

MiR

Journal of Automation Intelligence and Robotics

AI
IR

智慧自動化產業期刊

2026

06

no.

57

臨床實務與技術方案 共構智慧醫療現場

2026 國際展覽資訊一覽表

智動協會 2026.05 製

2026 國際展覽行事曆		
06/15-06/18	美國機器人暨無人機合作對接洽商會 美國 矽谷	協會主辦
06/22-06/25	美國芝加哥自動化技術展 Automate Show 美國 芝加哥 McCormick Place	
07/01-07/04	越南河內國際電子智慧製造系列展 Intelligent Asia Hanoi 2026 越南 河內國家會展中心 (VEC)	貿易署從優補助
08/19-08/22	台灣機器人與智慧自動化展 TAIROS 台北國際自動化工業大展 Automation Taipei	協會主辦
09/08-09/11	波蘭國際國防工業展 MSPO 波蘭 凱爾策 Targi Kielce 展覽館	擬組參訪團
10/12-10/16	上海工博會 中國 上海國家會展中心	
11/04-11/07	韓國機器人展覽會 Robotworld 韓國 國際展覽中心 (KINTEX)	參展優惠
11/11-11/13	日本 AI 人工智慧應用展 AI EXPO TOKYO [秋展] 日本 千葉幕張展覽館	
11/18-11/21	泰國曼谷工業及金屬加工展覽會 Metalex 泰國 曼谷國際貿易展覽中心	協會參展
11/25-11/27	Factory Innovation Week 日本國際機器人研發暨技術大展 RoboDEX 日本 名古屋國際展示場 (Port Messe Nagoya)	參展優惠
11/24-11/26	歐洲工業自動化展 Smart Production Solutions 德國 紐倫堡展覽中心	
12/02-12/04	日本機器人展 RoboNext 日本 INTEX 大阪國際展覽中心	參展優惠
2027 國際展覽行事曆		
02/17-02/19	Factory Innovation Week 日本國際機器人研發暨技術大展 RoboDEX 日本 東京國際展覽中心 (Tokyo Big Sight)	參展優惠
03/10-03/12	泰國電子智慧製造系列展 2027 Intelligent Asia Thailand 泰國 曼谷國際貿易展覽中心 (BITEC)	
04/05-04/08	德國漢諾威工業展 Hannover Messe 德國 漢諾威展覽中心	
04/07-04/09	日本名古屋工業製造週 Manufacturing World Nagoya 2027 日本 名古屋市國際展示場 Port Messe Nagoya	
04/21-04/23	日本 AI 人工智慧應用展 AI EXPO TOKYO [春展] 日本 東京國際展覽中心 (Tokyo Big Sight)	參展優惠

備註：本表籌組參展為預訂行程，將依實際獲得貿易署補助後執行，歡迎洽詢業務組。
電話 04-2358-1866 #14 (Mika)、#22 (Iris)、#26 (Eva)

歡迎參觀

感謝業界熱情參與
雙館席位全滿



台灣機器人與 台北國際
智慧自動化展 自動化工業大展

Taiwan Automation Intelligence and Robot Show Automation Taipei

2026/8/19(三) - 22(六)
台北南港展覽館一、二館

展出項目 Exhibit Profile

- 智慧製造相關
Smart Manufacturing
- 製造設備
Industrial Supply
- 關鍵零組件
Key Components
- AI 人工智慧
Artificial Intelligence (AI)
- 智慧服務(商業應用)
Smart Services (Business Application)
- 服務型機器人
Service Robot

參展諮詢 Contact Us
社團法人台灣智慧自動化與機器人協會
Taiwan Automation Intelligence and Robotics Association
陳怡樺小姐 Ms. Fion Chen #14
TEL : +886-4-2358-1866
E-MAIL: service@tairoa.org.tw
展昭國際企業股份有限公司
Chan Chao International Co., Ltd.
黃玟婷小姐 Ms. Candy Huang #122 / 林廷婷小姐 Ms. Ivy Lin #192
TEL : +886-2-2659-6000
E-mail: automation@chancho.com.tw

主辦單位 Organizers
社團法人台灣智慧自動化與機器人協會
Taiwan Automation Intelligence and Robotics Association
經濟日報
Economic Daily News
展昭國際企業股份有限公司
Chan Chao International Co., Ltd.



TAIROS



Automation



市場焦點

- 08 **經濟與景氣指標**
資料來源：台灣經濟研究院、國家發展委員會、中華經濟研究院
資料整理：社團法人台灣智慧自動化與機器人協會
- 24 **智慧醫療：從技術導入到制度演進**
工業技術研究院 產業科技國際策略發展所
林佳燕研究員
- 30 **AI 與機器人走進醫療現場：在台灣把「減壓」做成可規模化的系統**
台灣人工智慧協會 常務監事
社團法人臺灣輔具暨長期照護產業發展協會
大數據與科技顧問 黃冠凱
- 38 **從政策面及市場面談智慧長照**
財團法人臺灣輔具暨長期照護基金會
范庭瑄研究員、李淑貞董事長

臨床實務觀點

- 42 **愛寶 (EirBot) 讓醫護回歸專業：從效率導向到照護本質的智慧醫療轉型**
中國醫藥大學附設醫院院長 周德陽
長聯科技董事長 李友錚
- 48 **智護家園的溫柔革命
從板橋榮家實踐看「人機共生」如何
重塑長照專業價值**
板橋榮譽國民之家
家主任 / 長照暨護理專家 陳桂美
- 53 **醫療自動化的典範轉移：從精準手術
手臂到全球臨床賦能生態系**
秀傳醫療體系 中部院區總院長
黃士維

技術解決方案

- 60 **從 Academic Impact 到 Patient Impact：宏智生醫如何以腦機介面 AI 定義腦疾病智慧醫療新標配**
國立陽明交通大學電機系 / 電控所 教授
宏智生醫科技股份有限公司創辦人、董事
劉益宏
- 66 **從毫米之爭到智慧導航：NaoTrac 重新定義神經外科手術精準度**
鈦隼生物科技股份有限公司 行銷業務部
曾威霓
- 72 **行動賦能新紀元：外骨骼機器人於臨床場域的實證表現與技術革新**
緯創醫學科技股份有限公司
- 77 **實體 AI 與多型態機器人協作：從優必達與馬偕紀念醫院合作案例看智慧醫療自動化之未來**
馬偕紀念醫院 張文瀚總院長
馬偕紀念醫院急診醫學部 黃書田主治醫師
優必達台灣有限公司 郭榮昌執行長
- 85 **智慧醫療與醫療平權：AI 整合、數位孿生與醫療轉型**
達宜智慧股份有限公司
黃氣寶總經理



產學研究

- 90 **基於多球包覆模型及拉格朗氏最小化的雙臂機器人自我避碰路徑規劃**
¹ 國立臺灣科技大學機械系
² 國立臺灣科技大學智慧製造創新中心
* 通訊作者 Email: potinglin@mail.ntust.edu.tw
洪迺翔¹、林柏廷^{1,2}、陳羽薰^{1,2}
- 100 **當機器視覺讀懂你的生理密碼**
國立臺灣海洋大學電機研究所 薛榮安
國立臺灣科技大學自動化及控制研究所教授 顏志達

好書推薦

- 108  **信任效應：AI 時代
駕馭演算法的勝出關鍵**
陳顯立
- 110  **頂尖收入**
黃冠螢

出刊者 社團法人台灣智慧自動化與機器人協會
地址 40852 台中市南屯區精科路 26 號 4 樓
電話 +886-4-2358-1866
傳真 +886-4-2358-1566



發刊時程 每季一期
本期出版日期 民國 115 年 06 月號
發行期數 期刊，全彩印刷
發行數量 1,000-3,000 本 / 期
發行區域 國內及國外重要機器人與自動化展覽
發行對象 社團法人台灣智慧自動化與機器人協會全體會員，工具機暨零組件業、物流傳動業、汽機車與自行車業、食品製造廠、紡織、電機電子業、五金業等設備或零組件製造商、研發單位及學術機構等，發行對象遍及產業供需體系，國內外展覽會。

編輯單位 社團法人台灣智慧自動化與機器人協會
Taiwan Automation Intelligence and Robotics Association
期刊編輯小組 絲國一理事長、陳文貞秘書長、張小潔、陳心盈、辜莉婷、劉如芳
地址 40852 台中市南屯區精科路 26 號 4 樓
4F., No.26, Jingke Rd., Nantun Dist., Taichung City 408, Taiwan (R.O.C.)
10059 台北市新生南路一段 50 號 6 樓 603 室
Rm. 603, 6F., No.50, Sec. 1, Xincheng S. Rd., Zhongzheng Dist., Taipei City 100, Taiwan (R.O.C.)
聯絡專線 (04)2358-1866、(02)2393-1413
傳真 (04)2358-1566、(02)2393-1405
電子郵件 service@tairoa.org.tw
網址 www.tairoa.org.tw
美術編輯 找誰設計工作室
投稿說明 (一) 歡迎各界提供智慧製造 / 機器人相關產業趨勢及技術文章，來稿採用匿名審查制度，由本出版單位編輯部與相關學者專家審核之。
(二) 接受刊登之文章，本出版單位得視編輯之需要，決定刊登的版面配置與形式。
版權所有 非經同意請勿轉載。本刊內文文責由作者自負，部分圖片來源 Freepik - Magnific.com。文章著作權由本刊享有，欲利用本刊內容者，須徵求社團法人台灣智慧自動化與機器人協會同意或書面授權。

TAIROA 廣告宣傳服務

這是一本專屬服務智慧自動化及機器人領域的出版品，內容涵蓋產品技術發展、市場趨勢、展覽推廣、國際商情、創新拓銷、學術研究計畫推廣...等內容。我們同時提供廣告版面給廠商，紙本印刷與協會公開性活動（媒合會、展覽等）傳遞到各領域對智能化與機器人有興趣的企業手上，智動產業期刊為您創造最寬廣的廣告效果。

AIR 期刊廣告價目表

項目	一期 (指定 8 月)		一期 (限 3、6、12 月擇一)		二期 (限 3、6、12 月擇二)		全年度 (四期)	
	會員	非會員	會員	非會員	會員	非會員	會員	非會員
封面	100,000	125,000	80,000	105,000	150,000	175,000	280,000	305,000
* 加贈當期一篇主題稿件 (須配合當季主題) * 搭配 Automation Taipei & TAIROS 展期 2000 本以上發放								
項目	一期		二期		全年度 (四期)			
封底	會員 70,000	非會員 95,000	會員 130,000	非會員 155,000	會員 240,000	非會員 265,000		
封面裡	50,000	75,000	90,000	115,000	160,000	185,000		
封底裡	50,000	75,000	90,000	115,000	160,000	185,000		
內頁廣告	30,000	55,000	50,000	75,000	92,000	117,000		

備註：1. 廣告刊登通過 2 期 (含)，享有原價 9 折 2. 價格優惠至 2026 年 12 月 31 日止 3. 會員以團體會員為主 幣值：TWD

TAIROA 網站 / B2B 平台廣告價目表

項目	會員	聯盟會員	非會員	期限 / 次數	項目	會員	聯盟會員	非會員	期限 / 次數
協會官網活動公告	免費	x	x	1 季 / 1 次	TAIROA B2B	8,000	13,000	18,000	30 天
LINE 社群	免費	x	x	不限次	虛擬展館 - 輪播 Banner (含每月電子報)	12,800	20,800	28,800	60 天
協會每月電子報	15,000	15,000	20,000	3 次 / 季	TAIROA B2B	8,000	13,000	18,000	30 天
協會官網大型橫幅 Banner	25,000	25,000	30,000	90 天	產業消息 - 大型橫幅 Banner (含每月電子報)	12,800	20,800	28,800	60 天
協會官網中央方形 Banner	25,000	25,000	30,000	90 天	TAIROA B2B	8,000	13,000	18,000	30 天
小型橫幅 Banner (前 4 版位)	30,000	30,000	35,000	一年	產業消息 - 新聞稿曝光 (含每月電子報 + 推薦文章置放)	18,000	29,000	40,000	90 天
小型橫幅 Banner (後 6 版位)	20,000	20,000	30,000	一年	TAIROA B2B	免費	免費	8,000	1 / 季
TAIROA B2B	15,000	20,000	25,000	30 天	產業消息 - 新聞稿曝光 (含每月電子報 + 推薦文章置放)	8,000	9,600	12,800	2 篇
首頁大型 Banner (含每月電子報)	24,000	32,000	40,000	60 天	TAIROA B2B 活動上架 (含報名系統 + 讀者預約系統 + 每月電子報)	10,000	15,000	18,000	3 篇
TAIROA B2B	10,000	15,000	20,000	30 天	TAIROA B2B 活動快訊 (EDM 發送)	15,000	20,000	25,000	1 次
活動大型橫幅 Banner (含每月電子報)	16,000	24,000	32,000	60 天	TAIROA B2B 活動快訊 (EDM 發送)	24,000	32,000	40,000	2 次
TAIROA B2B	8,000	13,000	18,000	30 天	TAIROA B2B 活動快訊 (EDM 發送)	34,000	45,000	56,000	3 次
產業地圖 - 精選產品 (含每月電子報)	12,800	20,800	28,800	60 天					
TAIROA B2B	18,000	29,000	40,000	90 天					

廣告洽詢

社團法人台灣智慧自動化與機器人協會
Taiwan Automation Intelligence and Robotics Association
(TAIROA)

E-mail : iris@tairoa.org
地址 : 408 台中市南屯區精科路 26 號 4 樓
電話 : +886-4-2358-1866#22
傳真 : +886-4-2358-1566
協會網址 : www.tairoa.org.tw

讓動態能量傳輸 ... 更容易



chainflex® CFROBOT
耐扭轉電纜



Triflex® RS
拖鏈回拉系統



Triflex® R TRE
三維拖鏈



Triflex® R TRC
三維拖鏈



triflex® RS是一種拖鏈回拉系統，適用於中等到高有效負載的工業機器人。

- 節省空間，緊密佈置在工業機器人。
- 在數千個應用中經過驗證和測試的系統解決方案。
- 模組化安裝。
- 整合式纖維桿-無需彈簧。或鋼絲電纜等外部機械零件。
- 透過三維拖鏈保護外管線，避免不當摩擦拉扯斷裂造成停機。

線上組裝影片:



igus.tw/triflex

German Technology

RBTX
by igus®

Fairino

● TWD 299,000



ReBeL

● TWD 298,200



DOBOT

● TWD 336,000



依需求與預算，
打造專屬你的機器人解決方案



電話:+886 4-2358 1000

info@igus.net

www.igus.com

40850台中市南屯區工業區24路35號5樓



German Technology

Lebai

● TWD 360,000



CGXI

● TWD 390,000



Unitree

● TWD 630,000





經濟與景氣指標

景氣概況本次發布日期為 5 月 25 日；
臺灣採購經理人指數本次發布日期為
5 月 3 日

資料來源：台灣經濟研究院、國家發展委員會、
中華經濟研究院

資料整理：社團法人台灣智慧自動化與機器人協會

美伊雖達成停火協議，但區域局勢依然緊張，且荷姆茲海峽的通行順暢度仍具變數。儘管目前全球主要經濟體之出口與製造業景氣仍維持擴張，但美伊雙方能否重啟談判並達成實質協議依舊充滿變數。若海峽航運持續受阻，將顯著推升能源供應的不確定性；近期國際機構已普遍下修全球經濟成長率預測，並同步調升通膨預期。整體而言，在全球面臨成長放緩與通膨升溫的雙重壓力下，經濟前景仍高度取決於中東衝突是否能獲得有效緩解。

在國內方面，受惠於 AI 浪潮需求強勁，帶動相關供應鏈拉貨攀升，加以國際主要原物料價格上漲，企業備貨意願轉強，使得 3 月製造業出口、生產與外銷訂單皆有明顯成長，進而推升當月看好景氣的廠商比例；惟隨著美伊衝突延續，全球經濟不確定性提高，廠商對未來半年景氣看法普遍轉趨保守。

服務業方面，雖然金融市場因戰事加劇而波動劇烈，但銀行業受惠於存放款業務穩定擴張、旅遊潮帶動消費熱絡及財富管理需求增加，保險業亦有風險意識提升、公共建設及企業擴廠等需求支撐，整體營運展現韌性，使金融相關業者對當月景氣持正向看待；然而對於未來半年展望，則較前次調查轉為審慎。

營造業部分，受營建廢棄物去化不順與原物料成本居高影響，導致施工進度受限；不動產業則因房市持續低迷、交易量偏低，開發商推案與開工態度轉向保守，整體市場動能不足，導致景氣表現相對疲弱。根據本院廠商調查結果，經過模型試算後，3 月製造業與營建業營業氣候測驗點持續走跌，服務業測驗點則逆勢轉為上揚。

在本次總體經濟預測更新中，儘管美伊戰事使得國際機構紛紛下修 2026 年全球經濟成長表現，然台灣受惠於 AI 需求持續強勁，半導體與資通訊產業積極擴大資本支出，進而引領民間投資動能升溫；同時，AI 相關應用、原物料價格上漲及提前拉貨效應，同步

推升相關產品的出口與外銷訂單，外需動能顯著增強。綜合以上因素，本次預測上修民間投資與對外貿易表現，台經院預估 2026 年全年經濟成長率為 7.56%，較 1 月預測值上修 3.51 個百分點。

觀察近期國際經濟情勢，2026 年 3 月美國採購經理人指數 (PMI) 持續位於榮枯線以上，反映其製造業動能仍具韌性，惟地緣政治與貿易因素仍干擾供應鏈，致使局勢趨緊，服務業動能則略有降溫；歐元區綜合經濟觀察指標 (ESI) 下滑，工業信心雖大致持平，但服務業與消費者信心雙雙轉弱，顯示內需擴張力道依舊疲軟；日本製造業與服務業 PMI 雖仍處擴張區間，但在中東衝突升溫及全球需求不確定性的雙重夾擊下，成長動能有所放緩，企業信心亦趨於保守；中國製造業與非製造業 PMI 同步回升並重返擴張區間，透露其經濟活動已初顯回溫跡象；東南亞地區製造業 PMI 雖維持在擴張態勢，但受全球需求放緩與成本壓力上升影響，成長動能有所減弱，且各國區域表現呈現分歧。

▼美國方面

據美國商務部經濟分析局 (BEA) 最新公布資料，2025 年美國經濟成長 2.1%，低於 2024 年的 2.8% 與 2023 年的 2.9%，呈現逐步趨緩態勢。在 2026 年全年 GDP 表現方面，S&P Global 最新發布的預測值為 2.1%，較前次預測值下修 0.4 個百分點，主要衝擊源於美伊衝突延續所帶來的負面影響。隨著美

國對伊朗實施封鎖並牽動荷姆茲海峽運輸，全球石油供應緊張情勢恐進一步加劇。雖然美國相較多數經濟體具備較高的抗油價衝擊能力，但能源價格攀升仍將壓縮家庭實質可支配所得，並提高聯準會貨幣政策調整的複雜性。

在就業市場方面，2026年3月美國失業率由2月的4.4%小幅下降至4.3%。同時，新增非農就業人數亦由2月的減少13.3萬人，逆勢回升至增加17.8萬人。此波反彈主因醫療保健業罷工平息，以及先前極端暴風雪的干擾因素消退所致，新增就業機會則主要集中在健康照護業與餐旅業；在物價方面，3月消費者物價指數(CPI)年增率由2月的2.4%上升至3.3%，核心CPI年增率亦由2.5%小幅升至2.6%。就細項觀察，受美伊衝突推升國際油價影響，美國國內汽油與燃油價格年增率顯著攀升，並進一步轉嫁至機票等大眾運輸服務價格，使能源類與交通運輸服務類年增率同步走高。不過，儘管能源價格大幅上漲，目前尚未對整體物價形成明顯的外溢效應；2026年2月零售銷售額年增率為3.7%，較1月上升0.5個百分點。從各業別來看，隨著大規模極端暴風雪影響趨於緩和，占零售銷售比重近兩成的汽車相關銷售及加油站營收年增率均明顯回升；3月製造業及公用事業之工業生產仍維持正成長，惟製造業與礦業年增率均較2月回落，僅公用事業表現回溫，致使整體工業生產年增率由2月的1.2%下降至0.7%。

在美國經濟景氣方面，參考美國供應管理研究所(ISM)公布資料，2026年3月製造業PMI數值為52.7點，較前月上升0.3個百分點，已連續3個月維持在擴張區間，顯示製造業景氣持續穩健。從分項指數來看，3月生產指數與供應商交貨指數皆較2月上升；此外，2026年3月非製造業PMI為54.0點，較2月下滑2.1個百分點。從細項來看，商業活動指數雖仍處擴張區間，但由2月的59.9點降至53.9點，寫下2025年9月以來低點，不過新訂單指數則升至60.6點，較前月增加，透露需求動能仍具支撐。就業指數則轉為收縮，降至45.2點，為近期以來首度跌破50榮枯線，反映企業勞動需求已出現降溫跡象。

▼歐洲方面

據歐盟統計局(Eurostat)最新發布資料，2025年第四季歐元區(EA21)經濟成長率為1.3%，2025年全年經濟成長率則為1.4%。此外，在2026年全年度歐元區GDP方面，S&P Global最新發布的預測值為0.8%，較前次預測值下修0.2個百分點，主因源於能源成本激增與通膨壓力全面蔓延，致使企業獲利與民間消費動能雙雙承壓。

就業市場方面，歐元區2026年2月失業率由上月的6.1%小幅回升至6.2%；同時，2月失業人數較上月增加9.3萬人。物價方面，隨著中東戰事推高能源成本，能源類價格年增率由負轉正，2026年3月歐元區

整體CPI與核心CPI年增率分別為2.6%與2.3%，前者較2月攀升0.7個百分點，後者則較2月微幅回落0.1個百分點。歐元區2月零售銷售額年增率從2.1%放緩至1.7%。就主要細項觀察，食物類零售銷售表現轉弱，汽車燃料零售則在油價推升下有所提振，而扣除能源後的非食物類商品年增率亦略為下滑，顯示整體消費動能已流露分歧態勢；歐元區2月工業生產年增率與1月持平，維持在-0.6%，從工業用途別來看，多數類別的表現皆較1月好轉，包括中間財、資本財、耐久消費財及非耐久消費財均呈現改善跡象，惟能源類表現轉弱，為少數呈現走跌的項目。

在歐洲經濟景氣方面，參考歐盟委員會公佈的經濟觀察指標(ESI)，歐元區2026年3月的ESI為96.6點，較上月數值下滑1.6個百分點。分項來看，3月工業信心大致持平，主因經理人雖對當前訂單水準之評估顯著改善，卻遭生產前景轉弱與成品庫存積壓等負面預期所抵銷；服務業信心小幅下滑，主要反映對未來需求預期轉趨保守，雖然對過去需求的看法略有改善，但整體支撐力道有限；消費者信心則明顯轉弱，主因大眾對整體經濟前景轉趨悲觀，同時對未來家庭財務狀況的信心下滑，進而降低了未來一年進行大額消費的意願。

▼日本方面

據日本財務省公布資料，2026年3月出口額為11兆33億日圓，年增11.7%，為連

續第7個月維持正成長，主要受半導體等電子產品、礦物性燃料與相關製品出口成長逾29%帶動；進口額則為10兆3,363億日圓，年增10.9%，為連續第2個月正成長，主要係通訊機、非鐵金屬、半導體等電子產品進口成長逾30%所致。在2026年全年GDP預測方面，S&P Global最新預測值為0.7%，較前次預測下修0.2個百分點，主要衝擊源於通膨壓力削弱家庭實質購買力，加上中東衝突升溫干擾全球需求和海上貿易安全，致使企業投資轉趨保守，進而拖累整體經濟表現。

在就業市場方面，依據日本總務省資料，2026年2月經季節調整後失業率為2.6%，較1月數值下降0.1個百分點。物價方面，在政府持續推出措施以抑制食品及公用事業價格上漲壓力下，2026年2月CPI年增率為1.3%，較1月下滑0.2個百分點；核心CPI年增率則為2.5%，較1月小幅下滑0.1個百分點。在工業生產方面，2026年2月工業生產指數年增率由1月的0.7%放緩至0.3%，主要受金屬製品、化學工業及紙與紙加工品等產業生產走跌影響。

在日本經濟景氣方面，參考S&P Global引用au Jibun Bank發布的資料，日本2026年3月製造業PMI為51.6，較2月數值減少1.4點，主要受中東地緣政治衝突升溫與全球需求不確定性提高影響，其中新訂單及產出增速均有所放緩，企業對未來前景的樂觀預期顯著降溫，且成本壓力升至近一年半新高。服務業PMI則為53.4，較2月數值下降0.4

點，主要受中東戰事推升能源與原物料價格衝擊，其中新訂單、新業務擴展動能略為降溫，就業增聘速度寫下近半年新低，企業信心亦受全球需求前景疑慮拖累，使信心指數跌至疫情爆發以來的新低點。

▼中國方面

根據中國國家統計局資料，2026年第1季GDP年增率為5.0%，較2025年同期減少0.3個百分點。其中，全國規模以上（年主營業務收入達2,000萬元及以上之工業企業）工業增加值年增率為6.1%，較上年同期減少0.4個百分點；社會消費品零售總額年增率為2.4%，較上年同期下降2.2個百分點，其中商品零售與餐飲收入年增率分別為4.2%及2.2%；第1季全國（不含農戶）固定資產投資年增率為1.7%，較上年同期下降2.5個百分點，其中民間固定資產投資年增率為-2.2%。房地產指標方面，第1季房地產開發投資年增率為-11.2%，較上年同期下降1.3個百分點，其中商品房銷售額及銷售面積增速分別為-10.4%及-16.7%。另依據中國海關總署發布資料，2026年第1季貿易總額為1兆6,907億美元，年增18.0%，其中進口與出口分別年增22.7%及14.7%。在2026年中國GDP預測方面，S&P Global最新發布的預測值為4.4%，較上次下修0.1個百分點，主因預期油價攀升將削弱居民實質購買力，進而影響整體經濟表現。

就業方面，2026年第1季全國城鎮調查

失業率為5.3%，與上年同期持平。物價方面，2026年第1季全國居民消費價格(CPI)年增率為0.9%，較上年同期增加1.0個百分點，核心CPI年增率則為1.2%。整體而言，雖然豬肉價格年減幅仍逾1成，且中西藥、交通工具用能源、家用汽車及住宅租金等價格漲勢偏弱，但整體物價已呈現溫和回升態勢。

在景氣指標方面，依據中國國家統計局公布資料，2026年3月製造業PMI為50.4%，較2月數值上升1.4個百分點，主要係生產、新訂單、從業人員及供應商配送時間等分項指標皆較上月改善，進而帶動製造業活動重回榮枯線上方。3月非製造業PMI指數則為50.1%，較2月數值上升0.6個百分點，主要受惠於投入品價格及銷售價格等指標好轉，使得整體商務活動順利回升至擴張區間。

國內情勢方面：首先在對外貿易方面，隨著農曆春節結束、工作天數恢復正常，加上全球AI基礎建設投資需求持續熱絡，國內電子資通訊產品出貨呈現量價齊揚，使2026年3月出口年增率由2月的20.58%大幅攀升至61.85%。就主要出口項目觀察，資通與視聽產品及電子零組件之出口年增率均較2月顯著衝高，出口金額分別達397.3億與252.4億美元，雙雙創下歷年單月新高，顯示出口結構仍高度集中於電子產業。此波強勁動能主因全球AI基建投資，引領高階伺服器新品出貨攀升，加上電子產業原物料供應趨緊、推升供應鏈價格，進而形成量價齊揚的成長態勢；進口方面，3月進口年增率由2月

的6.85%升至38.26%，主要反映AI產業鏈國際分工深化及出口擴張所衍生的備貨需求，進而挹注電子零組件進口顯著成長。同時，中東戰事推升國際原油與化學材料價格，也使化學品進口年增率明顯上揚。累計2026年第1季，出口較2025年同期成長51.10%，進口成長34.81%，出超金額達529.5億美元，年增124.12%。

國內生產方面，受惠於人工智慧、高效能運算及雲端資料服務等應用需求持續擴增，挹注資訊電子產業生產動能穩步成長，惟部分傳統產業因市場競爭及需求回升力道仍緩，抵銷了部分增幅。3月製造業生產指數為139.92，較上月增加26.81%，與上年同月相比成長30.73%。總計2026年第1季工業生產較去年同期成長24.63%，其中製造業成長26.52%。

在內需消費方面，3月綜合商品零售業年增4.64%，其中百貨公司因櫃位改裝及品牌優化效益顯現，以及新商場加入營運，共同挹注營收成長。3月整體零售業營業額為4,056億元，年增3.17%，累計今年第1季零售業營業額較上年同季相比增加2.07%，綜合商品零售業年增5.67%；餐飲業部分，3月餐飲業營業額為876億元，年增2.28%，其中餐館因多品牌展店及聯名活動策略奏效，加以春酒商機延續，外燴及團膳承包業則受惠航空載運量能穩定成長、空廚餐點銷售擴增，累計第1季餐飲業營業額較上年同期增加3.84%。

物價方面，雖然美伊軍事衝突推升國際油價，帶動3月油料費上漲，但因天候穩定、蔬果供應充裕，致使蔬菜與水果價格年減幅擴大，進而使食物類年增率由正轉負。此外，隨著農曆春節結束，旅館住宿與計程車等服務類價格回落，亦使雜項類年增率有所收斂。綜合上述因素，3月整體CPI年增率由2月的1.77%下降至1.20%，核心CPI亦由2.61%降至1.94%；PPI方面，受石油與煤炭產品、化學材料及塑橡膠產品等價格上揚影響，反映美伊軍事衝突推升國際石化原料價格，帶動3月整體PPI年增率由2月的-0.57%升至2.53%，創下2025年4月以來新高。累計2026年第1季CPI年增率為1.23%，PPI年增率則為0.17%。

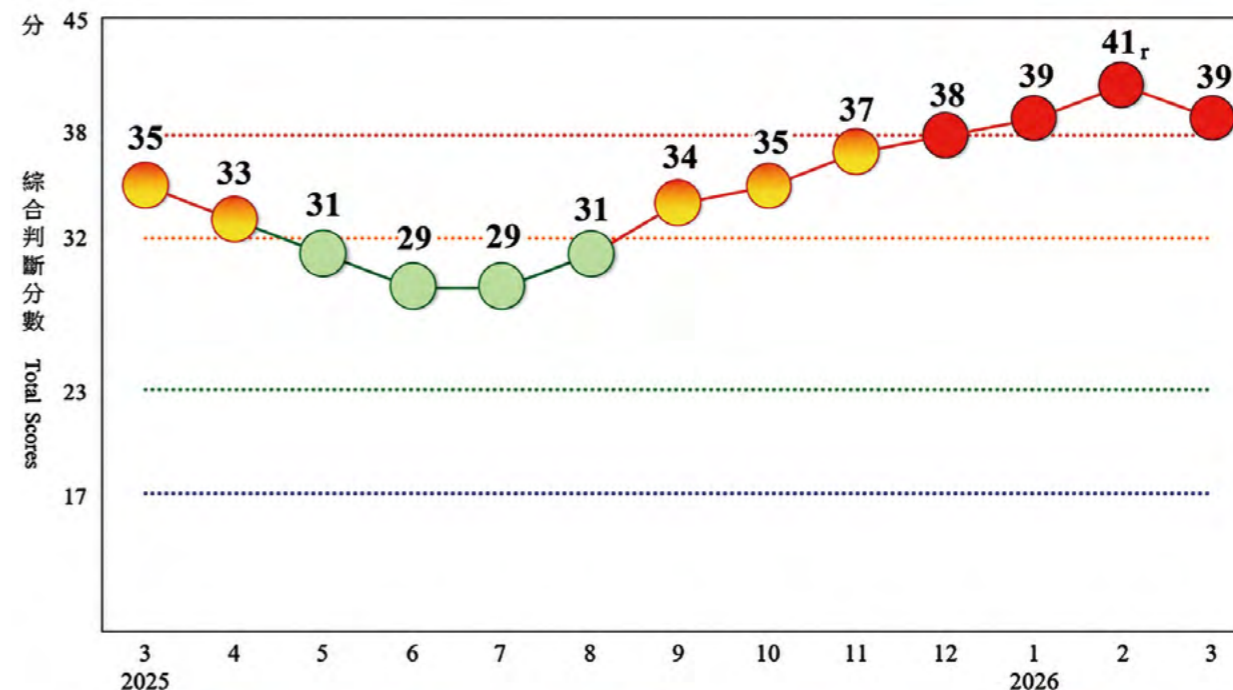
勞動市場方面，3月失業率為3.34%，較上月微幅上升0.02個百分點，較上年同月則降0.01個百分點。1至3月失業率平均為3.32%，較上年同期下降0.01個百分點。在勞僱雙方協商減少工時方面，截至2026年3月底，實施減班休息的勞工人數為3,687人。雖然金屬機電工業仍為減班休息人數最多的產業，但與1月底相比，該產業實施人數已大幅減少1,478人。薪資方面，2月適逢農曆春節（上年落在1月），多數企業於當月發放年終獎金，致使比較基期出現差異。2026年2月平均總薪資為99,734元，年增71.80%；經常性薪資為48,494元，年增2.51%。若扣除物價因素，實質經常性薪資平均數年增1.68%，實質總薪資平均數則年增1.41%。

國內金融市場方面，3月本國五大銀行（臺銀、合庫銀、土銀、華銀及一銀）新承做放款加權平均利率為 2.105%，較 2 月的 2.086% 增加 0.019 個百分點。股市方面，隨著美伊軍事衝突不確定性升高，市場風險偏好明顯轉趨保守；同時，投資人憂心戰事可能衝擊中東能源生產及荷姆茲海峽運輸，進而推升通膨預期，並對經濟成長造成壓力。在多重利空因素夾擊下，台股隨之承壓回檔，台灣加權指數於 3 月底收在 31,722.99 點，較 2 月底大幅下跌 10.42%，單日平均成交量為 8,166.65 億元。匯率方面，受美伊衝突影響，3 月外資大幅自台股抽離，加上國際美元走強，新臺幣呈現弱勢貶值走勢，於 3 月底收在 31.98 元兌 1 美元，較 2 月底貶值 2.28%。

▼一、景氣對策信號

115 年 3 月分數為 39 分，較上月修正值減少 2 分，燈號續呈紅燈。9 項構成項目中，工業及服務業加班工時轉為黃紅燈，減少 1 分；製造業營業氣候測驗點轉為黃藍燈，減少 1 分；其餘 7 項燈號維持不變。個別構成項目說明如下：

