

羽球運動新體驗： 智聯網羽球場館解決方案

王振興、楊雅婷、許煜亮、江維鈞*

一、前言

全球羽球迷高達 7.09 億，成為第三受歡迎的運動。羽球全面性、低門檻，是有氧運動，促進心肺功能、降低心血管風險，強化全身肌肉、提升協調性和靈活性，同時燃燒卡路里，有益於體重管理。參與羽球運動有助於減輕壓力、提升心理健康，並擴展社交圈，適合各年齡層參與的理想健康促進活動。在羽球賽事中，運動員的動作、技術和戰術至關重要，需要長時間苦練和細緻指導。為迎接科技進步的時代，我們結合跨領域的專業團隊，運用 5G、物聯網、人工智慧、大數據等技術，提出「智聯網羽球場館解決方案」，為全國羽球館提供數位轉型解決方案，建立支持性環境，完善羽球技能學習。透過 AI 科技與感測器融入運動器材、攝影機及發球機，並發展全齡適性化的混成式課程，以造福羽球運動愛好者。為實現目標，我們以運動者的角度提出智聯網羽球場館解決方案，整合開發智聯網羽球產品套組、羽球運動技術指標之 AI 分析演算法和混成式羽球訓練課程。智聯網羽球產品套組包含智聯網羽球拍、球鞋、運動攝影機、使用者 APP 與智聯網雲端 AI 運算平臺；羽球運動技術指標之 AI 分析演算法包含各項羽球運動關節角度估測、揮拍動作分期偵測、智聯網球拍／球鞋專項運動指標和運動傷害預防指標演算法。羽球訓練混成式課程分為基礎、中階、高階和專業技戰術，以導入全齡對象學習，增加羽球運動人口，同時融合新興科技於運動歷程分析，利用 AI 分析數據讓運動愛好者更瞭解自己的表現與可精進的技能，以創造全新的運動體驗。

* 王振興，國立成功大學電機工程學系特聘教授、「第 2 期精準運動科學研究專案計畫」總計畫主持人；楊雅婷，國立成功大學教育研究所特聘教授；許煜亮，國立中山大學機械與機電工程學系助理教授；江維鈞，國立成功大學電機工程學系兼任助理教授。

二、智聯網羽球產品套組

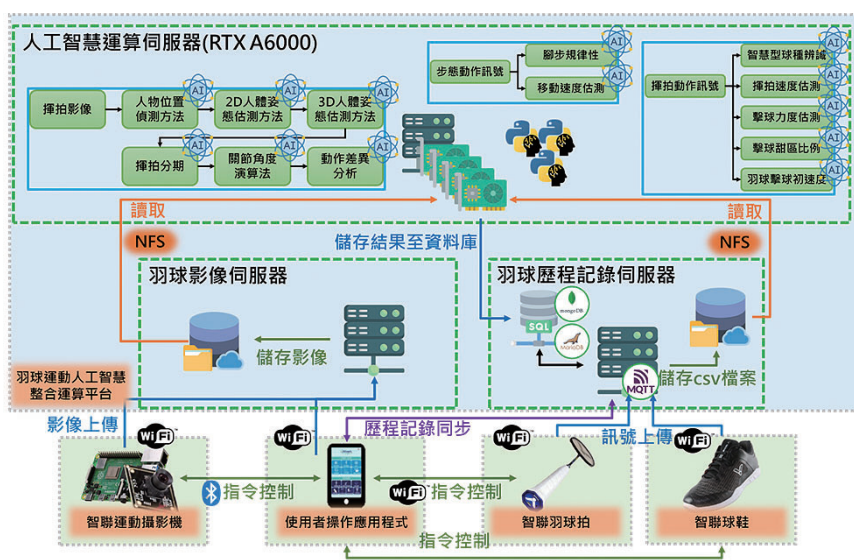
傳統球拍通常只是一個運動器具，無法主提供任何數據回饋，然而智聯網羽球產品顛覆了傳統，將運動器具轉變成技術學習的幫手。例如：羽球拍內嵌慣性感測器，能夠即時捕捉到球拍的運動數據。這些數據不僅提供了關於揮拍速度、力度和角度的相關訊息，還包括了球拍的位置、運動軌跡、球拍的擊球點和擊球甜區。這些資訊可以讓一般學員、球員和教練能夠更全面地瞭解球拍的性能和自己的技術，並針對技術弱點進行訓練和改進。

