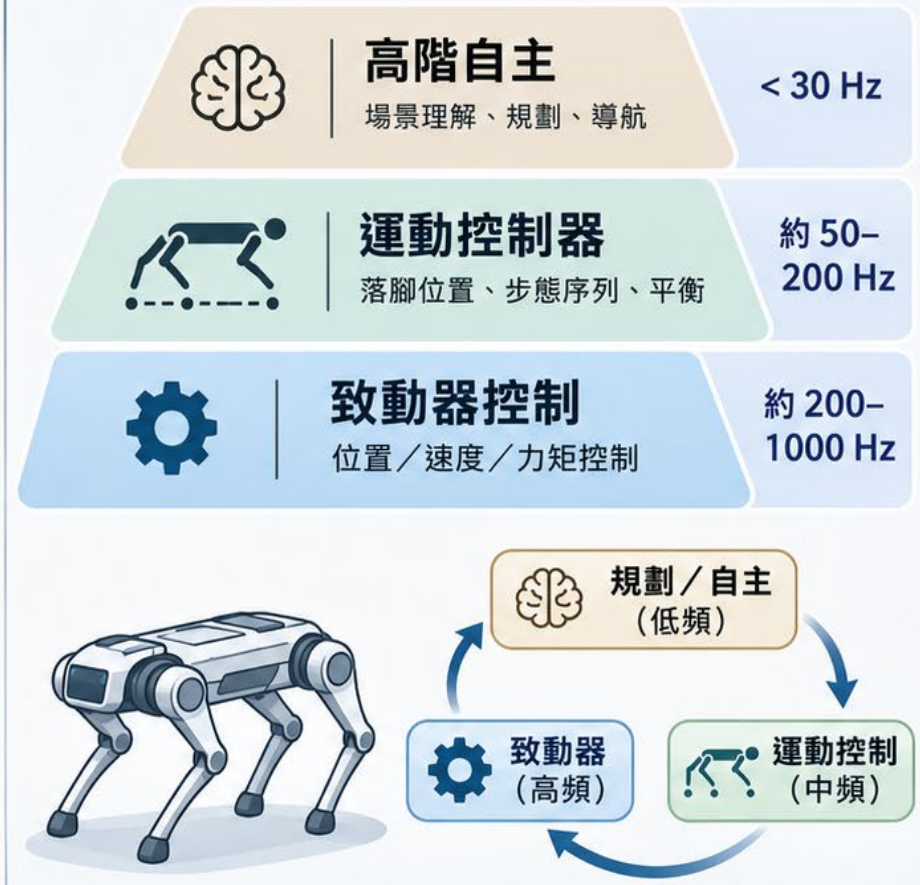
控制研究的階段式演進



相關研究成長趨勢



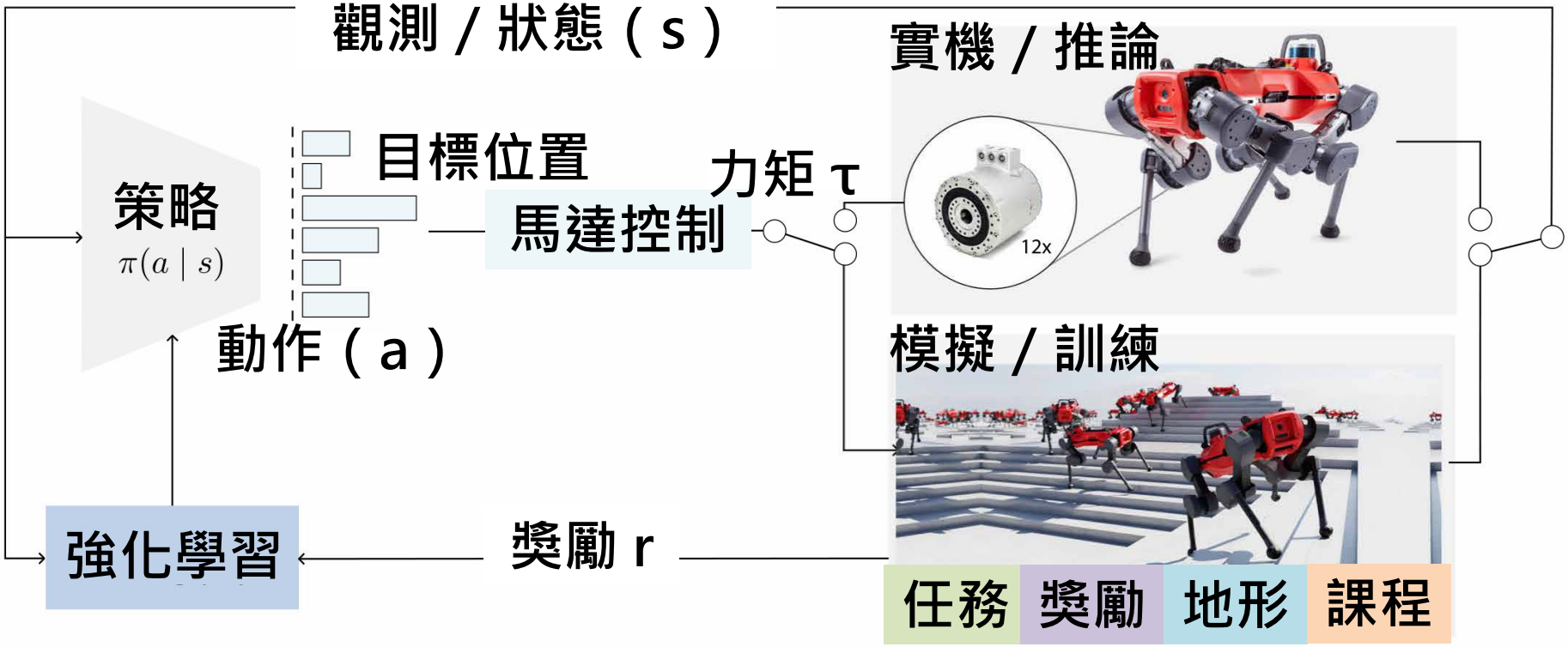
分層控制架構



- 控制方法由人工建模，逐步轉向強化學習
- 人形研究2000年代起快速增加，四足機器人研究近十年增加

模擬到真實強化學習步態訓練

Frey et al., 2026



- 在模擬環境累積數千小時經驗訓練出穩健地形適應策略
- 建立準確的致動器模型後，策略可直接移植到實機
- 訓練時隨機改變模擬參數，使策略適應真實環境的差異

RWD資料驅動機器人訓練正向循環

資料金字塔

層級越高
成本越高、
資料越稀少

任務特定知識
特定機器人在特定任務上的資料，如 GrandTour。



通用知識
人類/動物動作資料、
跨機器人資料。



世界知識
網路影像、影片、文字，
如 ImageNet、COCO、Ego4D。

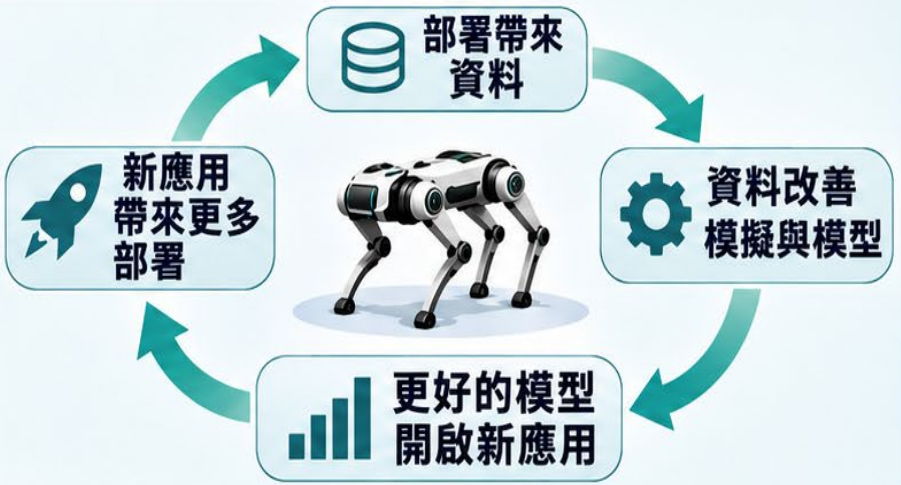


模擬的成就與盲區

成就
- GPU 加速模擬
- 特權監督訊號
- 大量策略學習

盲區
- 可變形地形
- 植 被
- 雜亂語意環境
- 視覺 sim-to-real 落差

資料正向循環



未來方向