- 貨幣總計數 M1B 變動率：由上月 6.3% 增為 7.4%，燈號續呈綠燈。
- 股價指數變動率：由上月 42.2% 增為 50.3%，燈號續呈紅燈。
- 工業生產指數變動率：由上月上修值 22.6% 增為 26.1%，燈號續呈紅燈。
- 工業及服務業加班工時變動率：由上月下修值 12.7% 減為 4.8%，燈號由紅燈轉呈黃紅燈。
- 海關出口值變動率：由上月 29.3% 增為 56.6%，燈號續呈紅燈。
- 機械及電機設備進口值變動率：由上月 41.5% 增為 55.6%，燈號續呈紅燈。
- 製造業銷售量指數變動率：由上月上修值 13.5% 增為 21.3%，燈號續呈紅燈。
- 批發、零售及餐飲業營業額變動率：由上月 14.2% 增為 24.4%，燈號續呈紅燈。
- 製造業營業氣候測驗點：上月上修為 96.84 點，燈號由黃藍燈上修為綠燈，本月減至 95.95 點，燈號轉呈黃藍燈。



綜合判斷說明：● 紅燈 (45-38)，● 黃紅燈 (37-32)，● 綠燈 (31-23)，● 黃藍燈 (22-17)，● 藍燈 (16-9)

圖 1. 近一年景氣對策信號走勢圖 (國家發展委員會)。

景氣對策信號	燈號	2025年												2026年		
		3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
		燈號	燈號	燈號	燈號	燈號	燈號	燈號	燈號	燈號	燈號	燈號	燈號	%	燈號	%
綜合判斷	分數	35	33	31	29	29	31	34	35	37	38	39	41 _r		39	
貨幣總計數M1B		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	6.3	●	7.4
股價指數		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	42.2	●	50.3
工業生產指數		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	22.6 _r	●	26.1
工業及服務業加班工時		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	12.7 _r	●	4.8
海關出口值		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	29.3	●	56.6
機械及電機設備進口值		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	41.5	●	55.6
製造業銷售量指數		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	13.5 _r	●	21.3
批發、零售及餐飲業營業額		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	14.2	●	24.4
製造業營業氣候測驗點		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	96.84 _r	●	95.95

註：1.各構成項目除製造業營業氣候測驗點之單位為點(基期為95年)外，其餘均為年變動率；除股價指數外均經季節調整。
2. r為修正值。

圖 2. 一年來景氣對策信號 (國家發展委員會)。

▼二、景氣指標

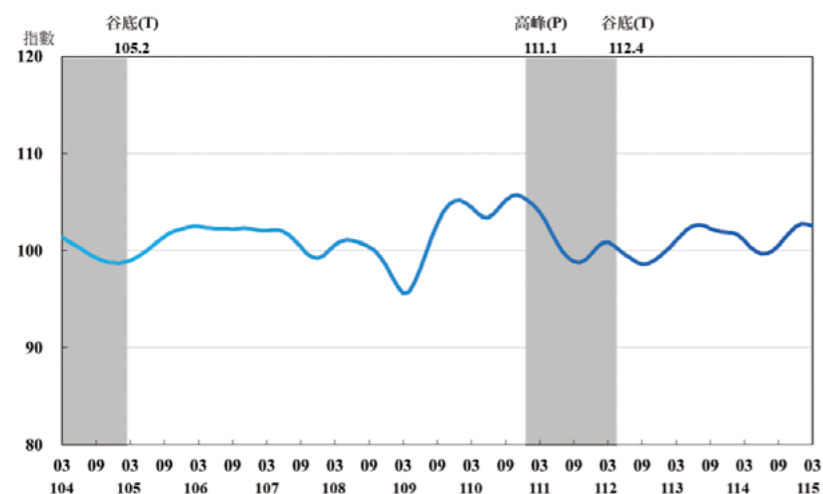
(一) 領先指標

領先指標不含趨勢指數為 102.58，較上月下滑 0.14%（詳表 1、圖 3）。

表 1. 景氣領先指標（國家發展委員會）

項 目	114 年 (2025)				115 年 (2026)		
	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
不含趨勢指數	100.55	101.21	101.88	102.46	102.77	102.72	102.58
較上月變動 (%)	0.53	0.66	0.67	0.57	0.30	-0.04	-0.14
構成項目 ¹							
外銷訂單動向指數 ²	99.47	100.19	100.82	101.23	101.22	100.74	100.11
實質貨幣總計數 M1B	100.02	100.12	100.21	100.30	100.39	100.48	100.58
股價指數	99.72	100.00	100.28	100.58	100.89	101.20	101.50
工業及服務業受僱員工淨進入率 ³	99.80	99.83	99.89	100.00	100.11	100.21	100.29
建築物開工樓地板面積 ⁴	99.51	99.34	99.23	99.16	99.05	98.92	98.80
實質半導體設備進口值	101.07	100.82	100.57	100.34	100.13	99.96	99.83
製造業營業氣候測驗點	99.25	99.59	99.95	100.30	100.57	100.79	100.97

註：1. 本表構成項目指數為經季節調整、剔除長期趨勢，並平滑化與標準化後之數值。以下表同。
 2. 外銷訂單動向指數採用以家數計算之動向指數。
 3. 淨進入率=進入率-退出率。
 4. 建築物開工樓地板面積僅包含住宿類（住宅）、商業類、辦公服務類、工業倉儲類 4 項統計資料。



註：陰影區表景氣循環收縮期，以下圖同。

圖 3. 領先指標不含趨勢指數走勢圖（國家發展委員會）。

7 個構成項目經去除長期趨勢後，3 項較上月下滑，分別為：外銷訂單動向指數、實質半導體設備進口值、建築物開工樓地板面積；其餘 4 項較上升：股價指數、製造業營業氣候測驗點、實質貨幣總計數 M1B、工業及服務業受僱員工淨進入率。

(二) 同時指標

同時指標不含趨勢指數為 109.26，較上月上升 1.77%（詳表 2、圖 4）。

表 2. 景氣同時指標（國家發展委員會）

項 目	114 年 (2025)				115 年 (2026)		
	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
不含趨勢指數	102.00	102.42	103.18	104.23	105.65	107.36	109.26
較上月變動 (%)	0.14	0.42	0.74	1.02	1.37	1.62	1.77
構成項目							
工業生產指數	100.79	100.85	101.07	101.39	101.75	102.16	102.58
電力（企業）總用電量	100.24	100.210	100.207	100.34	100.71	101.21	101.78
製造業銷售量指數	100.68	100.79	101.07	101.43	101.83	102.25	102.65
批發、零售及餐飲業營業額	98.49	98.98	99.76	100.83	102.18	103.72	105.37
工業及服務業加班工時	100.11	100.14	100.13	100.09	100.03	99.96	99.89
實質海關出口值	101.82	101.94	102.00	102.01	102.07	102.25	102.62
實質機械及電機設備進口值	100.88	100.90	101.01	101.16	101.40	101.67	101.98

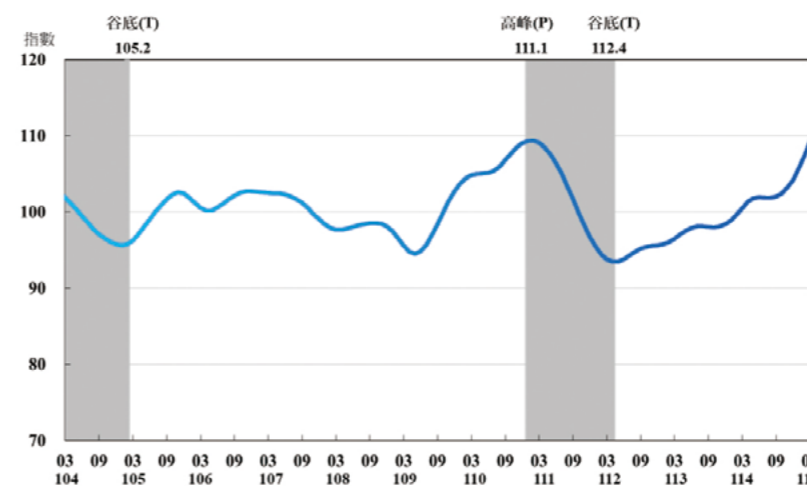


圖 4. 同時指標不含趨勢指數走勢圖（國家發展委員會）。

7 個構成項目經去除長期趨勢後，6 項較上月上升，分別為：批發、零售及餐飲業營業額、電力（企業）總用電量、工業生產指數、製造業銷售量指數、實質海關出口值、實質機械及電機設備進口值；僅工業及服務業加班工時較上月下滑。

(三) 落後指標

落後指標不含趨勢指數為 98.18，較上月下滑 0.12% (詳表 3、圖 5)。

表 3. 景氣落後指標 (國家發展委員會)

項 目	114 年 (2025)				115 年 (2026)		
	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
不含趨勢指數	98.69	98.78	98.74	98.62	98.46	98.29	98.18
較上月變動 (%)	0.16	0.09	-0.04	-0.13	-0.163	-0.164	-0.12
構成項目							
失業率 ¹	99.86	99.82	99.78	99.74	99.71	99.69	99.66
製造業單位產出勞動成本指數	99.59	99.48	99.19	98.76	98.25	97.65	97.05
五大銀行新承做放款平均利率	99.74	99.59	99.43	99.26	99.09	98.92	98.77
全體金融機構放款與投資	99.97	100.06	100.13	100.21	100.30	100.42	100.53
製造業存貨價值	99.27	99.57	99.95	100.40	100.85	101.37	101.93

註：1. 失業率取倒數計算。

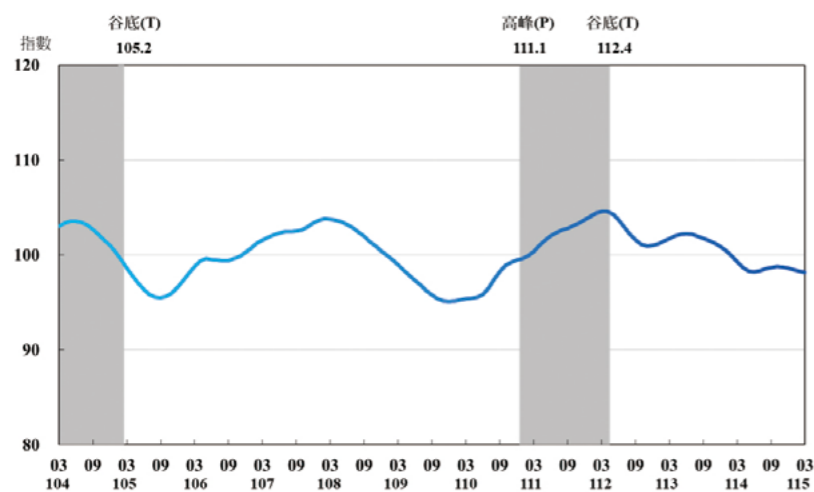


圖 5. 落後指標不含趨勢指數走勢圖 (國家發展委員會)。

5 個構成項目經去除長期趨勢後，3 項較上月下滑，分別為：製造業單位產出勞動成本指數、五大銀行新承做放款平均利率、失業率 (取倒數)；其餘 2 項較上月上升，分別為：製造業存貨價值、全體金融機構放款與投資。

▼三、製造業採購經理人指數 (PMI)

中東地緣衝突使塑化產品交期與報價攀升，帶動製造業提前拉貨，再加上 AI、半導體與電子零組件調整產能配置並持續漲價，季節調整後之台灣製造業 PMI 回升 4.9 個百分點至 2021 年 9 月以來最快擴張速度 (60.3%)。製造業未來六個月展望持續擴張，惟各產業看法分歧。

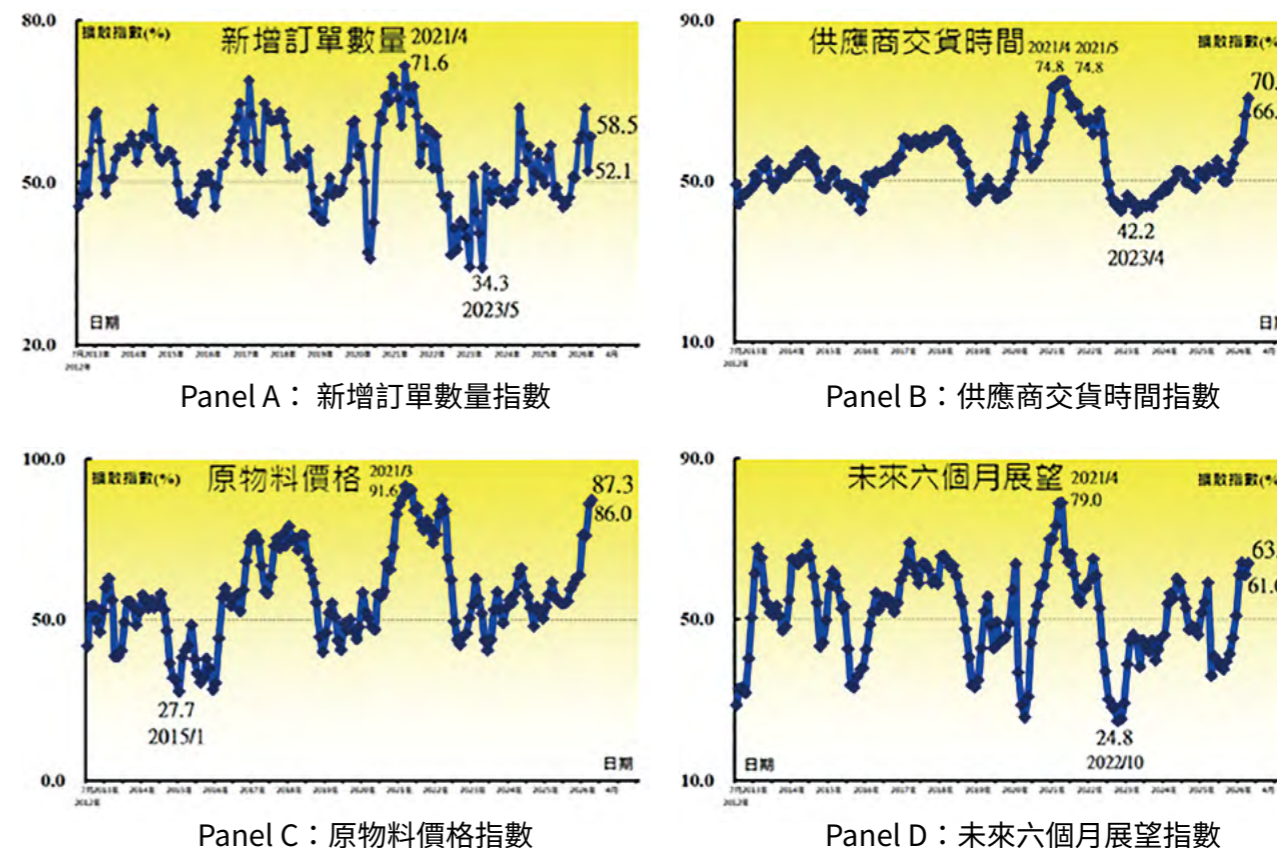


圖 6. 本月製造業值得關注之指標 (中華經濟研究院)。

- 5 項組成指標中，經季調之新增訂單、人力僱用持續擴張，生產轉為擴張，供應商交貨時間上升，存貨持續擴張。
- 經季節調整後之新增訂單指數回升 6.4 個百分點至 58.5%，連續第 7 個月擴張。
- 經季調後之生產指數因中東地緣衝突一度呈現緊縮，惟 4 月指數躍升 9.1 個百分點至 57.4%。
- 2026 年 4 月未經季節調整之六大產業 PMI 全數擴張，各產業依擴張速度排序為電子暨光學產業 (67.5%)、化學暨生技醫療產業 (61.0%)、基礎原物料產業 (57.9%)、交通工具產業 (57.5%)、電力暨機械設備產業 (57.3%) 與食品暨紡織產業 (55.8%)。

- 未來六個月展望指數已連續 5 個月擴張，指數回升 2.9 個百分點至 63.9%。
- 六大產業中，三大產業未來六個月展望呈現擴張，各產業依擴張速度排序為電子暨光學產業 (69.0%)、電力暨機械設備產業 (61.4%) 與基礎原物料產業 (60.6%)。三大產業未來六個月展望呈現緊縮，各產業依緊縮速度排序為交通工具產業 (42.5%)、化學暨生技醫療產業 (43.9%) 與食品暨紡織產業 (47.9%) 則回報緊縮。

表 4. 2026 年 4 月臺灣製造業採購經理人指數 (中華經濟研究院)

單位：%

	2026 年 4 月	2026 年 3 月	百分點 變化	方向 Direction	速度 Rate of Change	趨勢 (Trend) 連續月份	產業別					
							化學暨 生技醫療	電子 暨光學	食品 暨紡織	基礎 原物料	交通 工具	電力暨 機械設備
臺灣製造業 PMI	60.3	55.4	+4.9	擴張	加快	7	61.0	67.5	55.8	57.9	57.5	57.3
新增訂單數量	58.5	52.1	+6.4	擴張	加快	7	59.8	69.5	54.2	62.8	52.5	60.2
生產數量	57.4	48.3	+9.1	擴張	前月為緊縮	1	57.3	70.0	56.3	60.6	60.0	64.8
人力僱用數量	54.6	51.1	+3.5	擴張	加快	6	52.4	59.5	56.3	52.1	55.0	53.4
供應商交貨時間	70.6	66.3	+4.3	上升	加快	17	72.0	76.7	62.5	53.2	62.5	55.7
存貨	60.4	59.4	+1.0	擴張	加快	5	63.4	61.9	50.0	60.+	57.5	52.3
客戶存貨	48.0	47.8	+0.2	過低	趨緩	42	42.7	46.7	58.3	52.1	37.5	53.4
原物料價格	87.3	86.0	+1.3	上升	加快	19	93.9	85.2	87.5	96.8	77.5	87.5
未完成訂單	59.8	61.4	-1.6	擴張	趨緩	5	59.8	63.3	52.1	52.1	42.5	55.7
新增出口訂單	63.6	64.2	-0.6	擴張	趨緩	5	58.5	69.5	50.0	51.1	52.5	52.3
進口原物料數量	62.6	62.7	-0.1	擴張	趨緩	5	59.8	66.7	56.3	54.3	55.0	51.1
未來六個月展望	63.9	61.0	+2.9	擴張	加快	5	43.9	69.0	47.9	60.6	42.5	61.4
生產用物資 (平均天數)	49	45					45	57	58	50	26	38
維修與作業耗材 (平均天數)	38	35					49	76	53	69	101	51
資本支出 (平均天數)	67	68					49	76	53	69	101	51

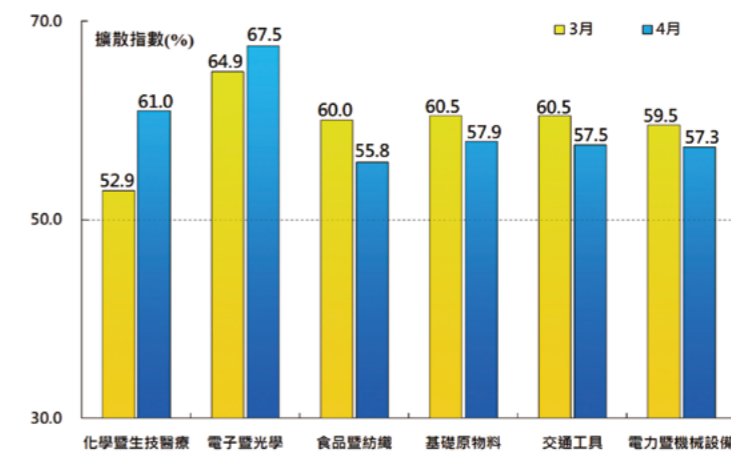


圖 7. 產業別 PMI 示意圖 (中華經濟研究院)。

▼ 四、非製造業經理人指數 (NMI)

儘管中東衝突延續，4 月股市大漲逼近 4 萬點，高階製造客戶服務需求仍暢旺，再加上母親節檔期與部分產業進入旺季，未經季節調整之台灣非製造業 NMI 指數續揚 4.0 個百分點至 58.3%。未來六個月展望持續擴張，指數回升 4.3 個百分點至 56.7%。

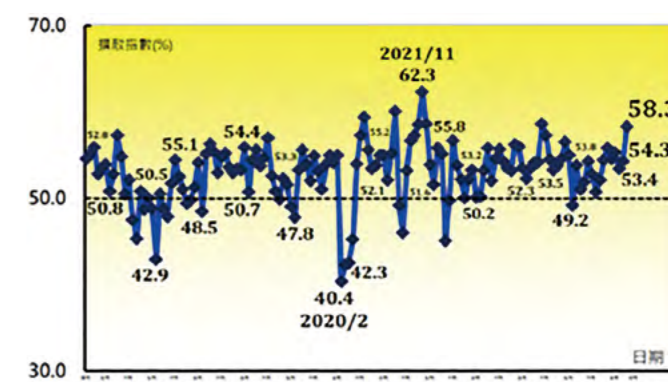


圖 8. 台灣非製造業 NMI 時間序列走勢圖 (中華經濟研究院)。

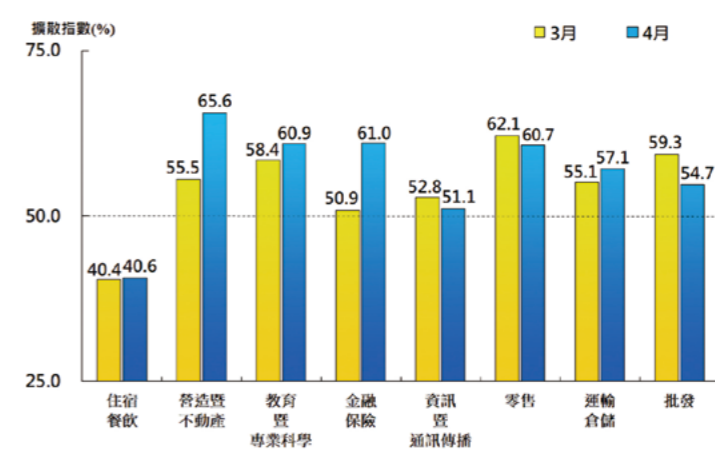


圖 9. 產業別 NMI 示意圖 (中華經濟研究院)。

- 4 項組成指標中，商業活動、新增訂單與人力僱用持續擴張，供應商交貨時間上升（高於 50.0%）。
- 未經季節調整之商業活動指數已連續 2 個月擴張，指數續揚 6.4 個百分點至 60.6%，為 2024 年 7 月以來最快擴張速度。
- 新增訂單指數已連續 8 個月擴張，指數續揚 3.2 個百分點至 60.2%。
- 非製造業持續面臨營業成本攀升壓力，採購價格指數（營業成本）已連續 4 個月維持在 60.0% 以上的上升速度（高於 50.0%），指數續揚 5.5 個百分點至 72.3%，為 2022 年 6 月以來最快上升速度。
- 未完成訂單（工作委託量）已連續 4 個月擴張，指數續揚 1.9 個百分點至 54.0%，為 2022 年 1 月以來最快擴張速度。
- 服務收費價格指數回升 3.5 個百分點至 61.2%，為 2022 年 5 月以來最快上升（高於 50.0%）速度。
- 八大產業中，七大產業 NMI 呈現擴張，依擴張速度排序為營造暨不動產業 (65.6%)、金融保險業 (61.0%)、教育暨專業科學業 (60.9%)、零售業 (60.7%)、運輸倉儲業 (57.1%)、批發業 (54.7%) 與資訊暨通訊傳播業 (51.1%)。僅住宿餐飲業 (40.6%)NMI 呈現緊縮。
- 未來六個月展望指數已連續 4 個月擴張，指數回升 4.3 個百分點至 56.7%。
- 八大產業中，七大產業回報未來六個月展望呈現擴張，各產業依指數擴張速度排序為零售業 (63.6%)、住宿餐飲業 (62.5%)、教育暨專業科學業 (61.8%)、金融保險業 (59.3%)、營造暨不動產業 (56.3%)、批發業 (56.3%) 與運輸倉儲業 (53.3%)。僅資訊暨通訊傳播業 (38.6%) 回報未來六個月展望呈現緊縮。

	2026 年 4 月	2026 年 3 月	百分點 變化	方向 Direction	速度 Rate of Change	趨勢 (Trend) 連續月份	產業別							
							住宿 餐飲	營造暨 不動產	教育暨 專業科學	金融 保險	資訊暨 通訊傳播	零售	運輸 倉儲	批發
供應商交貨時間	57.6	54.3	+3.3	上升	加快	35	54.2	64.1	56.6	48.8	56.8	59.1	53.3	57.3
存貨	52.9	53.1	-0.2	擴張	趨緩	13	54.2	57.8	51.3	57.0	50.0	54.5	48.3	44.8
採購價格	72.3	66.8	+5.5	上升	加快	124	79.2	78.1	64.5	51.2	72.7	68.2	76.7	85.4
未完成訂單	54.0	52.1	+1.9	擴張	加快	4	37.5	54.7	57.9	64.0	50.0	50.0	63.3	55.2
服務輸出 / 出口	54.0	50.9	+3.1	擴張	加快	5	25.0	75.0	50.0	59.4	44.4	50.0	52.9	44.1
服務輸入 / 進口	61.2	55.9	+5.3	擴張	加快	8	45.8	58.3	59.4	59.1	54.5	60.0	63.9	59.7
服務收費價格	61.2	57.7	+3.5	上升	加快	71	58.3	59.7	57.6	61.6	59.1	56.8	63.3	75.5
存貨觀感	51.3	51.4	-0.1	過高	趨緩	19	54.2	54.7	46.1	53.5	52.3	61.4	40.0	44.8
未來六個月展望	56.7	52.4	+4.3	擴張	加快	4	62.5	56.3	61.8	59.3	38.6	63.6	53.3	56.3

表 5. 2026 年 4 月台灣非製造業採購經理人指數 (中華經濟研究院)

單位：%

	2026 年 4 月	2026 年 3 月	百分點 變化	方向 Direction	速度 Rate of Change	趨勢 (Trend) 連續月份	產業別							
							住宿 餐飲	營造暨 不動產	教育暨 專業科學	金融 保險	資訊暨 通訊傳播	零售	運輸 倉儲	批發
台灣 NMI	58.3	54.3	+4.0	擴張	加快	14	40.6	65.6	60.9	61.0	51.1	60.7	57.1	54.7
商業活動	66.6	54.2	+6.4	擴張	加快	2	37.5	67.2	64.5	73.3	43.2	68.2	56.7	56.3
新增訂單	60.2	57.0	+3.2	擴張	加快	8	37.5	65.6	64.5	72.1	50.0	61.1	63.3	52.3
人力僱用	54.7	51.8	+2.9	擴張	加快	38	33.3	65.6	57.9	50.0	54.5	54.5	55.0	53.1

▼ 五、未來半年個別產業景氣預測 (以 2026 年 1 月為預測基準月)





智慧醫療： 從技術導入 到制度演進

文 | 工業技術研究院 產業科技國際策略發展所
林佳燕研究員

▼一、前言

智慧醫療係指運用資通訊、數位科技與人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 等技術，結合醫療資訊與臨床專業知識，以提升醫療品質、決策支持能力與整體成效為目標之發展方向。隨標準化推動與系統建置普及，智慧醫療推動已從早期以電子化與資訊系統支援流程為主，發展至以資訊整合與資料應用為核心之數位化階段，並進一步建構智慧醫院，延伸至跨場域運作之照護模式，形成涵蓋院內外的智慧醫療生態系。

1. 發展脈絡

在此發展趨勢下，智慧醫療並非單一技術導入，而是資訊基礎建設、技術應用與治理制度相互影響下，所形成系統性轉型。在資訊基礎方面，電子病歷 (Electronic Health Record, EHR)、健康資訊交換機制 (Health Information Exchange, HIE) 及醫療資訊標準 (如 FHIR¹) 逐步建構，並結合雲端、邊緣運算與通訊網路 (如 5G)，支撐醫療資料之儲存、運算與流通，使醫療紀錄由分散管理逐步整合為連續照護歷程。惟跨院互通性與健康資料品質，仍為多數國家面臨的關鍵挑戰，各國多依其制度條件與發展策略持續推進。在技術應用層面，臨床資訊系統與決策支援工具 (如 CDSS²)、結合 AI 與進階分析，以及感測與生理監測等技術，逐漸融入醫療作業流程，並發展出遠距醫療、數位療法³ 等應用情境與模式。在制度層面，各國亦透過制度設計與付費機制，加速應用落地，例如美國為促進電子健康資訊流通，透過法規嚴格禁止醫療機構或系統業者不當限制資訊的互通與運用，以支撐跨機構應用發展；德國則為全球首個建立制度化數位健康應用 (DiGA) 給付機制之國家，並依《數位醫療法》將其納入法定健康保險，促進數位療法之應用與落地。

- 1 FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources)：國際醫療資料交換標準，用於促進系統間互通。
- 2 CDSS (Clinical Decision Support System)：依據病人資料提供診療建議之資訊系統。
- 3 數位療法 (Digital Therapeutics)：以軟體為核心，提供疾病預防、管理或治療之數位介入措施。

2. 產業趨勢

從產業發展觀察，智慧醫療市場正處於快速成長階段。根據 Grand View Research，全球市場規模於 2024 年約為 1,888.6 億美元，預估至 2030 年將達 3,852.8 億美元，2025 至 2030 年之間年複合成長率 (Compound Annual Growth Rate, CAGR) 約為 12.51%；此外，AI 於醫療領域之應用成長更為顯著，同期間 CAGR 可達 38.6% (Markets and Markets, 2024)。顯示數位醫療基礎設施、智慧醫院設備與感測裝置等需求持續擴張，AI 更從早期的輔助工具定位，轉為影響臨床決策之核心技術，其影響亦擴及照護模式與產業結構。在人口高齡化、慢性病與多重共病增加，以及專業人才流失壓力升高等背景下，智慧醫療亦被視為回應醫療體系結構性挑戰的重要方向。

綜合上述發展，本文將從跨場域醫療模式、自主醫療技術發展與 AI 智慧醫材三方面，探討智慧醫療發展動態及其影響。

▼二、跨場域醫療模式形成

醫療照護供給從「以醫院為中心」，逐漸發展出可在醫療機構、居家及其他場域間銜接與彈性配置的模式。遠距醫療發展較早，初期多著重於提升偏鄉醫療可近性與慢性病追蹤，作為門診與持續性照護之延伸；相較之下，在宅醫療 (Hospital-at-Home) 近年受到重視，主要係將原本必須在醫院才能執行的治療照護，延伸到居家和其他非醫院場所。前

者著重於解決「距離」問題，後者則進一步回應「場域」轉換之需求。

以美國居家急症照護模式為例，其概念可追溯至 1990 年代，但受限醫療保險對住院給付之實體空間限制，始終未能大規模普及。直至 2020 年 COVID-19 疫情期間，政府推出「Acute Hospital Care at Home (AHCAH)」政策豁免機制，允許符合特定篩選標準、需急性醫療照護但風險可控的患者，在居家環境接受等同於住院等級的醫療照護情況，能獲得相應給付，也因此該模式快速擴展。而主要效益是能彈性調度整體醫療量能、緩解實體病床壓力，同時倡導以病人為中心的在地化照護。

實務運作上，該模式採多方專業分工：由醫院主導臨床決策，平台型業者負責流程整合與資源調度，而到宅診療與照護任務的部分，除了醫院本身，也能由醫院外專業團隊執行。近幾年，平台業者與第一線醫療供給端公司也出現垂直整合案例；以 2025 年 Medically Home 與 Dispatch Health 的合併案為例，不僅搶佔全美居家醫療市場領導地位，也彰顯出此類整合規模化的發展潛力。

表 1. 手術機器人自主分級架構

分級	自主程度	人機關係特徵
Level 0	無自主	完全由人類操作
Level 1	操作輔助	人類主導，系統提供輔助功能
Level 2	任務輔助	人類決策，系統可執行部分子任務
Level 3	條件式自主	系統可在特定條件下自主執行任務，人類監督與適時介入
Level 4	高度自主	系統主導大部分操作，人類監督
Level 5	完全自主	無需人類介入

資料來源：工研院產科國際所，參考 Yang et al. (2017) 概念架構編譯與重製

國際經驗可作為理解跨場域醫療發展之重要參考；惟須注意，其推動仍高度依賴各國醫療體系之制度條件與結構特性。以美國而言，醫院功能聚焦於住院照護與高複雜之門診個案，且醫療提供模式較多元與開放；相較之下，臺灣醫院分布密集，門診與住院功能多由同一機構承擔，且高度集中於大型醫院體系；國情與整體醫療環境具系統差異。相關模式之推動仍有賴制度設計與配套機制加以調整與銜接。

▼三、自主化技術發展：以醫療機器人為例

依據國際機器人聯合會 (IFR) 之分類，醫療機器人歸屬「專業服務型機器人」的一項類別，然而實務應用呈現多元發展，不同技術與使用情境差異顯著；其中，自主能力的提升逐步改變醫療機器人在醫療臨床的角色定位，亦為理解其發展的重要觀察面向。雖目前尚無統一之監管分級標準，學界常見參考手術機器人自主分級架構 (Levels of Autonomy in Surgical Robotics, LARS) 作為分析工具，用以描述不同程度之人機決策分工 (如表 1)。

在目前臨床實務中，多數醫療機器人仍處於 Level 1~2 階段，以廣為人知的達文西手術系統及 ROSA 骨科手術機器人為例，此類系統具備影像導航、路徑引導與精密動作輔助等功能，但不具備獨立決策能力，手術仍須由醫師主導與全程操作，其角色主要為提升操作穩定一致性，並降低人員長時間操作之負荷。

從不同應用情境觀察，Yomi 植牙機器人屬 Level 2，主要提供導航與定位輔助；另一款植髮機器人 ARTAS iX 的自主性評估可以視為介在 Level 2~3 之間，雖能自動完成毛囊提取這項特定任務，但整體治療仍由醫師規劃與介入。上述案例反映出醫療機器人發展現況，以「人機協作」為主要模式。

較高自主程度的醫療機器人仍屬少數，Vitestro 公司開發「Aletta」自動抽血機器人 (Autonomous Robotic Phlebotomy Device, ARPD)，被視為具代表性的條件式