我們透過建立智聯網羽球場館之球具及周邊設備導入高科技運動感測技術及攝影機，捕捉運動員的每個動作歷程，提供數據回饋。智聯網羽球拍可以記錄擊球數據，可分析之運動指標如表一所示，相關指標幫助學員改進擊球技術。智聯網球鞋和運動攝影機蒐集移動之慣性訊號及影像訊號導入 AI 模型分析，可監測運動員的移位和跑動方向，提供強化敏捷性反饋和建議。羽球拍和球鞋使用相同內嵌式運動感測模組，其主要包含控制板與主機板，控制板用於提供感測模組電源供應，主機板用於彙整各項感測元件，主機板主要包含：(1) 物聯網系統單晶片：透過內建之 ARM 32-bit Cortex®-M3 處理器用來讀取慣性感測模組之三軸加速度訊號、三軸角速度訊號及三軸磁場訊號，並將感測訊號及時間戳記資訊經由 Wi-Fi 無線傳輸模組傳輸至 AI 數據分析與歷程記錄伺服器進行後續分析；(2) 慣性感測模組：分別透過慣性感測模組中的慣性感測元件及磁場感測元件偵測羽球運動員揮拍（移位）動作時球拍（球鞋）的三軸加速度訊號、三軸角速度訊號及三軸磁場訊號。

此外，使用者 APP 提供智聯網球具的聯網設定、個人資訊及狀態資訊，同時也提供訓練課程、技巧教學和實時比賽數據及歷程記錄。最後，智聯網雲端 AI 運算引擎是整個系統的大腦，它負責數據處理、分析和提供個性化建議，其平臺架構如圖一所示。「智聯網羽球場館解決方案」透過 Docker 在羽球歷程記錄伺服器建立多個容器，包括 Nginx、MQTT、PHP、MongoDB、MariaDB 和 Python，實現智聯網羽球拍的慣性感測訊號儲存、擊球偵測、使用者操作設定及歷程記錄存取功能。Nginx 用於與使用者應用程式的 API 接口，MQTT 作為輕量級通訊協定接收羽球拍發布的訊息，PHP 將資訊存儲至 MongoDB，MariaDB 則用於存儲使用者和羽球運動員的完整歷程記錄。Python 則在 Docker 容器中建立服務，訂閱 MQTT 代理，即時分析慣性感測訊號，並將結果存儲於 MariaDB。此平臺技術不僅改變了傳統羽球訓練方式，提供更多數據支持，也豐富了運動科學研究領域。未來，這項技術還可擴展至其他運動項目，帶來更智能、科學的運動體驗。

表一：智聯網羽球拍系統可分析之羽球運動指標

分析數據	說明
揮拍速度	擊球時球拍頂點的切線速度。
擊球力度	擊球時所使用的力量。
單打／雙打對戰指標	(1)揮拍速度指數、(2)爆發力指數、(3)攻擊力指數、(4)反應力指數、(5)綜合表現指數。
球種辨識	球種類別共 13 類，包含：(1)正手發球、(2)反手發球、(3)正手挑高遠球、(4)反手挑高遠球、(5)正手推挑球、(6)反手推挑球、(7)正手放短球、(8)反手放短球、(9)正手平抽球、(10)反手平抽球、(11)正手切球、(12)正手高遠球、(13)正手殺球。