神經路徑擬真回饋 | 神經增強物理引擎 | 可微模擬 | 生成模型

模擬資料能取代真實資料嗎？

Stanford SETR, 2026

模擬資料

- 便宜、安全
- 與真實落差大

真實資料

- 貼近真實世界
- 昂貴又費時

資料有地域差異

例如以中國資料訓練的醫療模型，在歐盟可能表現不佳

以大量真實資料校準模擬

混合策略

先進AI方法 + 成熟工程方法

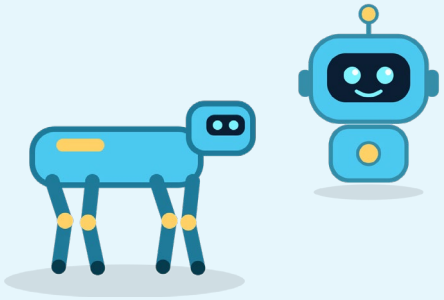
→ 機器人更穩健

算力落差

- 美國大學研究機構算力遠低於私人企業
- 企業仍仰賴學界的基礎研究

從機器狗到外骨骼

足式機器人



機器狗、人形機器人

先在電腦裡累積數千小時練習
再走進真實世界

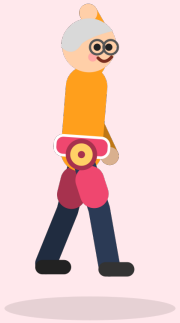
身上外骨骼



穿在身上的外骨骼

在電腦裡練好
第一天就能用

中風外骨骼



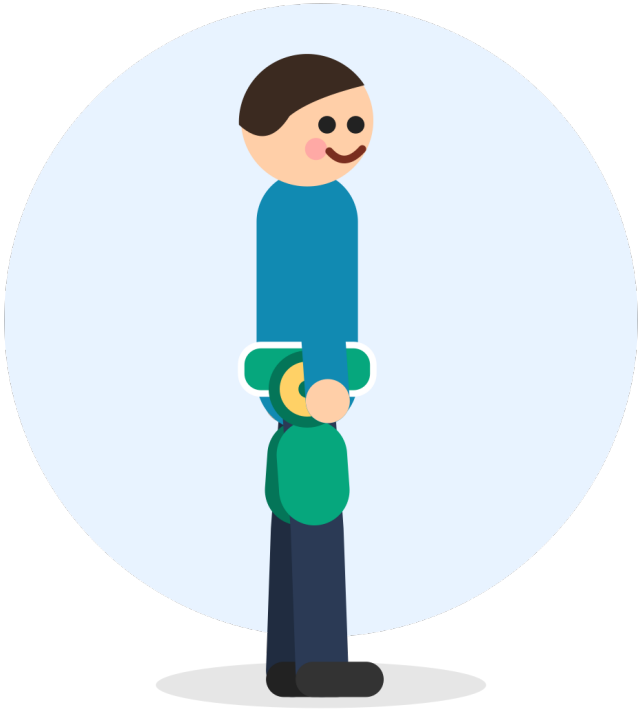
中風患者的外骨骼

邊走邊學
越走越合身

先在模擬裡大量練習，再用少量真實資料微調

Frey et al., Science Robotics 2026；Luo et al., Nature 2024；Kang et al., IEEE T-RO 2025