自主類型。值得一提，它已取得歐盟 CE 標示 (符合 MDR 規範)，表示並非研究階段，而是醫療應用商品。該系統整合紅外線與超音波影像辨識技術，可於皮膚組織的動態環境下完成血管定位、路徑規劃與穿刺執行，並自動適時調整或停止，其價值更在於突破人類感知與操作限制，對於血管難抽的案例，更能確保結果可預測與一致性。套用 LARS 邏輯，由於涵蓋感知、決策與執行之完整過程，且於特定情境下可自主完成操作，概念上已符合 Level 3 的自主性，亦顯示醫療機器人成為具備條件式自主能力的臨床參與角色進展。

隨醫療機器人自主能力提升，其在臨床場域中的角色逐漸轉變；然而在現行各國制度及法規架構下，醫療行為之最終責任仍須由醫療專業人員承擔，這是重要的前提，即使部分操作由機器人或系統執行，仍須經由人類監督與決策介入。因此，醫療機器人應被視為醫療團隊能力與量能延伸，而非角色取代。

表 2. 案例醫療機器人之應用簡介

機器人名稱	人機關係特徵
ROSA (Zimmer Biomet)	光學追蹤導航系統；整合術前 3D 影像與術中定位資訊；機械手臂提供輔助定位與操作穩定性
Yomi (Neocis)	觸覺回饋 (haptic feedback)；即時位移追蹤；具備物理邊界限制機制以避免操作偏移
ARTAS iX (Venus)	影像辨識與毛囊特徵分析；多軸機械手臂動態補償位移；可依參數設定執行鑽取深度與角度控制
Aletta (Vitestro)	紅外線與超音波影像整合；血管定位與穿刺路徑規劃；自動執行靜脈穿刺並具即時調整機制 註：目前於美國 FDA 採 De Novo ⁴ 途徑進行審查 (適用於無既有對照產品且風險屬中低等級之創新醫療器材)，反映此類新型醫療技術已逐步納入現行監管評估體系。

資料來源：工研院產科國際所

4 De Novo (De Novo Classification Process)：美國針對無既有對照產品之低至中風險醫材所設之審查途徑。

▼四、軟體醫材與 AI 應用趨勢

在醫療科技發展下，醫療器材除以實體形式存在外，亦可透過軟體型態提供醫療功能，此類產品即為「軟體醫材」(Software as a Medical Device, SaMD)。依據國際醫療器材監管論壇 (IMDRF) 之定義，SaMD 係指可獨立執行醫療功能之軟體，其功能表現主要由演算法與資料所驅動，可應用於診斷輔助、影像判讀等情境。相較於傳統醫材仰賴硬體升級，SaMD 具有安裝彈性高、可快速迭代升級與擴充的特性。而當前述軟體、或是傳統實體醫材進一步結合人工智慧 (AI) 技術時，則在產業與監管實務上常被統稱為「AI 智慧醫材」。

隨著 AI 技術發展，醫療應用中所採用之演算法型態，已由早期規則式模型，轉向機器學習與深度學習，並進一步延伸至生成式 AI，使相關應用從特定任務導向，逐漸擴展至更廣泛之輔助與資訊處理情境，惟其於醫療器材之實際應用情形，仍有待進一步觀察。

從近年美國食品藥物管理局 (FDA) 核准之 AI/ML 啟用之智慧醫材 (涵蓋獨立軟體及搭載 AI 功能之硬體設備) 件數發現顯著增加趨勢 (如圖 1)，顯示相關技術已快速進入臨床應用階段。而應用型態方面，目前多數核准產品仍以影像分析與預測模型等任務導向為主；生成式 AI 則多採用於病歷摘要、文件整理或資訊提供等輔助性情境，若未涉及醫療核心功能，則尚未正式被納入醫療器材監管體系。

再從產業結構與監管途徑觀察，目前獲准取證產品常見既有醫材大廠 (如 GE HealthCare、Siemens) 所屬並輔以部分新創公司開發商品，凸顯出從既有廠商產品線延伸與升級的發展模式。而目前 AI 智慧醫材多數係透過 FDA 510(k) 途徑取得核准，其審查係以「實質等同性」為基礎，透過與既有醫材之比對完成評估。由於此類產品在風險與用途上未被認定有顯著改變，通常較易遵循既有指引，部分產品甚至無須進行大規模臨床試驗，因而降低產品進入市場之門檻，亦呼應目前發展仍多集中於既有技術框架下之漸進式演進。

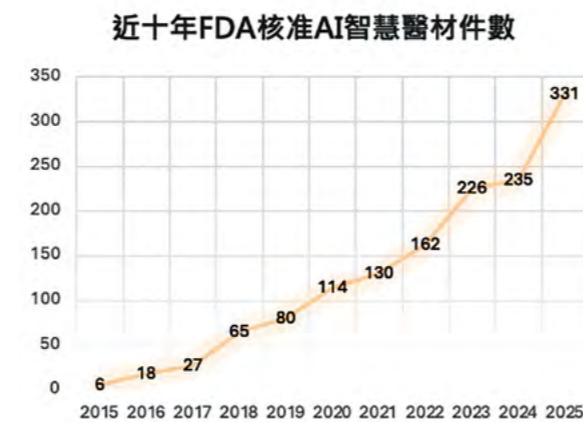


圖 1. 美國 FDA 核准 AI 智慧醫材件數趨勢圖

資料來源：工研院產科國際所，資料數據截至 2025/12/30

另一方面，AI 於醫療應用中所扮演之角色，主要體現在對臨床決策流程的介入，相較著重於臨床操作層面的技術應用，AI 更直接影響判斷與決策結果，因此其關鍵不僅在於功能表現，更在於模型是否具備可理解性、資料是否可追溯，以及效能能否持續監測與評估。此亦反映，AI 技術導入的關鍵要素在於建立可被信任且可持續管理之應用機制。

在制度發展方面，各國皆逐步建立 AI 相關治理機制，臺灣亦與國際發展趨勢同步，並在部分領域具前瞻性布局，例如《人工智慧基本法》建構 AI 發展之基本原則，《全民健康保險資料管理條例》強化醫療資料之管理、並為應用與高價值大數據資料庫建立基礎；亦持續推動醫療資訊標準化與資料互通政策，並透過國家計畫促進 AI 於臨床場域之落地與持續管理，呈現制度建構、資料基礎與應用推動並行發展之態勢。

▼五、結語

綜合前述分析，智慧醫療並非單一技術導入，而是透過資訊基礎、技術應用與制度條件之整合，在實際醫療體系中逐步形成的系統性發展。其發展體現於醫療供給由院內走向跨場域整合，並由以設備為主之運作模式，逐漸延伸至結合軟體與資料應用之型態；相對應地，監管架構亦隨之調整，使制度角色由傳統管理與規範，

轉為支撐應用落地與體系運作之重要機制。

從產業角度觀察，技術突破並不必然轉化為商機，其價值高度依賴於實際應用需求。舉例而言，大型醫學中心因應複雜病例與學術發展需求，在導入相關設備時，通常優先考量臨床安全性與保險給付條件；相較之下，專科診所受限於資金與空間配置，其導入邏輯更偏向於因應高階人力負荷、提升營運效率與建立市場差異化，以植髮機器人在特定市場的普及為例，反映自動化技術與自費需求之間的高度配適結果。

數位科技於醫療場域之應用，係在需求條件、制度環境與投資報酬之間取得動態平衡。技術拓展了醫療的可能性，而市場吸納能力與臨床場域條件，則進一步決定其實際應用與發展。最終，醫療體系的運作仍有賴專業判斷與實踐，而「人」始終是連結科技、制度與醫療實踐的核心。

參考文獻

- Grand View Research, Smart Healthcare Market Size, Share & Trends Analysis Report, 2030. San Francisco, CA, USA: Grand View Research, 2025. [Online]. Available: Grand View Research smart healthcare market report.
- Markets and Markets, Artificial Intelligence (AI) in Healthcare Market-Global Forecast to 2030, Markets and Markets Research Pvt. Ltd., 2024.
- G. Z. Yang, B. J. Nelson, R. Murphy, H. Choset, H. Christensen, S. H. Collins, P. Dario, K. Goldberg, K. Ikuta, N. Jacobstein, A. M. Okamura, T. J. Taylor, M. McNutt, and R. V. Calo, "Medical robotics—Regulatory, ethical, and legal considerations for increasing levels of autonomy," *Science Robotics*, vol. 2, no. 4, eaam8638, 2017.
- U.S. Food and Drug Administration, Artificial Intelligence/Machine Learning (AI/ML)-Based Software as a Medical Device Action Plan, 2021.
- U.S. Food and Drug Administration, "Artificial Intelligence-Enabled Medical Devices," FDA, 2025. (accessed Mar. 2026).
- U.S. Food and Drug Administration (FDA), "Software as a Medical Device (SaMD)," FDA, 2018. [Online]. Available: <https://www.fda.gov/medical-devices/digital-health-center-excellence/software-medical-device-samd>



圖 1. 智慧醫療與機器人於醫療院所應用 Image by freepik

AI 與機器人 走進醫療現場： 在台灣把「減壓」 做成可規模化的系統

文 | 台灣人工智慧協會 常務監事
社團法人臺灣輔具暨長期照護產業發展協會
大數據與科技顧問 黃冠凱

台灣於 2025 年迎來「超高齡社會」關口，且人口結構將持續往高齡端移動；同一時間，台灣的醫院端最直接的壓力不是缺一套新系統，而是「缺人」，特別是護理人力的缺口。

因此當醫護人力供給跟不上需求時，醫療體系的關鍵問題會從「效率」變成「可維持運作」。也因此，AI 與機器人是否值得投資，標準不該是「準確率多高、功能多酷」，而是更務實的一句話：能不能讓醫護把時間還給病人。

這裡的「還」不是情緒口號，而是可被拆解、可被量測、可被治理的管理命題：把醫護時間從文書、奔走、等待、重工（重複輸入 / 重複查找 / 重複核對），重新配置回直接照護、臨床判斷與家屬溝通；再把被釋放的時間，轉化成高齡照護需要的「頻率」與「連續性」。

▼ 全球智慧醫療與機器人趨勢

全球智慧醫療的主軸正在由「單點 AI」走向「可治理的數位健康系統」，這個轉變背後有兩股推力。

第一股推力是健康老化與照護需求上升。全球正以「健康老化」與「健康老化十年」作為公共政策框架，強調醫療與長照需在社區與機構中形成連續照護。

在此框架下，AI 與機器人被期待提供的不是「更炫的醫療」，而是「更可負擔且更可取得的照護」。

第二股推力是醫療人力短缺與倦怠。包含 OECD 與 WHO 在內的國際組織，持續指出護理人力與醫療人力供需落差將加劇。

在這種情境下，AI 的第一波「大規模落地」往往不是最艱深的診斷，而是最普遍、最吃時間的文書與行政流程：因為這些流程一旦被自動化或半自動化，就能直接回收人力容量。

國際上，所謂「環境式 / 陪診式」AI 紀錄（ambient documentation）已開始累積量化證據。例如針對 Nuance DAX 類型的臨床環境語音紀錄工具，研究顯示可降低文書負擔與挫折感，並減少每週約 2.5 小時的下班後補病歷時間（俗稱 pajama time）。另有大型調查研究亦指出，使用環境式紀錄與文書工具與倦怠感降低、福祉感提升存在關聯。

因此對機器人而言，趨勢也很一致：手術機器人固然重要，但「真正能影響護理負擔的」，往往是物流、搬運、取物、配送、消毒等非直接照護工作被自動化。這類任務的共通點是：可標準化、可排程與可追蹤，而且最適合以院內流程再設計承接。

▼ 台灣智慧醫療與機器人戰略優勢

我們來談台灣智慧醫療，若只停在「我們有健保資料」，其實不夠精準。更關鍵的是：台灣具備把資料、系統、場域做成「落地閉環」的條件。

首先我們第一個優勢是健保制度與國家級資料資產。台灣全民健康保險納保率已達約九成九以上，且健保署明確將健保資料庫定位為由醫療申報累積形成的國家級資料庫，並建立資料存取流程與保護機制。

因此健保署亦指出，累積多年的健保資料支持大量學術研究成果，顯示資料在真實世界證據與政策分析上的價值。對智慧醫療而言，這代表台灣有機會把 AI 的「訓練 - 驗證 - 評估 - 給付 / 擴散」串成一條更短的鏈。

第二個優勢是 ICT / 半導體與系統整合供應鏈。智慧醫療落地需要的往往不是單一模型，而是一整套「邊緣裝置 - 感測 - 網路 - 雲端 / 地端運算 - 資安 - 系統整合 - 維運」能力；在醫院端，這也意味著導入方需要能同時處理 OT（如物流、藥事設備）、IT（HIS /

EMR)、以及 AI 模型生命週期管理。台灣在製造與系統整合上具備產業土壤，能把醫療機器人、醫療 IoT 以及 AI 應用做成可複製的解決方案。

第三個優勢是臨床場域密度與驗證速度。台灣醫療院所密度與就醫可近性，使臨床驗證與流程迭代可以更快發生，但前提是「資料與流程」能被標準化，而不是每家醫院各做各的。衛福部也指出傳統各自開發的電子病歷與 HIS，會造成資料格式不一致、阻礙智慧醫療發展，因此推動以國際標準為底的次世代平台。換言之，台灣的優勢不是「有資料」而已，而是有機會把資料變成標準、把標準變成流程、把流程變成可規模化的減壓成果。

▼ 國內政策與法規洞察

因此如何真正能讓 AI 與機器人落地、並避免變成臨床醫護人員新負擔的政策關鍵詞，可濃縮成四組：次世代 HIS、FHIR、治理、取證。

衛福部提出的次世代數位醫療平台 / 次世代醫療平台計畫，核心概念是「資料統一、規則統一與應用程式統一」，並以導入 FHIR、以 CQL 建立規則圖書館等方式推動跨院互通與行政效率提升。

這類方向若能確實落地，對於醫療院所管理者的意義在於：未來很多「不得不做、但做了不增值」的行政與申報工作（如規則核

對、資料補齊、重複填寫），有機會被系統層自動化，而不是靠人力硬撐。

另外 FHIR 的角色則是把互通變成工程語言。FHIR 由 Health Level Seven International 發展，定位為交換醫療資訊的電子標準。

台灣端，健保署已建立「臺灣健保署基礎實作指引」以確保欄位定義、命名規則與資料結構一致，並推動各情境實作指引引用與擴充，以降低重複開發與維護成本。

在申報數位治理上，健保署也以實作指引方式推進事前審查等業務情境，使醫院端能以標準介面與健保端溝通。

而在基礎設施面，健保署亦自 114 年起推動基層院所 HIS 雲端轉型補助計畫，強調提升資訊韌性、因應政策異動並提升資料應用彈性。

若站在產業角度看，這類政策讓「雲端化、API 化、標準化」不再只是醫學中心才做得到的事，而是可能向基層擴散，為遠距照護與長照整合奠定底盤。另外治理與法規則是落地的邊界條件。醫療資料屬高度敏感資料，台灣在健保資料的憲法判決中也明確討論資訊隱私保障與制度性防護機制的重要性。

而在電子病歷治理上，衛福部亦修正「醫療機構電子病歷製作及管理辦法」，強化傳輸加密、安全事故通報與處理等要求，並推進電

子病歷作為智慧醫療基石。另在 AI 治理上，衛福部以智慧醫療規範更新公告，提出負責任 AI 的治理方向，包括成立管理制度、透明揭露與生命週期管理。

最後，若 AI/ 機器人具有醫療器材屬性，仍需回到取證框架。食品藥物管理署已公告 AI/ML 技術之醫療器材軟體查驗登記技術指引，並公布核准清單，讓產業能依循資料準備與上市管理要求。

對醫院端而言，這代表導入時需區分「院內流程工具」與「具醫療器材屬性的臨床決策 / 診斷工具」，以免在合規與責任歸屬上踩雷。

表 1. 國內政策與法規洞察

政策 / 制度工具	目的與方法	對醫院管理者的直接意義	對產業的直接意義
次世代數位醫療平台方向	以「資料 / 規則 / 應用程式統一」推動互通，導入 FHIR、CQL 等	降低跨院資料整合與申報規則成本，讓減壓工具可在系統層擴散	讓解決方案可用標準介面規模化交付、降低客製化成本
健保署 FHIR 實作指引體系	建立基礎實作指引與情境 IG	申報 / 審查流程可 API 化，減少重複填報與人工核對	形成可重用的介接市場與工具鏈
基層 HIS 雲端轉型補助	協助院所地端環境移轉到雲服務	提升韌性與政策應變能力，縮短維運與更新週期	推動雲端 HIS / 資安 / 維運服務模式
電子病歷管理辦法修正	強化加密、事故處理與管理機制	導入雲端與跨院交換時，有更清楚的資安合規底線	供應商需具備資安、加密與稽核能力
AI/ML SaMD 查驗登記指引與核准清單	明確 AI/ML 醫療器材軟體取證路徑	採購與導入需確認是否屬醫療器材、相應責任與監測	產品化與上市策略更透明，可加速研發投資決策

▼ 國內智慧醫療與機器人案例

如何才能真正能說服醫院與產業界，不是「我們也應該做智慧醫療」，而是「做了之後，醫護的時間確實被釋放」。以下三個台灣案例，剛好分別對應臨床最常見的三種減壓場景：文書、訪談與衛教、物流搬運。

案例 ①

▼ 語音與 AI 紀錄把護理病歷從半小時縮到 3 分鐘

亞東紀念醫院導入 AI 智慧紀錄系統，強調提升語音辨識準確率至九成以上，並在急重症單位用於自動撰寫護理紀錄、病情解釋與身體評估紀錄；公開資訊指出，撰寫紀錄時間可由原本約 30 分鐘縮短至約 3 分鐘。

因此整個核心重點在於同樣是「語音轉文字」，醫療版的價值不在轉錄，而在「把口述內容結構化、去口語贅字、補齊醫療名詞、嵌回既有工作流」。因此該案也提示一個落地關鍵：院內需建立語料標註與術語資料庫，才能把通用 ASR 變成臨床可用工具。

案例 ②

▼ 生成式 AI 讓化療照護訪談與紀錄時間節省逾八成

中國醫藥大學附設醫院公開其生成式 AI 應用頁面，描述「化療小幫手」以大型語言模型協助副作用評估與衛教資訊支援；並引用使用者問卷調查結果指出，可將原本需 20 分鐘至 30 分鐘的訪談與紀錄時間縮短至 5 分鐘至 10 分鐘，時間節省可達約八成以上。這類工具的管理價值在於「把高頻、低變異、但必須做得很完整」的工作（副作用清單、衛教重點、追蹤項目）做成半自動化，並把「一致性」當作品質指標，因為對高齡與慢病照護而言，一致性往往比華麗更重要。

案例 ③

▼ 醫療物流機器人把開刀房運送工時減半

工業技術研究院與高雄榮民總醫院合作導入醫療物流 AI 機器人「阿幫」，用於開刀房與護理站之間血品與醫材運送。高雄榮總公開新聞稿指出，導入後護理人員每日運送次數可由 240 次降至 120 次，等同每日節省約 720 分鐘人力時間，相當於約 1.5 人力工作量。這個案例的重要性在於：它解決的不是「搬運能不能搬」，而是「把搬運這件事從護理工作流中剝離」，讓護理回到照護。對超高齡社會來說，這類剝離意味著醫院能用同樣的人力，照顧更多複雜度更高的病人。

▼ 國家對照：AI 文書減負有效，但成效取決於導入方式

補充一個國際對照可提醒台灣：並非任何 AI 文書工具都必然帶來巨大節省。以環境式臨床紀錄的研究為例，有研究顯示可減少每週下班後補病歷時間約 2.5 小時，並降低挫折與倦怠；但也有研究指出不同臨床場景、不同使用習慣會使效益呈現差異。

因此，真正能「穩定產生 ROI」的做法，不是追逐某一個模型，而是把導入做成可複製的流程工程：先選高頻痛點、訂 KPI、再進行工作流重設與治理。

表 2. 國內智慧醫療與機器人案例

類型	案例（公開來源）	主要痛點	公開成效數據	可複製的落地條件
AI 文書自動化	亞東：語音與 AI 紀錄	護理紀錄耗時、急重症資訊量大	紀錄時間約由 30 分鐘降至 3 分鐘；語音辨識九成以上	醫療術語語料、與護理工作流整合、持續校正
生成式 AI 輔助訪談與衛教	中醫大附醫：化療照護生成式 AI	訪談與紀錄重複、衛教需一致性	20 分鐘至 30 分鐘縮至 5 至 10 分鐘；節省逾八成（問卷）	標準化清單 / 模板、護理端可用介面、風險告知與覆核
機器人物流自動化	高雄榮總：醫療物流機器人「阿幫」	護理奔走、開刀房物資運送吃人力	運送次數減半；每日節省約 720 分鐘；約 1.5 人力	派遣 / 路徑管理、電梯 / 門禁整合、感染管制與動線設計
AI 文書工具國際對照	國外研究：環境式紀錄	下班補病歷、倦怠感	每週減少約 2.5 小時下班後補病歷時間（研究）	採用與訓練、場景匹配、品質監測與稽核

▼ 從臨床痛點到技術落地

上述案例共同指向一個結論：成效不是「導入 AI」帶來的，而是「流程被重設」帶來的。因此，若要在院內複製「減壓」，建議把落地拆成「系統性轉型框架」，並且每一步都有明確產出物與責任歸屬。

系統性轉型框架

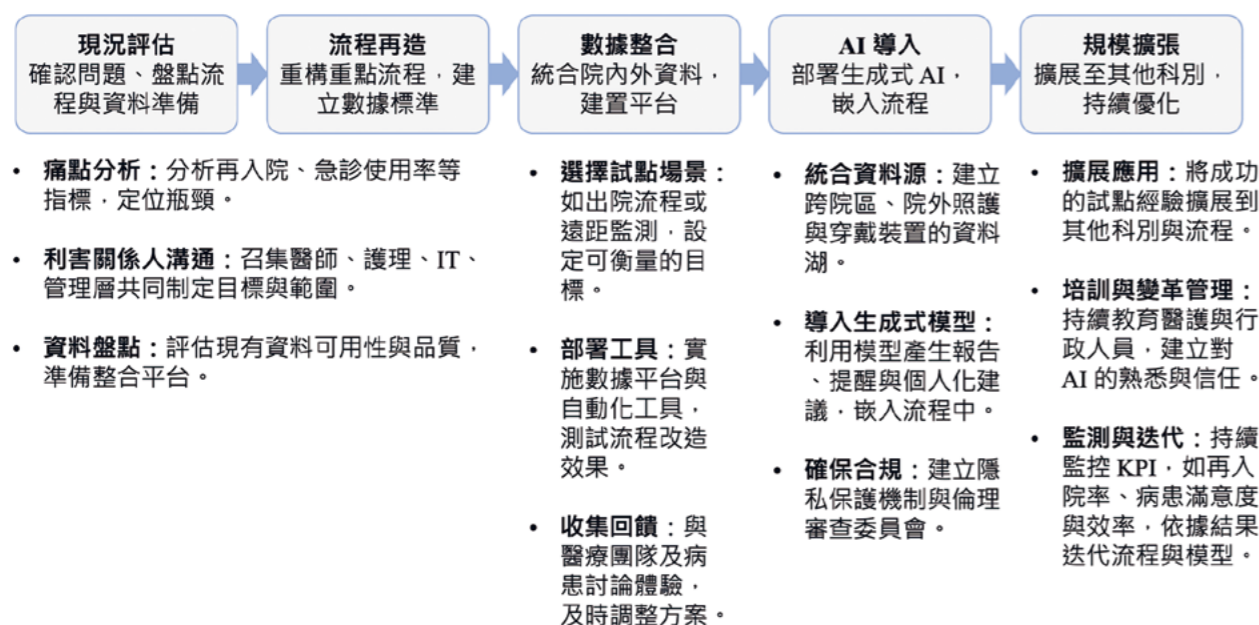


圖 2. 從臨床痛點到技術落地轉型框架

這個流程圖之所以重要，是因為它把「AI/ 機器人導入」從採購案，變成了「臨床生產力工程」。管理者真正需要的是：把每個試點都做成可複製的模板，讓第二院區、第三科別導入時不必重來。

▼ 產業與醫院導入策略

對醫院管理者而言，導入策略建議遵循「先減壓、再擴張；先閉環、再擴點」。

第一，請用「**減壓 KPI**」而非「**功能清單**」當採購規格。以公開案例可見，最能說服人的 KPI 往往非常直接：一張紀錄省下幾分鐘、一

天省下幾小時、運送次數下降多少、候藥與候檢時間縮短多少。

第二，**把資料標準化當作投資而非成本**。沒有欄位定義一致、術語一致、介面一致，AI 會變成各院區各做各的「一次性專案」。健保署與衛福部推動的 FHIR 實作指引與次世代平台方向，正是為了避免這種碎片化。

第三，**將資安、隱私與責任歸屬納入導入的第一天**，而不是上線前一週才補。衛福部已修正電子病歷管理辦法以強化傳輸加密與安全事故機制；在 AI 治理上也提出負責任 AI 的生命週期監測與透明揭露要求。

對產業而言，策略則是「**以標準化產品承接政策、以可驗證成效承接院方**」。也就是：產品要能對接 FHIR、能被部署在院方合規架構內、能提供可稽核的效能與安全監測；並在涉及醫療器材時，依 TFDA 指引準備查驗登記與上市後變更管理。

▼ 結語與政策建議

台灣要把 AI 與機器人做成智慧醫療競爭力，與其問「我們能不能做出世界級模型」，不如先問「我們能不能做出世界級落地系統」：用標準把資料接起來、用治理把風險管起來、用流程把醫護時間省下來，最後把省下來的時間投入高齡照護最需要的連續性與可近性。

因此建議將整個政策面建議聚焦三點。

其一，讓標準與互通「走完最後一哩」：FHIR 實作指引、欄位定義與術語治理需持續擴充，並用實際業務場景（申報、轉診、出院銜接、長照轉介）驅動。

其二，讓治理變成可稽核能力：以負責任 AI 的制度、透明揭露與生命週期監測為前提，建立醫院端「AI 上線即負責」的標準作業。

其三，把給付與評估機制納入落地：減壓類工具的價值往往不在「多做一項診斷」，而在「少耗掉一段人力」。因此，若能把工時回收、錯誤率下降、照護品質提升等指標納入影響性評估，將更有利於智慧醫療擴散，也更能支撐健保永續。



從政策面及市場面 談智慧長照

▼我國長照 3.0 智慧科技輔具導入有三支箭

衛生福利部自 2024 年起為期 4 年的「住宿機構照顧品質獎勵計畫」以及「日間照顧中心導入科技輔具計畫」兩個獎補助計畫，以計畫推動與獎勵長照機構應用智慧輔助技術，是衛生福利部在「健康臺灣」與「長照 3.0」的智慧照顧的重要基礎政策，可謂智慧科技輔具導入的兩支箭，將可以改善機構住民或服務利用者的照顧品質，也讓照顧環境更加友善，降低照顧負荷。而 2026 年在居住社區的長照失能者的【智慧科技輔具給支付新制】，採「全租賃模式」以及「供應商向縣市政府報備的自由定價」，涵蓋的長照失能者最廣泛、人數最多，且屬於法定的長照服務項目，不再僅是計畫型獎勵，而是納入法制常態性的制度，將是我國長照 3.0 智慧科技輔具導入最有力的第三支箭，也將是臺灣長照輔具租賃制度的試金石。即將在 7 月 1 日正式上路的智慧科技輔具租賃補助，是長照 3.0 中的重點政策。過往長照 2.0 對購買傳統輔具的補助給付額度為每 3 年 4 萬元；新規則增加全租賃智慧科技輔具給付項目，並將補助額度提高至每 3 年最高 6 萬元，希望藉此強化科技輔具應用，降低家庭照護負擔。

然而，衛生福利部在長照輔具的給付（E 碼）的規定，在今年 7 月 1 日採行傳統輔具（E 碼第 1 組，每名長照失能者 3 年 4 萬元額度）智慧科技輔具（E 碼第 2 組，每名長照失能者 3 年 6 萬元額度）是僅能「二擇一」方式申請，一旦選定其中一項，3 年內不可變更。預估若

沒有經過各縣市充分的宣導，將造成市場以及民眾的混亂。提醒有意進軍長照智慧科技輔具給付市場的廠商，要多諮詢衛生福利部、衛生福利部社會及家庭署輔具資源整合推廣中心（中央層級輔具中心），或是各縣市政府輔具中心。

（E 碼第 2 組）分為五大類輔具，包含移位類（EI01）、移動類（EI02）、沐浴排泄類（EI03）、居家照顧床類（EI04）與安全看視類（EI05），涵蓋家庭與社區照顧活動中最重要之五大類。給付之重點注意事項有：

1. 智慧科技輔具係指應用過程中長照給付對象在居家環境中之身體、生活照顧及自主復能訓練相關數據能夠進行感測、數據記錄、傳輸、分析與回饋機制，具有維護照顧安全性，減輕照顧者負擔，或有即時照顧需求時提供適當介入。
2. 智慧科技輔具租賃包含輔具、輔具選用建議、使用說明、輔具各項尺寸調整配置、諮詢、定期追蹤使用狀況、清潔消毒、運送、回收整備及相關服務。
3. 智慧科技輔具之給付，都須先有縣市輔具中心或縣市政府特約的甲類輔具評估人員完成輔具評估報告書確認需求。
4. 採由與每個縣市特約的智慧科技輔具經銷或門市廠商自訂月租賃價格，但須報經該縣市主管機關備查。
5. 租賃費用以一個月為一給（支）付單位，但半個月以下者以半個月計，超過半個月者以一個月計。



6. 租賃補助費用長照給付對象居住於原住民族地區或離島者，租賃價格加計百分之二十申報費用，免部分負擔，亦不扣長照給付對象之長照服務給付額度。

過往政府在推動輔具政策仍有缺憾之處，無論在身障、長照、醫療等輔具應用領域，臺灣目前施行的政策皆以補助購置為主，這與國際先驅大國的輔具給支付以租賃為主的作法背馳。以日本為例，自 2000 年起的介護保險，除了有關於清潔衛生的輔具或耗材類給付購置之外，即是全面施行福祉用具（輔具）租賃給付制度。在長照過程裡，使用者的健康狀態不斷改變，很難有輔具可以從一而終。而輔具租賃制度可以讓使用者能夠隨著時間和身體狀況而更換不同的輔具，彈性因應使用情境。另一方面，相較於買斷制，高端輔具購入價格高，無形中營造了進入補助購置市場的高門檻，對於廠商或使用者都缺乏動機。長照補助

文 | 財團法人臺灣輔具暨長期照護基金會
范庭瑄研究員、李淑貞董事長

輔具租賃可以降低使用者的經濟負擔，可以先行以租賃代替購置，不用負擔全額購入成本，可試用更多先進高品質產品。

談及長照產業的未來趨勢，輔具必將朝向「智慧化」與「整合化」的軌道高速發展，例如將精密的感測技術結合床墊與輪椅，即時監測受壓力的分布與異常姿勢，或是運用大數據與 AI 分析長輩的活動軌跡，藉此預防跌倒與壓瘡的發生，讓未來的智慧輔具不再只是被動承載重量的工具，而是能主動預警、參與照護決策的強大夥伴。

▼智慧科技輔具能解決照護痛點嗎？

智慧科技輔具的核心價值在於「勞動力的數位化轉型」。隨著高齡化社會與醫療人力短缺的壓力與日俱增，臺灣傳統照護產業正在資通數位轉型，以提高照護品質與降低照顧負擔為目標。首先，減輕家屬和照顧人員負擔，臨床現場常見人力不足與工作繁重，若設備只是增加數據輸入或操作步驟，反而適得其反。因此，透過自動化數據收集與整合，能有效節省時間，讓照護專注於照護品質。其次，對使用者而言，便利性與可理解性至關重要。許多長者與其照顧者對科技產品並不熟悉，若介面複雜或操作困難，將降低使用意願。設計上應強調直覺化與人性化，例如簡單的提醒功能、語音操作或清楚的圖像指示，才能真正提升依從性，讓照顧藉由智慧科技輔具變成可以負擔的工作。再者，在數據的應用，智慧科技輔具能收集大量資訊，但若缺乏有效分析與回饋機

制，這些數據難以轉化為實際幫助。結合人工智慧進行風險預測與個人化建議，例如提早預警活動風險，才能真正達到預防目標，而非僅止於記錄。

從被動應對轉為主動預判，過去照護者必須時刻守候，深怕長輩跌倒或病況突變。現在，透過各種安全看視與智慧穿戴裝置，系統能即時監測生命徵象與活動軌跡，排泄沐浴智能產品不僅節省水及時間，更是比人力清洗來得更乾淨，傳統步態訓練器搭配智能監控及專屬 APP，記錄每一次使用時間、行走距離與路徑數據，再進行訓練調整，每一次的狀況清楚掌握，不僅提升個案自信，也減輕治療師上課過程的支撐負擔。失智預防方面，遊戲陪玩訓練、燈光照等，將輔具產品輕鬆融入日常生活，減緩大腦退化。

掌握AI × 機器人趨勢，
2026年AI智慧機器人工程師證照
搶先布局未來職場！！

2026考試日程

『AI智慧機器人工程師』證照

『自動化工程師』證照

6月

12月

第33屆 自動化工程師
第19屆 機器人工程師

校園巡迴&報名時間
03.02-04.30

學科考試時間

06.13 (六)

自動化術科：06.14(日)

第34屆 自動化工程師
第1屆 AI智慧機器人工程師

校園巡迴&報名時間
09.01-10.30

學科考試時間

12.12 (六)

證照考試說明會
歡迎來信預約

考試報名及相關
資訊請上協會官網
www.tairoa.org.tw

洽詢窗口
02-23931413
exam@tairoa.org.tw

主辦單位

TAIROA 社團法人台灣智慧自動化與機器人協會
Taiwan Automation Intelligence and Robotics Association



中醫大醫院院長周德陽（左）與長聯科技董事長李友錚（右）共同推動護理機器人「愛寶」導入臨床應用。

愛寶 (EirBot) 讓醫護回歸專業： 從效率導向 到照護本質的智慧 醫療轉型

文 | 中國醫藥大學附設醫院院長 周德陽
長聯科技董事長 李友錚

▼一、當科技回到人：從臨床現場出發的起點

在一個高度現代化的醫院體系中，最稀缺的資源，往往不是昂貴設備或尖端技術，而是具備專業與溫度的「人」。

當一位護理師在一個班次中步行超過兩萬步，仍難以停下腳步，向病人完整說明一項治療；當繁瑣的紀錄、重複性的衛教與非專業任務佔據了大部分時間，使專業判斷與人性關懷逐漸被壓縮，我們不得不重新思考一個根本問題：科技的進步，是否真正讓醫療更接近人？

