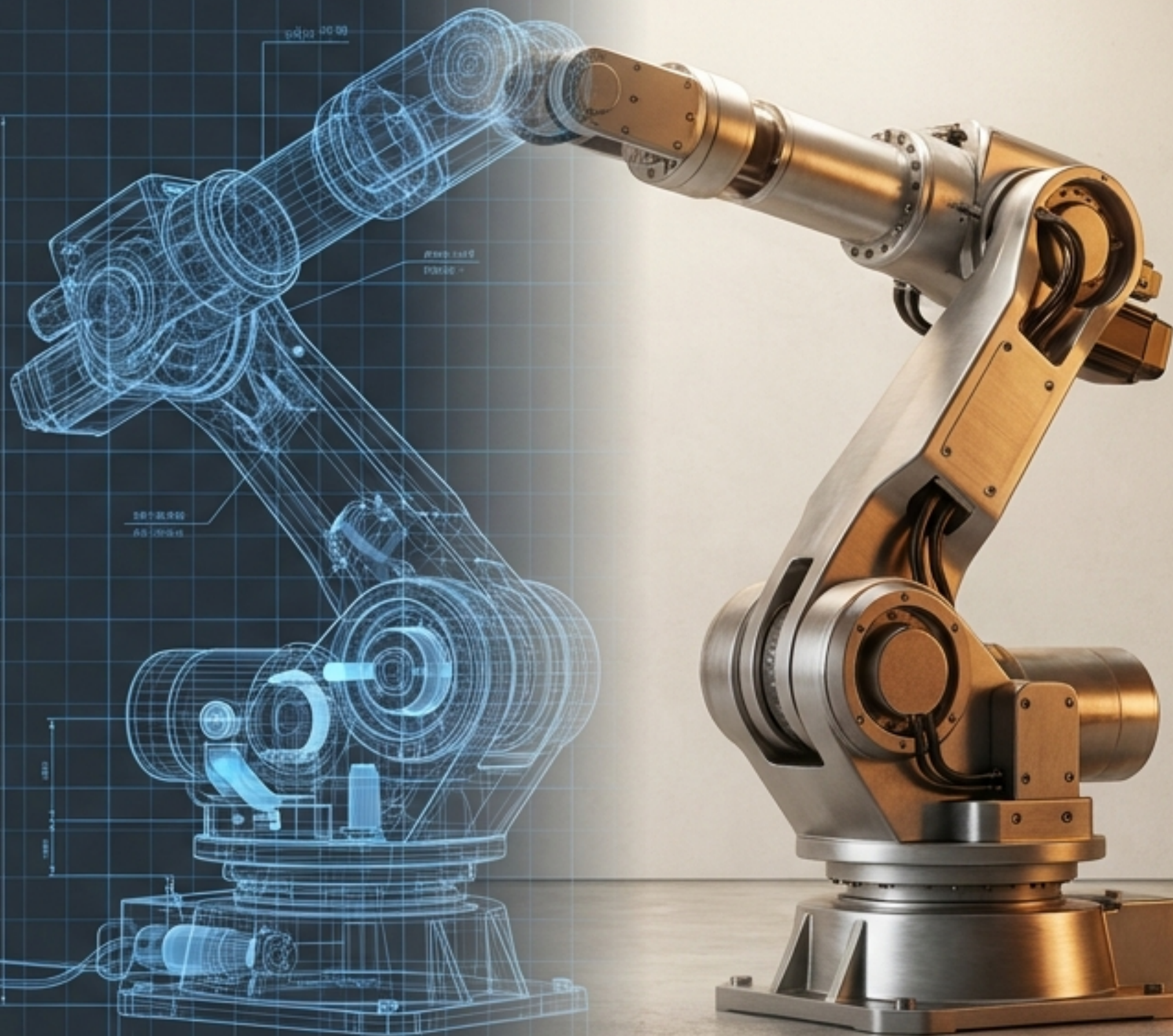


具身智能、物理 AI 與數字孿生：2026 最新發展與應用

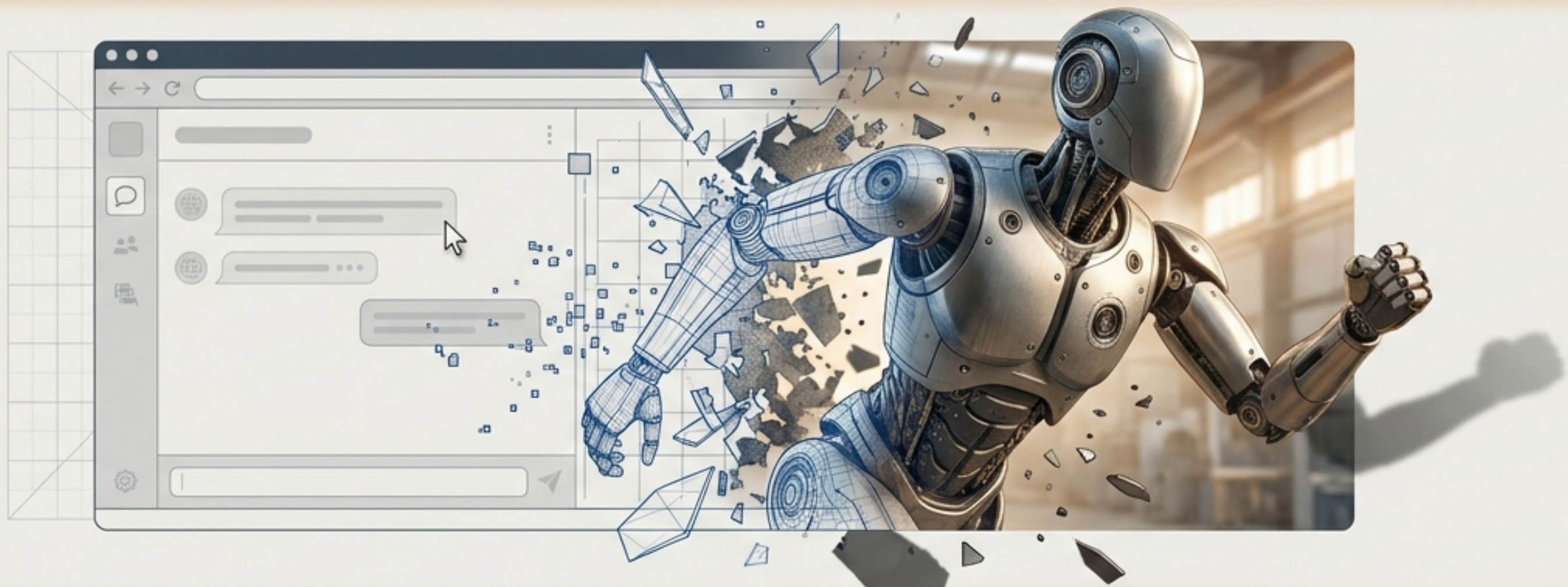
從虛擬演算法跨入真實物理世界

ZJUAANC 15 週年特別講座 | 2026年6月20日



AI 的 2026 典範轉移：從螢幕對話跨越至實體互動

人工智能正從單純的「數位文本生成」，演化為具備「實體感知、決策與行動」能力的真實世界參與者。



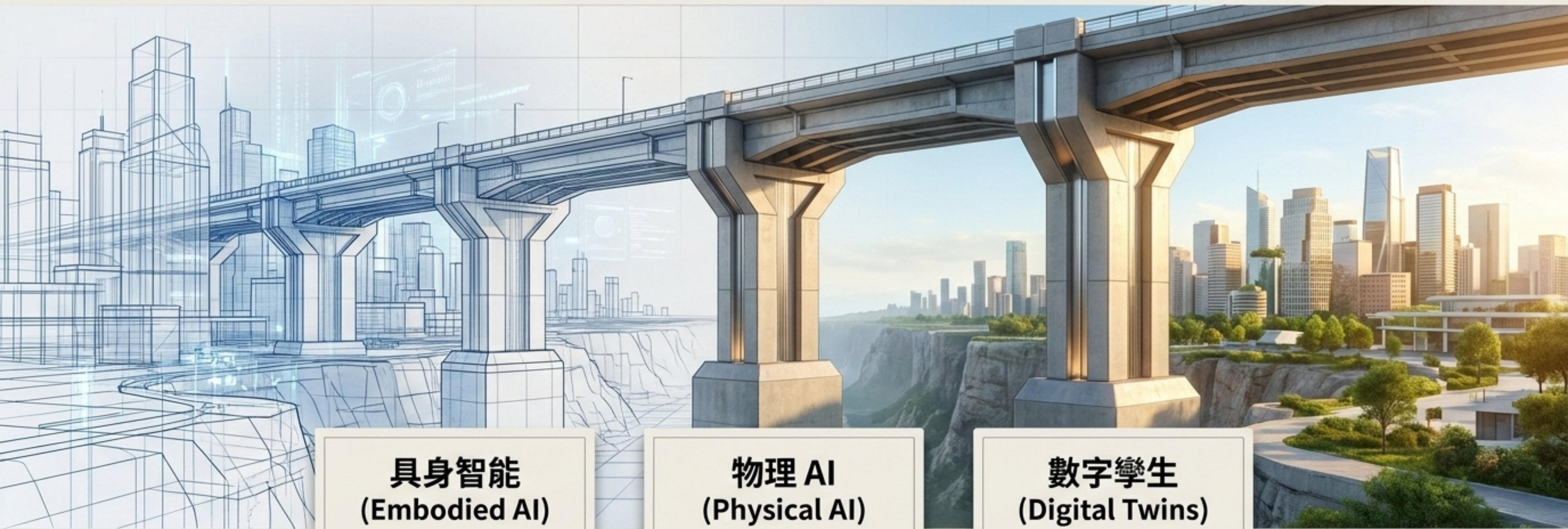
過去：數位世界 (Digital World)

文本與圖像生成
依賴人類執行

2026 趨勢：物理世界 (Physical World)

多模態感知與實體行動
系統自主閉環執行

跨越虛實的橋樑：三大核心技術的交匯



具身智能 (Embodied AI)

賦予 AI 物理身體
與行動力。

物理 AI (Physical AI)

賦予 AI 理解現實
因果法則的大腦。

數字孿生 (Digital Twins)

提供無限次試錯的
虛擬沙盒環境。

核心能力解析矩陣：行動、大腦與沙盒



具身智能

核心定義

感知-決策-行動的實體

運作機制

環境適應與物理互動

2026 系統角色

執行者 (Actuator)



物理 AI

核心定義

超越統計的實體互動模型

運作機制

物理因果推導與泛化

2026 系統角色

決策中樞 (Brain)



數字孿生

核心定義

物理系統的虛擬動態副本

運作機制

即時同步與模擬預測

2026 系統角色

訓練場 (Sandbox)

具身智能（Embodied AI）：構建感知與行動的閉環

智能不再是抽象的計算，而是 AI 與物理身體的深度結合。

感知 (Perception)