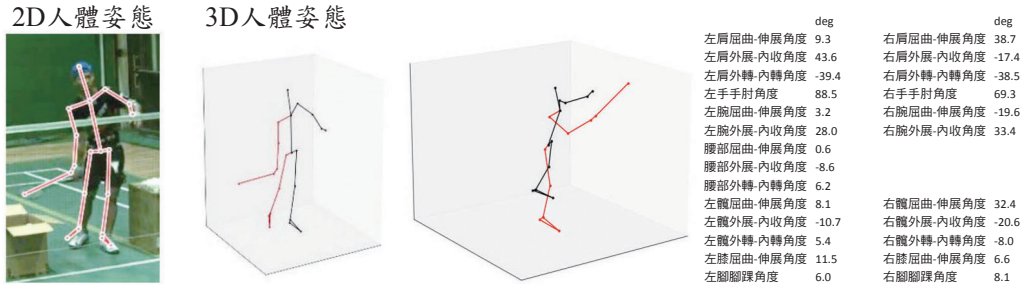


圖一：智聯網雲端AI運算平臺架構圖

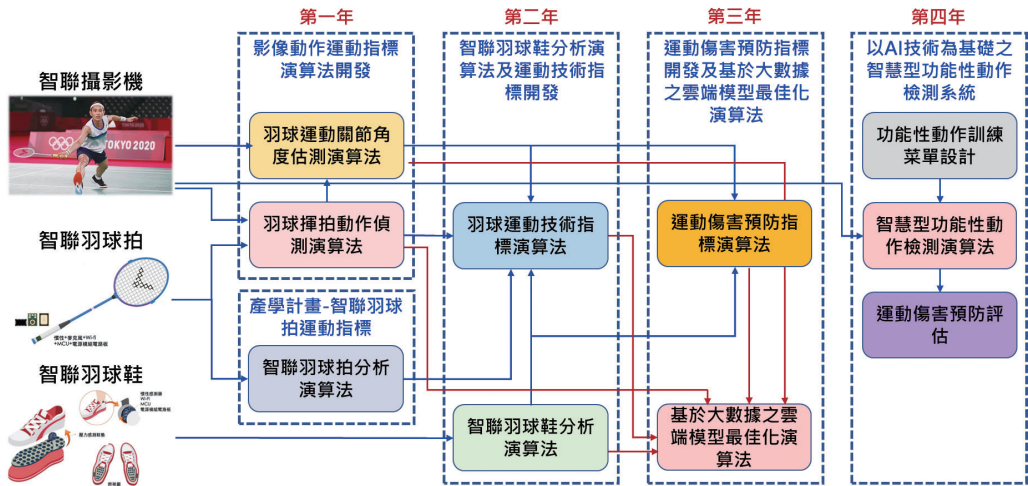
三、羽球運動技術指標之 AI 分析演算法

智聯網羽球產品套組中的攝影機記錄了運動者在球場上揮拍及位移動作影像，為了分析相關運動指標，本團隊開發羽球運動關節角度估測演算法及羽球揮拍動作偵測演算法，利用 GoogLeNet 卷積神經網路為基礎的 AI 羽球揮拍動作分類器，將羽球揮拍動作分類為混成式課程規劃中的羽球揮拍動作分期：預備動作、揮拍前正常動作、揮拍時正常動作、揮拍後正常動作及結束動作。智聯網羽球鞋蒐集羽球運動員在運動場上跑動時的慣性訊號及壓力訊號，我們開發智聯網羽球鞋分析演算法計算腳步移動速度、腳步規律性及腳步重心估測等球鞋運動分析指標；同時，透過智聯網羽球鞋蒐集揮拍擊球時的腳步動作訊號，羽球步法偵測演算法及羽球運動技術指標演算法中的羽球跳躍指標演算法可用

來辨識擊球時的步法，以及估算跳躍擊球時的滯空時間、跳躍高度及落地衝擊量等羽球運動技術指標。



圖二：由 2D 人體姿態轉 3D 關節角度



圖三：羽球運動技術指標之AI分析演算法流程圖

我們將透過平臺長期蒐集智聯網羽球拍之球拍運動分析指標、智聯網攝影機之 3D 人體動作關節角度及智聯網羽球鞋之球鞋運動分析指標，以發展羽球運動傷害預防指標。羽球運動關節角度估測演算法先透過 2D 人體姿態估測模型 (HRNet) 進行 2D 人體關節點偵測，並經由 3D 人體姿態估測模型 (VideoPose3D) 提升至 3D 人體關節點座標，包含骨盆中心、髖關節中心、膝關節中心、踝關節中心、胸口、肩關節中心、肘關節中心、腕關節中心、頭部、腳尖、腳跟、手掌及球拍。藉由 3D 人體關節座標資訊計算可獲得的關節角度包含：肩關節、肘關節、腕關節、髖關節、膝關節、踝關節及脊椎等活動角度，如圖二所示。