在台灣，少子化與高齡化交織，照護需求持續攀升，護理人力長期面臨結構性缺口。醫療體系所承受的，已不僅是短期人力不足，而是整體資源配置與工作模式的挑戰。在這樣的背景下，「補人」不再是唯一解方，如何重新分配人力、回到照護工作的本質，成為更關鍵的課題。

「愛寶 (EirBot)」的誕生，並非為了展現人工智慧的技術能力，而是源自一個務實且直接的問題：我們能否，為護理師多爭取一分鐘？因為我們相信，當人工智慧 (Artificial intelligence, AI) 能為醫護節省一分鐘，病人就能多獲得一分鐘的照顧。這樣的出發點或許簡單，卻指向醫療最核心的價值——讓忙碌的醫護人員回到專業本質。

▼二、從工具到夥伴：AI 在臨床中的重新定位

在多數討論中，人工智慧常被視為提升效率的工具。然而，在醫療場域中，單純以效率衡量其價值並不足夠。醫療的本質，仍建立在專業判斷、溝通與信任之上，這些正是人難以被取代的核心能力。

因此，愛寶 (EirBot) 的設計，並非著眼於取代人力，而是重新思考人與科技之間的分工。透過承接可被標準化的任務，如病房導覽、物資遞送與基礎衛教說明，愛寶協助釋放護理人員的時間，使其能回到更具價值的臨床判斷與病人互動。

在智慧衛教的應用上，愛寶進一步展現生成式 AI 在臨床場域的實際價值。系統透過大型語言模型的領域微調，並結合檢索增強生成 (RAG) 架構，其知識來源完全建基於中醫大體系內部經專業審查的醫療文本，確保內容的正確性與一致性。同時，系統設計上強調「知道自己不知道」的防護機制，當面對缺乏實證或不確定的問題時，能如實回應並避免不當推論，提升整體問答的可靠度。經實務調校後，愛寶在多數情境下可於 3 至 5 秒內完成回應，並以精簡、易於理解的對話方式呈現，符合臨床現場快速溝通的需求。在實際應用中，這樣的設計不僅提升了衛教的可近性與即時性，也減輕了醫護人員在重複性說明上的負擔，使溝通品質得以維持在穩定且可被信任的水準。

因此，AI 在此不再只是單一功能的工具，而是在清楚的邊界與設計原則下，成為協助醫護人員完成照護工作的夥伴。其價值不在於取代，而在於讓人能專注於更重要的事——判斷、理解與關懷。

▼三、在醫療場域中建立信任：從「零幻覺」到「醫療主權 AI」

然而，醫療場域對 AI 的要求，遠高於其他產業。

在許多應用中，AI 的「不確定性」或「創造性」可能被視為優勢，但在醫療中，這樣的特性反而可能成為風險。所謂的 AI 幻覺 (hallucination)，在临床上並非單純錯誤，而

可能直接影響病人安全。因此，在愛寶的設計中，我們做出了一個關鍵選擇：不依賴開放式雲端模型，而是建立院內專屬的 AI 系統。

所有資料處理與推論，均在醫院內部伺服器完成，確保醫療資訊不外流，同時讓知識來源完全可控。透過結合檢索增強生成 (RAG) 與經過臨床審查的知識庫，系統僅能基於可信內容進行回應，並具備「知道自己不知道」的機制，避免不確定情境下的錯誤輸出。這樣的架構，不只是技術選擇，更是一種價值立場：在智慧醫療中，效率不能凌駕信任，創新不能犧牲安全。同時，這也延伸出「醫療主權 AI」的概念——讓醫院對自身資料、模型與決策邏輯擁有完整掌控權，建立可被驗證、可被治理的 AI 系統。

相較於其他產業，醫療場域對人工智慧的要求更為嚴格。生成式 AI 所可能產生的「幻覺」(hallucination)，在臨床上不僅是資訊誤差，更可能影響醫療決策與病人安全。因此，如何在提升效率的同時確保內容正確性，成為 AI 導入醫療的關鍵前提。

基於此一考量，愛寶 (EirBot) 在系統設計上採取以「可信任」為核心的架構。不同於一般依賴雲端模型的應用模式，系統採用院內地端部署，所有資料處理與模型推論皆在醫院安全環境中完成，確保醫療資訊不外流，同時提升系統治理與資料掌控能力。

在知識來源上，系統結合大型語言模型的領域微調與檢索增強生成 (RAG) 機制，所

有回應皆基於中醫大體系內部經專業審查的醫療文本，避免不具依據的內容生成。同時，系統亦設計「知道自己不知道」的防護機制，當面對缺乏實證或不確定的問題時，能如實回應，降低錯誤資訊產生的風險。

在確保生成品質的技術實作上，團隊進一步優化知識處理方式。透過語義導向的文本切分方法，取代傳統固定長度分段，使每一段知識內容維持單一主題脈絡，降低生成過程中的語意混淆風險。結合專屬醫療知識庫與檢索機制，系統回應能持續對應到可驗證的來源，提升整體問答的一致性與可靠度。

透過上述設計，愛寶在臨床應用中不僅具備回應速度與使用便利性，更在資訊正確性與安全性上建立穩定基礎。這樣的架構，不僅回應了醫療現場對「零幻覺」與高資安的要求，也進一步形塑「醫療主權 AI」的概念——讓醫院對資料來源、知識內容與運作邏輯保有完整掌控，建立可被信任且可持續發展的智慧醫療系統。

▼四、從單點應用到系統整合：AIoT 智慧醫療的實踐

愛寶的價值，並不僅止於單一機器人的功能，而是在於其被整合進整體醫療系統後所產生的協同效應。透過與醫院資訊系統 (HIS) 以及 AI 戰情中心的連動，愛寶能夠在執行任務時理解病患背景與風險狀態，並與臨床流程保持一致。例如，在遠距查房情境中，醫師可

透過機器人進行即時視訊互動；在異常事件發生時，系統亦可主動通報，提升安全性。此外，透過專屬 APP 的設計，護理人員可以進行遠端調度與監控，使人機協作更具彈性與即時性。

這樣的架構，逐步形成一種新的照護模式：從單一任務的自動化，走向跨系統的智慧協作；從被動執行指令，走向即時感知與預警。也因此，愛寶不再只是「一個產品」，而是 AIoT 智慧醫院體系中的一個節點，與其他數位系統共同構成整體照護網絡。

▼五、從醫院走向產業：商業模式與擴展潛力

在智慧醫療的發展過程中，一個關鍵問題始終存在：如何讓創新不只停留在單一場域，而能被規模化與複製？

針對這一挑戰，愛寶採用了 Robot as a Service (RaaS) 的商業模式，將硬體、軟體與持續升級服務整合為訂閱制方案。這不僅降低醫院初期導入門檻，也確保系統能隨技術進展持續優化，避免傳統設備快速貶值的問題。同時，在技術層面，透過模組化設計與標準化介面，使系統具備跨院導入的潛力。供應鏈方面，強化在地製造比例，提升資安與地緣政治韌性，也為國際市場拓展奠定基礎。

這樣的策略，使得愛寶不僅是一項院內創新，更具備成為「可輸出的智慧醫療解決方案」的條件。

生成式醫療機器人語意中控與知識互動架構圖



生成式醫療機器人語意中控與知識互動架構圖。



▼六、跨域挑戰與未來藍圖：從病房走向整體照護體系

在實際導入過程中，我們也清楚看到，讓 AI 從實驗室走入臨床，遠比想像中困難。醫院環境高度動態，走廊中充滿推床、儀器與人流，加上網路訊號不穩與噪音干擾，對機器人的定位與感知能力提出極高要求。這促使團隊持續優化 SLAM 演算法與邊緣運算能力，也提醒場域方必須同步升級基礎建設。未來發展上，結合代理人式 AI (Agentic AI) 與視覺語言模型 (VLM)，將使機器人具備更高層次的自主判斷能力，例如環境風險辨識、點滴監測等，進一步強化臨床支持功能。

更重要的是，這樣的系統不應侷限於醫院內部，而應延伸至長照機構與社區場域，形成連續照護 (continuum of care) 的整體架構，回應高齡社會的長期需求。

▼七、結語：從效率工具到醫療轉型的關鍵力量

回到最初的問題——科技是否讓醫療更接近人？

透過愛寶的實踐，我們逐漸看到一個可能的答案：當 AI 被正確地設計與導入，它不只是提升效率的工具，而是讓人重新回到照護核心的關鍵力量。這樣的轉變，不只是某一家醫院的案例，而是一種可以被複製、被擴展的模式。當醫療體系持續面對人力與需求的結構性失衡，唯有透過跨領域合作，讓科技真正融入臨床流程，才能建立更具韌性的未來醫療系統。

而在這個過程中，我們始終相信——真正重要的，不是 AI 能做多少事，而是它是否讓人，有機會做回更重要的事。



愛寶協助釋放護理人員的時間，使其能回到更具價值的臨床判斷與病人互動。

智動化技術 人才媒合活動

因應國際趨勢及產業競爭力需求，企業紛紛投入智慧製造，朝向數位化、智慧化轉型而「人才」便是產業升級的關鍵要素。為招募更多菁英投入智動化產業，將於2026年3月至8月辦理**人才媒合活動**。

本活動共邀請上銀科技、大銀微系統、復盛應用科技、新呈工業、鴻準精密，多家智慧製造領域的優質企業，提供超過250個職缺，**優渥薪資最高達10萬/月**。

相關職缺及活動已公告於TAIROA官網專屬網頁請掃右方QRcode了解詳情。

主辦單位 **TAIROA** 社團法人台灣智慧自動化與機器人協會 | 贊助企業 **HIWIN 上銀科技** **大銀微系統 HIWIN.MIKROSYSTEM** **復盛應用科技 FUSHENG PRECISION**

HIWIN 上銀科技

~歡迎加入我們的陣容-讓應用/實體AI真正落地的場域~
上銀科技為傳動控制與系統科技世界領導品牌，專注於高速、高精度、環保節能特性之關鍵零組件的研發與製造，是企業實踐智慧工廠的最佳夥伴。產品系列包括：滾珠螺桿、線性滑軌、特殊軸承、諧波減速機、Torque Motor迴轉工作台、工業機器人、晶圓機器人及醫療機器人。
上銀科技擁有多個海外據點，如：德國、美國、義大利、日本、瑞士、捷克、法國、新加坡、韓國、中國蘇州、保加利亞等，提供世界級的舞台。

您可至上銀科技線上履歷頁面投遞履歷
或自備履歷投遞至 recruiting@hiwin.tw



大銀微系統 HIWIN.MIKROSYSTEM

大銀微系統為傳動控制與系統科技之機電整合者，是全球少數能同時提供線性馬達、力矩馬達及奈米級定位平台等解決方案之廠家。技術水平與德、日、美等先進國家並駕齊驅，客戶群涵蓋半導體、面板、工具機、自動化及醫療等產業，銷售實績遍佈全球。
大銀微系統擁有豐富的全球整合資源、多元的訓練管道，歡迎各領域人才加入大銀行列，提升您的職涯高度、定義您的新未來！

您可至大銀微系統之「104人力銀行」
或線上履歷頁面投遞履歷



活動窗口

04-2358-1866 #51 凌小姐 / joy@tairoa.org
台灣機器人與智慧自動化展(TAIROS)
2025智動化產業技術人才媒合活動

智護家園的溫柔革命

從板橋榮家實踐 看「人機共生」 如何重塑長照專業 價值

隨著台灣邁入超高齡社會，長照現場面臨勞動力短缺與照護複雜度攀升的雙重挑戰。身為全國最大規模的住宿型長照機構，板橋榮家積極推動「數位與淨零」雙軸轉型。本文以「需求端」視角，分享導入西格瑪 (Sigma) 整合輕便型自主機器人之實務經驗。透過將重複性重體力勞務交予機器人，讓護理與照護人員回歸專業本質。本文論證，機器人的引入並非「替代人力」，而是透過「人機協作」建構具備韌性的智慧照護生態系。

▼一、照護現場的沉重背影：從勞動力危機到韌性照護的轉型之路

護理與照護的本質是「人與人的連結」，但在現行的傳統長照模式中，這份溫暖往往被繁瑣且沉重的庶務所掩蓋。在板橋榮家這樣的大型機構中，護理人員與照服員每天面臨極高強度的體力負荷。以每日配送尿布、餐點與物資為例，這類「非專業性」的搬運工作佔據了同仁大量的時間與體能，導致其在面對長輩時，往往已疲憊不堪，難以維持高品質的情感互動。

更艱難的挑戰在於夜間巡房。為了確保失智或失能長輩的生命徵象安全，同仁必須在不穩定的光線下頻繁進出房間。這不僅干擾長輩的睡眠品質，更可能因視覺死角或疲勞，導致離床墜跌的預警出現斷點。

此外，住宿型長照機構的高度群聚性，使得防疫與感控成為另一項嚴峻的挑戰。當社區流感或傳染疾病流行時，頻繁的物資遞送、翻身、巡視與生理量測，無意間增加了照護者與長輩、以及長輩與長輩之間的物理接觸次數。在這種「高頻接觸」的環境下，一旦發生疫情，極易演變為連鎖性的交叉感染。這不僅對高齡族群的生命健康構成極大威脅，更讓第一線同仁在執行必要照護時，背負著巨大的心理壓力與染疫風險。

這些長久以來的「痛點」，正是板橋榮家推動數位轉型、尋求「科技共照」的最深層契機。我們需要的不是更昂貴的技術，而是能真正深入「窄巷、暗夜、體力瓶頸」以及「防疫零接觸」的智慧解方。

▼二、科技的微型守護：微型機器人的大數據與非接觸感測的溫柔革命

在眾多科技產品中，我們選擇導入「西格瑪 (Sigma) 整合輕便型自主機器人」，其核心優勢在於對長照空間的高度適應力，以及在非常時期展現出的感控韌性。

(一) 窄巷穿梭的靈活性：老舊機構轉型的微型解方

傳統的大型機器人常受限於機構內狹窄的走道或病床間距，往往在轉向或交會時造成不便。西格瑪機器人不到 30 公分寬的極簡機身，能輕易進入床邊區域，不阻礙同仁的操作空間。這

在寸土寸金、硬體結構既定的老舊機構轉型中，展現了極高的導入價值。尤為關鍵的是，在流感或傳染病期間，這種微型機身能精準遞送物資至「隔離自主觀察室」，在不需擴大接觸範圍的前提下，完成高風險區域的勤務，成為感控分流的最強後盾。

(二) 不干擾睡眠的「隱形監測」：不干擾睡眠的隱形守護

我們最看重的是其搭載的非接觸式生理量測技術。傳統上，量測呼吸與心跳需要接觸長輩體表或穿戴設備，對失智長輩常造成心理壓力。西格瑪機器人能在不驚擾長輩的情況下，於夜間自動巡航，每晚可高效監控 30 至 40 床的生理數據。

▼三、當感控遇上自動化：構築長照機構的生物安全屏障

面對流感或傳染病威脅，西格瑪機器人展現了其在感控實務中「數位隔離牆」的角色。

在疫情期間，這種微型機身能精準遞送物資至「隔離自主觀察室」，在不需擴大接觸範圍的前提下，完成高風險區域的勤務，成為感控分流的最強後盾。同時，這種「環境即監測」的設計，更在防疫實務中扮演了「數位隔離牆」的角色。在傳染疾病好發期，非接觸式量測意味著「零接觸感測」，有效避免了傳統血壓計、血氧儀在不同長輩間交替使用時可能

文 | 板橋榮譽國民之家
家主任 / 長照暨護理專家 陳桂美

造成的交叉感染路徑。這讓數據採集變得溫柔、無感且安全，真正落實了科技守護的人本精神，在保護長輩健康的同時，也為第一線照護同仁建立了一道隱形的防護屏障。

▼ 四、思維的典範轉移：從「替代人力」到「人機協作」，將勞務交給機器，將專業歸還護理

在導入初期，第一線同仁最常見的疑慮是：「機器人是否會取代我的工作？」身為管理者，我們透過教育與實證，成功將思維轉型為「人機協作」。

我們將機器人定義為「最有力的學弟妹」。那些彎腰搬運重物、深夜來回巡房的「勞務 (Labor)」，交給具備高穩定性的機器人；而需要精準判斷、情緒關懷與健康決策的「專業照護 (Care)」，則歸還給護理師與照服員。

當機器人替同仁省下了每天往返遞送物資的 3 公里路程，這節省下來的時間，變成了同仁可以坐在床邊聽王爺爺講故事的時光。科技解放了同仁的雙手，卻也增加了同仁與長輩「牽手」的頻率。這種從「重複勞動」到「專業價值提升」的轉變，是長照轉型成功的靈魂。

▼ 五、實質成效與人機回饋：從數據看見轉型的溫度

透過這項科技導入，板橋榮家在營運效能上獲得顯著成果：

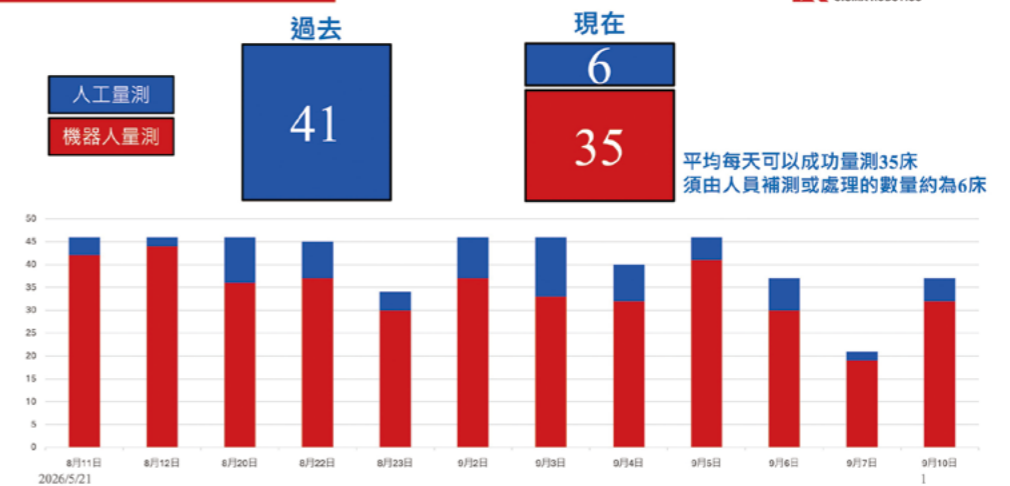
(一) 降低職業傷害與離職率：數據顯示，自導入自動配送系統後，同仁因長期搬運導致的腰椎與關節損傷申訴降低了 25%。同仁勞動強度的下降，直接反映在工作滿意度與留任率的提升。

(二) 防疫期間的「防火牆」：在疫情肆虐期間，機器人的優勢更為凸顯。西格瑪機器人負責自主觀察室的物資運送與巡視，大幅減少了工作人員頻繁進出高風險區域的次數，進而降低了交叉感染的風險。這種「非接觸式服務」在未來面對各類傳染病時，是建構「韌性長照」不可或缺的防護力量。透過這項科技導入，板橋榮家在營運效能與「以人為本」的照護品質上，獲得了質與量的雙重突破。

(三) 數據實證：從昂貴夢想走向落地的現實根據我們內部的「智慧照護月統計報表」顯示，機器人不再是展示用的科技品，而是實打實的照護戰力：

1. 狹窄空間適應率 100%：統計顯示，微型機器人能穩定進入原本大型設備無法抵達的床邊狹窄區域（寬度不足 40 公分處）。
2. 高效能生理量測：結合緯創醫學技術，機器人每晚可在 2 小時內完成 30-40 床的呼吸與心律量測。

巡房量測結果紀錄



3. 穿透性的無感守護：實證顯示，即便隔著病床布簾，感測器依然能精準判讀數據（呼吸、心律、離床或跌倒），這對於維護長輩隱私與降低驚擾至關重要。
4. 工時替代效益：對於一個 70 床的照護單位而言，將每天兩次的例行性生命徵象量測交由機器人自動執行，有望每日減少 1 名人力工時，大幅舒緩基層人力荒。



從昂貴的夢想走向可以落地的現實。

(四) 防疫期間的數位「防火牆」

在流感流行期間，機器人負責物資配送與巡視，成功減少了同仁與自主觀察室長輩的非必要接觸，將交叉感染風險降至最低。

(五) 訪談實錄：第一線人機協作的多維感官回饋

我們記錄了第一線「人機協作」最真實的聲音，這些逐字稿反映了科技如何溫暖長輩的心，並重塑專業認同：

1. 住民視角：趣味與陪伴

- 陳伯伯：「嘿！那個『小跟班』又來啦！它就像我的小幫手一樣，每天晚上都會準時來看看我，我覺得很有趣，晚上睡覺也覺得有人陪。」

- 龍伯伯：（笑著說）「我現在都會先看時鐘，確認機器人幾點會到床邊，然後趕快乖乖躺好等它來幫我量。它小小一隻在那裡掃描，真的好可愛！」

2. 護理與照服視角：專業價值的重塑

- 護理師視角：意想不到的管理效能
「為了讓大家愛惜設備，我有時會開玩笑跟同仁說：『機器人會默默看著大家有沒有認真工作喔！』結果發現，大家看到機器人過來時，動作真的變得更輕柔、表現更專業。這變成了一種有趣的職場正向約束，這是當初沒想到的功用！」

- 照服員視角：從擔憂到解放

「剛開始很擔心機器人會搶走我們的工作。但後來發現，它把量體溫、送尿布這種累人的事做完了，我反而有時間能靜下來和長輩多聊幾句，專注在他們的心情好不好。以前晚上巡房都急匆匆的，現在感覺照護變得更有品質了。」

▼六、未來展望與產官學建言：建構智慧長照生態系

板橋榮家的成功經驗，證明了「需求驅動創新」的重要性。站在長照領航者的立場，我對未來的產官學合作提出以下三點期待：

1. 技術研發應回歸「人本尺度」：希望產業端持續開發更小型化、低功耗且具備高度溝通能力的機器人，讓設備不僅能做事，更能與長輩進行情感微互動（如：三微角色的扮演引導）。
2. 政策端應鼓勵「場域試煉」：建議政府將智慧輔具的導入納入長照機構評鑑加分或補助指標，降低中小型機構轉型的門檻，讓「板橋經驗」能全面複製。
3. 學界應強化「數位照護倫理」研究：隨著人機共生模式普及，如何界定科技介入的界限，確保數據隱私與生命尊嚴的平衡，將是未來長照學術研究的重要課題。

▼結語

科技的廣度，來自我們的連結；治理的深度，源於這份對生命的敬意。板橋榮家將持續在數位與淨零的雙軸轉型路上努力。我們相信，智慧機器人的加入，並不會讓長照變得冰冷，反而因為它們分擔了辛勞，讓照護者能騰出溫暖的雙手，去給予長輩更有溫度的擁抱。讓我們攜手努力，讓台灣的長照現場，因科技而更具尊嚴，因人本而更有香氣。

醫療自動化的典範轉移： 從精準手術手臂到全球臨床賦能生態系

" 技術本身從來不是門檻，真正的門檻是能否建立起讓技術持續運作的「人的生態系」。"

▼前言：從輔助工具到手術夥伴

過去 10 年，手術機器人經歷了一場靜默的革命。它不再只是外科醫師偶爾借助的輔助設備，而是逐漸成為現代外科訓練體系的核心基礎建設。根據 Fortune Business Insights 的產業分析，全球醫療器材市場規模預計將從 2024 年的 5,422 億美元成長至 2032 年的 8,867 億美元；其中手術機器人與微創相關設備，正是推動這波成長最重要的動力。

因應自身站上手術台以及指導學弟妹醫師的手術經驗以及參與醫療創投的實務工作者，我長期在「臨床現場」與「資本市場」兩個切角觀點間觀察醫療與醫材產業。而這兩種切角與角色更讓我清楚看到一件事：

文 | 秀傳醫療體系 中部院區總院長
黃士維

「技術本身從來不是門檻，真正的門檻是能否建立起讓技術持續運作的『人的生態系』。」

本文希望從這個視角出發，分享秀傳對手術機器人臨床價值的深度思考，以及我們面向未來的全球發展布局。

▼一、手術機器人的真實代價：財務冰山與10年信任

很多人看到達文西 (da Vinci) 手術機器人 220 萬美元的售價，直覺開始用「加法」計算市場規模。但在我這個醫院經營者眼中，這個數字只是入場券。

根據秀傳比翼聯名基金的實務數據，一台高階手術機器人引進後，醫院每年面臨的持續性財務壓力高達 60 至 80 萬美元——涵蓋約 22 萬美元的折舊成本、30 萬美元的年度維護合約，以及每台手術 2,000 至 3,000 美元不等的變動耗材費用。這還不包含人力培訓與學習曲線期間的機會成本。

更殘酷的，是藏在帳面之下的「信任養成成本」。台灣達文西的早期代理商在市場尚未成熟之際，前後整整花了 10 年，才陸續賣出 20 台設備。這 10 年間，他們的團隊不只是在賣一台機器，而是派專業人員親赴手術室「陪醫生開刀」（甚至指導醫師使用機器人來開刀）。一場接著一場，用密集的教育訓練與陪伴，換取臨床端的信任與使用投入。

秀傳的策略：醫療人才教育訓練「基礎設施化」

這樣的醫材與臨床結合的經驗與理解，也正是秀傳在醫療教育上毅然投入現場與遠端手術訓練的原因——不只引進設備，而是同步建立「人才基礎設施」。透過 IRCAD Taiwan 與 MedTech StartHub，我們從三個維度落實這個策略：

- 1. 臨床沙盒 (Clinical Sandbox)：**讓工程師與醫師在訓練場域中真正對話以及協作，從開發端的討論到應用端的回饋與互動，讓台灣優秀的醫療、機械、半導體等軟硬體人才不再與醫療需求平行，而是提早討論與理解。
- 2. 不綁定原廠的能力培訓與訓練體系：**培養醫師具備系統性的操作判斷力，而非單一品牌的使用者，確保技術能在設備換代後依然延續，並且培育跨越設備與環境的紮實臨床操作能力。從基礎能力培養，則不論設備與環境的變化，醫師都可以快速上手，對於醫師的職涯競爭力、醫材的應用與拓展、國際的醫療賦能與援助都有幫助，一舉多得。
- 3. 賦能在地，輸出國際：**透過與菲律賓、越南等東南亞國家的長期醫療交流，秀傳輸出的不只是機器，而是一整套包含醫師培訓、遠距導師 (Proctoring) 與售後維護的系統化服務，藉此降低跨國醫療合作的門檻。

真正的競爭力不在於賣出第一台機器，而在於讓那台機器在原廠、代理商或經營權變動後，依然能穩定地幫助醫師救治病患。而這

樣醫材與臨床醫療整合的基礎，正是醫師的臨床手術訓練。

▼二、2026 年看到的技術轉變：不只是更精密的機器

在進入具體臨床案例前，我想先說說我觀察到的技術趨勢——因為這直接影響了秀傳的選機邏輯。2026 年的臨床機器人手臂，已不再只是「精密機械」的競爭。我在參訪各大廠商與 IRCAD 全球網絡的過程中，愈來愈清楚感受到：產業的核心競爭正在從「硬體精度」轉向「軟體定義」與「系統決策能力」。

Physical AI：術前規劃不再靠直覺

以往，外科醫師的術前規劃很大程度依賴經驗積累——你做過多少台，你就能預判多少狀況。但現在，物理 AI (Physical AI) 正在改寫這個邏輯。

這類技術能在幾分鐘內建構出具備「物理精確性」的虛擬手術環境，讓機器人在進入真實手術現場前，先在虛擬世界完成數萬次試錯與路徑優化。這解決了一個我在 IRCAD 訓練現場長期看到的痛點：年輕醫師的練習次數永遠不夠。當模擬訓練能以接近真實的物理精確度進行，學習曲線就會大幅壓縮。

光纖陀螺儀 (FOG)：把「觸感」還給醫師

另一個讓我印象深刻的技術，是感測端

的「減法創新」。傳統光纖陀螺儀體積龐大、成本高昂，多用於軍規或航太；但透過系統層級的重新設計，這項技術已被壓縮到可植入手術器械的尺寸。

光纖陀螺儀 FOG 技術提供了傳統感測器無法企及的精度與穩定性，使機器手臂能在快速反應與精密導航之間取得真正的平衡。對外科醫師來說，這意味著什麼？就是把「手的感覺」還給你——而這，正是機器人手術長期以來最常被批評的不足之處。

5G 專網：遠距手術的通訊底座

我認為，智慧醫療最缺的不是峰值頻寬，而是移動中一致可用的連線品質。5G 主動分布式天線系統 (Active DAS) 能解決機器手臂跨區移動時的連線不穩問題——對遠距手術而言，這是安全的底線，不是錦上添花。

▼三、IRCAD Taiwan：全球臨床手術訓練的中立賦能建設

"手術機器人在臨床普及的最大障礙，從來不是設備本身的功能與精密程度，而是「會用的人不夠多。」"

在 IRCAD Taiwan 的訓練教室裡，我每年都看到來自世界各地的醫師，第一次用手操作微創器械時眼神中那種既興奮又不確定的神情。這個畫面讓我持續確信一件事：只要訓練體系夠紮實，再新的技術都能被普及。秀傳與

IRCAD 合作 17 年，已累計訓練超過 1.5 萬名來自全球的專科醫師，提供從模擬操作到臨床實戰的完整培育路徑。

為什麼「中立」是 IRCAD 最重要的資產？

這個訓練體系的核心價值，在於它是一個不綁定任何單一廠商的「中立基礎建設」。醫師在這裡培養的是系統性的操作能力，而非某品牌設備的使用習慣。這意味著，當市場上出現更好的技術時，IRCAD 訓練出來的醫師能快速切換，而不會成為舊技術的人質。

在創投布局上，秀傳以「比翼秀傳聯名基金」為平台，截至目前已輔導超過 200 個醫療新創團隊，並實際投資 35 家生醫新創。我們提供的不只是資金，更是臨床驗證場域——讓新創公司能在真實的手術室環境中測試產品、優化設計，大幅縮短從實驗室到落地的路程。這解決了台灣醫療新創長期卡關的核心痛點：技術有了，但就是進不了醫院。

IRCAD 的三重轉譯功能

- 1. 技術過濾：**秀傳引進技術的邏輯極為嚴謹，通常由 IRCAD 全球網絡中的頂尖教授在課程中進行模擬操作並背書後，才會進入引進流程。這道「臨床把關」確保了每台設備在進入秀傳手術室前，已通過世界頂尖醫師的實地驗證。
- 2. 臨床痛點即時回饋：**醫師在 IRCAD 練習微創操作時若發現器械設計缺陷，能立刻與現

場研發人員溝通。這種基於臨床現場的「即時互動」，是驅動醫材創新的核心能量，也是一般技術展示無法複製的競爭優勢。

- 3. 大數據共享與 AI 學習：**IRCAD Taiwan 與法國、巴西、非洲等分部連線，共享手術案例數據，這對提升手術機器人的判讀準確率與導航模型至關重要。

▼四、B.E.S.T. 醫療創業課程，打破人才平行線的十年實驗

台灣醫療創新最深的痛點是「人才平行線」——醫師不懂規格，工程師不懂生理，兩條線不相交，但秀傳其實 10 年前就開始嘗試這件事了，也讓我重新相信這件事是可以改變的。

那就是 B.E.S.T. (Business, Engineering, Surgical Technology) 課程。

每年，我們把 20 幾位來自不同背景的年輕人拉進 IRCAD Taiwan——有醫師、有工程師，也有醫學系或工程科系的學生，更有對醫療創業感興趣的商科背景者，然後大家一起密集的討論 5 天（沒錯，就像駭客松一樣！），從早上 8 點操到午夜，只做一件事：「**把一個真實的臨床痛點，從零走到一，一份你站上去報告，並且有機會落地實踐的商業提案。**」

5 天的過程涵蓋了需求訪談、內外部客戶訪談、產品原型與最小可行產品 (MVP) 的快速驗證、專利布局的基本邏輯，一直到市場切

入計畫。這不只是課堂教的創業課內容，更讓大家一起密集的討論、應用、產出，學會「跟不同語言的人講同一件事，並且放入彼此的 Insight！」——醫師要讓工程師理解臨床現場的真實限制，工程師要讓醫師接受技術上的取捨與妥協。

10 年來，看到幾百位學員在這 5 天裡從「互相說不聽對方在講什麼」走到「做出一個彼此都相信的東西」。這個轉變，比任何一堂跨領域課程都真實，也都難忘。也是因為這樣的感動，讓秀傳與 IRCAD 一路投入這樣的跨領域合作課程與活動到了今天。

有些人在 B.E.S.T. 之後走進了醫院，有些人加入了新創，有些人回到研究室重新定義了自己的研究方向。但幾乎所有人都告訴我，他們在 B.E.S.T. 學到的那套「先把問題說清楚、再想解法」的紀律，以及「跨領域的專業投入與產出、應用驗證」是後來無論走到哪裡都用得上的基本功。

這才是 B.E.S.T. 最核心的意義——不是為了讓每個學員都去創業，而是在台灣的醫療與科技生態裡，種下一批能夠跨越語言屏障、真正對話的人。

醫材創新從來不缺點子，缺的是能把臨床需求轉譯成工程語言、再把工程限制轉譯回臨床應用情境的人才。B.E.S.T.，秀傳、IRCAD 的使命，就是培養這群人。

▼五、打破訓練的空間限制：我們為何執意推動遠距手術

即便有了 IRCAD 這樣的訓練中心，手術機器人的訓練體系依然面臨一個結構性困境，是我長期放在心上的問題。

達文西系統的設計讓主刀醫師完全掌控所有操作，助手幾乎無從介入。這意味著，一位年輕醫師跟著資深醫師完成了幾百甚至上千台手術後，實際上手操作機器人的時間依然極為有限。訓練量不足，直接導致信心不足，進而形成技術傳承的斷層。這個問題不解決，再好的設備都會被浪費在培訓週期上。

秀傳正積極推動的「遠距手術 (Telesurgery)」計畫，是我們對這個困境提出的系統性解方。預計 2026 年 5 月，秀傳將完成台灣首例遠距控制機器人手術 (動物活體)，控制台設置於台北，機器人手臂位於彰化，跨越空間距離進行即時遠端操控。