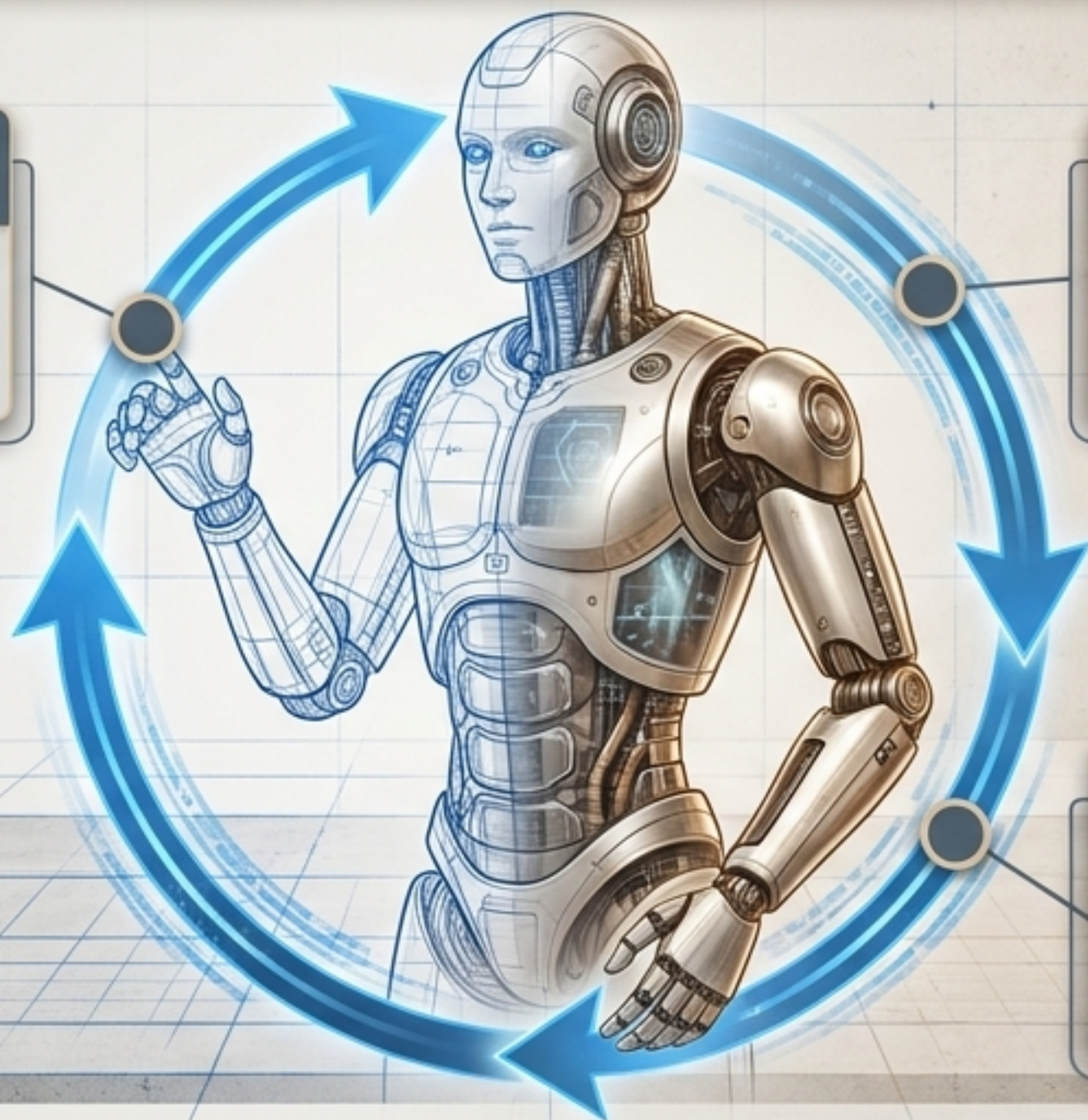
多模態感測器即時捕捉物理環境變化。

決策 (Decision)

根據當下環境動態調整策略。

行動 (Action)