此外，我們透過在羽球運動場域持續地蒐集大量數據，優化建置於雲端平臺上的羽球揮拍動作偵測、羽球運動關節角度估測、智聯網羽球鞋分析、羽球運動技術指標及運動傷害預防指標等相關演算法，並藉由本團隊所開發之智聯網攝影機來蒐集羽球場上的運動員之功能性動作影像，以智慧型功能性動作檢測演算法自動分類功能性動作及其運動傷害分數評估。我們的目標是透過科技的力量，不斷提升羽球運動的水平，讓運動員在訓練和比賽中獲得更好的成績，同時減少潛在的運動傷害風險。整體羽球運動技術指標之 AI 分析演算法流程圖如圖三所示。

四、混成式羽球訓練課程

現代運動領域中，運動科技的應用已成為提高運動員技能和優化訓練的關鍵。我們團隊運用智聯網羽球產品套組和 AI 分析演算法，開發了混成式羽球訓練課程，為運動員提供個人化、精準和有效的訓練。這項課程結合實體訓練和 APP 學習，讓學員能在課前預習和課後回顧，建立訓練先備知識，實現高效有意義的學習。

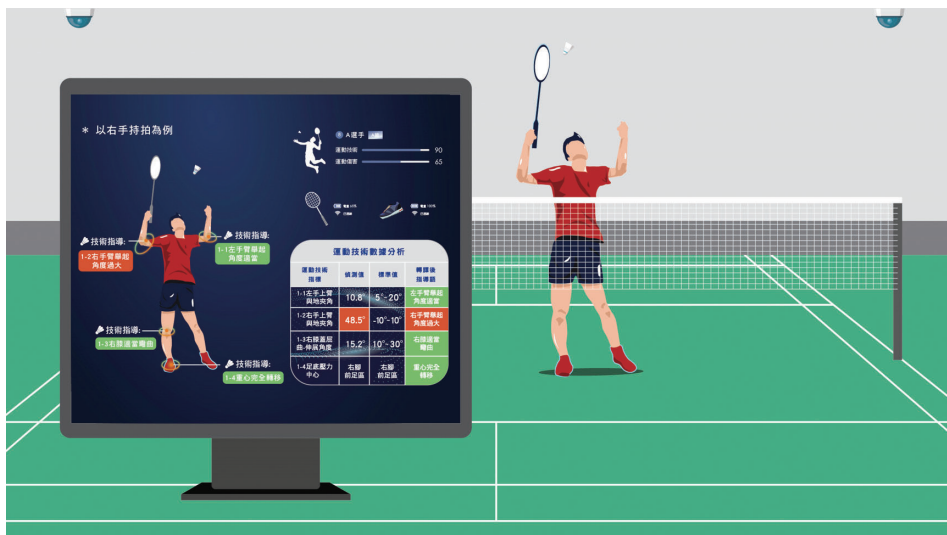
我們邀請了國內羽球專業學者和教練，共同設計一個混成式課程，分為四個階段：基本階段有 28 個單元，注重發球和前、中、後場擊球技術；中階段有 14 個單元，強調前中場和後中場技術整合；進階階段有 24 個單元，著重單打和雙打戰術；專業階段有 24 個單元，結合戰術選擇概念，模擬對手技戰術。這 90 個單元的課程將結合相應的運動指標，建立訓練成效評量機制。課程將結合線上和實體評量機制，分為課前、課中和課後，產生形成性和總結性評量。我們將使用課前 APP 瞭解學生的先備知識，課中使用智聯網羽球產品套組進行形成性評量，確認學員的運動技術和運動傷害指標的達成率。課後將進行 APP 問卷調查，瞭解學員對課程的滿意度和學習動機。以能力和心理雙層面為基礎，全面瞭解該課程對學員是否有所幫助。最後，基於混成式羽球訓練課程和評量所蒐集的科學數據，我們將建立 APP 介面和即時回饋系統，並在場域中討論混成式羽球訓練課程滿意度和成效評估機制的有效性。這將為不同程度的羽球運動員提供適應性訓練策略和服務。