這項技術真正改變的，是誰有資格被訓練

- 1. 訓練模式革新：**資深專家不必飛赴各地，就能透過低延遲的遠距控制台，在關鍵時刻即時糾正學員的操作失誤。訓練成本大幅降低，訓練普及率大幅提升——這才是 5G 技術在醫療場域最實質的應用價值。
- 2. 人道救援延伸：**IRCAD 已與世界衛生組織 (WHO) 及國際機器人手術學會 (SRS) 達成協議，三方將共同推動遠距手術人道救援

計畫，讓這套技術的價值延伸至醫療資源匱乏的偏遠地區與戰區。

▼六、我們還在努力的事：資安、法規與人才斷層

在談了這麼多技術突破與投資布局之後，我想誠實地說說我們還沒解決的問題。因為在帶領秀傳走向國際化的過程中，這三件事是我最常在半夜想到的挑戰。

資安：最容易被忽視、後果最嚴重的風險

超過半數的醫療機構受訪者將資安視為最大風險來源。這個數字在幾年前看起來像是危言聳聽，但在機器手臂高度聯網的今天，一次針對手術系統的勒索病毒攻擊，可能導致的不只是資料洩露，而是手術中斷，是活生生的病患面臨的生命風險。

秀傳的未來布局將優先建構「企業架構層級的資安韌性」——從晶片底層建立量子安全的防護，確保手術指令與 AI 模型不被篡改，並針對連接設備攻擊制定完整的快速恢復計畫。在這個議題上，我們不能等到出事才行動。

法規：懂得玩規則的人才能定義規則

法規已成為醫材競爭力的核心壁壘。秀傳積極協助新創對接美國的 TCET（突破性醫材暫時性納保計畫），這個「以實證發展給付」的機制，讓創新的機器人技術在取得 FDA 許

可後 6 個月內即可納入保險給付，大幅縮短商轉期。台灣醫療器材管理法與三大 AI 中心的設立，也為秀傳 MedTech StartHub 的新創孵化提供了關鍵法源支持。

人才：「醫師不懂規格，工程師不懂生理」

這句話是我在籌備 IRCAD 全球基金的過程中，與各方夥伴討論最多次的問題。台灣的醫療創新長期卡關，很大程度上來自這條「人才平行線」。

身為外科醫師，我天生被訓練成「控制者」——在手術室，主刀醫師是唯一的權威，所有人都要配合你的頻率。但當我轉型為創投領袖、帶領 IRCAD 邁向國際時，我慢慢理解到，最成功的領導往往是學會如何不在場。你去，事情可能 100% 搞定，但團隊永遠長不大；讓團隊去，或許只有 70% 的效果，卻能換來一個具備與 WHO、川崎重工等國際大廠對話能力的混種人才。

▼七、結語：我們在定義的，是下一代的手術生態標準

回到智慧自動化的核心命題，手術機器人是目前醫療領域技術複雜度最高、同時也最能展現自動化價值的應用場景。然而，它的真正門檻從來不只是硬體的精密程度，而是能否建立起一套「人才培育 + 臨床驗證 + 持續服務」的完整生態系統。

秀傳過去 17 年的積累，讓我深刻理解到：一台再先進的機器人，若沒有「會用的人」、「敢用的文化」與「用得起的成本結構」，終究只是廢鐵。這正是我們持續投資 IRCAD 訓練體系、推動遠距手術、發起 IRCAD 全球基金的根本動力。

秀傳的布局核心，是「賦能者」角色的三位一體：

1. **技術端**：擁抱物理 AI 與軟體定義設備，透過 IRCAD 與 Zap-X 等高階平台落實去中心化的精準治療。
2. **產業端**：透過比翼秀傳創投與 MedTech StartHub，將臨床場域轉化為新創孵化器，打破「死亡之谷」的障礙。

3. **組織端**：實踐「領導減法」與賦能文化，培養具備國際視野與跨界對話能力的混種人才。

醫療智慧自動化的未來，不在於更貴的機器，而在於讓好技術能夠被更多醫師學會、讓更多病患用得到、讓整個醫療體系真正從中受益。

最後，2026 年 4 月底，我們預計開啟 IRCAD 亞洲微創手術訓練中心的第二期工程，也期許後續這樣的基礎設施不僅是第一步，更是打造人才與醫療臨床結合生態系的重要一步。

我們不只是採購最好的設備，更定義下一代的手術與醫療生態標準。
這是秀傳企盼在 2026 年及未來持續前行的定見與底氣。

從 Academic Impact 到 Patient Impact： 宏智生醫如何以腦機介面 AI 定義腦疾病智慧醫療新標配



宏智生醫創辦人劉益宏教授。

▼緣起：未被滿足的臨床痛點與投入產出比低的研究

根據 WHO 統計，全球憂鬱症患者超過 3.5 億，每年因重度憂鬱症導致自殺身亡人數超過 60 萬人，因此被 WHO 列為全球第二大疾病，僅次於心血管疾病，但憂鬱症是唯一沒有科學儀器檢測之疾病。

2012 年，我與臺大醫院啟動跨領域研究，後續更延伸至哈佛醫學院。在當時「SCI 論文至上」的學術氛圍下，這種投入產出比低、數據採集漫長的臨床研究被視為非主流。我們耗時 5 年，經歷繁瑣的 IRB 審核、臨床腦波數據收集（這步驟就花了超過一年半）與嚴謹的機器學習演算法開發，最終證實：僅需 90 秒的腦波結合 AI 模型，對憂鬱症的辨識率可達 80% 以上，分別在 2017 與 2018 年發表於 SCI 收錄的國際期刊。

文 | 國立陽明交通大學電機系 / 電控所 教授
宏智生醫科技股份有限公司創辦人、董事
劉益宏

然而，當數據顯示出技術具備落地的潛力時，我與研究生團隊面臨了一個決策：技術應停留在學術殿堂作為升等資產，還是應嘗試轉化為具備市場價值的醫療器材？2017 年，受到科技部推動教授創新創業政策的影響，我們決定參與「創新創業激勵競賽 (FITI)」，並從 200 多隊學研團體中獲選為前 5 名，從當時的科技部長陳良基教授手中獲得最高榮譽「創業傑出獎」。這座獎項成了我們走出校園、進入資本市場的起點。

▼撞牆：學術光環下的管理與信任危機

進入募資階段後，學術與產業間的斷層迅速浮現。首先是決策邏輯的衝突：學界習慣由上而下的指導，而公司經營則強調市場反饋。當時我缺乏財報能力與經管經驗，業界對於「教授身分」的尊重，往往難以轉化為對其經營能力的信任。幸而我並非出身一路頂尖的學霸路徑，這份背景讓我能坦然面對投資端「有話直說」的質疑。雖然每一個直擊痛處的場景當下都令人感到挫折、甚至自尊心受損，但這也逼著我快速抽離大學教授的既有身分。我意識到，要讓技術落地，創辦人必須先完成一場從抬頭挺胸到「折腰」的自我革命。因此，在一年多的募資期中，除了維持研究與產出，我投入大量精力研讀財務分析（即便對現在的我而言，那依然如天書般難以理解）、學習商業規劃與分析醫療器材法規路徑，並致力於「建立未來的團隊班底」。我必須從學術的「指導者」徹底轉化為商場的「執行者」。

▼挑戰：原創技術的「孤獨」與開發深水區

第二個挑戰在於科研成果產品化的精準度。實驗室的原型系統極其脆弱，若僅採取傳統「技術移轉」，缺乏原創團隊在容錯空間內的持續優化，產品幾乎注定失敗。然而，台灣傳統製造業習慣於高效、快速獲利，對於智慧醫材 (SaMD) 長達數年的研發與驗證週期，往往缺乏投資耐心。

更棘手的是市場定位的困局。由於技術具備高度原創性，當時全球尚無前例可循。在長期以「追隨者 (Follower)」策略獲利的台灣商業氛圍下，「缺乏模仿標的」反而成了投資人眼中的高風險因素。這種對於未知市場的觀望，成了我推動創新醫材時最沉重的阻力。「沒有競爭對手」反而成為了「不被看好」的募資障礙。

▼改變：從「爭取投資」到「尋找夥伴」

智慧醫療產品的研發只是起點，後續的法規門檻 (FDA/TFDA 取證) 與通路耕耘，皆是耗資鉅大的耐力賽。這段充滿挫折的募資過程，讓我徹底洗禮。我從最初「急於獲得投資」的心態，轉變為尋找具備遠見與穩定性的「策略投資人」。我體悟到：學界 0 到 1 的發現是技術開發的根，但唯有學會對齊商業規則、完成產學轉譯的漫長路徑，這項技術才能走出論文，產生實質的社會效益。

▼ 創立：仁寶電腦的信任與首家醫療級腦科技公司

2019年1月，宏智生醫科技股份有限公司 (Hipposcreen Neurotech) 正式於內湖科學園區創立。作為台灣第一家專注於「腦科技」智慧醫療診斷產品開發的公司，成功獲得仁寶電腦的戰略投資。同年3月，由我指導畢業的5位研究生與2位臺大實驗室學弟組成創業班底正式 On board。這支核心團隊至今仍並肩作戰，是公司最穩固的技術基石。

仁寶電腦總經理翁宗斌與時任科技部產學司長邱求慧（現任產發署署長）親自出席成立大會，見證了這場合作。仁寶投資逾億元的資金支持，不僅給予宏智穩健的財務基礎，更象徵了學界技術轉移至產業端並進一步產品化與銷售的成功創舉。



宏智生醫創辦記者會。右1/ 當時任教於北科大的創辦人劉益宏教授。中/ 科技部產學司司長邱求慧（現任產發署署長）。右3/ 仁寶總經理翁宗斌。

▼ 戰略：軟硬整合，築起法規護城河

在智慧醫療 AI 市場中，許多新創公司因僅開發軟體，常受制於前端硬體規格的變動與價格。一旦腦波放大器的倍率或頻寬改變，AI 模型就必須重新訓練，導致昂貴的臨床試驗與取證流程歸零，這對於新創公司來說將導致滅亡。此外，若前端硬體設備商抬高價格，將使產品的價格競爭力大幅下降。

有鑑於此，我創立公司後便下定決心先「造硬體」。我們將校園開發的腦波放大器電路進行產品化，克服低訊雜比與高安全性的技術挑戰，在一年內完成研發、開模與製造。2020年1月通過了SGS一系列標準測試，包含IEC 60601-1、IEC 60601-2-26、軟體確效、可用性評估，順利取得認證，並於同年底及2021年初，相繼取得美國FDA (K201747) 與台灣TFDA二類醫材上市許可（衛部醫器製字第007081號）。這使宏智生醫成為台灣第一家醫療等級的腦波儀製造商，從底層硬體徹底掌握了數據的精準度與合規性。

▼ 實證：打造台灣最大的憂鬱症腦波資料庫

有了硬體，還需要「真實世界數據」的腦波資料來設計 AI 模型並驗證。過往學術論文的數據常存在樣本數小、或多樣性不足與患者嚴重度 / 應用場域單一的限制。為此，宏智生醫 2021 年投入千萬資金，聯手林口長庚、基隆長庚、臺大與臺北榮總 4 間醫學中心，展開大規模憂鬱症腦波收集計畫。在

20 餘位精神科醫師的協助下，我們收集了涵蓋輕度至重度患者的萬筆腦波數據。在這個具備多樣性的腦波數據上開發了具備可靠度與準確度的 AI 判讀模型，這項研究成果於 2021 年發表於 Q1 頂尖 SCI 期刊，不僅確立了 AI 模型的判讀準確性，更為產品累積了深厚的學術與實證底蘊。



「憂可視 (SEA)」系統與實測場景。

▼ 挑戰：取得台灣首張腦機介面 AI 許可

2022 年，我們完成軟硬體整合及 UI/UX 優化，正式推出全球首台腦波 AI 憂鬱症精準輔助診斷產品——「憂可視 (SEA)」。公司進一步通過 BSI 認證的 ISO 13485:2016 醫療器材品質管理系統，成為國內少數具備公信力且資本穩健的醫材新創。

然而，醫療產品的終點不在論文，而在臨床安全。經過長達一年高壓的第三方臨床試驗與嚴苛的醫師諮議會審查，「憂可視」最終於 2023 年 11 月正式取得台灣第一張「腦機介面 AI 輔助診斷軟體醫材 (SaMD)」上市許可

（衛部醫器製字第 008104 號）。這不僅是一張門票，更是對宏智技術嚴謹度的最高肯定。

「憂可視」產品結合腦波儀（硬體）、圖形介面及 AI 演算法，透過雲端在 2 分鐘內擷取放鬆狀態的腦波資料並加以分析（軟體），提供客觀量化的 SEA 分數 (1 ~ 10) 表示憂鬱症機率。其具備三大優勢：

- (1) 具公信力：全球第一套取得主管機關許可，輔助診斷憂鬱症
- (2) 臨床實證：與三大醫學中心合作收案 400 人以上，並驗證準確性（超過 80%），結果刊登於國際期刊
- (3) 安全便利：非侵入式、無輻射、8 通道電極，操作簡便快速。15 分鐘檢測完成，立即看結果報告。

▼ 市場轉型：從「輔助診斷」到「臨床盟友」

取得 TFDA 許可後，我們進一步取得多個縣市衛生局的自費碼，使產品能合法地以自費型態在醫療院所收費。然而，這也帶來了新挑戰：如何讓醫師願意採用？傳統「輔助診斷」論述對醫師僅是「Nice to have」，因為醫師的專業養成已涵蓋憂鬱症診斷，即便沒有儀器輔助，亦能進行臨床判斷。

我們隨即調整策略，將產品重新定義為「提升治療順從性」的工具。透過 15 分鐘的客觀腦波報告，將抽象的憂鬱症具象化為「大腦的感冒」，顯著提升病人的病識感。在此策略下，我們與醫師的關係由單純的「供需買

賣」轉化為「臨床盟友」。透過長時間的試用與臨床耕耘，醫師們逐漸體會到，這款產品是診間的最佳助手，而非挑戰診斷權威的威脅。

此商業模式成功降低了引進門檻，由早期指標醫院的成功帶動整體擴散。目前，「憂可視」已進駐包含三總、台北慈濟等 20 多間醫療院所。在此，進駐代表的是實質的採購、租賃與分潤等商業行為，而非單純召開記者會後的試用落地。截至 2026 年 3 月，臨床使用已超過 2,000 人次，預計 2026 年營收將迎來倍數成長，產品更成為 2025 年智慧城市展與醫療科技展中，各醫學中心攤位競相展示的主打亮點，象徵著宏智生醫已成功將 AI 技術轉化為醫療院所推動智慧醫療的「重要標配」。

▼ 榮耀：大獎與國家肯定

在由醫療影像主導的 AI 產業中，宏智生醫以腦波訊號為核心獨樹一格，憑藉研發與創新獲得高度肯定。我們陸續榮獲「國家新創獎 (2022 年)」、「傑出生技產業獎 (2024 年)」及「風傳媒醫療 AI 領航大獎 (2025 年)」；2025 年更獲頒「SNQ 國家品質標章」，證明系統在創新與品質管理上的卓越表現。同年，我也榮幸入選《聯合報》「脈動台灣，醫路前行」的 50 個好故事報導。2026 年，產品更勇奪衛福部首屆「臺灣 50 優良 SMART 應用程式競賽」醫學 AI 類大獎。這些肯定，不僅是產品的榮譽，更是對我們在「落地」道路上堅持「被看見」最強大的支持。



蕭美琴副總統親自頒發傑出產業生技獎。



衛福部次長莊人祥頒發 AI 醫療領航大獎。

▼ 延伸失智症產品線

除了憂鬱症腦波輔助診斷產品，2021 年起公司同步打造第二個產品線——失智症腦波輔助診斷，連結 6 間醫院攜手打造台灣最大的失智症與 MCI 腦波資料庫，包括臺大醫院、北榮、三總、林口長庚、基隆長庚及新北市立土城醫院（長庚接管）的精神科與神經內科，結合宏智生醫放大器打造包含 AI 軟體的整套系統，開發出「腦退化風險評估系統 BDR」，2023 年 4 月完成美國 FDA 註冊列名，成為台灣第一套取得美國上市資格的認知功能輔助評估產品。目前，公司正積極準備進行台灣的臨床試驗，未來取得台灣 TFDA 的 AI 醫材許可後，便可在台灣造福民眾。

從軟硬整合到臨床驗證，從法規合規到市場落地，宏智生醫正一步步實現將腦科學轉

化為社會福祉的願景，在守護國人心理健康與高齡照護的道路上持續前行。

▼ 結語：初心與回顧

宏智生醫營運至今 (2019-2026)，已累計取得包括腦波放大器 (FDA/TFDA)、憂鬱症 AI 軟體 (TFDA) 及失智症風險評估系統 (FDA) 在內的 4 張醫療器材許可證。臨床使用突破千人次的里程碑，讓我們正式成為自動化腦波輔助診斷解決方案的領導廠商。

最後，我以 15 年來的經歷分享我對於「落地」的想法。在學界，我們著重發現與創新，完成高門檻技術的基礎驗證；在業界，則需進一步提升可靠度及競爭力來滿足市場。學研技術落地的價值，在於將這兩個世界的隔閡串連成線，讓論文的 Academic Impact 變現為真實世界的 Patient Impact。

這份信念支撐我走過十多年。若沒有它，在 2018 年募資過程中，我可能早就被投資者與審查委員的質疑勸退，例如：「這產品台灣沒人在做」或「這研究也有其他教授在做」。面對這些矛盾的質疑，我深知唯有「落地」後的臨床實績才是唯一答案。但這需要時間、財力、技術支援，以及許多無法預測的變數。我將其歸類為運氣——而我很慶幸，我的運氣著實不錯。

因此，我深深感謝我的團隊。包括 20 多年前在臺大機器人實驗室與我一起日以繼夜研究、並且偶爾打拱豬的學弟們，當然，更要感謝對我

們打牌這件事情睜一隻眼閉一隻眼的指導教授黃漢邦；10 年前受我嚴格指導並包容我的研究生們；以及公司創辦後陸續加入團隊的優秀同仁。同時，也由衷感謝仁寶電腦始終如一的支持。



劉益宏教授與宏智生醫部分同仁於公司合影。

依然記得 2018 年，我獨自走進仁寶電腦大樓，面對陳瑞聰副董事長（現任仁寶董事長）、翁宗斌總經理（後兼任宏智生醫首任董事長）、陳威昌副總（現任金寶總經理）及其他幾位仁寶副總進行募資簡報。我慶幸當時能坦誠告知：「錢投進來後，短期內不會有營收」，這份坦誠換來了對方的信任與支援，給予宏智生醫足夠的開發與醫療市場耕耘時間。今日，在彭聖華董事長（現任仁寶執行副總）的帶領下，宏智生醫正朝著開發消費者市場與引入策略投資夥伴的關鍵階段邁進。自 2012 年的研究發想開始，這條路，是將每一篇腦波論文在最後一小節中勾畫的願景，轉變為真實世界中醫師採用的合法工具。我們將持續守護大腦健康，讓科技的進步真正回饋到每一位需要的患者身上。



德國神經外科醫師 Prof. Dr. med. Ehab Shibani 利用 NaoTrac 進行腦部外科手術導航。

從毫米之爭到智慧 導航：NaoTrac 重新定義神經外科 手術精準度

文 | 鈦隼生物科技股份有限公司 行銷業務部
曾威霓

▼ 淺談醫學發展的軌跡

在當代醫學的藍圖裡，精準、專治、微创不再只是技術參數，更是對患者尊嚴的最高承諾。神經外科被公認為醫學界最艱難的領域之一，因為腦部作為結構複雜且是人體最重要的器官，在手術時僅有毫米內的容錯空間，這份壓力和精確度要求比其他任何手術都來得更高。

追溯神經外科的發展，傳統腦部立體定位手術 (Stereotactic Surgery) 雖然開啟了精準治療的大門，但其過程對病患與醫師而言都是巨大的考驗。過去，外科醫師必須在手術開始前將沉重的金屬頭架釘入病患頭骨，以此作

為定位基準。調整這些複雜的參數，高度依賴外科醫師長時間累積的經驗與技巧。

即便擁有豐富經驗，面對不同病患的解剖構造差異，醫師依然需要花費大量時間在病患擺位與影像對位上。這意味著麻醉時間無法有效縮短，不僅增加了患者的生理負擔，更無形中影響了降低手術風險的可能性。當時間在手術台上流逝，每一秒的延誤對腦神經而言，都可能造成不可逆的損害。

▼ NaoTrac 專為腦部手術導航而生的機器人



NaoTrac 腦部手術導航機器人。

為了解決傳統手術的盲點，鈦隼生物科技開發了專為神經外科設計的 NaoTrac 腦部手術導航機器人。這項技術的核心價值在於讓手術導航機器人成為他們在進行複雜腦手術時最可靠的助手，確保手術過程更穩定、更安全、創傷更小。

NaoTrac 運用了尖端的機器視覺與 3D 定位技術，這就像是在醫師手中植入了高畫質的「GPS」系統。透過非接觸式的自動掃描，機器人能迅速協助醫師在腦袋的迷宮中精準找到病灶，並完美避開掌握生命徵象的神經與血管，從根源降低手術風險與副作用。

導航設備的機械手臂採「半自動」協作模式，這是一個重要的設計哲學：機器負責提供極致的穩定與精準，而醫師保留最終的專業判斷。機械手臂能以極其靈活的角度進行操作，讓醫師在過去過度狹窄或難以觸及的區域遊刃有餘。同時，其高穩定性能消除人類手指細微的偏差，減少因震動產生的副作用機率。

▼ 臨床實務與效益



中國醫藥大學附屬醫院郭政宏醫師利用 NaoTrac 進行腦部外科手術。

從臨床實務的數據來看，NaoTrac 機器人輔助手術正為神經外科帶來革命性的改變。

1. 極致微創的保護力

傳統開顱手術往往需要較大的切口，而 NaoTrac 透過機器手臂的引導，能將侵入性降至最低，通常僅需一個指甲蓋大小的微創小孔（約 1 公分）即可完成血塊抽吸或切片。這份對組織的愛護，展現在高達 1.63 毫米的精確度上，優於一般微創手術的 1.7 毫米，更遠勝於傳統定位模式。

2. 效率即是生命

除了精準與微創，臨床效率的提升更為

顯著：在臨床上，時間的節省直接轉化為病患的安全性。

在傳統導航中極其耗時的病患註冊流程，一般微創手術約需 49.1 分鐘，而 NaoTrac 僅需 2.4 分鐘即可迅速完成。這份高效也直接反映在手術耗時上，傳統模式約需 60 分鐘，一般微創甚至可能長達 107 分鐘，但機器人輔助手術能大幅縮短至 23 分鐘。這種從病患準備到手術完成的全方位進化，不僅減輕了醫護團隊的壓力，更縮短了病患暴露於手術風險下的時間，成為現代精準醫療不可或缺的堅實後盾。

神經外科手術技術效能對比分析

	機器人輔助手術	微創手術	傳統神經外科手術
設備	NaoTrac	手術導航系統	立體定位系統
傷口大小	小，1 處傷口	小，2-3 處傷口	大
* 手術時間	23 分鐘	107 分鐘	>1 小時
病患註冊時間	2.4 分鐘	49.1 分鐘	>1 小時
準確性 (誤差值)	1.63 毫米	1.7 毫米	N/A

* 實際手術時間受術式多樣性影響，須由醫師視臨床實況進行專業評估。

3. 縮短學習曲線與提升手術穩定性

自動化導航設備為醫院帶來的另一大隱形效益在於醫療品質的提升。傳統神經外科定位手術需要長年的師徒制傳承與技巧累積，醫師需花費大量時間掌握複雜的頭架參數調整。自動化系統將繁瑣的計算與對位交由手術導

航機器人執行，這能顯著縮短年輕醫師的學習曲線，讓經驗較淺的外科醫師也能在輔助下穩定輸出高水準的手術結果而對需經驗值累積的術式更加熟悉。

在執行如立體定位腦電波電極置放術 (SEEG) 或深腦刺激術 (DBS) 這類高度複雜且

精密的術式時，自動化導航設備的價值尤為顯著。用於治療癲癇患者的 SEEG 手術往往需要醫師在病患腦中狹小的空間內，重複進行多支電極的植入動作。在需要多次植入動作的術式中，機械手臂能確保從第一支到最後一支電極的植入路徑，皆能始終如一地精確落點於預設位置。即便在長時間、高重複性的操作下，依然能維持毫米級的極致精準，確保手術成果與術前規劃高度一致。

用於治療帕金森氏症的深腦刺激術 (DBS) 對於精準度的要求更不在話下。DBS 手術需將電極精確植入大腦深處微小的核區（如視丘下核或蒼白球），誤差若超過 1 毫米便可能影響治療成效，甚至引發不必要的副作用。腦部手術導航機器人能協助醫師在複雜的神經結構中精準定位，優於傳統定位模式的表現。

4. 提升手術室周轉率與管理效益

當單場手術的病患準備與實際執行時間縮減至不到半小時，醫院能更彈性地調度手術室資源，提升病患的治療效率與醫院的營運能效。對於家屬而言，縮短的等待時間也大幅減輕了其心理壓力與恐懼感。這種從病患準備到手術完成的全方位進化，已使自動化機器人成為現代精準醫療中，不可或缺的堅實後盾。

▼ 理念與堅持

「讓手術更加精準，讓生命光彩」是鈦隼生物科技始終如一的理念。執行長陳階曉醫師坦言，團隊並不追求短期利益，而是致力於深耕醫療科技，帶給生命更多希望。



鈦隼生物科技股份有限公司 (Brain Navi Biotechnology) 核心團隊。

擁有生物醫學工程背景的陳執行長，比任何人都清楚臨床醫師在手術台上的真實痛點。這十年來，他帶領團隊不斷優化系統，不只是為了追求尖端科技，更是為了打造出讓醫師能真正信賴、並在臨床上長期並肩作戰的可靠夥伴。這份堅持，確保了產品不僅是工程上的傑作，更是醫學臨床上的實效工具。

在追求創新的同時，醫療品質的安全性是鈦隼生物科技絕不妥協的紅線。在臺灣，任何手術機器人的導入都必須遵循衛福部食藥署 (TFDA) 極為嚴苛的醫療器材取證與臨床試驗標準。NaoTrac 從研發初期便嚴格依照國際標準設計，不僅已成功取得 TFDA 上市許可，更進一步跨越國際門檻，獲得了歐盟 CE 認證以及美國食品藥物管理局 (FDA) 的核准上市。近期更是正式取得印度中央藥物標準控制局 (CDSCO) 之醫療許可證，將為公司全球布局挹注強勁成長動能。

這張許可證不僅是進入市場的門票，更是 NaoTrac 獲得國際醫療規範一致背書的「全球信任標準」。其背後代表的是上千項嚴謹測試、符合國際規格的品質管理系統 (ISO 13485)，以及與海內外臨床醫師反覆驗證的安全指標。陳執行長深知，醫學取證的過程雖長，卻是科技走向手術台最關鍵且必須跨越的「窄門」。唯有通過這些全球一流水準的法規檢驗，才能確保每一次在毫米間的精準操刀，都能轉化為對全球患者最堅實的安全保障。

鈦隼生物科技的雄心不僅止於臺灣。我們的目標是成為首家真正代表臺灣醫療機器人領域的公司，向國際展示臺灣從「製造業中心」轉型為「技術驅動型創新樞紐」的實力。透過將 NaoTrac 推向全球舞台，鈦隼生物科技期許能將這份來自臺灣的精準力量，轉化為對全球生技發展的貢獻，守護每一份不輕言放棄的希望，為全人類的健康福祉盡一份心力。



M.AX the Future with AI Robotics

ROBOT WORLD 2026

R O B O T W O R L D

NOV 4 ~ 7, 2026, KINTEX, Hall 3~5



行動賦能新紀元：外骨骼機器人 於臨床場域的實證表現與技術革新

緯創醫學科技外骨骼機器人—— 從臨床回饋展現科技韌性賦予照護資源可能性

▼當「缺工」成為常態，醫療體系如何建立「科技韌性」？

隨著全球醫療體系步入超高齡社會與護理人力短缺的雙重夾擊，在今日的臨床現場，醫務人員的勞動強度早已突破臨界點。「缺工」不再只是招募端的難題，更是直接衝擊醫療品質與醫院營運的嚴峻挑戰。在這樣的時代背景下，如何為高壓的醫療體系建構具備永續性的「科技韌性」，成為產官學界亟需共同解答的命題。

根據臨床統計，護理人員因長期執行病患搬移、翻身及維持特定不當姿勢，導致骨骼肌肉系統受損的比例高達八成以上¹。這不僅是嚴肅的公衛數據，更意味著無數具備豐富經驗的資深醫護，因無法負荷體力透支而被迫提早離開職場。面對這樣的產業痛點，緯創醫學

1 護理人員協助病患轉移位方式與肌肉骨骼不適之探討 (2012) <https://newrepat.sfaa.gov.tw/home/repat-result/detail/4bc1e2b47a9e9d0b017aa4499fde3ffa>

文 | 緯創醫學科技股份有限公司

科技深耕智慧醫療與輔具領域多年，我們深知要解決高度依賴「人」的照護困境，關鍵從來不在於引進設備去「取代人」，而在於如何透過前瞻技術來「強化人」在生理上的極限。

我們堅信，真正的智慧醫院藍圖必須建立在「以人為本」的人機協作基礎上。透過將動力技術轉化為貼近臨床需求的「行動賦能」，我們得以為第一線醫護人員穿上一層防護罩，從源頭阻斷職業傷害的累積，進而保護並放大現有醫護人員不可取代的專業價值。而緯創醫學科技所代工生產的外骨骼機器人與自主研發的零接觸生理監測系統，正是我們向醫療產業提出的最佳解決方案。

▼人機共融的精準賦能：從德國研發到臨床落地的 Exia 工業照護型外骨骼

在臨床醫療的日常高壓運作中，醫護人員無時無刻面臨著高強度的體力消耗。無論是臥床病患的搬移、定時翻身拍背、長時間的跟刀手術，抑或是復健過程中的陪伴與攙扶，這些看似尋常的臨床照護動作，往往潛藏著極大的職災風險。醫護人員長期處於不符合人體工學的彎腰與負重狀態，導致腰椎與肌肉骨骼系統受損的嚴重性已不容小覷。這不僅是第一線人員的健康危機，更是醫療院所流失優秀專業人才的致命傷。因此，如何從「源頭」建立防護機制，阻斷職業傷害的發生，成為各大醫療機構亟需正視的管理課題。

為應對此一挑戰，全球頂尖的外骨骼技

術先驅——德國 German Bionic 研發了「Exia 工業照護型外骨骼」。該產品由 German Bionic 負責核心研發，並由緯創醫學科技發揮深厚的精密醫材代工與製造實力進行生產。Exia 目前已持續迭代至成熟的第 7 代，其產品的可靠性、安全性與臨床落地可行性均具備極高的國際水準。

有別於外界對傳統外骨骼「僵硬、僅適用於重工業」的刻板印象，Exia 工業照護型外骨骼專為醫療與照護場域量身打造。採用輕量化材質與極致的人體工學設計，降低設備本身的自重，確保醫護人員在空間有限的狹窄病房或動線緊湊的急診室內，依然能保持穿梭自如的靈活性與穿戴舒適性。更關鍵的是，Exia 導入了尖端的動力感測技術與「意圖偵測」演算法。外骨骼機器宛如具備讀心術般，能隨時「讀懂」護理師準備彎腰或起身的發力動作，並即時給予背部與腿部精準的力量輔助與支撐，實現了真正流暢的「人機共融」。

技術的價值必須在臨床場域中接受嚴格檢驗。透過實際導入醫院場域的驗證計畫，Exia 外骨骼取得了令人振奮的數據實證。在量化指標上，針對護理人員執行高負荷動作（如病床轉移位）進行監測，結果顯示其腰部肌肉電訊號呈現顯著的下降百分比，意味著脊椎所承受的壓迫力道已被外骨骼大幅吸收與轉移。而在質化回饋方面，第一線醫護人員也給予了高度肯定，紛紛表示在連續高壓輪班後，以往如影隨形的腰背痠痛感獲得了大幅減輕。

科技的進步，源自於對使用者的深刻同理。Exia 能夠成功進化至第 7 代，正是因為我們始終與臨床醫護人員站在同一陣線。透過不斷蒐集使用者的真實反饋，團隊持續針對醫療場域的特殊需求進行深度優化：例如精進「穿脫流程」以因應臨床緊湊的節奏，以及大

幅改善背板與綁帶的「透氣度」，讓長時間穿戴不再是負擔。緯創醫學科技期望透過這項成熟的科技輔具，與醫療院所共同提升場域安全，將對人才的照護化為具體行動，共同陪伴醫療從業人員走得更長、更遠。



圖 1. 物理賦能與數據防護的雙效聯集：BestShape VS 構築智慧病房的隱形守護網。

在建構新世代智慧醫院的藍圖中，單一技術的導入往往只能解決局部的痛點。唯有透過多重科技的深度整合，才能發揮一加一大於二的綜效。如前所述，由德國 German Bionic 研發、緯創醫學科技精密代工生產的 Exia 工業照護型外骨骼，成功為第一線醫護人員提供了堅實的「物理上賦能」，大幅卸下了搬運與翻身過程中的沉重負擔。然而，除了體力上的過度消耗，醫護人員同樣面臨著時間與心力上

的極限挑戰。為此，緯創醫學科技自主開發的「BestShape VS 零接觸生理監測系統」，便在此生態系中扮演了關鍵的「數據上防護」角色，補足了智慧照護的最後一塊拼圖。

傳統的臨床照護模式中，護理人員每日需耗費大量時間與精力，頻繁穿梭於各個病房之間，進行量測心跳、呼吸等例行性的生命徵象巡檢。這不僅無形中增加了護理人員

「來回奔跑」的步伐與疲勞累積，也容易因為繁瑣的表單記錄而壓縮了實質的醫病溝通時間。BestShape VS 零接觸生理監測系統的誕生，正是為了打破這種勞力密集的传统運作模式。

透過將 BestShape VS 系統建置於臨床病房，這套具備高度隱私保護與高精準度的零接觸感測技術，透過毫米波雷達能夠在不干擾病患日常作息與睡眠的前提下，全天候、連續性地蒐集患者的關鍵生理數據。更重要的是，系統能將這些龐大且繁雜的連續性數據轉化為