透過機械結構對現實世界產生實體影響。

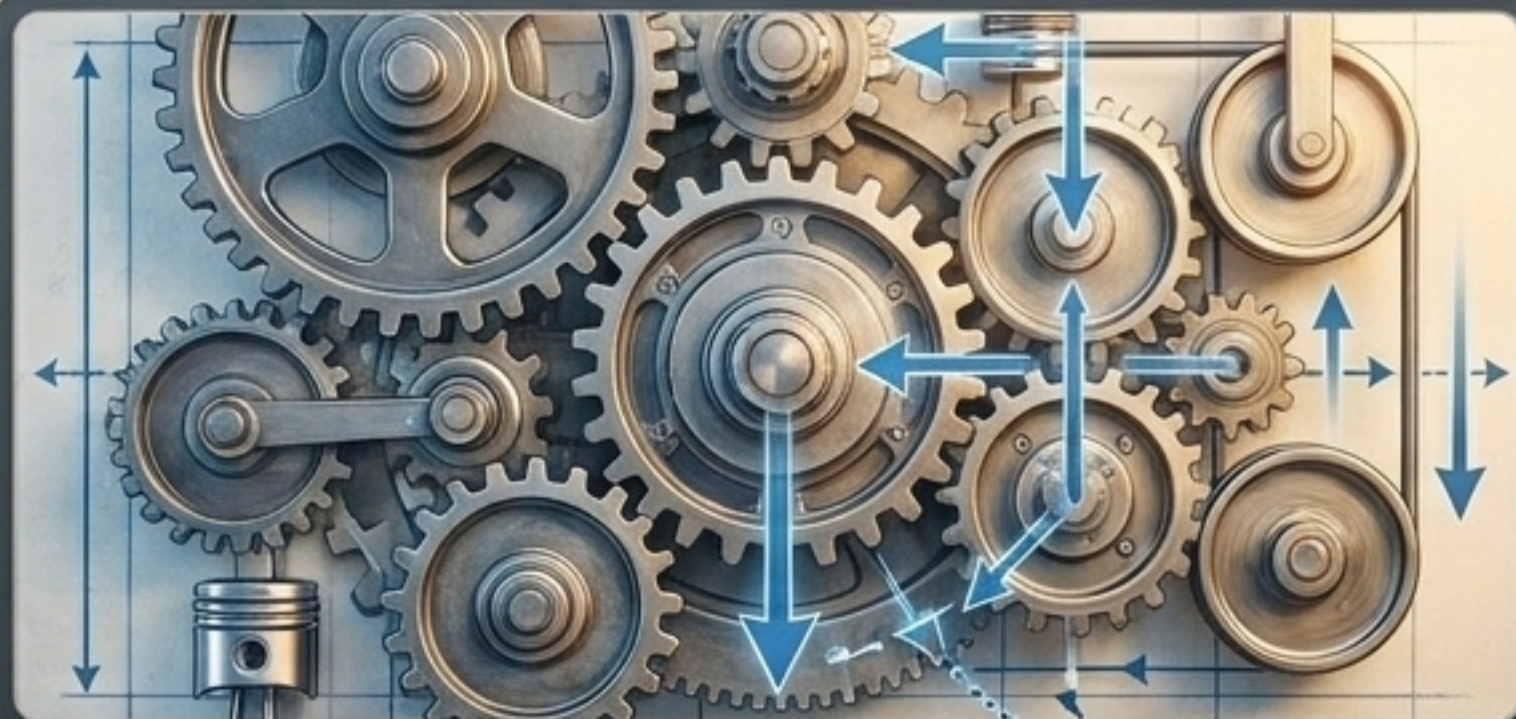


物理 AI (Physical AI)：掌握真實世界因果法則的「大腦」

突破大數據統計瓶頸，讓模型真正理解「物理碰撞、重力與空間關係」。



單純統計模型



物理因果模型

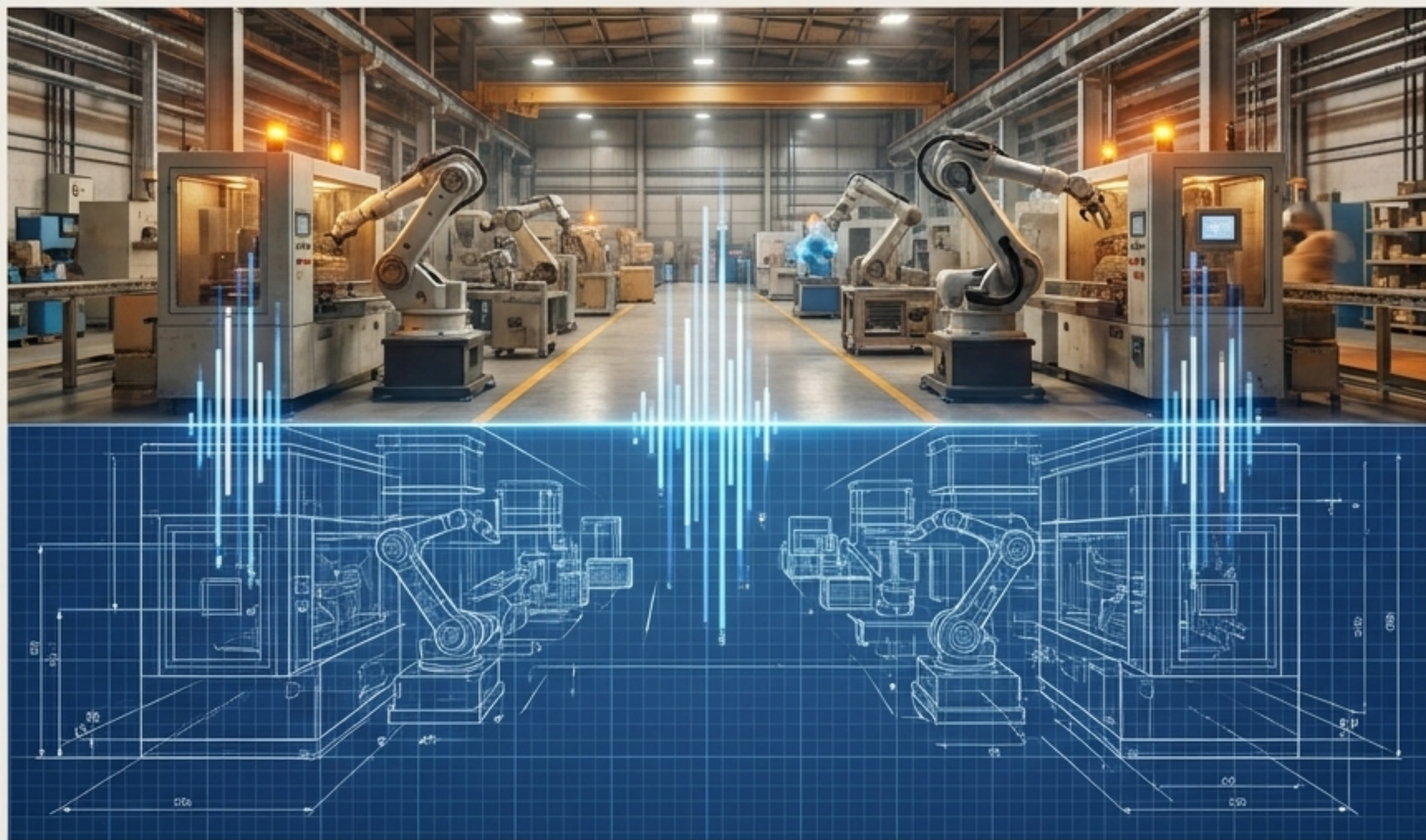
超越統計

從「預測下一個詞彙」升級為「預測下一個物理狀態」。

現實泛化 (Generalization)