為了讓讀者瞭解我們團隊整合智聯網羽球產品套組與混成式課程的運作方式，以下以「高遠球混成式羽球訓練課程」為例進行說明：

〔示範教學〕觀看教練示範高遠球動作，藉由近距離觀察動作以瞭解執行技術。

〔個人練習〕過程中以影像辨識技術建立個人於揮拍時之全身動作記錄，並即時

呈現於球場旁螢幕(圖四)，以 AI 判定該次擊球表現，以右手持拍之學員主要動作為例：



圖四：以影像辨識技術建立右手持拍之個人揮拍動作記錄

1. 預備動作：正手握拍並將球拍放置胸前位置，左腳在前右腳在後。

2. 主要動作：

(1)揮拍前(圖五)：

教練透過影像分析發現學員提早舉起右手(指標 1-2)，將於擊球後提醒學員左手在前上舉時，右手舉拍手肘應與肩同高，且身體重心集中於後腳，以做出標準揮拍前姿勢，並有利於接續揮拍動作。

(2)揮拍時(圖六)：

在軀幹向前旋轉時，學員揮拍球面正(指標 1-1)且擊球點集中(指標 1-2)，卻因提早閃動手腕(指標 1-4)而未擊中最佳擊球點(指標 1-3)，因此，當系統顯示此「共病現象」時，教練可立即引導學員於適當時機閃動手腕，順利於最佳擊球點擊出高遠球。除技術指標外，系統同時警示在肩部與腳踝(指標 2-1、2-2)具傷害風險，提醒教練及學員在擊球時需注意姿勢與發力，避免長期積累壓力後造成運動傷害。

(3)揮拍後(圖七)：擊球後，手臂完全甩動(指標 1-1)，卻因揮拍時提早閃動手腕，加大扣腕程度，造成高風險運動傷害(2-1)；同時，因腰部轉動不足(指標 1-2)，導致持拍手無法順勢揮至左腰做緩衝，而造成肘部傷害(指標 2-3)。系統警示出三種程度的傷害風險，提醒教練與學員做出應對

策略，於揮拍後完整延伸動力鏈，使腰部產生緩衝，減少手部運動傷害風險，形成順暢揮拍餘勢動作（指標 1-4）。

3. 結束動作：持拍手向前跟進至胸前位置，右腳前左腳後。

回顧當日課程之各項數據指標，進行總結性評量，作為技術精進參考及預防運動傷害。



圖五：揮拍前動作示意圖



圖六：揮拍時動作示意圖



圖七：揮拍後動作示意圖

五、結語

「智聯網羽球場館解決方案」是運動科技領域最新的商業產品，同時代表未來運動的革命性突破，榮獲國科會 2023 未來科技獎。它不僅引領羽球運動進化，更是運動科學的飛躍，對選手、教練、科學家和愛好者都產生深遠影響。這項技術讓傳統羽球訓練過時，取而代之的是智能、數據驅動的方式，賦予選手更多數據支持，迅速調整和改進技術。從職業到業餘愛好者，任何人都能在訓練中受益。對於教練和場館來說，這是一個革命性工具，提供個人化指導和反饋。技術的應用豐富了運動科學研究，有望提高運動表現，減少傷害，甚至開發新的訓練方法。未來，這技術應用將擴展至其他運動項目，創造更智能、科學的運動世界，讓每位參與者享受更好的運動體驗。這代表新時代的開端，帶來無限可能性，使運動不再受限於傳統訓練，科技的力量將為運動帶來全新可能性，讓每個人都能參與和享受運動的樂趣。