可視化的指標，並即時回傳至護理站的中央監控面板或醫護人員的行動裝置上。

這種「即時監控、即時回報」的機制，為臨床場域帶來了革命性的改變。當病患發生異常生理波動或潛在風險時，系統能第一時間發出預警。這意味著護理人員不再需要依靠定時的「盲測巡房」，而是能夠實現「精準護理」。科技接手了繁瑣的數據蒐集與監控工作，將護理人員從疲於奔命的勞動中解放，讓他們能將寶貴的時間與專注力，重新聚焦於給予病患更有溫度、更高品質的實體照護。



圖 2-3. 賦予照護資源全新可能性：解決人力短缺的智慧醫院未來藍圖。

在面臨結構性缺工的今日，外骨骼技術的導入不僅是勞動安全的防護，更是醫院「翻轉資源配置」的戰略武器。在傳統病房中，為高體重病患進行翻身或移位，往往需要動員 2 至 3 名護理人員中斷手邊工作來協作。而在 Exia 工業照護型外骨骼的精準動力輔助下，

原本高度勞力密集的作業，現在僅需 1 名護理師即可安全、輕鬆地獨立完成。這種人力效能的實質提升，釋放了被沉重勞務綁架的工時，讓醫護人員能將省下的時間與精力，重新挹注於更具溫度的醫病溝通與專業照護上。

此外，科技輔助更是「延長醫護職涯壽命」的關鍵解方。臨床經驗豐富的資深護理人員是醫療體系最珍貴的無形資產，卻常因經年累月的體力耗損與職業傷害，必須提早離開第一線，導致嚴重的經驗傳承斷層。外骨骼設備宛如為資深醫護穿上一層動力防護罩，能大幅降低因腰椎損傷等職災所導致的病假率與離職率。這讓體力受限但專業滿載的前輩，能繼續無痛地在臨床場域發揮所長，穩固照護團隊的安定力量。

從更高的經營維度來看，將外骨骼技術納入標準配備，更是落實「醫療 ESG」的具體指標。當「友善職場」與「員工福祉」不再只是口號，而是提升至醫院治理層級的實質投資時，將對機構產生深遠的正面效益。在未來的醫療人才爭奪戰中，願意導入此類高階防護設備的醫院，不僅能建立起「體恤員工、擁抱創新」的卓越品牌形象，更將成為吸引並留任

優秀護理世代的關鍵武器，從根本解決人力短缺的終極痛點。

▼ 與機器共生的醫療新紀元

科技始終來自人性，緯創醫學科技的終極目標是「讓科技為人而生，創造有感醫療」，賦予每位照護者更安全、長久的職業生涯。

緯創醫學科技的 Exia 工業照護型外骨骼以精準動力保護醫護的「身」，免於肌肉骨骼的沉重勞損；BestShape VS 零接觸生理監測系統則以數據體恤醫護的「心」，大幅降低照護過程的認知負荷與時間成本。

這兩項創新科技不僅展現了緯創醫學科技在技術整合的深厚實力，我們更期盼以此為契機，呼籲台灣醫療產業與自動化科技界攜手前行，共同邁向人機協作、雙贏共好的智慧醫療新紀元。



實體 AI 與多型態機器人協作： 從優必達與馬偕紀念醫院合作案例看智 慧醫療自動化之未來

面對高齡化社會、醫療需求快速成長與照護人力長期吃緊的多重挑戰，智慧醫療正加速朝向自動化、生成式 AI 與實體 AI(Physical AI) 整合的方向發展。馬偕紀念醫院與日商優必達 (Ubitech K.K.) 攜手合作，將多型態機器人、虛擬角色互動平台、大型語言模型 (LLM) 與檢索增強生成 (RAG) 技術導入醫療場域，建構兼具臨床實用性、服務效率與人性互動的新型智慧醫療模式。本文以雙方合作案例為核心，說明輪型移動機器人、四足機械狗及虛擬互動平台在醫院場域中的實際應用，並解析其背後所依賴的算力基礎建設、多模態理解架構與虛實整合部署能力。特別是在多語言互動、流程支援、智慧巡檢與衛教導引等面向，馬偕紀念醫院已展現具代表性的應用成果。透過 LLM 與 RAG 的整合，AI 不再只是單點式工具，而是能夠結合醫療知識、理解語境、進行多輪互動的智慧服務協作者。此一合作模式不僅為台灣智慧醫療提供具體示範，也為未來醫療自動化、醫療服務升級與跨產業智慧應用發展開啟新的可能。

關鍵字

實體 AI(PhysicalAI) 多型態機器人
智慧醫療 大型語言模型 (LLM)
檢索增強生成 (RAG) 虛擬角色
智慧醫院

文 | 馬偕紀念醫院 張文瀚總院長
馬偕紀念醫院急診醫學部 黃書田主治醫師
優必達台灣有限公司 郭榮昌執行長



圖 1. 馬偕紀念醫院張文瀚院長。



圖 2. 優必達郭榮昌執行長。

▼一、前言：從智慧醫療到實體 AI，醫院自動化正邁入新階段

隨著全球人口老化、慢性病負擔增加以及照護需求日益複雜，醫療體系正面臨前所未有的壓力。醫護人力長期短缺、臨床工作負荷持續升高、醫療服務流程愈加繁瑣，迫使各國醫療機構必須重新思考未來的營運模式與服務設計。在這樣的背景下，智慧醫療已不再只是資訊化與數位化的延伸，而是進一步朝向生成式 AI、機器人協作與場域智慧化整合的全新階段邁進。

近年來，人工智慧的發展已從單純的分析模型，進一步演進為可理解語言、整合知識、執行互動與支援決策的大型模型應用。其中，大型語言模型 (LLM) 的崛起，使 AI 能夠以更

自然的方式回應使用者需求；而檢索增強生成 (RAG) 架構的成熟，則讓 AI 得以結合特定場域知識庫，在回應時兼顧彈性與專業性。當這些能力進一步與實體載具、感測器、導航系統與虛擬角色介面結合後，AI 便不再只是螢幕中的軟體，而是能真正進入醫院、走入流程、服務病人與協助醫護團隊的「實體 AI」。

在此趨勢下，優必達與馬偕紀念醫院的合作，提供了一個極具代表性的實踐案例。雙方以醫療現場的真實需求為核心，導入輪型移動機器人、四足機械狗，以及結合 LLM 與 RAG 的虛擬互動平台，逐步建構多型態機器人協作的智慧醫療新模式。這不僅展現了 AI 算力基礎建設、多模態感知與自然語言互動技術在醫療場域中的整合潛力，也彰顯出台灣在智慧醫療與實體 AI 發展上的前瞻布局。

本文將以優必達與馬偕紀念醫院的合作成果為主軸，從算力基礎建設、技術架構、多型態機器人臨床應用、虛擬互動平台及跨產業擴展等面向，探討生成式 AI 如何驅動醫療自動化升級，並勾勒智慧醫療下一階段的發展藍圖。

▼二、驅動智慧機器的引擎：算力基礎建設與醫療場域 AI 模型整合

要讓多型態機器人真正進入醫療現場並穩定運作，關鍵不僅在於機器人本體，更在於背後是否具備足夠強韌的算力基礎建設、模型部署能力與低延遲推論環境。優必達長期深耕 GPU 雲端運算、即時串流與大規模系統部署，其核心優勢之一，即在於能同時整合 AI Infrastructure 與 AI Applications，讓生成式 AI 不只停留在模型展示層次，而能真正支撐臨床應用所需的即時互動與連續服務。

在與馬偕紀念醫院的合作中，這樣的能力進一步轉化為智慧醫療落地的基礎。透過高效能算力平台與本地化部署能力，院內得以將大型語言模型、多模態理解架構、語音辨識、影像理解與虛擬角色互動整合於同一生態系中，讓 AI 系統能在醫療場域內提供穩定、即時且具延展性的服務支援。這種以算力為底、以臨床需求為導向的建構方式，也為後續的多型態機器人協作奠定了關鍵基礎。

另一方面，醫療現場的互動需求高度多元，涵蓋不同年齡層、不同文化背景與不同語

言使用者，因此智慧醫療系統的價值，不只是「聽得懂」或「答得出來」，更在於能否在真實場景中提供自然、流暢且有用的互動體驗。馬偕與優必達的合作成果顯示，透過生成式 AI 與語音、文字、知識庫檢索等模組整合，醫療 AI 已可在多語言接待、服務引導、衛教互動與資訊查詢等情境中展現高度應用潛力，進一步提升醫療服務的效率與可近性。

▼三、多模態感知與生成式 AI 整合：從 LLM 到 RAG 的智慧互動架構

傳統機器人大多以預設規則與固定流程驅動，雖可完成單一任務，卻難以應對醫療場域中高變化、高互動與高脈絡需求的工作環境。優必達與馬偕紀念醫院此次合作的一大技術亮點，在於將大型語言模型 (LLM)、檢索增強生成 (RAG)、多模態感知與任務控制系統整合起來，讓 AI 不再只是被動執行指令，而是能夠理解語意、掌握語境、連結知識、提供多輪互動，進而成為真正具備「理解能力」的智慧協作者。

其中，LLM 提供了自然語言理解、對話管理、邏輯推理與彈性應答能力，使機器人與虛擬角色可更自然地與病人、家屬及醫護人員互動。RAG 的加入，則進一步讓 AI 系統能連結院內知識庫、衛教資料、常見問答、服務流程與場域資訊，在產生回應時結合檢索結果進行整合與生成，讓回答更具脈絡性、專業性與一致性。這樣的架構對醫療場域尤為重要，因為醫療互動常涉及特定流程、特定機構資訊與精準表述需求，單靠通用模型難以完整滿足。

此外，系統亦整合語音輸入、語言辨識、文字生成、語音合成、視覺感知與空間記憶等能力，使 AI 能在更真實的場域條件下運作。從接收使用者語音提問，到理解問題意圖，再到檢索對應知識並輸出自然語音回應，整體互動流程已不再是單一模組作業，而是多個 AI 能力層共同協作的成果。也正因如此，馬偕此次智慧醫療應用所展現的，不只是機器人「能移動」或「能說話」，而是 AI 已具備進一步融入服務流程與醫療互動場景的實質能力。



圖 3. 輪型移動機器人 - 多語言翻譯。

▼ 四、多型態機器人於馬偕紀念醫院之臨床落地實踐

在 NVIDIA GTC Taiwan 等重要國際場域中，優必達與馬偕紀念醫院聯合展示了多型態 AI 系統於醫療場域中的應用成果，呈現出台灣智慧醫療從概念驗證走向臨床落地的具體進展。此次合作並非單一設備導入，而是結合不同型態載具、生成式 AI 與場域服務需求所建構出的整體智慧協作模式。

1. 輪型移動機器人：串聯醫療流程、提升院內運作效率

在急診、病區與院內公共區域等高頻率運作場景中，輪型移動機器人已成為智慧醫療服務中的關鍵節點。其可負責定點導引、資訊顯示與互動式衛教等任務，協助分擔醫療現場大量重複性與支援性工作，使醫護團隊得以將更多時間與精力投入核心臨床照護。

相較於傳統自動化設備，這類輪型移動機器人不僅具備導航、自主避障與場域記憶能力，更結合 LLM 與 RAG 架構，使其在互動層面不再只是單向播報，而能進一步理解問題、提供回應與連結院內資訊內容。透過自然語言互動與多模態服務整合，輪型機器人從單純的搬運工具，升級為兼具移動服務、資訊支援與互動導引能力的智慧平台。

2. 多語言互動能力：打造更具國際化與可近性的醫療服務

在此次合作成果中，多語言互動能力是一項極具代表性的亮點。系統目前已能支援英文、日文、菲律賓語、印尼語、泰語與韓語等多種語言，並可實際應用於外籍病人接待、就醫導引、基本衛教說明、流程諮詢與現場互動服務等場景。這樣的應用成果，顯示智慧醫療已不再只是面向單一語言使用者，而是朝向更國際化、更包容、更貼近多元就醫需求的方向發展。

對現代醫院而言，多語言能力不只是增值功能，更是提升服務品質與病人可近性的

關鍵一環。透過 LLM 所帶來的自然語言理解能力，以及 RAG 所支撐的知識檢索與內容整合能力，AI 系統得以在不同語言下仍維持一致的服務邏輯與資訊品質，進一步強化醫療現場的溝通效率與整體體驗。

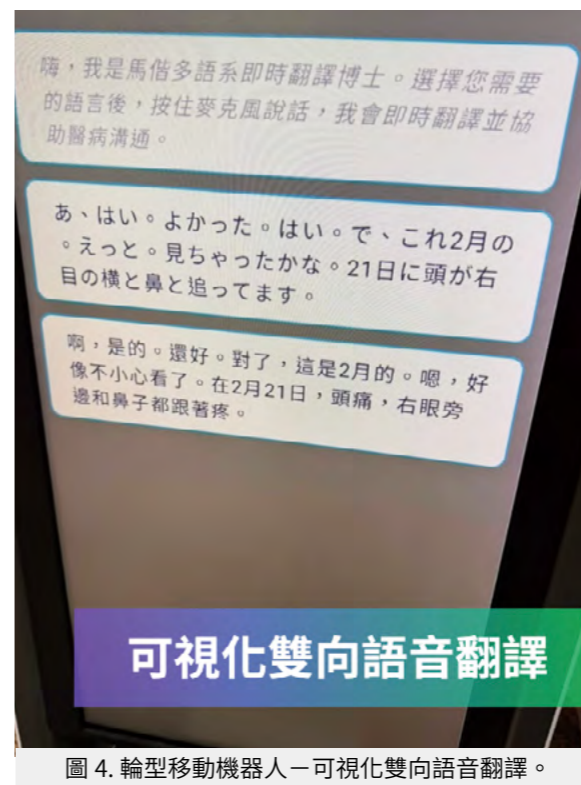


圖 4. 輪型移動機器人—可視化雙向語音翻譯。

3. 四足機械狗：拓展智慧巡檢與醫療場域安全感知

除了輪型移動機器人外，四足機械狗也展現出醫療場域中極具前瞻性的應用價值。相較於輪型載具，四足機器人具備更高的地形適應能力與移動彈性，可應用於特殊區域巡查、環境監測、異常狀況感知與遠端支援等任務，成為智慧醫院安全管理與場域巡檢的新型工具。

透過多元感測器、影像理解能力與任務控制模組整合，四足機械狗可執行環境巡查、危險源偵測與高風險區域巡檢等任務，強化醫療場域中的即時感知與管理效率。此類應用不僅延伸了機器人在醫療領域中的角色，也進一步說明智慧醫療的範疇，已從病人端互動與流程支援，擴展至整體醫療空間的智慧治理與安全提升。



圖 5. 四足機械狗—智慧巡檢（倒臥偵測）。

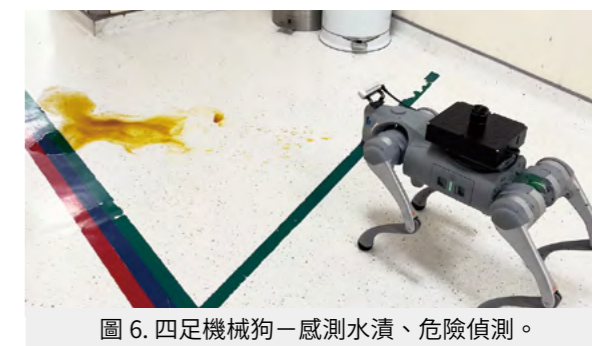


圖 6. 四足機械狗—感測水漬、危險偵測。

▼ 五、虛擬角色與 UbiONE 平台：打造更有溫度的智慧醫療互動入口

在多型態機器人之外，馬偕紀念醫院與優必達合作的另一大亮點，是以生成式 AI 為核心的虛擬角色互動平台。這套系統的意義不僅在於提供數位化互動介面，更在於透過 LLM 與 RAG 技術，讓虛擬角色具備知識支援、多輪對話、場域導引與多語言溝通能力，成為醫院中可實際承載服務任務的智慧入口。

1. UbiONE：讓虛擬角色成為可部署、可維運的智慧服務平台

優必達推出的 UbiONE 平台，提供了虛擬角色快速建立、知識庫串接、角色人格設定與互動介面部署的完整架構。透過此平台，醫療機構可根據自身需求建立具專屬形象與知識內容的 AI 互動角色，並部署於網頁、螢幕裝置、服務終端或特定應用場景之中。這代表虛擬角色不再只是一次性的展示專案，而是能持續演進、持續維運、持續擴充的智慧服務平台。



圖 7. UbiOne — 製作 AI 虛擬人操作介面。

在醫療場域中，這樣的平台特別適合應用於門診接待、衛教說明、病人導引、兒童互動、跨語言諮詢與品牌溝通等場景。當虛擬角色背後結合院內知識庫與標準流程後，其功能便從「會說話的數位角色」提升為「能理解、能回應、能服務」的智慧互動介面。



圖 8. UbiOne — 優必醬 (UbiChan) AI 虛擬人小護士。

2. 虛擬馬偕博士：以親切感與可近性提升醫療溝通品質

此次馬偕紀念醫院的虛擬角色應用中，最具代表性的並非高擬真形象本身，而是虛擬馬偕博士所展現出的親切感、品牌辨識度與互動可近性。相較於強調高度擬真外觀的數位角色，虛擬馬偕博士以更友善、更溫暖、更容易被病人與家屬接受的形象出現，成功建立醫療 AI 與使用者之間更自然的第一接觸點。

這樣的角色設計，在醫療場域中特別重要。因為醫療互動不只是資訊傳遞，更涉及情緒安定、信任建立與心理距離縮短。虛擬馬偕博士透過自然語言對話能力、多語言支援與知識檢索能力，能夠執行衛教說明、就醫流程引導、初步問答互動與兒童友善溝通等任務，讓生成式 AI 不再只是冷冰冰的技術展示，而是真正成為病人可接近、可理解、可互動的智慧醫療夥伴。

▼ 六、跨產業應用擴展：從智慧醫療出發，延伸實體 AI 的產業想像

優必達與馬偕紀念醫院合作所建立的技術架構，並不侷限於醫療場域本身。其背後所整合的算力基礎建設、LLM、RAG、多模態感知、虛擬角色平台與多型態載具控制能力，具備高度可延伸性，也因此可進一步拓展至智慧製造、公共服務、文化導覽與企業互動等多種應用場景。

從醫療場域的成功落地可以看見，當 AI 具備理解能力、知識連結能力與實體互動能力後，其角色便從單點工具升級為可跨任務、跨場景運作的智慧服務平台。這不僅提升了 AI 的實用性，也為台灣在實體 AI、智慧自動化與服務型機器人產業發展上建立更具前瞻性的示範基礎。換言之，醫療場域不只是 AI 技術驗證的場域，更可能成為帶動整體智慧產業升級的重要起點。



圖 9. 輪型移動機器人—馬偕博士禱告（協助平撫患者心情）。

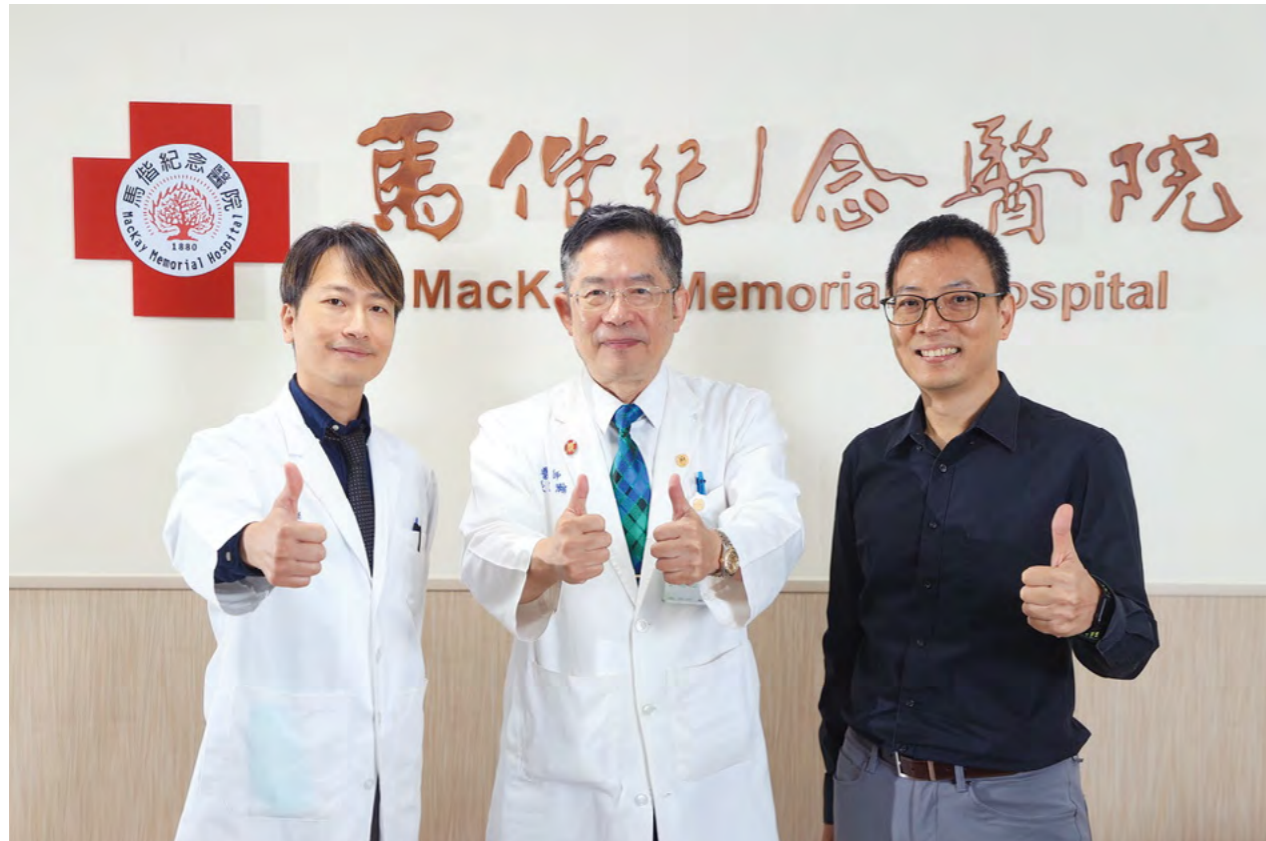


圖 10. (左起) 馬偕醫院黃書田主任、張文瀚院長、優必達許朝欽商務總監合影。

▼七、結語：多型態機器人協作與生成式 AI，正重塑智慧醫療服務樣貌

總結而言，優必達與馬偕紀念醫院的合作，展現了智慧醫療從數位化走向生成式 AI 與實體 AI 深度整合的重要里程碑。從輪型移動機器人到四足機械狗，從 LLM 與 RAG 所驅動的智慧互動，到虛擬馬偕博士所帶來的親切服務入口，這些成果共同勾勒出未來醫院的關鍵輪廓：更智慧、更即時、更有效率，也更具溫度。

這樣的智慧醫療模式，核心並不在於單純引進新技術，而在於如何讓 AI 真正融入醫

療流程、回應臨床需求、提升病人體驗，並與醫護專業形成互補協作。當機器人開始承接重複性任務，當虛擬角色成為友善的互動入口，當生成式 AI 能夠結合知識庫提供更具情境理解的回應，醫療服務的型態也正在被重新定義。

馬偕紀念醫院與優必達所共同打造的，不只是單一合作案例，而是一個可被看見、可被複製、可持續演進的智慧醫療新典範。這不僅展現出台灣在智慧醫療與實體 AI 發展上的實力，也為未來醫療自動化、服務升級與跨產業應用開啟更寬廣的想像空間。

智慧醫療與醫療平權： AI 整合、數位孿生與醫療轉型

▼前言：智慧醫療的崛起與核心價值

智慧醫療已經從理論和實驗階段，進入臨床實務的全面展開。這個變革不僅是單純的技術升級，更是「醫療服務」的典範轉移。現代醫療體系中，智慧醫療的核心價值在於透過數據驅動的互動與操作性，將原本零散的臨床資訊轉化為具備高度可以依賴行動力的「臨床情報」。

AI 與數據分析在臨床應用，也成為現代醫療體系不可或缺的一環。在這場醫療變革中，其核心的價值在於如何運用龐大的醫療大數據，去串聯並活化過去在醫院中各自孤立的醫療設備與資料。透過數據的深度整合，智慧醫療正逐步打破傳統的醫院高牆與物理限制，逐步邁向醫療資源的平權化。接下來將探討數據如何轉化為臨床決策的利器，偏鄉醫療如何藉由新科技突破困境，並放眼未來，解析即將重塑醫療生態的典範轉移。

從宏觀視角來分析智慧醫療的三大核心。首先，是基礎醫療設備的深度串聯與數據活化；其次，是透過數位化手段打破地理藩籬，落實醫療資源平權；最後，則是引入數位孿生 (Digital Twin) 等技術，實現由醫院為主題的集中式醫療轉向以人文為本的個體分散式精準預防醫療。

文 | 達宜智慧股份有限公司 黃氣寶總經理

▼賦能醫院：醫療設備與 AI 數據整合的臨床應用

設備整合與互操作性機制利用智慧平台透過整合生理監視器，以及各種不同的醫療檢設備，醫學影像等的異質數據，在多模態的 AI 系統下，解決了數據孤島問題。系統能將心率、血壓、血氧等零散指標與醫學影像，檢驗報告等進行關聯分析，將無序的數據流轉化為可視化的臨床趨勢圖與自動化預警機制，最常見到的如醫院科室使用的 Dashboard。應用如圖示：



解決護理人力不足，生成式 AI (GenAI) 的行政革命，面對全球性的護理人力短缺，生成式 AI 的導入可以提供顯著行政工作壓力的緩解。

- 自動產出病歷摘要：系統能在術後或出院前瞬間彙整臨床紀錄，縮短醫師 40% 以上的文書作業時間。
- 護理紀錄自動生成：透過語音辨識與自然語言處理，將護理行為即時轉化為結構化的護理記錄。範例如下圖：



- 行政負擔減輕：利用流程自動化，減少重複性行政作業，醫護人員能將 80% 以上的時間重新聚焦於「以病患為中心」的臨床照護。常見的應用有自助掛號報到，自助繳費，院內導航，設備定位，AI 衛教等等……

診斷精準度與判讀一致性，AI 影像輔助判讀工具（如 Xray、CT、MRI、超音波、內視鏡、眼底攝影等複雜影像）能在非常短的時間內篩選出異常病例。不僅縮短了專科醫師的判讀時間，更透過標準化演算法確保了診斷的一致性，更可以有效降低因疲勞導致的人為判讀誤差。

風險預警與時間優勢，例如，系統透過監測數據的微小變異，能比肉眼觀察早數小時預警敗血症或心衰竭的病情轉折。更重要的是，透過精準的演算法資料清洗能過濾無意義

數據，有效解決加護病房中長期存在的「警報疲勞」問題，確保醫護人員能對真實的臨床危機做出即時且正確的處置。

▼縮短城鄉差距：醫療資源平權之路

智慧醫療可以打破地理限制，落實「醫師動、病人不動」的平權目標。遠距醫療平台與專科支援，透過雲端視訊，生理指數資訊平台與便攜移動式設備，醫學中心的專科醫師能即時參與偏鄉基層診所的共同會診。協作模式已從實體病房轉向遠距協作，大幅提升了偏鄉患者獲得醫療診斷的可行性，搭配送藥到府，讓非急性病症能在地獲得醫療處置。

偏鄉 AI 實務應用，在缺乏專科醫師的地區，AI 篩檢技術扮演了「第一線門衛」的角色，應用範例如下表：

應用項目	臨床價值	針對疾病
眼底影像 AI 篩檢	透過 AI 自動化篩檢，將專科轉診需求減少約 30%，使醫師能專注於高風險病例	糖尿病視網膜病變
AI 輔助 X 光判讀	縮短判讀週轉時間，從原本需要數天等待專科醫師回覆，優化至分鐘級的即時預警	肺結核、肺炎、骨鬆、骨齡等
超音波 AI 輔助判讀	AI 輔助 60 秒自動生成報告，便攜式的超音波設備	心臟功能
傷口 AI 自動標註	AI 輔助自動做傷口種類大小標註，標準化的醫療 PDA	傷口辨識與標註

IoMT 與慢性病和急重症出院後的主動管理，醫療物聯網 (IoMT) 結合穿戴式裝置，使偏鄉長者的生理數據能 24 小時無間斷的回傳至監控中心。這不僅強化了居家監測，更落

實了「預防勝於治療」，可以顯著減少因病情突然惡化而產生的急診支出，與再度就醫的比例。

▼理想與現實：偏鄉或在宅醫療部署的四大結構性障礙

儘管技術已經成熟，但在實務落地的過程中，依然會面臨嚴峻的結構性困境。

首先是基礎建設不足，穩定的高速網路連線，是執行遠距監測與龐大數據傳輸的先決條件，然而偏鄉地區或住家位置常會遭遇信號不穩或產生中斷的狀況，會直接威脅遠距醫療的連線穩定性，導致監測中斷，讓患者無法安心。

其次是數位落差與受教程度，偏鄉人口結構或是在宅醫療的對象趨向極高齡化，這群使用者對於學習與操作複雜的設備往往容易產生困難甚至強烈的排斥感，是智慧科技落地的最大軟性障礙。

再來是營運與維護成本，醫護或設備維修人員往返的交通成本高，常導致設備維無法落實，使高昂設備成為「科技孤兒」。

最後是法規與資安盲區，醫療數據在長距離傳輸中的加密保護問題，以及跨區域醫療行為的權責歸屬與法律盲區，增加了醫院導入的法律風險。

▼政策解方與數位轉型補貼之經濟誘因

為了克服上述挑戰，需要政府透過給付制度改革與專案補助，引導醫療院所轉型。

給付制度改革，如何將「遠距診察」與「AI 輔助診斷」納入健保或公費給付，正式將數位醫療的給付制度化。解決了醫療機構導入技術時「高成本、低毛利」的財務負擔，透過給付制度化提高大型醫院跨區或走出醫院，採用 AI 輔助診斷服務的投入的意願與動力。

數位轉型補貼專案，透過 5G 網路佈建計畫與「行動醫療箱」的引進，強化基層硬體實力，直接補助偏鄉或在宅醫療設備更新與採購。

法規沙盒機制，放寬電子病歷儲存與使用的限制，並加速 AI 醫療器材的快速審核流程，以此加速更多創新的醫療 AI 可以在偏鄉的合法落地與實際使用。

▼前瞻視野：數位孿生技術的臨床革命

個人健康數位孿生 (Digital Twin) 是精準醫療的極致體現，其運作原理在於將患者或是健康人的生理狀態完整鏡射至虛擬空間，可預測病情惡化和罹患疾病的風險，主要奠基於即時模擬與並結合了病歷資料、健檢報告、家族病史、生活習慣、運動狀態、飲食習慣等大數據的分析與預測。

連續性數據驅動：利用 IoMT 裝置不間斷地收集病患生理數據，將單點資料變成連續性資料。動態模擬測試，在虛擬模型中模擬各種生理可能性，能在病情惡化前先跑完所有劇本，提供比肉眼觀察更早的預警資料。

個體化基準，這是數位孿生與傳統醫療的最大差異。它不僅僅是對比「大眾平均數據」，而是加入了病患「個人的歷史數據」進行對比。這種「跟昨天的自己比」的機制，能排除個體差異帶來的判斷誤差也能提供個人化的改善建議。

▼應用場景



• **病情惡化預測**：提前數小時預警敗血症或心衰竭風險。



• **個人健康維持**：利用生活習慣，運動與飲食建議，提供個人健康指數與罹患疾病的風險值。



• **個人化手術模擬**：建立 3D 虛擬模型進行術前演練，量身訂製手術路徑。



• **藥物與醫院管理**：在虛擬模型上模擬藥物反應以尋找最佳劑量，或進行急診室人流壓力測試以優化配置。



• **未來醫療新紀元**：AI、機器人、基因醫學與軟硬體生態整合，從醫院進入在宅，未來的智慧醫療將演進是 AI 與軟硬體高度集成的生態系。機器人輔助手術系統，提供精準的硬體操作，而 AI 則提供決策建議。同時，精準醫療將結合基因組學，根據病患的基因組大數據制定個人化用藥計畫，實現真正的適應症醫療。從宏觀診斷到微觀基因、從「硬體」執行到「AI+ 硬體」的整合，將會是醫療的典範轉移。

▼結論

智慧醫療是解決醫療勞動力短缺與城鄉資源不均的方案。未來智慧醫療生態系要能成功轉型，還必須仰賴政策引導與技術研發的深度耦合。AI 演算法、大數據分析與實體醫療設備的微型化與深度技術整合，正在為傳統醫療環境帶來深遠的變革與全面性的影響。從微觀層面，重塑了醫院內部的臨床工作流程、有效減輕醫護人員的行政與判讀負擔；在宏觀層面，

成功打破醫院的高牆與地域限制，將高品質的專家醫療資源與先進診斷技術送達偏鄉與家庭，智慧醫療充滿了無窮的應用潛力與價值。

展望未來，透過政府具體政策的方向以及應用技術的成熟與落地（如數位孿生與 IoMT），逐步克服基礎設施不足與高齡數位落差等現實挑戰後，迎來的將是一個打破空間邊界、具備極高醫療效率，且資源能公平分配的智慧醫療時代。

基於多球包覆模型及拉格朗氏最小化的雙臂機器人自我避碰路徑規劃

雙臂機器人因兼具高度靈活性與協同作業能力，已廣泛應用於工業自動化領域；然而，當兩支機械手臂在重疊工作空間中同時運作時，自我避碰成為一項重要挑戰。本文提出一套適用於共享工作空間之雙臂機器人避碰路徑規劃方法，將各連桿簡化為多球包覆模型，以提升碰撞偵測的運算效率，並以危險因子模型估算兩支機械手臂之間的碰撞風險。本文將具有避碰安全限制的軌跡最佳化問題，透過鬆弛變量轉換為無限制的拉格朗氏最小化問題，並以最陡坡度法與共軛梯度法進行求解。此外也在 ROS2 平台中進行兩支六自由度工業機械手臂自我避碰路徑規劃的模擬，結果顯示本文所提方法可在共享工作空間中有效地產生平滑且無碰撞之運動軌跡。本文所採用之研究方法具有良好的通用性，可應用於各式作業系統、尺寸與規格之機器人系統。在上銀科技股份有限公司的產學合作補助下，本文成功驗證了兩支不同型號機械手臂的自我避碰路徑規劃，期望本方法將來能進一步應用於人形機器人、多機器人協作及人機協作等複雜機器人系統中。