能夠在未經訓練的陌生物理環境中做出正確的空間判斷。

數字孿生 (Digital Twins)： 以無限次試錯的虛擬沙盒預演未來



即時同步

物理系統與虛擬副本毫秒級數據互通。

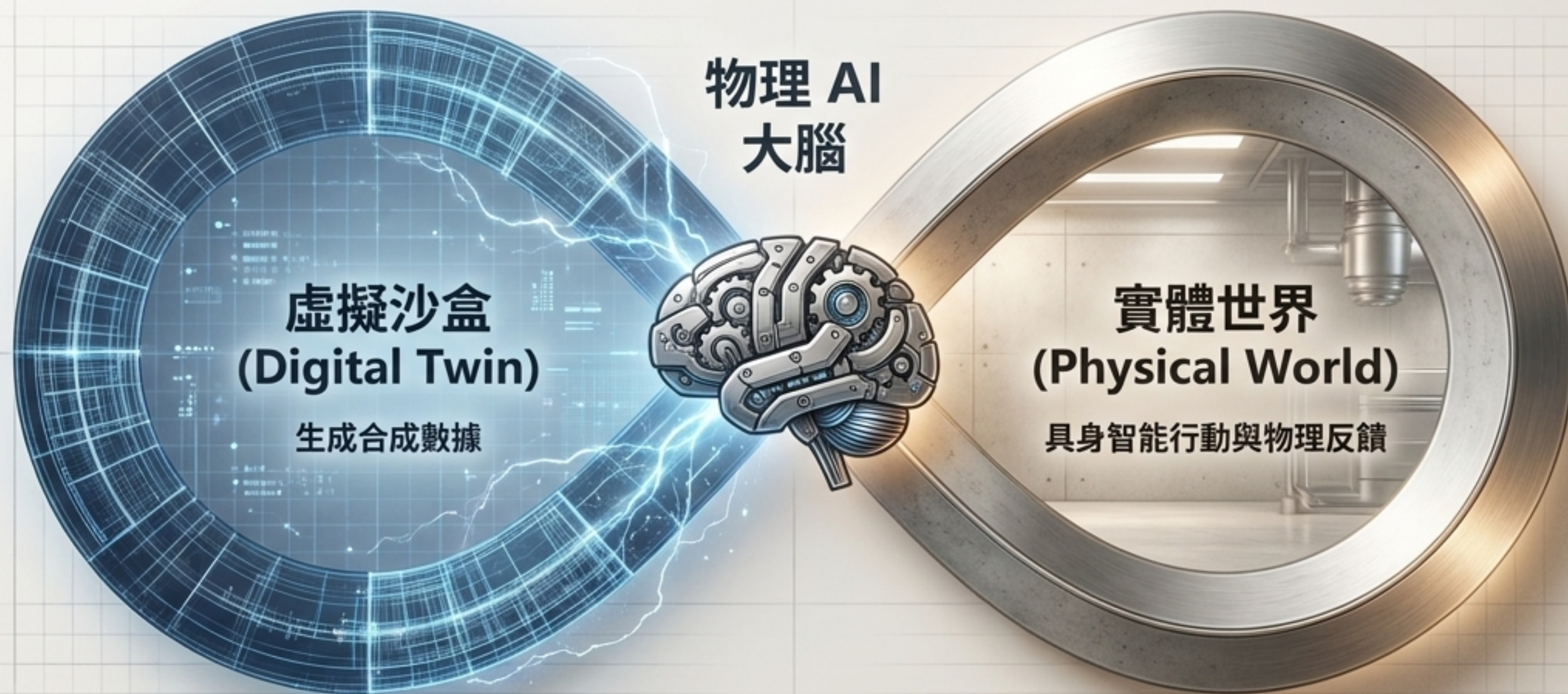
模擬迭代

在不消耗真實資源的情況下，進行百萬次邊緣情況 (Edge Cases) 測試。

預測性維護

在實體設備損壞前，透過虛擬模型提前預判風險。

2026 終極閉環系統：虛擬預演與實體執行的無限循環



數字孿生提供虛擬數據訓練物理 AI，物理 AI 驅動具身智能在現實中行動，
而現實行動的物理反饋又再次優化數字孿生。

AI 控制力成熟度階梯：從單向指令到自主學習的演進

Prompt Engineering (控制)

設計精準提示詞，引導單次輸出與基礎機器人行為。

Context Engineering (理解)

注入豐富物理環境上下文，提升應對複雜場景的品質。

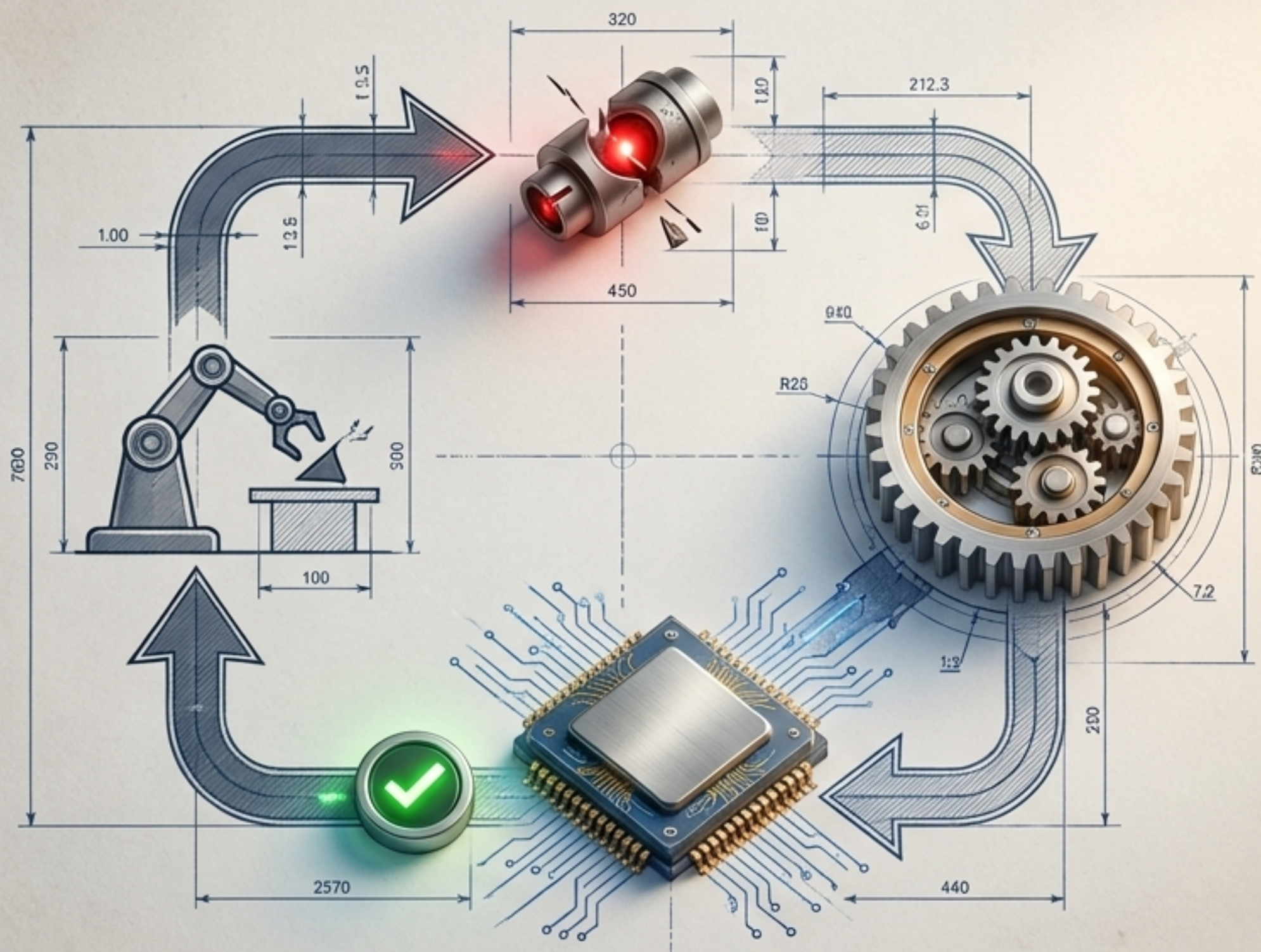
Harness Engineering (邊界)

建立安全護欄與約束框架，確保實體互動的絕對安全。

Loop Engineering (自主)

