

# 精準羽球在交大—— 從精英比賽情蒐到全民體育教學

易志偉、粘家盛\*

## 一、「金」準羽球

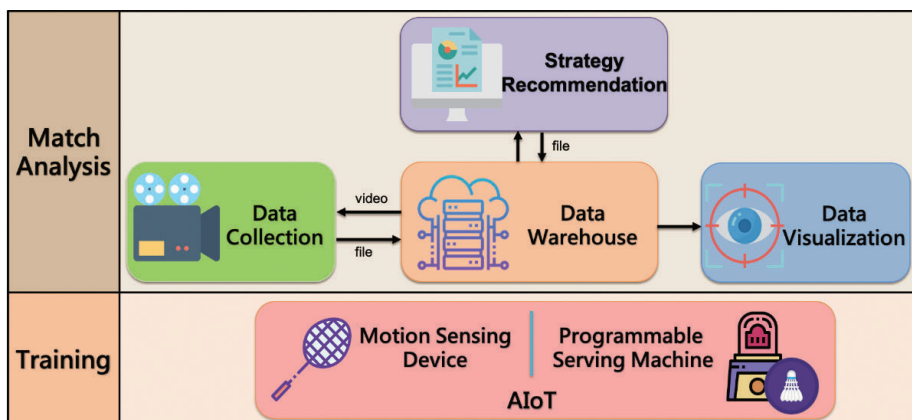
鑑於近年大眾健康意識的提升，運動健身成為日常生活的重點之一，根據麥肯錫 2021 年的調查，全球健康市場的產值將超過 1.5 兆美元<sup>1</sup>，年增率 5% 至 10%。新冠肺炎的陰影籠罩，提供了運動產業科技化的契機，物聯網穿戴、電腦視覺、人工智慧、5G 通訊等技術的引進，讓運動產業呈現全新的樣貌。首次零觀眾入場的 2020 東京奧運是歷來科技含量最高的賽事，從轉播、觀賽、判決到賽事管理，都導入了尖端科技「英特爾運動員追蹤系統」，利用 AI、電腦視覺及感測器等技術，可即時分析、記錄與轉播選手的表現；「Panasonic 非接觸生理感測系統」則可辨識血管收縮導致的臉色細微變化，得知選手在面對奪牌壓力時的心率及腎上腺等反應<sup>2</sup>。

根據體育署的統計，羽球是臺灣普及度排名第二的運動，運動人口高達 2 到 3 百萬人，尤其近年不論是男女選手在國際比賽皆有十分突出的表現。為了發展羽球運動與提升產業技術，交大資工團隊結合交大羽球校隊規劃「CoachAI：『金』準羽球」的整合型專題計畫（如圖一所示），從建構菁英選手比賽的大數據情蒐能力到全民體育的智慧物聯設備開發。大數據情蒐使用電腦影像處理技術，從比賽轉播影片中蒐集拍拍標記數據，並開發大數據分析系統，重點工作包含：微觀賽局資料蒐集、大數據戰術分析、數據與戰情的視覺化、資料庫與智慧雲端服務；智慧物聯設備的開發計有智慧球拍、智聯發球機與 3D 電腦視覺系統，以建構智能教練系統與智能球員系統。

\* 易志偉，國立陽明交通大學資訊工程學系資科工所教授兼所長；粘家盛，國立陽明交通大學資訊工程學系資科工所碩士。

<sup>1</sup> Shaun Callaghan, Martin Lösch, Anna Pione, & Warren Teichner. (2021). Feeling good: The future of the \$1.5 trillion wellness market. McKinsey & Company, April 8, 2021.

<sup>2</sup> <https://www.intel.com/content/www/us/en/architecture-and-technology/3d-athlete-tracking.html>

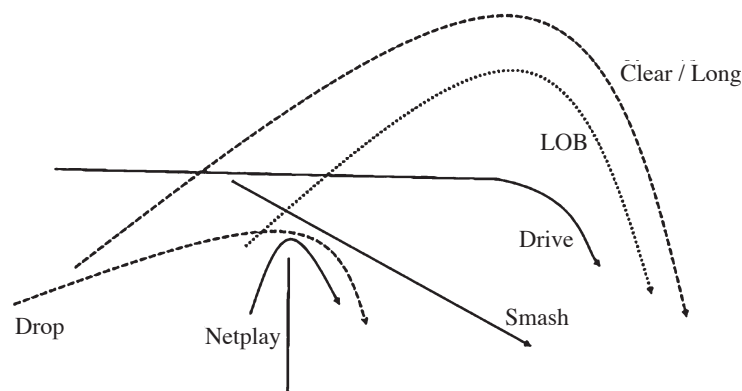


圖一：CoachAI：「金」準羽球

接下來將分成三個段落來介紹相關的內容：第二節主要是介紹相關的資通訊技術發展，如：物聯網設備及影像系統；第三節是介紹「CoachAI」的比賽情蒐研發成果；第四節則是「CoachBox」教練盒子在羽球教學上的應用。