外骨骼是什麼？



穿在身上的「機器肌肉」

馬達裝在髖關節旁，幫大腿往前、往後擺

重 4.5 公斤，像一條科技腰帶

不用接電線，可以穿著到戶外

兩條大腿各有一個感測器

隨時偵測大腿怎麼動，決定何時出力

目標：讓走路、跑步、爬樓梯都更省力！

問題：每個人都要「量身調整」很久



24–64 分鐘

每個人都要在實驗室試穿、調參數

+ 60 分鐘

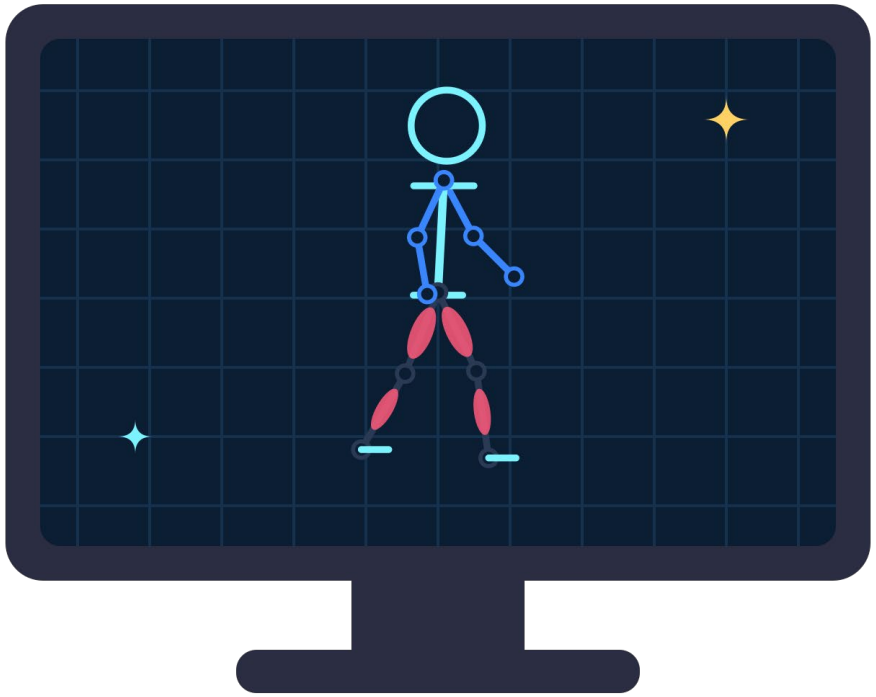
帶到戶外，還得再調一次

走・跑・爬梯

每換一種動作，就要重寫一套規則

又耗時、又要專家、還要昂貴的代謝量測儀器——很難普及到每個人。

在電腦裡蓋一個「虛擬人」



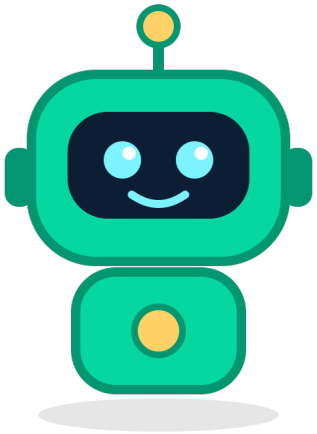
50 個關節活動方向

208 條肌肉，各自會用力

＋ 外骨骼也放進電腦

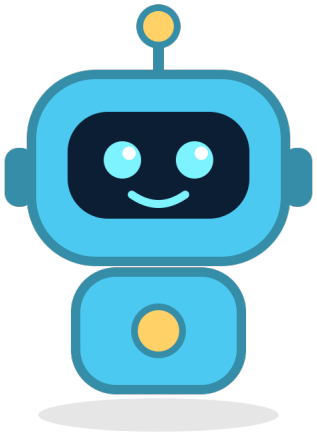
虛擬人摔一百萬次也不會受傷，
可以放心讓AI反覆練習！

三個AI小幫手，一起練功



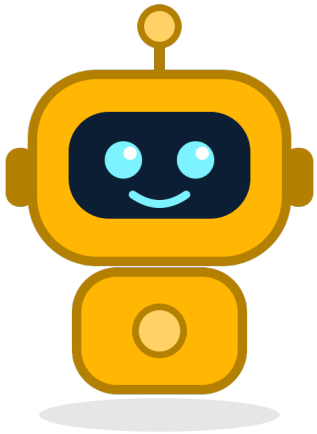
1. 動作教練

教虛擬人像真人一樣
走路、跑步、爬樓梯



2. 肌肉指揮家

決定208條肌肉
各要出多少力



3. 外骨骼助手

看大腿怎麼動