構建迭代迴圈，實現持續反饋與自我進化。

深入 Loop Engineering：邁向全自主運作的關鍵反饋機制



持續反饋 (Continuous Feedback)

從實體執行中即時提取多模態誤差數據。

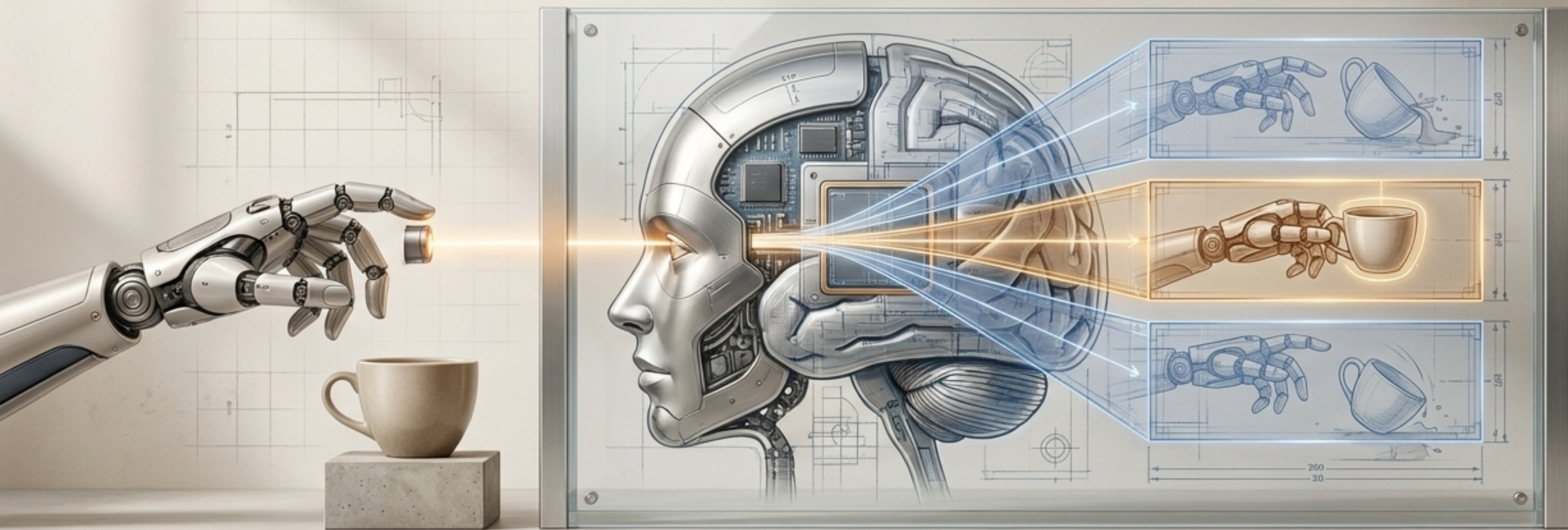
自我學習 (Self-Learning)

自動調整微調權重，無需人工介入重新編寫程式碼。

系統優化 (System Optimization)

在每一次「感知-行動」循環中，讓下一次的決策更加精準。

2026 技術雙引擎： VLA行動模型與預演未來的「世界模型」



VLA (Vision-Language-Action) 模型

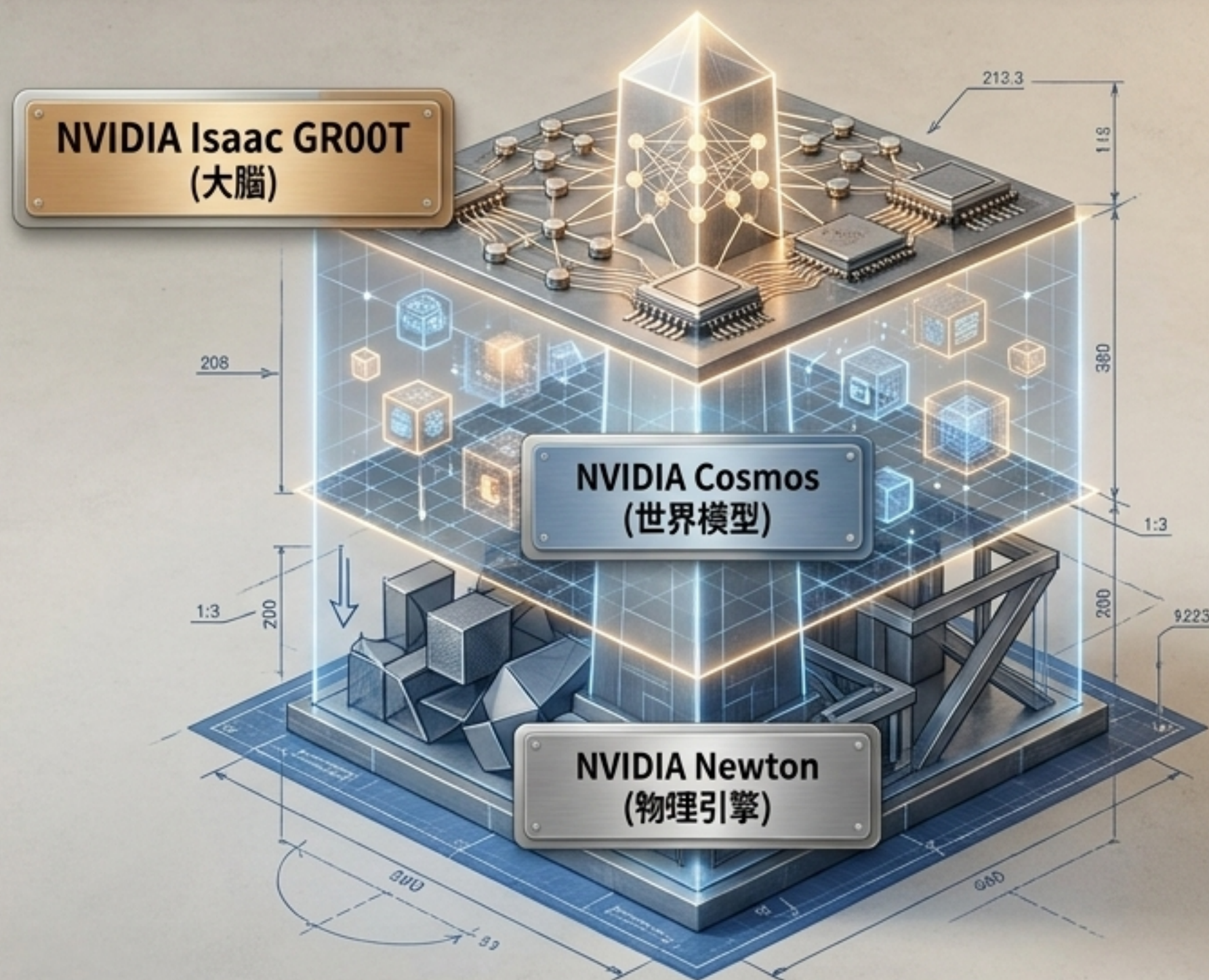
將視覺理解、自然語言指令與底層機械動作映射整合為一體。

World Model (世界模型)