## 二、核心資通訊技術

球種是羽球控球的基本技巧，透過揮拍動作來操控羽球的飛行路徑，根據飛行路徑的特徵，如：高度、角度、擊球區域及落點區域等，可分成長球 (clear/long)、殺球 (smash)、切球 (drop)、平球 (drive)、小球 (netplay)、挑球 (Lob)、擋小球 (crosscourt flight) 等，如圖二所示，智慧球拍是常用來偵測與記錄球員球種使用的設備。因球種是透過擊球手法來控制，智慧球拍使用將在球



圖二：常見球種：長球 (clear/long)、殺球 (smash)、切球 (drop)、平球 (drive)、小球 (netplay)、挑球 (Lob)

拍上的慣性感測器 (Inertial Measurement Unit, IMU) 來量測揮拍過程中的加速度與角速度的波形，再使用機器學習方法來猜測球員揮擊出的球種。慣性感測器廣泛使用在許多的智能設備中，如：智慧手機、智慧高爾夫球桿、智慧手環／手錶等。

在羽球教學與訓練上，需要擔任餵球的角色，將球發給球員進行練習，最常用的是羽球發球機。但皆為站立式不可移動之定點發球，故球種較單調，即使可選也無法隨時更換球種，因此結合物聯網技術，以即時線上方式控制發球機的球速、方向、頻率等，可提供多樣化球種；同時多臺發球機連線，形成「多機羽球發球機群」，達成時間與空間上的完整性；再結合情蒐大數據和人工智慧模型成「**智聯發球機**」，以實現與球員虛擬對打之情境，並針對不同球員的弱點安排最適當的對打方式，以加強球員訓練之多樣性及策略的反應。

在動作捕捉及動作分析方面，**Kinect**<sup>3</sup> 是微軟 (Microsoft) 所發行的一組結合彩色攝影機與景深感應器的機器，透過色彩影像、3D 深度影像與聲音等三種資訊，得知影像中人體骨架在實際空間上的位置。其基礎為利用雷射光散斑的方式對空間中的物體進行編碼，透過鏡頭前的光柵產生光學上之繞射現象，產生隨機的反射斑點，稱之為散斑。散斑之分布隨著移動物體的距離做變化，空間中任意兩個散斑都會不一樣，經由紅外線 CMOS 影像感應器去記錄下空間中的斑點，計算後產生深度影像<sup>4</sup>。



圖三：Kinect運作方式<sup>5</sup>

<sup>3</sup> <http://www.xbox.com/zh-TW/Kinect/>

<sup>4</sup> Zhang, Z. (2012). Microsoft kinect sensor and its effect. *IEEE multimedia*, 19(2), 4-10.

<sup>5</sup> <https://www.theverge.com/2013/5/21/4353232/kinect-xbox-one-hands-on>

**Vicon**<sup>6</sup> 是一個結合紅外線攝影機的光學動態分析系統，被廣泛運用在醫學、電影與動畫產業中，主要用來進行動作捕捉與分析。其特色為使用光點進行捕捉，在受測者關節點貼上，利用身上反光球反射的光線與受測者周圍的諸多攝影機<sup>7</sup> 來得出關節點在影像中的位置。透過數臺攝影機影像中關節點位置，計算出受測者實際的 3D 骨架，捕捉關鍵動作，如圖四所示。



圖四：Vicon系統示意圖<sup>8</sup>

在影像辨識技術中，最常提起的是**物件偵測** (Object Detection)，常用在人臉辨識、單一種類偵測、辨識和物體追蹤等方面，較被廣泛運用之技術有 R-CNN 與 YOLO。將分割後的圖像預先初步篩選出一些可能的候選區域，經由神經網絡模型 (如：AlexNet<sup>9</sup>、VGG16<sup>10</sup>) 進行特徵提取，再以分類器來分辨該區域是前景物體或者背景，最後經由線性回歸模型來校正位置；在無人駕駛車上廣泛運用，辨識前方路段的行人與車輛並評估危險性。在運動方面，**鷹眼系統 (Hawk-Eye)**<sup>11</sup> 是目前廣泛應用於各項賽事的影像輔助判決系統，如圖六所示，透過多個攝影機拍攝比賽場地，以影像構出球及球場相對位置的立體關係，常