決定外骨骼出多少力

最後裝到真機器上的，就是「外骨骼助手」！

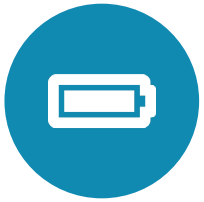
怎麼練？做對了就加分

就像打電動：分數越高，代表外骨骼幫得越好



＋肌肉更省力

人自己花的力氣變少



＋外骨骼更省電

不做白工、不亂出力



＋動作更順暢

不會忽快忽慢、卡卡的



＋絕對不跌倒

保持平衡最重要

研究用「肌肉出力多寡」來估算人花了多少力氣。

從電腦走進現實的三個訣竅

1



只看「量得到」的

AI只用大腿感測器的資料做決定；肌肉力量這種現實量不到的，只在電腦裡用

2



三個小幫手一起練

只有虛擬人走得好、不跌倒時，外骨骼助手才拿高分

3



每回合隨機換條件

隨機改變機器重量、摩擦、肌肉力氣——像在各種天氣下練球

只要練一次，練完就能用

8 小時

電腦訓練時間

1 張

遊戲用顯示卡

0 次

人體實驗

練好後直接裝到外骨骼上，不必再為每個人重新調整

量身打造

個人化智慧外骨骼

外骨骼真實世界應用挑戰

Kang et al., 2025



中風患者
穿戴外骨骼

輔助時機決定成效

- 輔助時機準確才能降低步行耗能
- 最佳時機因個案特徵、與步速而異

通用模型缺點

- 訓練資料多來自年輕健康者
- 轉移至新使用者或硬體準確度下降