讓 AI 具備「腦內預演」能力。在執行物理動作前，於內部模擬器中預測多種可能的物理碰撞與結果，大幅降低對真實數據試錯的依賴。

NVIDIA 2026 物理 AI 生態系：端到端的機器人開發堆疊

NVIDIA 不僅提供晶片，更打造了從底層高逼真度物理模擬、合成數據生成到自然語言多步任務執行大腦的完整基礎設施。



產業落地軌跡：人形機器人正式走出實驗室



Phase 1

Phase 2

Phase 3

規模化量產 (Scale-up)

從單一原型的實驗室展示，轉向工廠產線上的規模化部署。

中國市場動能

多家企業與基礎模型迎來爆發，推動硬體成本下降與應用場景多元化。

泛化操作

從單一重複性動作，演進為能處理不同形狀、材質物件的通用型操作。

焦點場景：智能體機器人重塑下一代 STEM 教育



互動導師與實驗夥伴

帶領學童進行真實的物理實驗，培養動手解決問題的能力。

情境引導 (Context)

根據學童的反應即時調整教學策略與實體互動方式。

極致安全 (Harness)

透過 Harness Engineering 建立絕對的物理與對話護欄，確保人機互動過程的零風險。

跨領域應用雷達：從高風險到高複雜度的場景分佈



現實檢驗：規模化落地面臨的四大壓力測試



泛化能力 (Generalization)

真實物理環境充滿未知，
模型應對長尾極端場景
(Corner Cases) 仍具挑戰。



數據瓶頸 (Data Bottleneck)

高質量的真實物理交互
數據極度稀缺。



安全與信任 (Safety & Trust)

人機共存需要萬無一失
的可靠控制機制。



能耗與成本 (Energy & Cost)

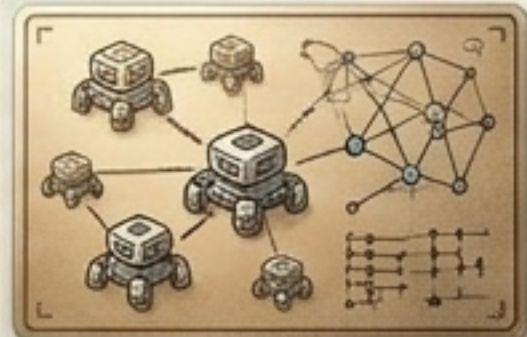
邊緣即時運算需求導致
硬體與電力成本居高不下。

突破瓶頸的未來方向：群體智能、科學計算與合成數據



合成數據與世界模型 (Synthetic Data)

持續提升模擬逼真度，用 AI 生成數據解決物理數據稀缺問題。



多智能體協作 (Swarm Intelligence)