關鍵字

雙臂機器人 避碰路徑規劃

拉格朗氏最小化 危險因子

最陡坡度法 共軛梯度法

文 | ¹ 國立臺灣科技大學機械系

² 國立臺灣科技大學智慧製造創新中心

* 通訊作者 Email: potinglin@mail.ntust.edu.tw

洪迺翔¹、林柏廷^{1,2*}、陳羽薰^{1,2}

▼ 1. 簡介

隨著自動化智慧系統需求持續提升，機械手臂已加速導入於製造、物流、醫療照護及服務型機器人等多種應用領域 [1]。相較於傳統單臂機械手臂，雙臂機器人系統具有更佳的靈巧性、穩定性與作業彈性，近年來受到廣泛關注。藉由同步協調兩支機械手臂，雙臂機器人可執行協同操作、組裝、物件搬運及人機互動

等複雜任務 [2]。這些特性使雙臂機器人平台特別適用於需要協同運動與精密操作的工作環境。然而，當多支機械手臂需在共享工作空間中運作時，也會在路徑規劃與避碰上帶來相當大的挑戰 [3]。當兩支機械手臂同時執行任務時，其連桿與末端執行器之間可能產生交錯或干涉，尤其是在工作空間彼此重疊，或必須於狹小空間內執行協同作業時更為明顯。因此，如何確保雙臂系統能安全且有效地完成運動規劃，至今仍是機器人研究中的一項重要課題。

路徑規劃在機械手臂運動控制中扮演關鍵角色，其目的在於使機械手臂能由初始組態平順移動至目標組態，同時滿足運動學限制、避開障礙物及動態可行性等條件 [4]。傳統軌跡規劃多半建立於人工位勢場法 (Artificial Potential Field, APF)[5]、A* 圖形搜尋演算法 [6]、快速探索隨機樹 (Rapidly-Exploring Random Trees, RRT)[7] 或機率路網法 (Probabilistic Roadmaps, PRM)[8] 等方法，這些方法雖然已在許多機器人應用中展現一定成效，但在面對多變量機器人系統時，仍常有其限制。例如，位勢場法容易陷入局部最佳解，而採樣式方法在狹窄或高度受限的空間中，則可能難以產生平滑的運動軌跡。

近年來，人工智慧的發展也帶動了以學習為基礎的機器人避碰路徑規劃方法，深度強化學習 (Deep Reinforcement Learning, DRL) 可透過與環境互動來學習最佳控制策略，逐漸被廣泛應用於機器人運動規劃研究中 [9]。DRL 結合了深度神經網路的特徵學

習能力與強化學習的決策架構，使機器人得以處理高維度的狀態空間與動作空間。已有多篇研究探討以 DRL 為基礎的機械手臂軌跡規劃方法，並顯示其在複雜且動態環境中具有較佳的調適能力，像是 Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG)[10]、Multi-Actor-Critic Deep Deterministic Policy Gradient (M2ACD)[11] 及 Collaborative Proximal Policy Optimization (CPPO)[12] 等 DRL 演算法，皆已被應用於機器人控制與運動規劃任務。雖然這類以學習為基礎的方法已展現不錯的研究成果，但目前多數相關研究仍以單臂機械手臂為主。若要進一步延伸至多臂機器人平台，則會面臨更多挑戰，包括系統維度增加、手臂間交互關係更為複雜，以及整體計算負擔提高等問題。此外，多支機械手臂之間若有效達成避碰，仍需搭配可靠的風險評估方法與協調性的軌跡調整策略。

為了因應上述挑戰，本文在 ROS2 架構下探討適用於共享工作空間之雙臂機器人避碰軌跡最佳化方法，且此架構可適應不同機器人構型與自由度設定。為了有效進行碰撞評估，本文以多球包覆模型 (Multi-Spherical Bounding Models) 簡化各機器人連桿，以加速兩支機械手臂之間的幾何互動分析，並導入危險因子 (Danger Factor, DF) 模型，連續量化碰撞風險，作為路徑規劃過程中軌跡修正的依據。透過結合幾何碰撞模型與受限制之軌跡最佳化方法，本文所提出的方法可使雙臂機器人在近距離作業環境中達成安全且協調的運作。

▼ 2. 以多球包覆模型進行碰撞探測

2.1 機械手臂簡化模型

為了快速進行碰撞偵測，本文將機械手臂原本複雜的幾何結構加以簡化。具體而言，雙臂系統中的各連桿皆以多個包覆球體進行近似。如圖 1 所示，這種簡化後的幾何模型可明顯降低路徑規劃過程中距離計算所需的運算負擔。

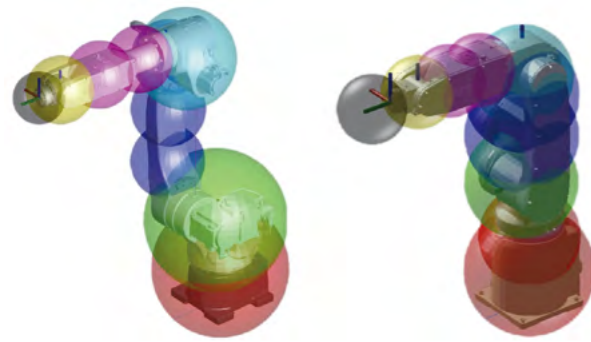


圖 1. 以多球包覆模型簡化兩款機械手臂模型。

2.2 碰撞探測過程

本文所提出的避碰架構係透過一套有系統的軌跡評估與重規劃流程來運作。首先，系統取得雙臂機器人的起始組態與目標組態，並據以產生初始軌跡。接著，系統會對該初始軌跡進行碰撞檢查。如圖 2 所示，若偵測到兩支機械手臂在運動過程中即將發生碰撞，則會進一步辨識該碰撞在軌跡中所對應的特定幾何區間（即機械手臂 A 的 $X_{A,H}$ 與 $X_{A,T}$ 之間）。於此關鍵區間內，系統選取三個均勻分布的中間路徑點 (X^{ori}) 作為最佳化變數。之後，系統執行最佳化演算法，計算更新後各中間路徑點所對應的安全關節組態。完成最佳化後，系統

會重新規劃一條新的無碰撞軌跡，並使其平順通過這些更新後的中間路徑點 (X^*)，圖中的藍色虛線即為重規劃後的軌跡。最後，系統再對新產生的軌跡進行第二次碰撞檢查。若確認該軌跡不存在碰撞，則演算法成功終止，並輸出可供實際執行之最終安全軌跡。

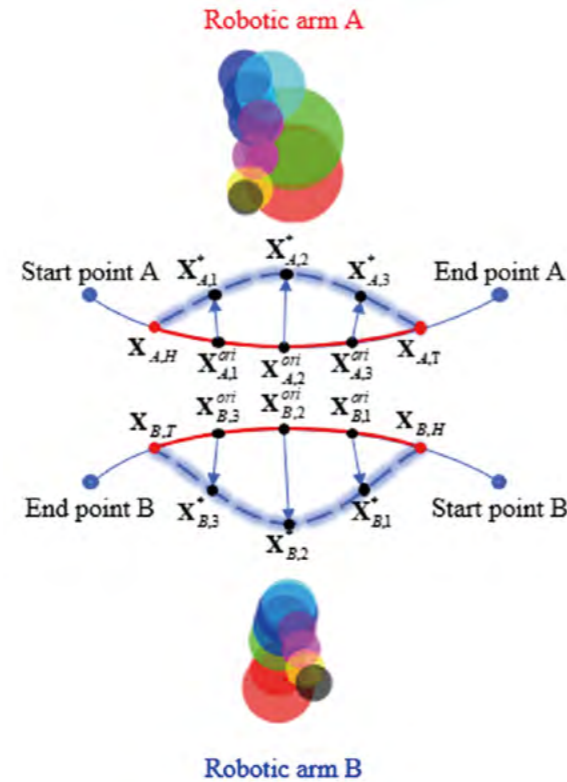


圖 2. 雙臂機器人系統自我避碰路徑規劃之概念。

▼ 3. 避碰路徑規劃

3.1 最佳化列式

在軌跡最佳化策略中，本文將所選定中間路徑點上的關節組態視為主要最佳化變數，並統一記為 X 。整體目標函數 $f(X)$ 設定為機械手臂 A 之個別軌跡成本函數 $f_A(X_A)$ 與機械手臂 B 之個別軌跡成本函數 $f_B(X_B)$ 的加權總

和，並藉由權重參數 w_{path} 進行平衡。本文所採用之最佳化數學式如下所示：

$$\begin{aligned}
 \text{Min} \quad & f(X) = w_{path} \cdot [f_A(X_A)] + (1 - w_{path}) \cdot [f_B(X_B)] \\
 f_A(X_A) = & \left(\sum_{m=1}^M w_m \cdot \|X_{A,m}^* - X_{A,m}^{ori}\|^2 \right) \\
 & + \left(\sum_{m=1}^{M+1} w_n \cdot \|X_{A,m}^* - X_{A,m-1}^*\|^2 \right) \\
 f_B(X_B) = & \left(\sum_{m=1}^M w_m \cdot \|X_{B,m}^* - X_{B,m}^{ori}\|^2 \right) \\
 & + \left(\sum_{m=1}^{M+1} w_n \cdot \|X_{B,m}^* - X_{B,m-1}^*\|^2 \right) \\
 \text{s.t.} \quad & D_{i,j}(X_{A,m}, X_{B,m}) \leq \bar{D} \\
 \text{where} \quad & i = 1, \dots, 10; j = 1, \dots, 10; m = 1, \dots, M; M = 3 \\
 & X_{A,0} = X_{A,H}, X_{A,M+1} = X_{A,T} \\
 & X_{B,0} = X_{B,H}, X_{B,M+1} = X_{B,T}
 \end{aligned} \tag{1}$$

對於每一支機械手臂，其成本函數主要設計用來最小化兩項指標。成本函數中的第一項用來最小化最佳化後路徑點 X^* 與原始名義路徑點 X^{ori} 之間的位置偏差，以保留初始軌跡原本的整體幾何特性。第二項則用來最小化相鄰路徑點之間的位移量，其中也包含碰撞區間的固定邊界點 X_H 與 X_T ，以確保重規劃後軌跡的平滑性。此外，為了使兩支機械手臂能夠彼此避讓，並達到穩健的避碰效果，本文在最佳化數學式中納入不等式限制式 $D_{i,j} \leq \bar{D}$ 。此限制式可確保任意一對包覆球體 i 與 j 之間的碰撞交互作用不會超過危險因子門檻值 \bar{D} ，並作為下一節危險因子限制式的建立基礎。

3.2 危險因子

如圖 3 所示，設 A_i 與 B_j 分別表示機械手臂 A 上第 i 個包覆球體與機械手臂 B 上第 j 個

包覆球體之球心座標，而 $R_{A,i}$ 與 $R_{B,j}$ 則分別表示其對應半徑。為了連續量化碰撞風險，本文計算這兩球心之間的歐幾里得距離 $d_{i,j} = \|A_i - B_j\|$ 。危險因子 (Danger Factor, DF)，記為 $D_{i,j}$ ，可表示為該空間距離 $d_{i,j}$ 與兩球半徑總和之指數函數：

$$D_{i,j} = e^{\frac{\ln 0.5}{(R_{A,i} + R_{B,j})^2} d_{i,j}^2} \tag{2}$$

此數學式可根據兩球之間的幾何交互關係，提供一個經過正規化且連續的風險評估值。當兩球球心完全重疊時，也就是 $d_{i,j} = 0$ 時，危險因子會達到理論最大值 1。當兩球球心距離恰好等於其半徑總和時，也就是 $d_{i,j} = R_{A,i} + R_{B,j}$ ，表示兩球外表面剛好接觸，此時危險因子之值恰為 0.5。隨著兩球距離進一步大於半徑總和，代表兩者之間具有更安全的幾何間隙，危險因子之值便會漸近趨近於 0。

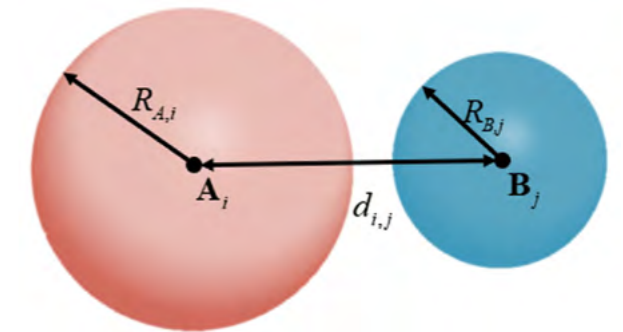


圖 3. 計算球包覆模型之間是否產生碰撞的方式。

3.3 拉格朗氏最小化

對於具有複雜不等式限制的軌跡最佳化問題，例如危險因子需滿足 $D_{i,j} \leq \bar{D}$ 的限制條

件，其求解在計算上具有相當挑戰性。為了解決此問題，本文採用拉格朗氏最小化架構，將原本受限制的最佳化問題轉換為無限制的數學形式。本文藉由引入平方鬆弛變量 $S_{m,i,j}^2$ ，將原本的不等式限制轉換為嚴格的等式限制，並搭配拉格朗氏乘子 $\lambda_{m,i,j}$ ，將避碰限制直接整合至拉格朗氏函數 L 中。

$$\begin{aligned} & \text{Min.} \\ & L(X_{A,1}, X_{A,2}, X_{A,3}, X_{B,1}, X_{B,2}, X_{B,3}, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, S_1, S_2, S_3) \quad (3) \\ & = f(X) + \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^{10} \lambda_{m,i,j} \cdot (D_{i,j}(X_{A,m}, X_{B,m}) - \bar{D} + S_{m,i,j}^2) \end{aligned}$$

此一連續且可微分的數學形式，使得梯度式最佳化演算法得以高效率地同時求解最佳關節組態、拉格朗氏乘子與鬆弛變量。

3.4 以最陡坡度法求解

本文採用最陡坡度法 (Steepest Descent Method, SDM) 以反覆迭代方式求解無限制的拉格朗氏函數，其狀態更新公式定義如下：

$$\mathbf{Z}^{(k+1)} = \mathbf{Z}^{(k)} - \alpha \cdot \mathbf{G}(\mathbf{Z}^{(k)}) \quad (4)$$

其中， $\mathbf{Z}^{(k)}$ 表示第 k 次迭代時的整體狀態向量， α 表示步長，而 $\mathbf{G}(\mathbf{Z}^{(k)})$ 則為拉格朗氏函數的梯度向量。為了決定最陡下降搜尋方向，本文藉由計算拉格朗氏函數 L 對所有最佳化變數的偏微分，明確建立梯度向量 \mathbf{G} 。整體狀態向量 \mathbf{Z} 完整包含關節組態 \mathbf{X} 、拉格朗氏乘子 λ 與鬆弛變量 \mathbf{s} ：

$$\mathbf{G} = [\nabla_{\mathbf{x}} L, \nabla_{\lambda} L, \nabla_{\mathbf{s}} L]^T \quad (5)$$

在第 k 次迭代中，系統皆會計算此梯度向量，以決定對應的搜尋方向。此外，為了確保收斂效率與數值穩定性，步長 α 於每次迭代中皆透過一維牛頓法動態求得。

3.5 以共軛梯度法求解

為了加快收斂速度，並提升高維度關節空間中的計算效率，本文另採用共軛梯度法 (Conjugate Gradient Method, CGM) 求解無限制的拉格朗氏函數，其狀態更新公式定義如下：

$$\mathbf{Z}^{(k+1)} = \mathbf{Z}^{(k)} + \alpha \cdot \mathbf{d}(\mathbf{Z}^{(k)}) \quad (6)$$

其中， $\mathbf{Z}^{(k)}$ 表示第 k 次迭代時的整體狀態向量， α 表示步長，而 $\mathbf{d}(\mathbf{Z}^{(k)})$ 則為共軛搜尋方向。不同於僅依賴當前梯度的最陡坡度法，共軛梯度法會進一步利用歷史搜尋方向資訊。其共軛搜尋方向 \mathbf{d} 可明確表示如下。當初始迭代 $k=0$ 時，搜尋方向初始化為負梯度方向：

$$\mathbf{d}(\mathbf{Z}^{(0)}) = -\mathbf{G}(\mathbf{Z}^{(0)}) \quad (7)$$

而在後續迭代 ($k>0$) 中，搜尋方向則更新為當前負梯度方向與前一次搜尋方向的線性組合：

$$\mathbf{d}(\mathbf{Z}^{(k)}) = -\mathbf{G}(\mathbf{Z}^{(k)}) + \beta^{(k)} \cdot \mathbf{d}(\mathbf{Z}^{(k-1)}) \quad (8)$$

為了決定歷史搜尋方向的權重，純量參數 $\beta^{(k)}$ 定義為當前梯度平方範數與前一次梯度平方範數之比值：

$$\beta^{(k)} = \frac{\mathbf{G}(\mathbf{Z}^{(k)}) \cdot \mathbf{G}(\mathbf{Z}^{(k)})}{\mathbf{G}(\mathbf{Z}^{(k-1)}) \cdot \mathbf{G}(\mathbf{Z}^{(k-1)})} \quad (9)$$

在第 k 次迭代中，系統皆會計算上述共軛方向，以決定最佳搜尋路徑。此外，為了確保收斂效率與數值穩定性，步長 α 同樣於每次迭代中透過一維牛頓法動態求得。

▼ 4. 模擬結果

4.1 初始運動軌跡

首先，系統會為雙臂機器人產生一組初始軌跡，其沿途各組態如圖 4(a) 至圖 4(g) 所示。接著，系統會對此軌跡進行碰撞檢查。由圖 5 所示之危險因子 (Danger Factor, DF) 曲線可知，該初始軌跡確實發生了明顯碰撞 ($D \geq 0.5$)。之後，系統進一步界定碰撞發生的特定區間，其範圍介於圖 4(b) 所示之進入點 \mathbf{X}_H 與圖 4(f) 所示之離開點 \mathbf{X}_T 之間。在此關鍵區間內，系統擷取三個均勻分布的原始路徑點，亦即圖 4(c)、圖 4(d) 與圖 4(e) 所示之路徑點，作為後續避碰軌跡最佳化的基礎變數。

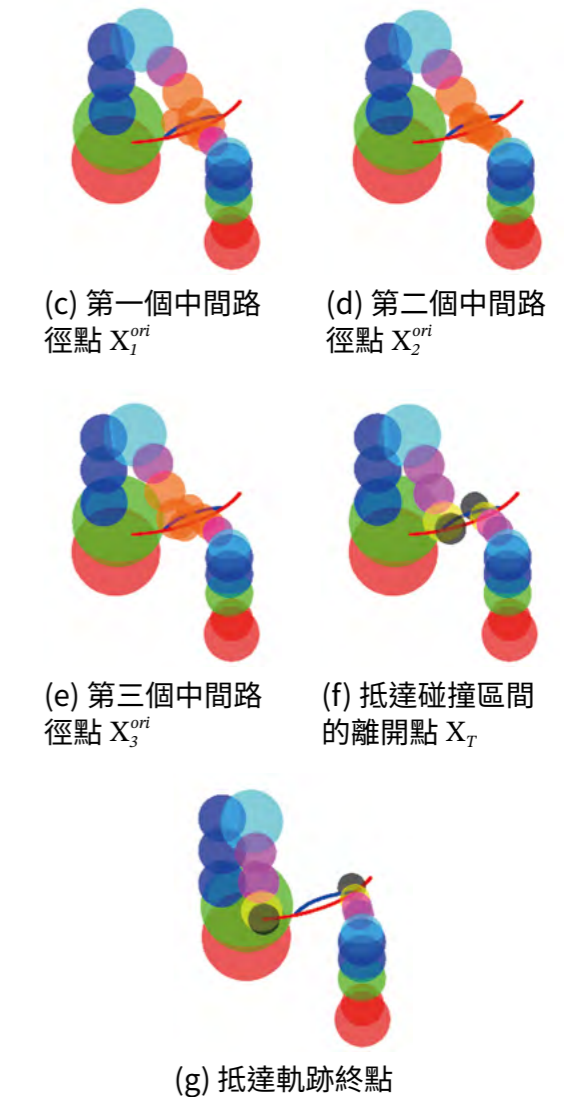
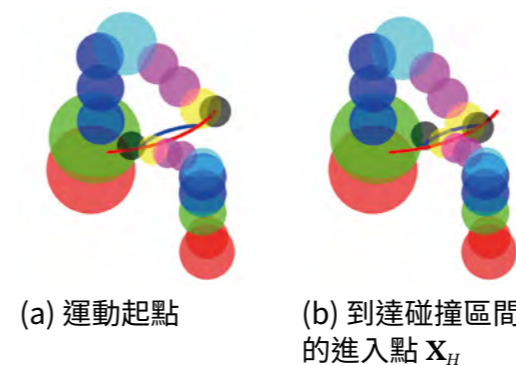


圖 4. 雙臂機器人的初始運動軌跡 (發生自我碰撞)。

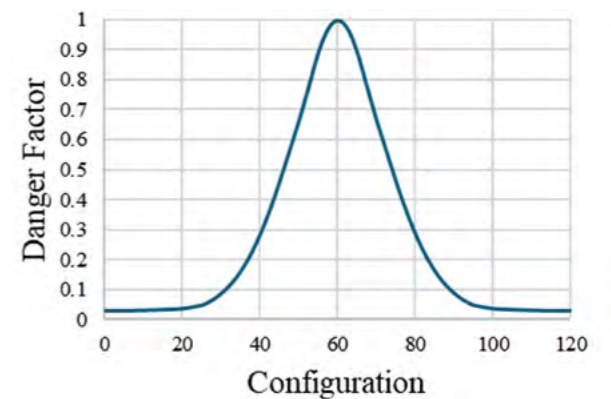


圖 5. 初始運動軌跡的總體危險因子。

4.2 避障路徑規劃結果 (最陡坡度法 vs. 共軛梯度法)

在軌跡最佳化過程中，危險因子門檻值設定為 $\bar{D}=0.4$ 。本文分別採用最陡坡度法與共軛梯度法來最佳化各路徑點之路徑。圖 6(a) 至圖 6(c) 顯示以最陡坡度法所求得之最佳化安全路徑點組態，而圖 7(a) 至圖 7(c) 則顯示以共軛梯度法所得到的對應結果。由圖形化結果可明顯看出，經由這兩種演算法完成最佳化後，雙臂機器人已在這些路徑點位置成功避免彼此干涉，達到無碰撞狀態。

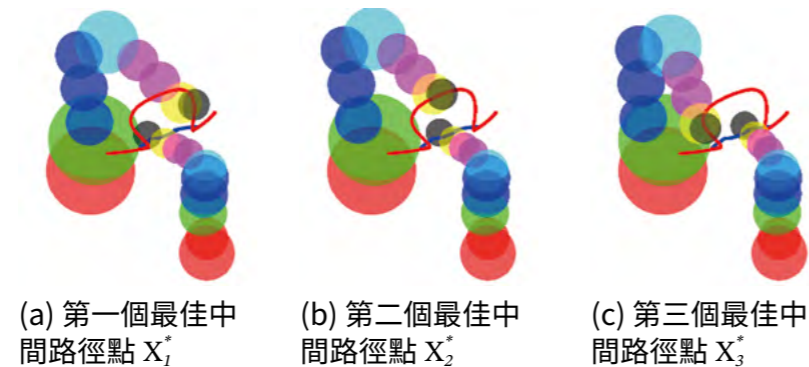


圖 6. 以最陡坡度法得到的避障軌跡。

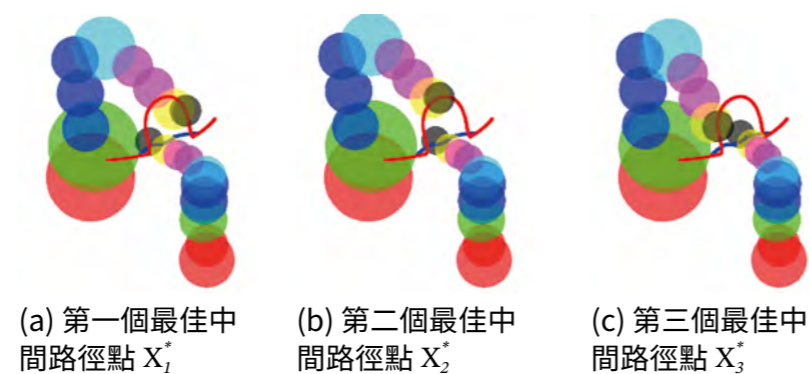


圖 7. 以共軛梯度法得到的避障軌跡。

4.3 避障路徑的危險因子評估

根據最佳化後的路徑點，系統進一步重規劃出一條平滑的避障軌跡，並再進行一次完整的碰撞檢查。由圖 8 與圖 9 所示之危險因子曲線可知，不論是最陡坡度法或共軛梯度法所重規劃出的軌跡，其危險因子值皆明顯低於 0.5，表示軌跡中已無碰撞發生。

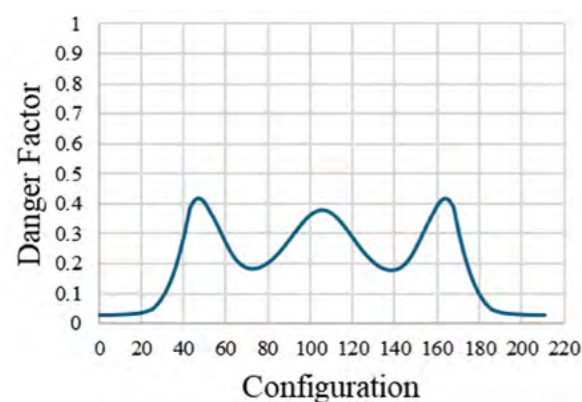


圖 8. 以最陡坡度法得到避障軌跡的總體危險因子。

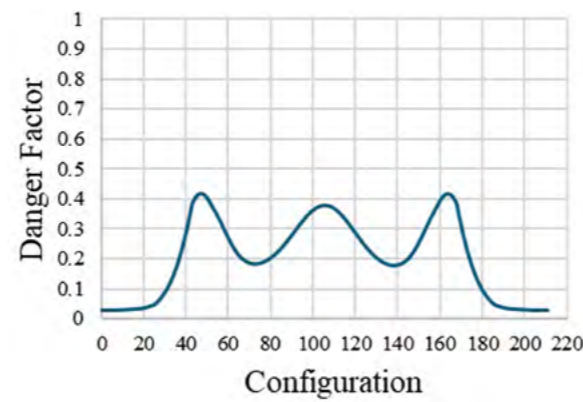


圖 9. 以共軛梯度法得到避障軌跡的總體危險因子。

4.4 ROS2 視覺化及機械手臂動態模擬

為了進一步驗證本文所提演算法於實體機器人部署上的可行性，本文將所產生之無碰撞軌跡匯入 Robot Operating System 2(ROS 2) 架構中。如圖 10 所示，接著於 RViz 環境內模擬並視覺化雙臂機器人之運動學執行結果。



圖 10. 在 ROS2 中進行雙臂機器人系統自我避障運動的模擬及視覺化。

5. 結論

本文提出一套以危險因子為基礎的雙臂機器人共享工作空間避障軌跡最佳化方法。本文將各機械手臂連桿以多個包覆球體加以簡化，並將連續型碰撞風險量測納入受限制的拉格朗氏最佳化架構中，因此能有效產生平滑且無碰撞之運動軌跡。此外，藉由最陡坡度法、共軛梯度法以及中繼路徑點的導入，本文進一步提升了路徑調適能力與整體最佳化效能。透過兩支六自由度工業機械手臂之模擬結果，

並結合 ROS2 平台下之 URDF 建模與 RViz 視覺化驗證，可確認本文所提方法具有良好的有效性與計算效率。未來研究將著重於提升最佳化的穩健性，並進一步將本方法實作於實體機器人硬體系統。

▼ 致謝

感謝國科會 (計畫編號: NSTC 114-2218-E-011-005)、上銀科技股份有限公司、教育部高教深耕智慧製造創新中心的補助。本文的部份成果以英文的形式投稿至 ASME 2026 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference (IDETC/CIE 2026)。

參考文獻

- 1 Shukla, G., Kumar, A., and Parveen, F., 2026, A historical perspective and current trends in robotic technology: From mechanization to intelligent automation, Robot Automation, CRC Press.
- 2 Abbas, M., Narayan, J., and Dwivedy, S. K., 2023, "A systematic review on cooperative dual-arm manipulators: modeling, planning, control, and vision strategies: M. Abbas et al," International Journal of Intelligent Robotics and Applications, 7(4), pp. 683-707.
- 3 Liu, J., Yap, H. J., and Khairuddin, A. S. M., 2024, "Review on motion planning of robotic manipulator in dynamic environments," Journal of Sensors, 2024(1), p. 5969512.
- 4 Zhu, S., Zhang, Y., Li, Z., Wang, J., and Yuan, S., 2025, "Multi-objective optimal trajectory planning method for robot manipulator with real-time parameters monitoring," Mechanical Systems and Signal Processing, 229, p. 112518.
- 5 Fang, Z., and Liang, X., 2022, "Intelligent obstacle avoidance path planning method for picking manipulator combined with artificial potential field method," Industrial Robot: the international journal of robotics research and application, 49(5), pp. 835-850.
- 6 Xu, B., 2024, "Precise path planning and trajectory tracking based on improved A-star algorithm," Measurement and Control, 57(8), pp. 1025-1037.
- 7 Jiang, L., Liu, S., Cui, Y., and Jiang, H., 2022, "Path planning for robotic manipulator in complex multi-obstacle environment based on improved_RRT," IEEE/ASME transactions on mechatronics, 27(6), pp. 4774-4785.
- 8 Zhang, W., Zhang, Z., Guo, Z., and Liu, C., 2025, "Path Planning for Dual-Arm Robots Using an Improved Probabilistic Roadmap (PRM) Algorithm," 2025 6th International Conference on Intelligent Computing and Human-Computer Interaction (ICHCI), IEEE, pp. 61-64.
- 9 Zheng, L., Wang, Y., Yang, R., Wu, S., Guo, R., and Dong, E., 2023, "An efficiently convergent deep reinforcement learning-based trajectory planning method for manipulators in dynamic environments," Journal of Intelligent & Robotic Systems, 107(4), p. 50.
- 10 Yu, D., Sun, W., and Luan, Z., 2026, "Trajectory planning for robotic manipulator based on improved DDPG algorithm," ISA transactions.
- 11 Zhao, B., Wu, Y., Wu, C., and Sun, R., 2025, "Deep reinforcement learning trajectory planning for robotic manipulator based on simulation-efficient training," Scientific Reports, 15(1), p. 8286.
- 12 Elumalai, V. K., 2025, "A proximal policy optimization based deep reinforcement learning framework for tracking control of a flexible robotic manipulator," Results in Engineering, 25, p. 104178.