中風步態輔助挑戰

- 患側活動範圍小兩腳不對稱
- 需個人化精準預測模型即時學習適應

自適應學習外骨骼研發設計

Kang et al., 2025

研究背景

外骨骼臨床潛力

- 助行走訓練
- 促進功能恢復
- 提升生活品質

現行挑戰

步態差異大



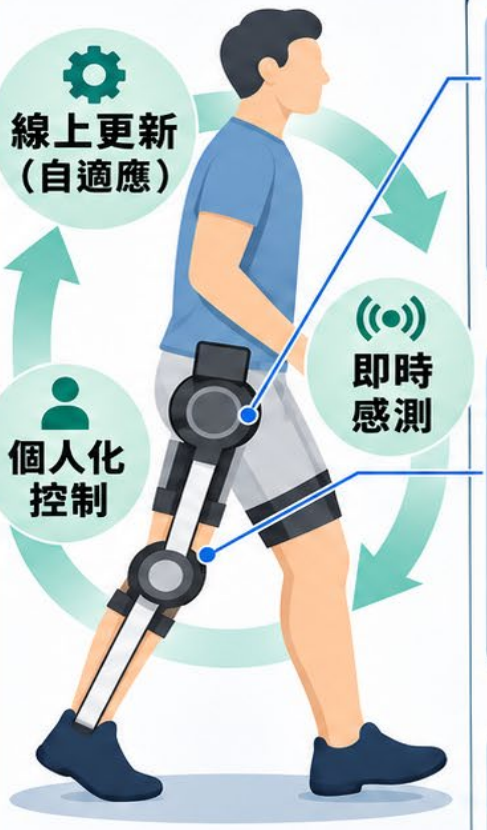
- 速度不同
- 步幅不同
- 動作不對稱

環境多變



- 地面不同
- 坡度變化
- 室內／戶外

➡ 助力大小難以最佳化



即時感測＋線上更新

個人化控制，調整外骨骼助力

方法架構

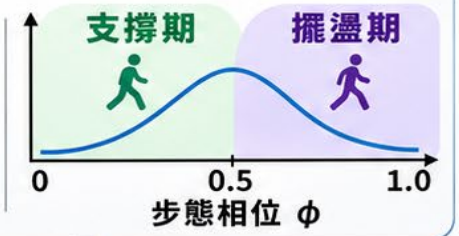
1 即時感測與資料擷取

- 慣性感測器（IMU）
- 足底壓力感測器
- 擷取步態資料



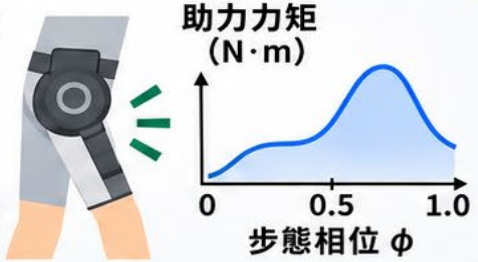
2 步態相位估計與線上更新

- 即時輸入感測資料
- 模型線上更新
- 區分支撐／擺盪期



3 個人化助力控制

- 估計步態相位
- 個體化參數（行走能力、步態特徵）
- 動態調整助力



髖關節外骨配置

Kang et al., 2025



總重4.5公斤

雙側髖關節輔助

屈曲與伸展

峰值力矩18 N·m

約為人體髖關節

峰值力矩的40%

每秒200次