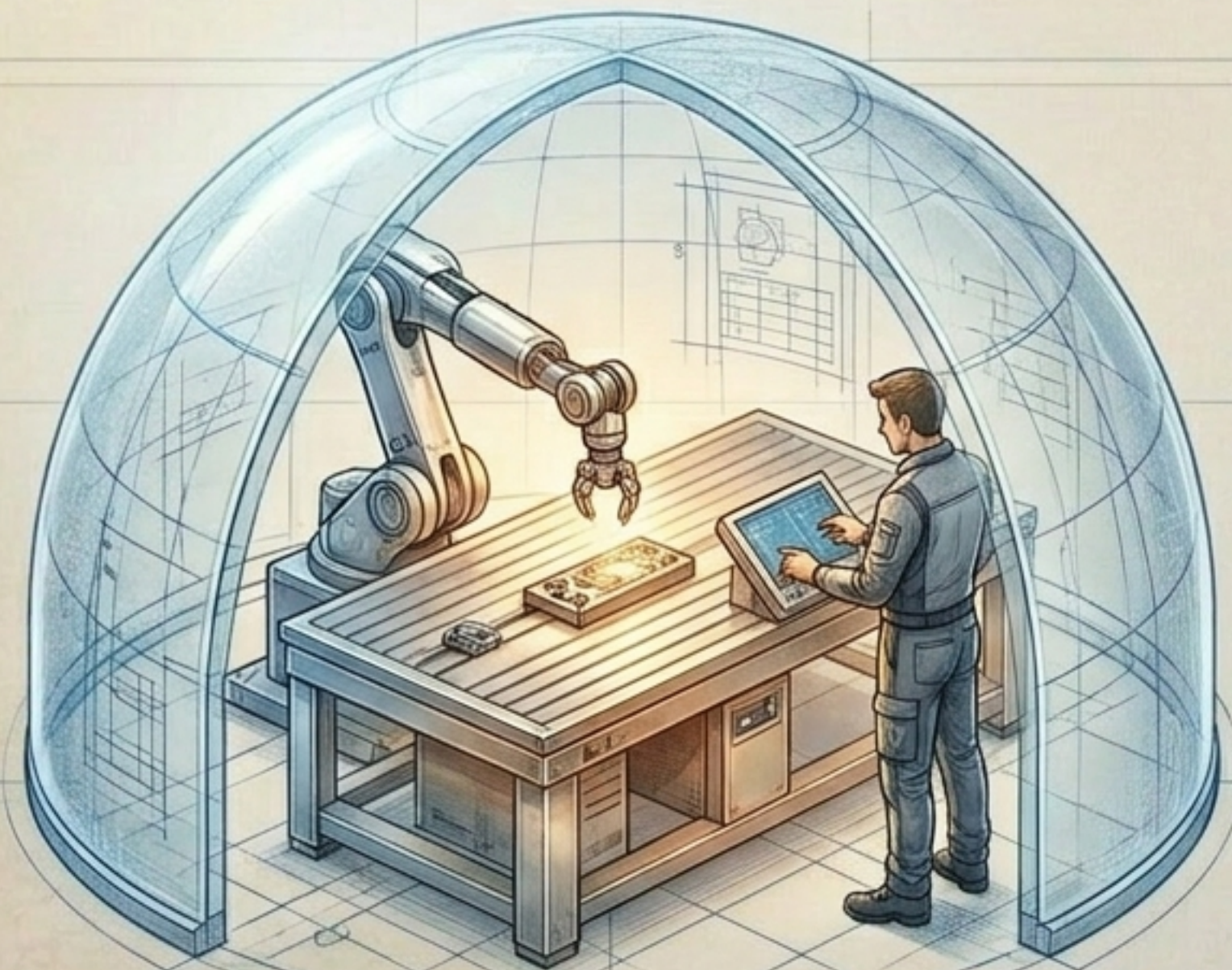
從單體智能走向群體網路，多機器人協同解決極度複雜任務。



科學智能整合 (AI for Science)

將物理 AI 與科學計算結合，加速新材料發現與硬體突破。

倫理護欄與社會影響：建構人機共存的信任基石



安全第一部署原則 (Safety-First)

在任何物理部署前，必須確立絕對的控制優先權與監控機制。



信任機制構建

確保 AI 決策的透明度與可解釋性，消除公眾對實體機器人的疑慮。



就業轉型與隱私

積極應對勞動力結構的改變，並確保實體感測器不侵犯個人空間隱私。

2026 規模化元年：企業與開發者的行動指南



避免單一依賴

不要盲目迷信純文本大模型，必須結合物理規律與特定場景真實數據。



擁抱開放生態

密切關注 NVIDIA 等開放模型與開發者平台，降低研發門檻。



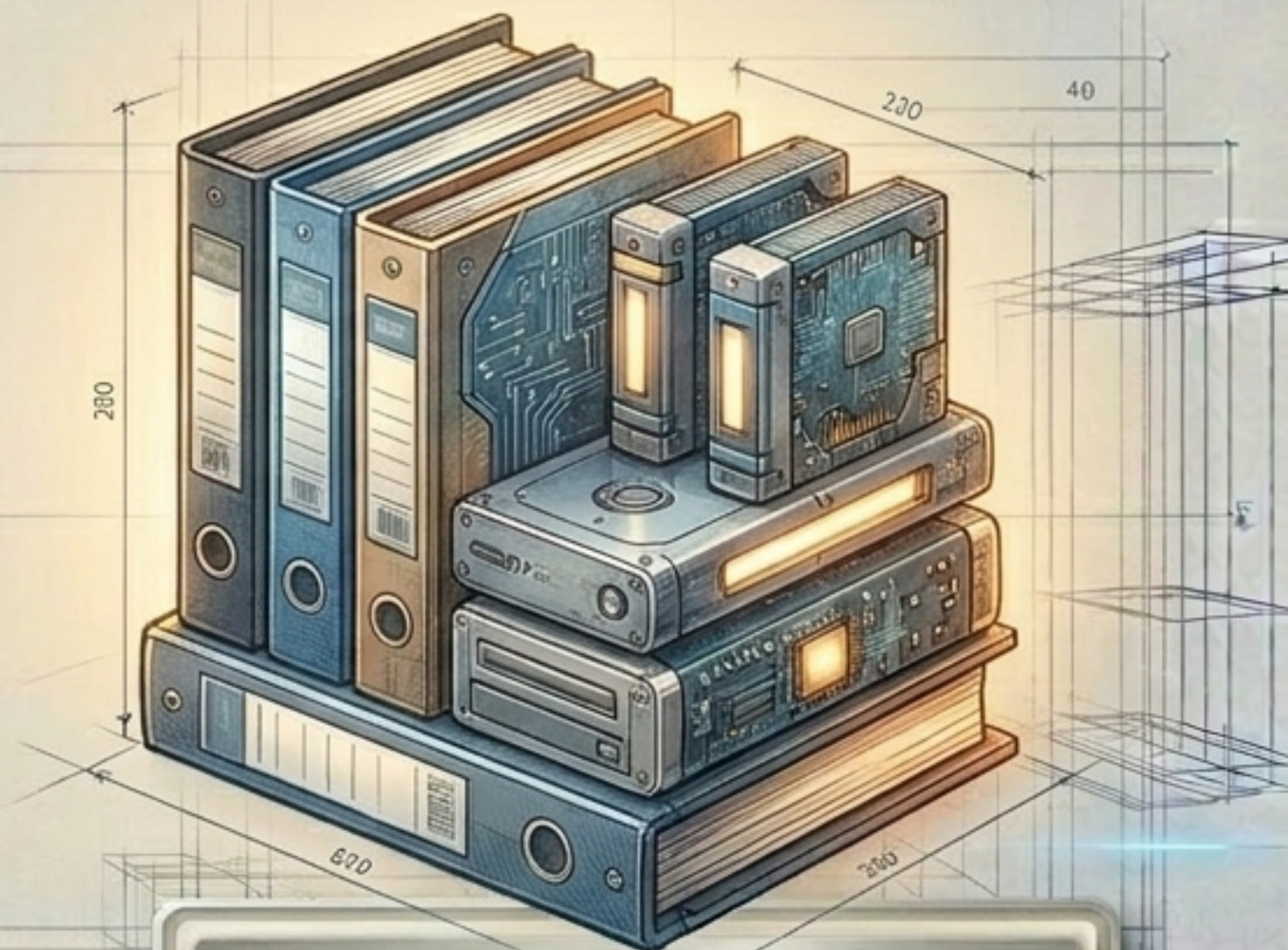
聚焦特定場景

從邊界清晰、容錯率較高的特定應用場景（如物流、結構化製造）開始探索落地。



學習與資源

推薦深入 NVIDIA 開發者平台、閱讀頂級物理 AI 論文與產業報告。





藍圖已成實體，未來已經到來

AI 正在深刻融入真實物理世界。從製造、醫療到我們下一代的的教育，
具身智能與物理 AI 不再是實驗室的理論，而是改變人類生活型態的現實。