

新世代運動： 科技如何重塑運動產業的未來

相子元 博士

國立臺灣師範大學 運動與休閒學院 院長 / 講座教授

前言

從近年國際學術研討會與運動用品展覽中，我們可以明顯觀察到運動科學儀器的演進趨勢：從固定式、有標記、昂貴的實驗室設備，逐漸轉向可穿戴、無標記且結合人工智慧（AI）的應用。

科技的重點不再只是追求極致的精準度，而是便利性、智慧化與即時性。這場轉變象徵著運動科學的重要里程碑——從「封閉的實驗室」走向「真實世界」，讓專業技術融入我們的日常生活。如今，只需一支智慧型手機、一台筆電與一個簡易感測器或應用程式，我們便能即時測量自身的運動表現與姿勢。這不僅讓運動科學更貼近一般大眾，也使教練、物理治療師與體能訓練師能更精準掌握個人數據，進而提供個人化的訓練與回饋。

本文將聚焦三大主題：無標記動作捕捉、可穿戴感測器，以及AI輔助分析與預測，說明這些技術如何實際應用於競技運動、健身訓練、傷害預防與健康促進，共同重塑運動產業的未來樣貌。

一、無標記動作捕捉：超越傳統的關鍵轉折點

傳統的動作分析仰賴昂貴、龐大且複雜的「有標記系統」，如 Vicon 或 Qualisys。

這些系統需在受測者身上貼上反光標記點，並由多台紅外線攝影機捕捉三維動態資料。雖然精準度極高，但受限於空間、光線與操作技術，只能在實驗室環境使用，難以推廣至一般場域。

「無標記動作捕捉技術」的誕生正是為了突破這些限制。該技術整合電腦視覺與深度學習演算法，只需一台 RGB 攝影機（甚至手機鏡頭），即可捕捉動作軌跡、關節角度與空間位置，重建精準的三維動作模型。過去只有專業實驗室能進行的動作分析，如今已能在日常生活中實現。

此技術的核心在於「姿勢估測演算法」（pose estimation algorithms），例如 OpenPose、MediaPipe、DeepLabCut。這些演算法能辨識骨架關鍵點位置，進一步推導出速度、角度變化與協調性等變數。例如透過分析膝關節與髌關節角速度變化率，可判斷深蹲過程是否出現代償動作，或評估上下樓時的穩定性。

應用場景一：競技運動的即時技術修正

在專業運動訓練中，無標記技術已廣泛應用於籃球、棒球、田徑等運動。例如NBA球隊結合深度攝影機（如 Microsoft Azure Kinect），可即時分析投籃角度、起跳姿勢與落地衝擊力，並結合力量與疲勞數據，設計個別化的技術修正與訓練計畫。

在棒球領域，投手動作分析更是典型應用。透過多角度攝影與演算法比對，教練可辨識出如過度肩外旋或手肘軌跡超出安全範圍等高風險動作，協助預防肩肘傷害。日本職棒與美國職棒大聯盟均已開始將此技術與傷病資料庫結合，作為投手選才與培訓策略的一部分。

應用場景二：家庭健身的AI教練升級

無標記技術的普及推動了「智慧健身」的潮流。在臺灣與日本市場，許多健身應用程式如 Mirror、Tempo、FITURE 等，已結合智慧鏡面裝置與無標記追蹤技術，提供如真人教練般的體驗。使用者只需站在鏡子或鏡頭前，系統即可追蹤其動作軌跡——例如弓箭步時膝蓋是否內夾、脊椎是否偏移、重心是否不穩等，並以語音或視覺圖像即時提示。訓練結束後，系統會提供分數、進度建議與長期報告。

對於高齡者而言，這項技術也能用於防跌訓練。研究顯示，透過監測站起、行走與轉身等日常動作的速度與穩定性，可早期偵測平衡能力下降或拖步徵兆，並及時通知照護者。

應用場景三：運動醫學與復健的輔助工具

在醫療領域中，無標記動作捕捉已應用於術後追蹤與神經復健。例如膝關節置換手術後，醫師可每週追蹤步態、膝彎曲角度與軀幹代償，據以調整復健強度。相比依賴主觀觀察或問卷，這種方式提供了具體數據，能提升治療效率與個人化程度。

此外，在中風復健中，部分醫院已採用基於AI的姿勢辨識系統，評估單側肢體使用率與動作協調性，推動「遠距復健」與「居家監測」的實施。