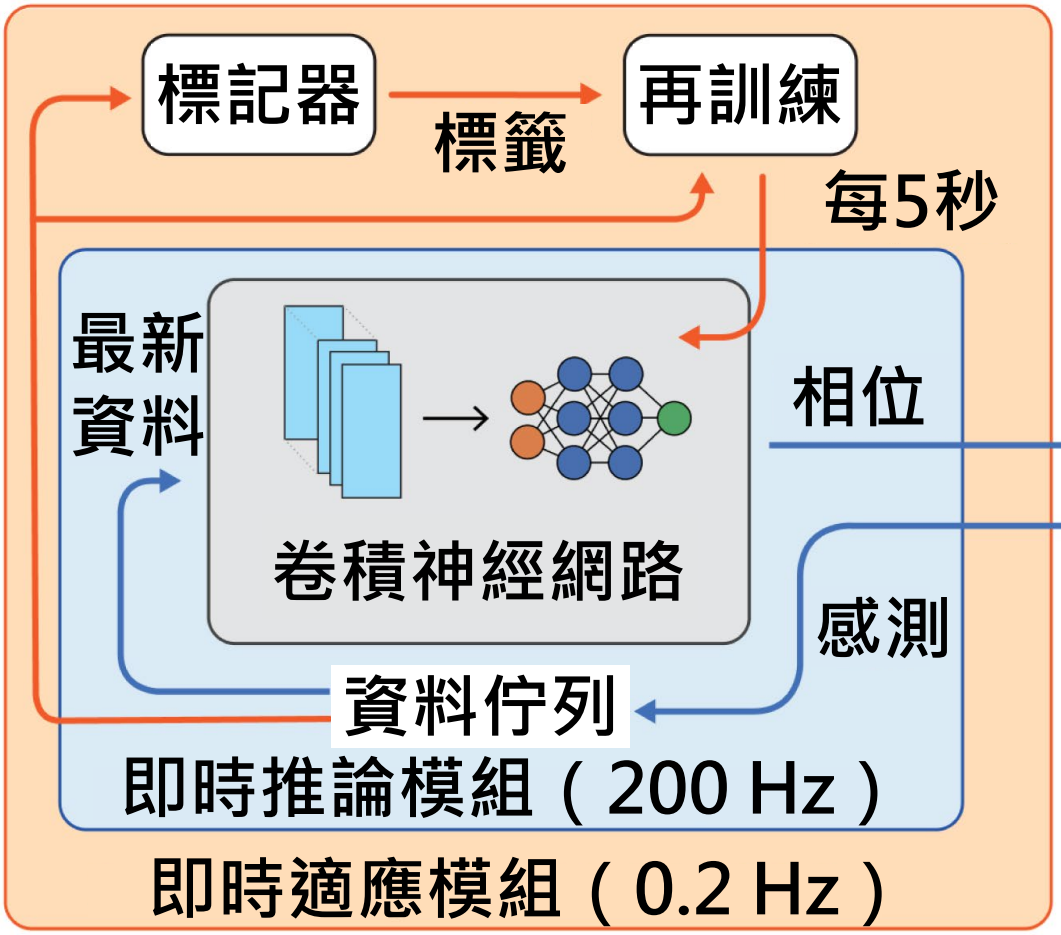
讀取感測器並

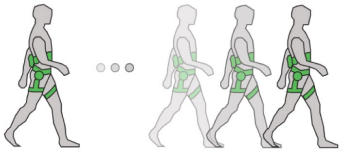
更新力矩指令

即時適應智慧預測 每5秒更新模型

Kang et al., 2025

即時推論與適應





離線訓練：
健康者10人



新使用者

即時推論
每秒200次

線上適應
每5秒更新

推論與適應平行執行 估計不中斷 模型持續更新

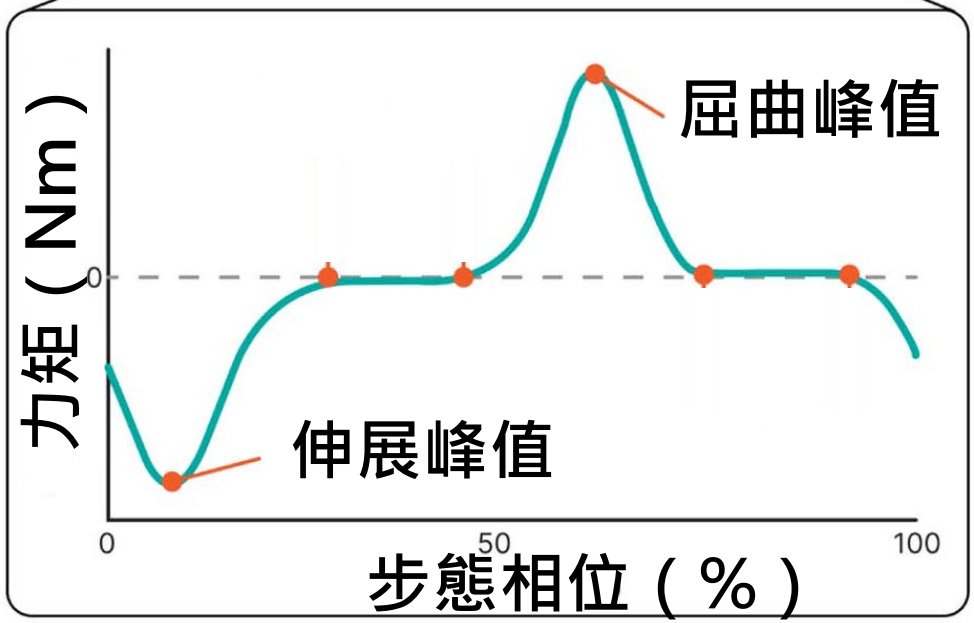
步態相位與輔助時機智慧判斷

控制參數（屈曲與伸展）

峰值大小、時機與起訖

↓ 雙足模組

步態相位 → 力矩曲線 → 力矩指令



Kang et al., 2025

高層｜估計步態相位

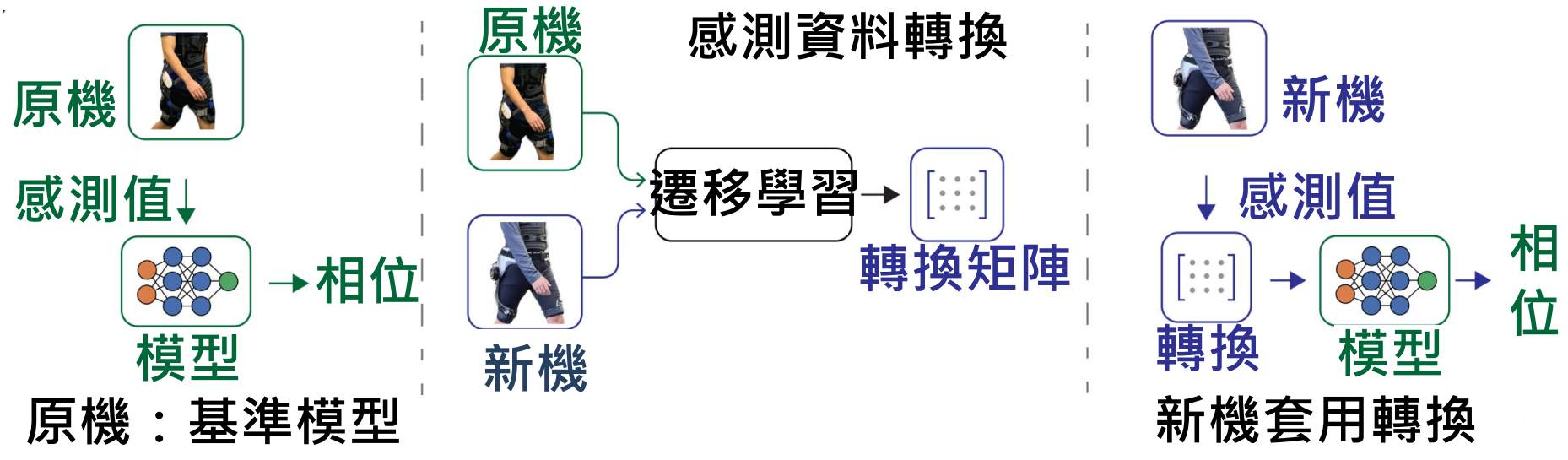
中層｜依相位產生力矩

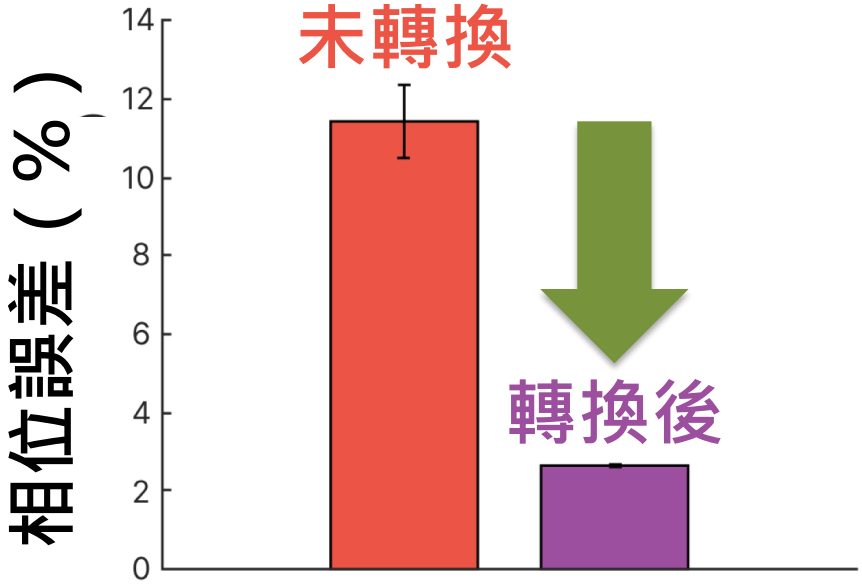
低層｜馬達追蹤力矩

- 步態相位：把一個步態週期記為0%到100%
- 中風者一步約2秒，相位誤差8% = 偏差160毫秒

跨裝置移轉學習不需重新訓練

Kang et al., 2025





- 以10步、未標記真實步行資料完成新舊機感測器轉換學習