AI新秀 智慧科技應用專班

全額補助，打造學生職場AI競爭力！

凡參加本課程，每位學員每月均有提供學習獎勵金，
最長可領取8個月，最高達**20萬**

截止日期 | 07.03 >>>

實習合作企業

- 所羅門股份有限公司
- 茂綸股份有限公司
- 喬歲進科技股份有限公司
- 台貿科技股份有限公司
- 千附精密股份有限公司
- 陽程科技股份有限公司
- 泰科動力股份有限公司
- 仕興機械工業股份有限公司

培訓期間

- 【第1階段】協會專業培訓：**
2026年8月1日至11月31日
培訓300小時，學習獎勵：提供每位學員新臺幣2萬元/每月，共4個月。
- 【第2階段】企業實習：**
2026年12月01日至2027年3月31日
每周實習時數32小時，不可提前結束(企業提前聘用學員之原因除外)，受訓學員安排至合作企業實習4個月。實習期間:提供每位學員新臺幣3萬元/每月，共4個月。
- 【第3階段】媒合就業：**
學員實習後，將協助媒合相關企業就業。

參加資格及注意事項

1. 為本國教育部認可之大專校院，取得副學士以上學歷之畢業生。
 2. 申請學員須具中華民國國籍或為僑外生(不含陸、港、澳)
 3. 年齡限制為(滿)18歲至35歲。
 4. 於訓練階段為待業者，不得為全職在職勞工或自營作業者，或是公司或行(商)號負責人。
 5. 每名受訓學員限參與本計畫1次，且培訓補助期間不得同時接受其他政府相關人才培訓補助。
 6. 受訓學員須為本科生，本科生係指與合作企業之實習職務相關之畢業科系，修畢相關科系之主修、輔修、學程等作為參考依據。
- *本計畫目前仍為申請階段，實際執行內容將依經濟部產發署最終核定結果辦理；如計畫未獲核定通過，相關計畫內容將取消辦理。

最後
件
履
歷
止

7/3

立
報
名
下
參
加



熱烈招募中 >>>>

洽詢專線 凌小姐 04-23581866#51
Mail: joy@tairoa.org



圖 1. 機器視覺遠距光體積變化描記技術示意圖。

當機器視覺讀懂 你的生理密碼

文 | 國立臺灣海洋大學電機研究所
薛榮安
國立臺灣科技大學自動化及控制研究所教授
顏志達

▼一、研究動機與目標

隨著 COVID-19、流感與其他傳染性疾病持續威脅全球公衛體系，遠距醫療 (Telehealth) 與非接觸式生理監測技術在日常健康管理中的重要性已達到前所未有的高度。在傳統的醫療與長照場景中，民眾主要依賴接觸式的設備來獲取健康數據。例如，需要反覆充氣、壓迫手臂的袖帶式血壓計，以及必須夾附於指尖的指夾式血氧儀。這些設備雖然具備臨床精準度，但常因操作流程繁瑣、長者難以獨自完成使用藍牙與量測儀器配對，以及量測時不可避免的物理不適感，且屬於接觸式量測方式，大幅降低了民眾在日常生活中規律進行健康紀錄的意願。

為解決上述產業痛點並滿足非接觸式居家監測的迫切需求，本研究提出了一套基於遠距光體積變化描記 (Remote Photoplethysmography, rPPG) 技術之多模態端對端深度學習架構，並將其命名為 TransET。rPPG 技術的核心原理，在於透過一般消費級攝影鏡頭（如智慧型手機相機或機器人攝影鏡頭），捕捉人體皮膚表面因心臟搏動、皮下微血管血液流量變化所引起的微小光學色彩反射改變。圖 1 為遠距光體積變化描記技術量測生理資訊示意圖。

然而，傳統 rPPG 技術在邁向實際商用的過程中，經常面臨環境光照變化、受試者晃動以及膚色差異等挑戰。為此，TransET 系統整合了當今具潛力的兩種核心演算法：專門捕捉時序特徵的 Transformer [1]，以及負責精準數值回歸的 Extra Trees (ExtraTreesRegressor) 演算法 [2]。本研究的具體核心貢獻涵蓋以

下四個面向：首先，設計出一套整合卷積神經網路 (Convolution Neural Network, CNN)、Transformer 與 Extra Trees 的多模態架構；其次，創新採用「無位置編碼」的 Transformer Encoder，在維持序列建模能力的同時大幅降低了模型複雜度；再者，嚴謹驗證了模型適用於「臉部」與「手部」影像等多元輸入場景，拓展了隱私保護情境下的應用彈性；最後，本研究已成功將此輕量化模型部署於市佔率極高的 LINE 社群平台，實現了「隨拍即測」的即時監測流程，為遠距照護提供了具備高度實務可行性的解決方案。

▼二、系統架構與核心方法

本研究所提出之 TransET 架構為一端對端非接觸式生理參數預測架構，整合臉部視訊訊號處理與深度學習技術，實現同步預測收縮壓、舒張壓與血氧飽和度。TransET 整體系統架構如圖 2 所示：

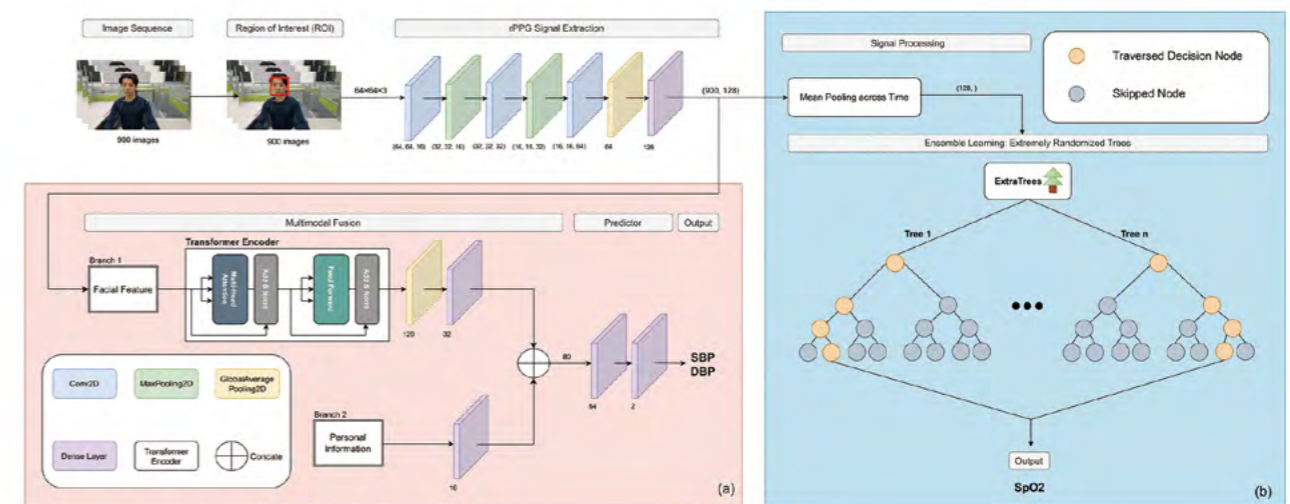


圖 2. TransET 整體系統架構 (a) 為血壓預估設計；(b) 為血氧預估設計。

2.1 TransET 深度學習架構設計與多模態融合

本研究提出之 TransET 架構為一套端對端 (End-to-End) 非接觸式生理預測系統，目的在解決非接觸式監測於複雜環境下的穩定性難題。系統整體架構包含三個關鍵模組：影像預處理層、時序特徵提取層與多模態回歸層。

在影像預處理層，考量邊緣裝置算力限制，本研究捨棄高耗能的 MTCNN [3]，改採高效的 Haar Cascade 演算法進行人臉與手部區域之快速定位。系統將影像轉為灰階並裁切大範圍區域（如圖 3 所示），此舉能有效降低局部追蹤失敗導致的訊號遺失風險，並即時針對不同光源條件進行色彩空間校正，以提升 rPPG 訊號之信噪比。擷取之網路感興趣區域 (Region of Interest, ROI) 經尺寸調整 (64×64) 與常態化後，輸入三層卷積層（濾波器數分別為 16、32、64）轉化為 128 維特徵，並整合幀數索引形成 129 維向量，作為後續模型的輸入。

在時序特徵提取與回歸層，我們採用了基於 Transformer Encoder 之多模態架構。



圖 3. 經過 Haar Cascade 裁切過後的影片數據。

與傳統架構不同，TransET 創新導入了「無位置編碼 (Positional Encoding-free)」設計，此舉主要在大幅降低參數複雜度以利邊緣運行的同時，仍能精準保留時序依賴性，並維持對於不同拍攝距離 (70cm 至 140cm) 的泛化適應力。針對血壓收縮壓 (SBP) 與舒張壓 (DBP) 預測，動態臉部特徵經 Transformer 處理後，與年齡、性別等靜態生理基準（映射至 16 維空間）進行深度融合並輸出血壓數值。針對血氧 (SpO₂) 預估，為克服小樣本過擬合，模型將 CNN 特徵於時間軸取均值生成全域表徵，並結合 100 棵決策樹之 Extra Trees 集成學習模型進行平均輸出。

最後，透過多模態注意力機制 (Multi-head Attention) 之可解釋性分析，實驗顯示模型能精準聚焦於鼻樑、臉頰及手掌微血管密集區域，並自動過濾環境雜訊（相關視覺化分析請參閱後續實驗章節）。此設計證明 TransET 並非單純進行數據擬合，而是確切學習到了心跳搏動與血液變化之物理特徵，為遠距健康監測提供了臨床級的技術支撐。

2.2 實驗環境配置與資料集建置

本系統開發於 Windows 平台，搭載 Intel Core i5-10400F 處理器與 NVIDIA RTX 2060 顯示卡，採 TensorFlow 2.4 框架。資料集方面，招募 42 名受試者建立自建資料集，涵蓋標準條件 (70 公分、80 lux)、弱光 (30 lux) 及遠距 (140 公分) 三大測試階段，同步錄製臉部與手部影像。此外，導入含 100 名受試者之 VV-Small 公開資料集 [4]，以其多樣膚色與自然動作驗證模型泛化能力。

2.3 評估指標與交叉驗證策略

本研究以 V V 公開資料集作為血壓基準，所提之血氧數據則建立該領域新參考標準。為防範資料洩漏 (Data Leakage)，任務皆採「受試者層級五折交叉驗證 (Subject-independent 5-fold CV)」，確保同受試者不跨集出現，客觀評估泛化能力。特徵處理上，血壓預估採滑動

視窗 (大小 30、步長 10) 擷取時序脈絡；血氧預測以 GridSearchCV 最佳化參數。效能評估以平均絕對誤差 (Mean Absolute Error, MAE)、均方根誤差 (Root Mean Squared Error, RMSE) 與皮爾森相關係數為核心指標，並透過 Fisher z 轉換計算 95% 信賴區間界定誤差邊界。

▼ 三、綜合預測效能與跨域分析

3.1 血壓與血氧預測結果對比

TransET 於生理預估展現卓越的跨部位適應力。自建臉部資料測試顯示（如表 1 所示），SBP 與 DBP 的 MAE 僅 9.17 與 6.19 mmHg，證明 Transformer 有效過濾了表情與背景光偽影；在弱光或遠距情境下，相關係數仍穩居 0.50 以上。於 V V 公開資料集中，SBP 與 DBP 的 MAE 為 10.81 與 6.89 mmHg，顯著優於 AlexNet_1D [5] 及 BpNet [6]。

表 1. 各模型於不同資料集下之臉部血壓預測結果

Method (自建資料集)	SBP			DBP		
	MAE	RMSE	ρ (95% CI)	MAE	RMSE	ρ (95% CI)
Alexnet_1D	9.90	12.36	0.56[0.54, 0.58]	6.42	8.30	0.49[0.47, 0.51]
Resnet_1D	9.49	12.70	0.52[0.49, 0.54]	6.36	8.37	0.44[0.41, 0.47]
BiLSTM	9.29	13.61	0.42[0.40, 0.45]	6.86	9.37	0.29[0.26, 0.31]
TranET (Proposed)	9.17	12.06	0.51[0.46, 0.55]	6.19	7.89	0.54[0.48, 0.58]
Method (公開資料集)	SBP			DBP		
	MAE	RMSE	ρ (95% CI)	MAE	RMSE	ρ (95% CI)
BpNetbase [12]	12.20	16.45	-	6.94	9.37	-
Alexnet_1D	13.77	21.36	0.53[0.25, 0.31]	8.40	16.54	0.30[0.11, 0.17]
Resnet_1D	13.90	19.68	0.56[0.55, 0.60]	7.99	11.81	0.33[0.34, 0.40]
BiLSTM	13.42	18.47	0.61[0.63, 0.66]	7.99	11.81	0.33[0.43, 0.48]
TranET (Proposed)	10.81	15.35	0.76[0.75, 0.78]	6.89	9.22	0.67[0.65, 0.68]

血氧飽和度 (SpO₂) 方面 (如表 3 所示) , 自建臉部資料 MAE 為 0.67%。而「手部影像」預測效能更加提升: MAE 低至 0.58%, 相關係數達 0.51。因手掌微血管密集且不受表情干擾, 訊號更純淨; 此數據證實, 在配戴口罩等不便露臉情境下, 掃描手掌即可獲高信賴度指標。此外, 模型於 VV 資料集取得 MAE 0.88% 與相關係數 0.54 之最佳表現, 為所有模型中唯一達中度相關水準者。

表 2. 各模型於手部資料下之血氧飽和度預測結果 (自建資料集)

Method	MAE	RMSE	ρ (95% CI)
KNN	0.91	1.06	-0.00[-0.66, 0.66]
SVR	0.70	0.82	-0.47[-0.86, 0.28]
RF	0.61	0.69	0.63[-0.05, 0.91]
MLP	11.81	11.84	0.47[-0.29, 0.86]
CatBoost	0.57	0.69	0.54[-0.19, 0.89]
TranET(Proposed)	0.58	0.71	0.51[-0.23,0.88]

表 3. 各模型不同資料集下之臉部血氧飽和度預測結果

Method (自建資料集)	MAE	RMSE	ρ (95% CI)
KNN	0.96	1.11	-0.58[-0.65, 0.67]
SVR	0.70	0.82	-0.34[-0.82, 0.42]
RF	1.09	1.35	-0.44[-0.85, 0.32]
MLP	10.26	10.39	-0.34[-0.82, 0.42]
CatBoost	0.95	1.20	-0.35[-0.82, 0.41]
TranET(Proposed)	0.67	0.77	0.29[-0.46,0.80]
Method (公開資料集)	MAE	RMSE	ρ (95% CI)
KNN	1.35	1.87	-0.02[-0.33, 0.29]
SVR	1.31	1.86	-0.19[-0.47, 0.13]
RF	1.09	1.59	0.33[0.02,0.58]
MLP	12.84	12.94	-0.19[-0.47,0.13]
CatBoost	1.05	1.60	0.34[0.03,0.59]
TranET (Proposed)	0.88	1.19	0.54[0.27,0.73]

3.2 可解釋性分析與消融實驗

為驗證特徵擷取的準確性, 本研究利用熱力圖視覺化分析 (如圖 4 與圖 5 所示)。臉部的高響應區精準集中於鼻樑兩側與雙頰; 手部特徵則鎖定於手掌中央與掌根。此分佈與人體皮下微血管密集區域高度吻合, 證實模型擷取之特徵具備明確生理意義。此外, 位置編碼消融實驗 (如圖 6 所示) 證明「無位置編碼」方案在維持精度的同時, 能大幅減少運算負載, 提升了模型在邊緣裝置上的部署彈性。

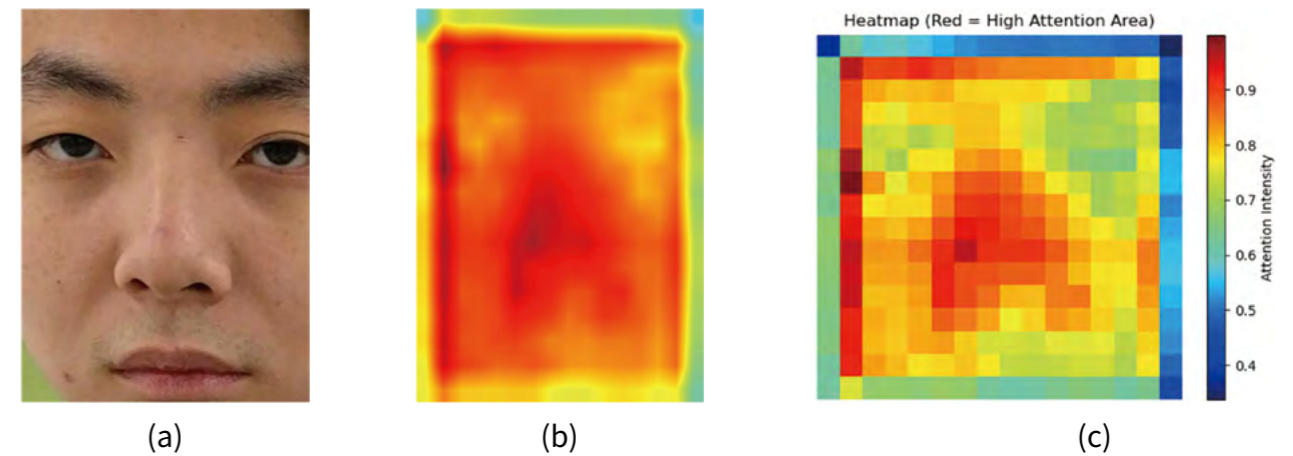


圖 4. 臉部影像之 CNN 熱力圖視覺化結果, (a)ROI 區塊; (b)CNN 特徵熱力圖; (c) 強度分佈圖。

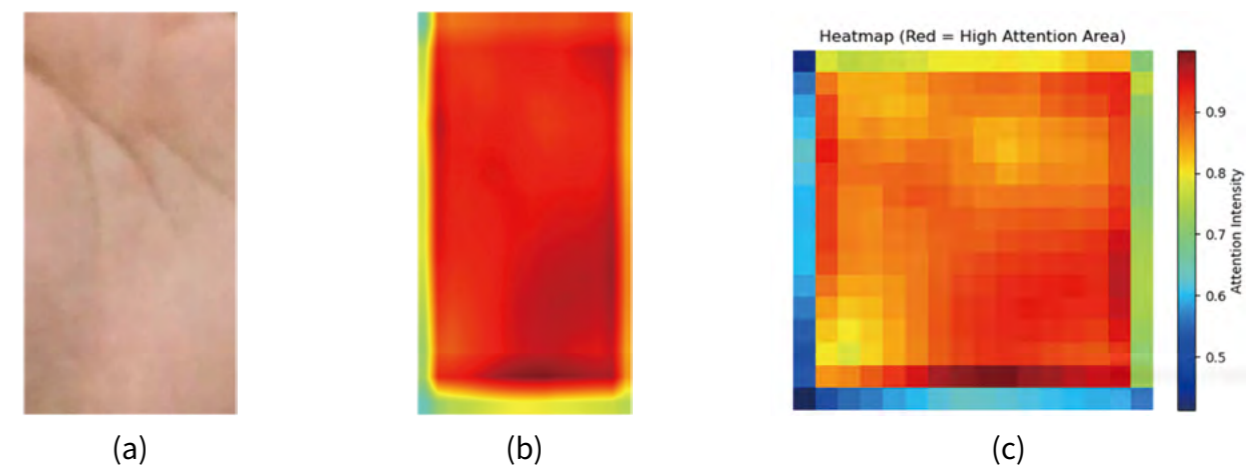


圖 5. 手部影像之 CNN 熱力圖視覺化結果, (a)ROI 區塊; (b)CNN 特徵熱力圖; (c) 強度分佈圖。

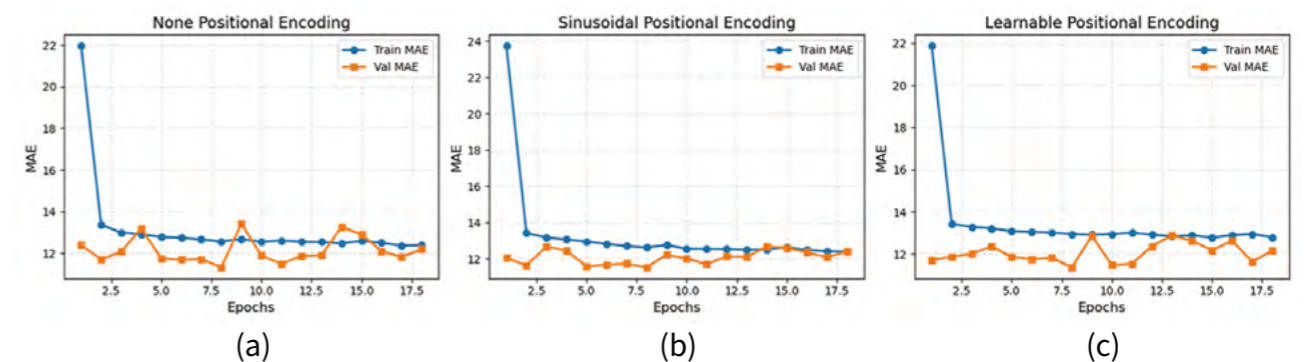


圖 6. 不同位置編碼方式下訓練與驗證 MAE 變化趨勢: (a) 無位置編碼 (None); (b) 正弦位置編碼 (Sinusoidal); (c) 可學習位置編碼 (Learnable)。

▼ 四、輕量化部署與系統實作

受惠於上述無位置編碼架構的優化，TransET 具備了極為優異的輕量化特性。數據顯示，該模型的總參數量被精簡至約 34.7 萬 (347,534 個參數)，使得實體檔案體積僅有微小的 1.33MB。在一般的電腦端推論延遲測試中，完成單次運算僅需耗時 49.50 毫秒。相較於體積高達 126.64 MB 且推論需 47.48 毫秒的傳統 AlexNet_1D 模型，TransET 成功在維持競爭準確度的前提下，於預測效能、儲存空間與即時性之間取得了完美的平衡，克服了邊緣裝置計算資源受限的挑戰。

為將此技術從實驗室推向真實世界的居家應用，本研究特別提出了一套免安裝的輕量化系統部署架構 (如圖 7 所示)。傳統的獨立健康 App 往往需要民眾經歷繁瑣的下載、安裝與註冊程序，導致高齡長者的使用普及率低落。為克服上述之侷限性，本系統的後端採用

了 FastAPI 框架實作高效能的 RESTful API，並穩定部署於 \Heroku\ 雲端運算平台，專職負責接收影像串流並執行模型推論。

在使用者接觸的前端介面上，本研究創新地結合了市佔率極高的 LINE 通訊軟體與 LIFF(LINE Front-end Framework) 網頁整合技術。使用者完全不需下載額外的應用程式，僅需在熟悉的 LINE 官方帳號對話框中點擊圖文選單，系統即會自動喚醒手機相機，啟動 30 秒的臉部或手部影像錄製。本架構實現了真正的「隨拍即測」全自動化使用者體驗：從影像視訊擷取、基礎個體資訊 (年齡、性別) 的表單輸入，到雲端運算分析，最終將血壓與血氧的預測報告以圖文訊息回傳至聊天室，所有步驟皆在單一、直覺且友善的介面中一氣呵成。此創新方案成功填補了學術界在通訊軟體整合 rPPG 技術領域的應用研究空白，為遠距醫療與高齡居家照護提供了極具落地價值的解決方案 [7]。

▼ 五、結論

本研究成功開發並實證了一套名為 TransET 的非接觸式多模態深度學習架構。透過創新整合卷積神經網路、Transformer Encoder 與 Extra Trees 技術，所提出的系統打破了傳統接觸式量測設備的物理限制，實現僅憑日常臉部或手部影像即可同步、精準預測血壓與血氧的目標。經由實驗證明，該模型在面對光照強度變化、拍攝距離改變及異質性高的多樣化資料集時，依然具備優異的預測精度

與強大的跨部位泛化能力。不僅在學術指標上取得佳績，更透過架構精簡成功將模型體積壓縮至 1.33MB，並結合 FastAPI 與 LINE LIFF 前端技術，開發出低延遲、免安裝的即時互動系統，大幅消弭了社會大眾使用健康科技的門檻。未來，研究團隊將持續優化模型在動態環境下的時序建模能力，嘗試擴展心血管生理指標的預測範疇，並進一步強化雲端資料傳輸的臨床資訊安全機制，期盼此技術能廣泛且安全地導入遠距醫療與高齡居家照護等次世代智慧醫療場域之中。

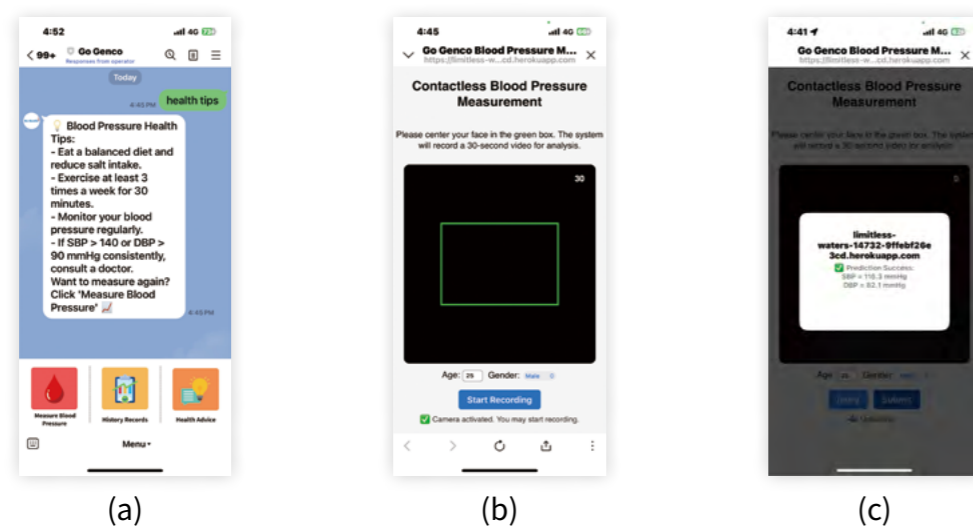


圖 7. 非接觸式血壓監測系統介面與流程：(a)LINE Bot 主介面；(b)LIFF 影像擷取介面；(c) 預測結果回饋。

參考文獻

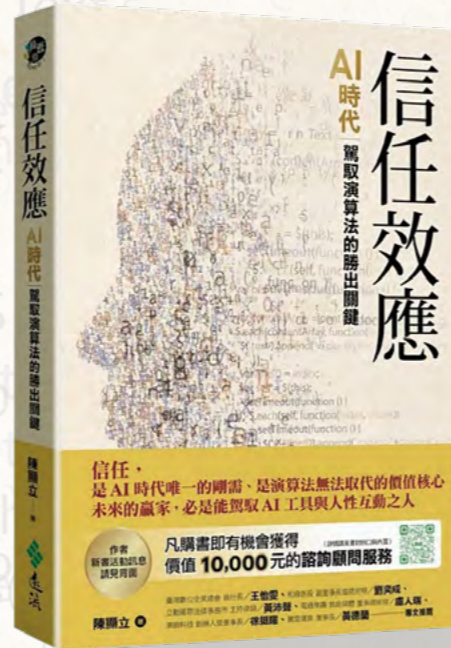
- 1 A. Vaswani et al., "Attention is all you need," arXiv preprint arXiv:1706.03762, 2017.[Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1706.03762>
- 2 Y. Wang, "Machine learning models applied to predicate post activity oxygen saturation levels," Int. J. Bio-sens. Bioelectron., vol. 8, no. 1, pp. 26–30, 2023.
- 3 N. Zhang, J. Luo, and W. Gao, "Research on face detection technology based on MTCNN," in Proc. Int. Conf. Comput. Netw., Electron. Autom. (ICCNEA), Xi'an, China, 2020, pp. 154–158, doi: 10.1109/ICCNEA50255.2020.00040.
- 4 P.-J. Toye, "Vital videos: A dataset of face videos with PPG and blood pressure ground truths", arXiv preprint arXiv:2306.11891, 2023. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2306.11891>
- 5 F. Schrumpp, P. Frenzel, C. Aust, G. Osterhoff, and M. Fuchs, "Assessment of Non-Invasive Blood Pressure Prediction from PPG and rPPG Signals Using Deep Learning," Sensors, vol. 21, no. 6022, 2021, doi: 10.3390/s21186022.
- 6 M. Clinton Tosima Manullang, Y. -H. Lin and N. -K. Chou, "A Transformer-Based Network for Estimating Blood Pressure Using Facial Videos," in IEEE Sensors Journal, vol. 25, no. 1, pp. 1969-1977, 1 Jan. 2025, doi: 10.1109/JSEN.2024.3496115.
- 7 R. R. T. Kumar et al., "Prospective clinical validation of a noncontact vital signs measurement smartphone application in emergency department," European Heart Journal - Digital Health, vol. 4, no. 3, pp. 456–463, May 2023. doi: 10.1093/ehjdh/ztad042

信任效應

AI 時代 | 駕馭演算法的勝出關鍵

AI 時代來臨，你做好準備了嗎？
本書指出一條如何在演算法世界生存的顯道之路

作者 | 陳顯立 出版日 | 2026/03/31



在 AI 可複製一切內容與功能的時代，信任，是最後的稀缺品，
也是人類在演算法統治的世界中，最後、最強大的護城河。

AI 浪潮席捲而來，我們正處於一個新舊秩序交替的裂縫中。生成式 AI 在網路上產出的文字量，
已經超過了人類過去幾千年累積的總和。

當人人都能用 AI 生成內容、內容的生產成本趨近於零時，此刻最昂貴的資產，變成了人與人之間的「信任」。

信任，是 AI 時代唯一的剛需

AI 可以模擬語氣，但無法模擬承諾；AI 可以計算風險，但無法承擔責任。AI 讓內容的生產變得史無前例的容易，但無法由 AI 所生產的「信任」，也因此變得史無前例的昂貴。

信任，是演算法無法取代的價值核心

AI 造成內容氾濫，流量紅利已逝，在這個真假難辨的時代，信任是最底層的資產。AI 可以模仿技能，但它無法模仿人心。在演算法統治的世界，人與人之間的「信任」連結，是最後、也是最強大的護城河。

信任的價值，在 AI 時代將被推到最高

在這個 AI 試圖將一切都變得廉價、高效、標準化的時代，唯一真正稀缺的，是那些無法被量化的「真人經驗」、那些透過長期分享所建立的「信任」。AI 把內容的價格打到零，但信任的價值，將被推到最高。

懂得指揮 AI 的人，才是真正的贏家

AI 可以計算出最優解，但它無法承擔選擇的重量。AI 可以連接全世界的數據，但它無法連接靈魂。AI 負責產出，人類負責信任。懂得駕馭 AI 與人性溫度之人，才是未來的贏家。

本書集結作者 20 多年在零售、電商、數據與顧問領域的實戰經驗，以及對 AI 衝擊的第一手觀察，從全球趨勢、產業轉變、技術與商業模式革新開始解析，是首次囊括其創業實戰經驗、企業管理心法，以及趨勢洞察觀點的系統之作。

儘管 AI 正在重塑我們理解世界的方式，悄悄改變我們做決策的方式，但作者發現，無論技術如何更迭，商業的底層邏輯始終指向人心。掌握「信任效應」，我們就不再是那個在洪流中掙扎的求生者，而是那個能駕馭潮水、乘風破浪的領航者。

頂尖收入

用 **20%** 的時間創造 **80%** 的財富

不燃燒身心的收入革命，
把「個人價值」變成高獲利資產

作者 | 黃冠螢 出版日 | 2026/04/01



想要實現財富自由，你需要的不是更努力，而是重新定義你的收入模式。
這本書是為以下這些人而生：

- 案量穩定但希望可以擁有更多自由時間的接案人。
- 想要建立品牌教育體系的品牌經營者。
- 陷入校長兼撞鐘困境的一人創業家。
- 想用個人價值提升收入和職涯可能性的上班族。
- 渴望實現「工作減半、收入翻倍」的實踐者。

黃冠螢

許多人在職場或專業領域深耕多年，往往在忙碌得身心俱疲時才驚覺：只要停止工作，收入就會立刻歸零。

榮獲「亞太史蒂夫商業大獎」肯定的創業家黃冠螢，也曾是行事曆和收入滿滿的接案者，卻在經歷事業與家庭的雙重衝擊後，澈底識破了這個勞力=收入的「線性陷阱」。

於是她將 15 年的跨界實戰經驗，轉化為「CUNA 頂尖收入系統」。這套方法讓她正式跳脫「以時間換錢」的泥淖，透過系統化建構自己的價值，得以實現一天工作 4 小時、一年只工作 4 個月的生活，邁向財務自由人生階段。而這套系統，也成為幫助數十位專業人士打造出百萬、千萬資產的實戰指南。

翻開本書，你將學會打破收入天花板的 3 大核心：

- ◎**核心 1**：重塑「頂尖收入」思維，停止無效的瞎忙！看懂為什麼「時薪再高也無法致富」，並建立將個人時間與收入澈底脫鉤的商業直覺。
- ◎**核心 2**：啟動「專業資產化」的萃取技術。你人生中的各種經驗，比你想像的更值錢。本書將手把手教你如何盤點腦中的 Know-how，將無形的「個人服務」具象化為可複製、可定價的「獨家方法論」。
- ◎**核心 3**：導入 CUNA 系統，打造高槓桿的規模化變現。從專業服務到系統化資產，掌握將方法論產品化、自動化的商業布局，在大幅減少工時的同時，實現營收 10 倍躍升。

擁有獨到經驗的你，不該只是勞動力市場中的高級零件。如果你正深陷「停工即停薪」的焦慮，那是因為你尚未啟動專業的「資產化」開關。告別低效能的努力，現在就拿回時間主導權，讓專業滋養你的人生，開啟平衡事業、享受生活的頂尖收入！

TAIROA B2B 智動化與機器人展館

一站式採購平台

90+ COMPANIES

400+ PRODUCTS

主題展館:

- 工業機器人
- 關鍵零組件
- 永續製造
- 自動化設備
- 5G 製造
- AI製造



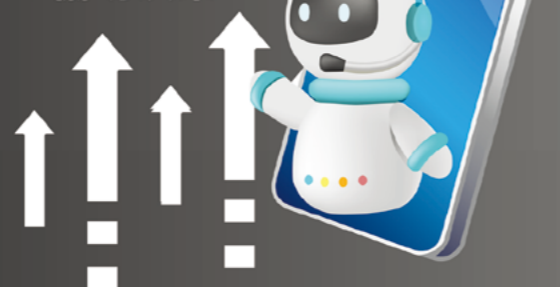
支援超過 40 種語言

突破語言限制，拓展全球商機

AI 採購助理

自動化採購流程，智慧比對製造商，並透過 AI 協助決策。

Welcome to visit



客製化企業包班

量身打造專屬培訓課程

30% OFF

政府補助最低七折起 提升企業永續競爭力

針對單一企業、關係企業、上下游整合廠或有興趣之廠商，依據需求設計課程辦理員工培訓，協會提供講師、場地安排、行政事務等一切庶務，節省企業執行成本。



時間

總時數達6小時(含)以上即符合課程開立標準



地點

可於貴司內部場地上課或是指定之設施場地



講師

企業指定講師或由協會尋找適合的優秀講師



內容

依公司需求安排教育訓練課程內容及專屬教材

AI人工智慧
與智慧製造
相關系列課程

智慧資安策略
大數據分析

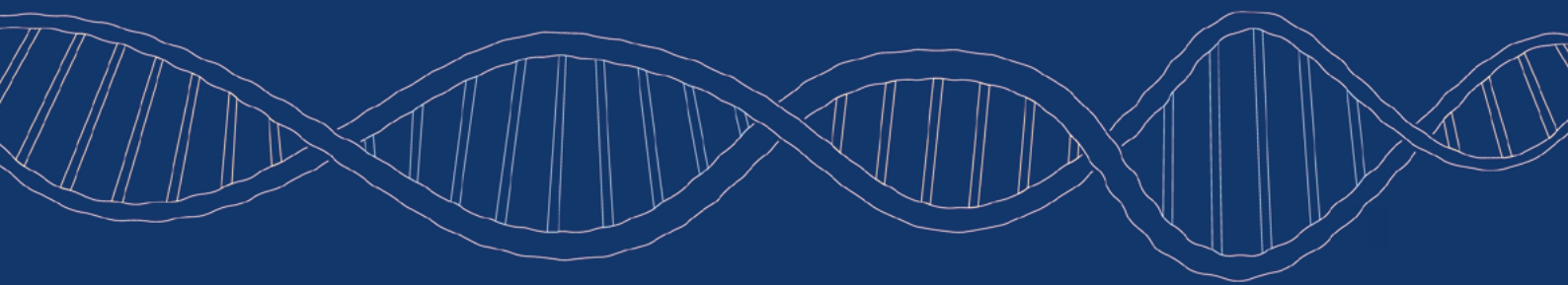
機械手臂
機器人技術

企業專案管理
企業經營管理
企業永續管理

企業包班請洽詢



王小姐 | 04-23581866 #52 | candice@tairoa.org.tw
凌小姐 | 04-23581866 #51 | joy@tairoa.org



臨床實務與技術方案 共構智慧醫療現場

www.tairoa.org.tw

TAIROA 台中 × TAIROA 台北

40852 台中市南屯區精科路26號4樓
4F., No. 26, Jingke Rd., Nantun Dist.,
Taichung City 40852, Taiwan
TEL:886-4-2358-1866
FAX:04-2358-1566
EMAIL:service@tairoa.org.tw

10059 台北市新生南路一段50號6樓603室
Rm. 603, 6F.,No 50, Sec. 1, Xincheng S. Rd.,
Zhongzheng Dist., Taipei City 100, Taiwan
TEL:886-2-2393-1413
FAX:02-2393-1405
EMAIL:exam@tairoa.org.tw



印刷品

如無法投遞，請退回至：
台中市南屯區精科路 26 號 4 樓

定價
NT\$500