- 新機誤差2.65%，比未使用遷移學習轉換降低76.8%
- 不必為新機重新收集標記資料

人機結合RWD最佳化自適應學習

Kang et al., 2025



①外骨骼輔助
調整兩腳屈曲
與伸展的時機

②調速跑步機
跑帶速度跟隨
受試者的步速

③量測自選步速
每次走1分鐘，
取最後15秒平均

④貝氏最佳化
以高斯過程更新，
選出下一組參數

- **先完成相位適應並鎖定模型再微調最佳化輔助時機**
- **共24次，每次1分鐘，以提高自選步行速度為目標**

RWD行走輔助智慧學習設計

Kang et al., 2025



髖外骨骼



雙帶跑步機

安全吊帶

安全扶手



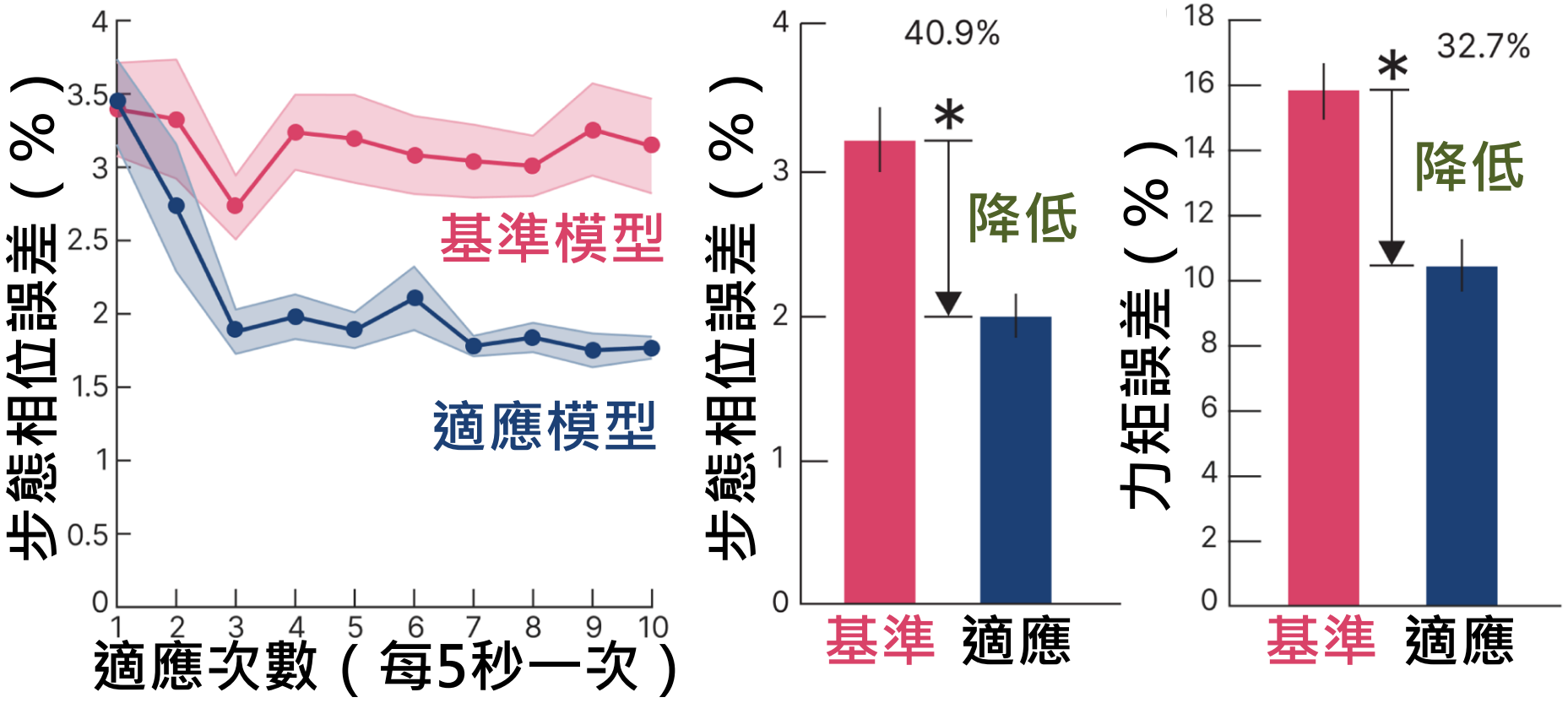
健康者8人
跑步機1.2 m/s

健康者3人
雙帶0.8與1.6 m/s

中風6人
自選速度 80%

健康者15秒完成適應學習

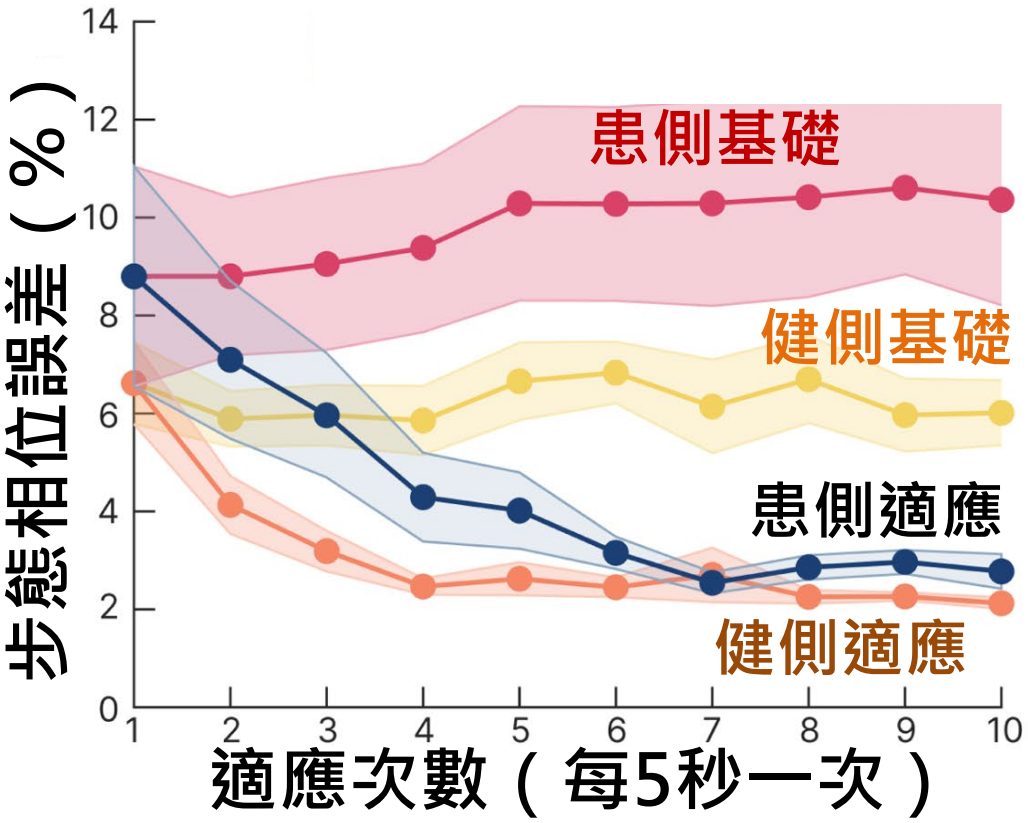
Kang et al., 2025

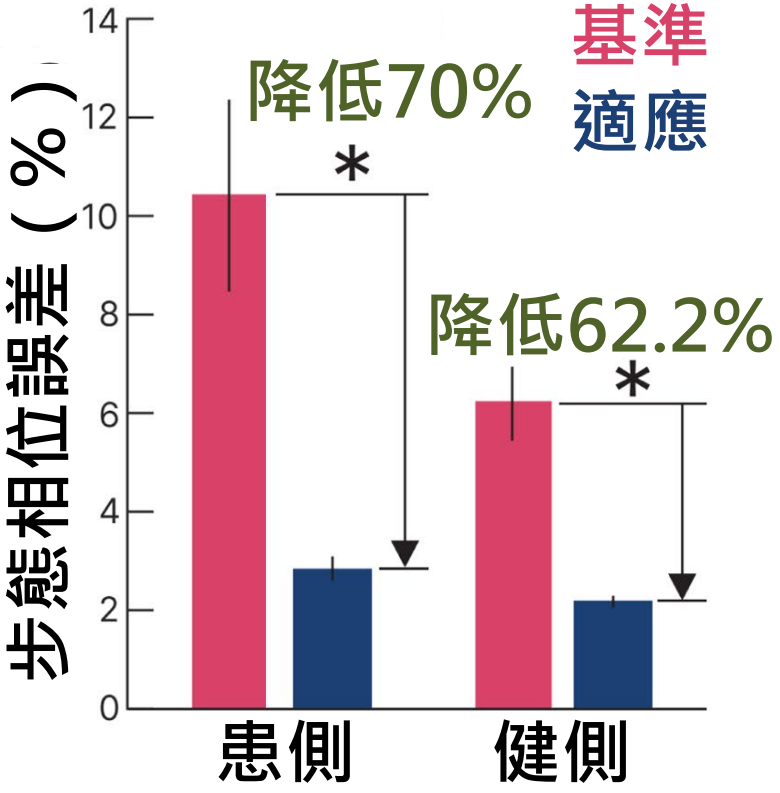


- 約15秒收斂：誤差較基準模型降低40.9%，降到1.8%
- 驗證試驗誤差2.0%（低31.8%），輔助力矩誤差也低32.7%
- 即使基準模型誤差小，適應學習仍可改善準確度

中風患者適應性協同輔助

Kang et al., 2025

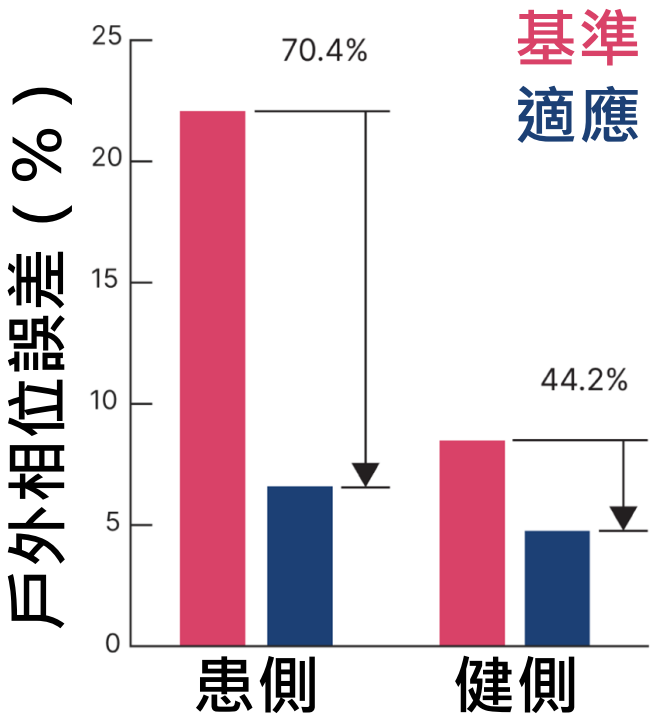




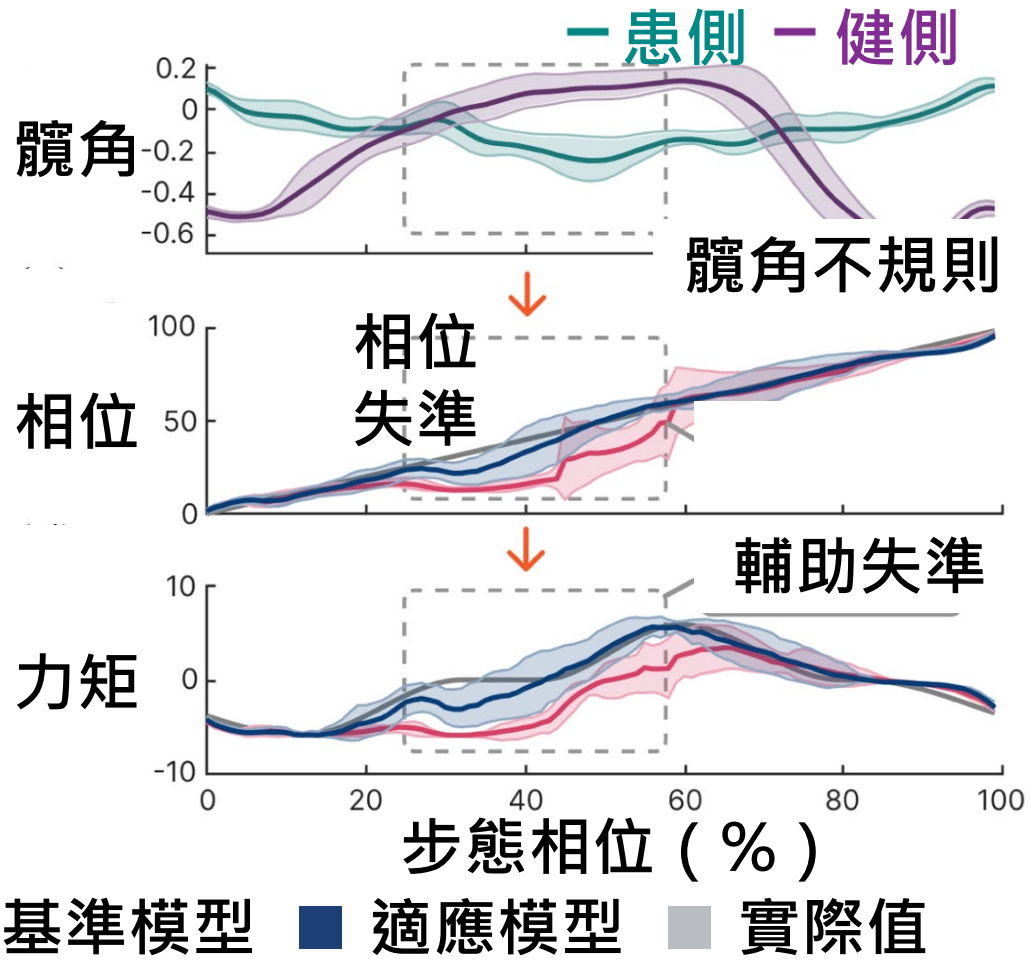
- 患側誤差從10.5%降到2.9%（降低69.6%），健側降到2.2%
- 患側少了約8%誤差，相當於輔助時機偏差減少160毫秒

中風患者戶外步行驗證

Kang et al., 2025



中風患者1人
戶外步行



- 戶外步行時，適應模型的患側誤差仍比基準模型低70.4%

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