<sup>6</sup> <https://www.vicon.com/>

<sup>7</sup> <http://ntnu-innosport.blogspot.com/2016/02/3dvicon.html>

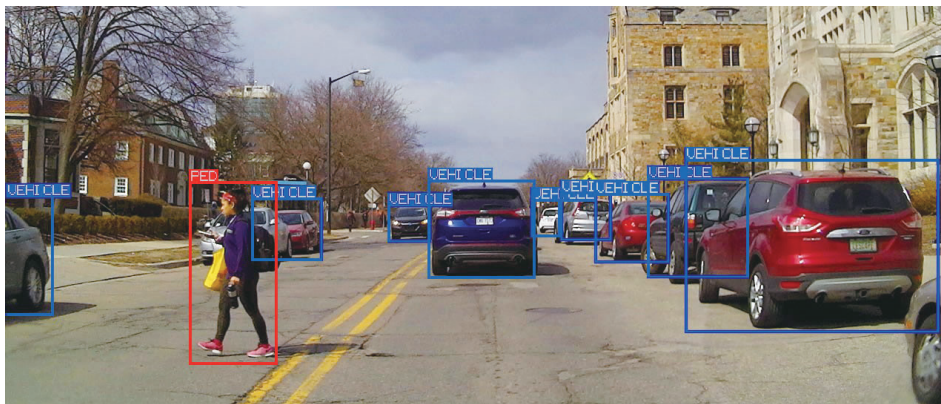
<sup>8</sup> <https://kknews.cc/news/lrm4nv2.html>

<sup>9</sup> Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2017). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Communications of the ACM*, 60(6), 84-90.

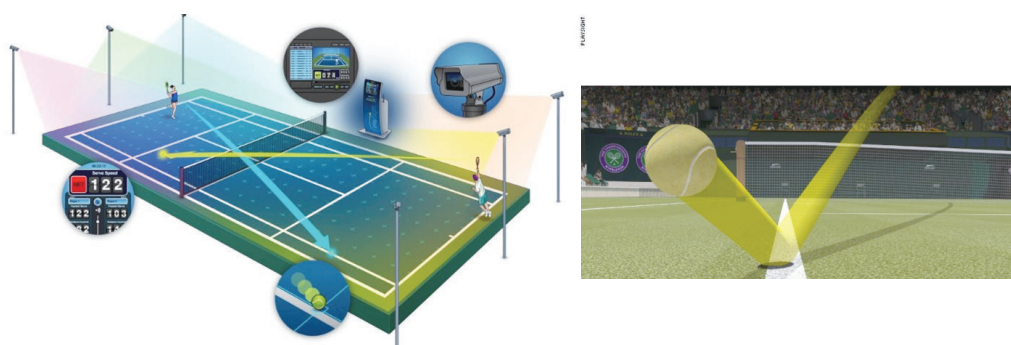
<sup>10</sup> Simonyan, K., & Zisserman, A. (2014). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. arXiv preprint arXiv: 1409.1556.

<sup>11</sup> <https://www.hawkeyeinnovations.com/index.html>

用於具爭議之球落點的判斷。在羽球運動方面上，針對小物件和速度快等羽球特性，交大團隊開發出「TrackNetV2」，此技術在高速小物體的追蹤上，依然有高 FPS 的即時處理速度。



圖五：無人車的物體偵測技術<sup>12</sup>



圖六：鷹眼系統<sup>13</sup>

### 三、菁英比賽情蒐

全面的技戰術分析需要較細節的微觀賽局資料作為基礎，才有效分析並輔助選手提升競賽能力、增加賽事附加價值。較於傳統情蒐只蒐集末三拍的得分資訊，微觀賽局資料包含每個接球瞬間的擊球時間、球員站位、擊球點（投影至地面的位置、高低於網）、揮拍姿態資訊（正反手、繞頭），以及每一拍的球種與每球的得失分原因及失誤註記。

<sup>12</sup> <https://medium.com/analytics-vidhya/how-i-built-a-powerful-object-detector-in-under-100-lines-of-code-ec8c2dcd1e0>

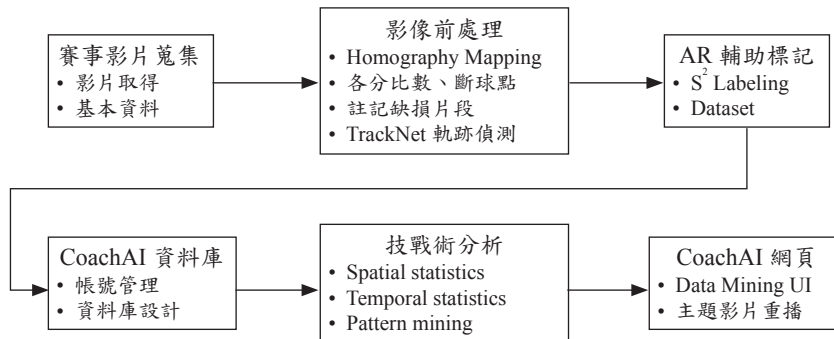
<sup>13</sup> <https://sportpark-heppenheim.de/unsere-leistungen/tennis/>

為進行資料蒐集，本團隊開發出一套標記軟體——Shot by Shot Labeling Tool (S2 Labeling Tool，又稱拍拍標記)，針對羽球賽事設計合適的標記流程與使用者介面（如圖七），使標記人員能順暢且快速標記每一拍的球種與位置等資訊，並且透過物件偵測技術（TrackNetV2）將羽球軌跡自動化標記，增加處理效率且蒐集全方位的賽局資料，讓標記一場賽事從原本數小時的人工稀疏標記能加速到 1 小時左右的 Shot by Shot 密集標記。



圖七：S2 Labeling Tool標記程式介面

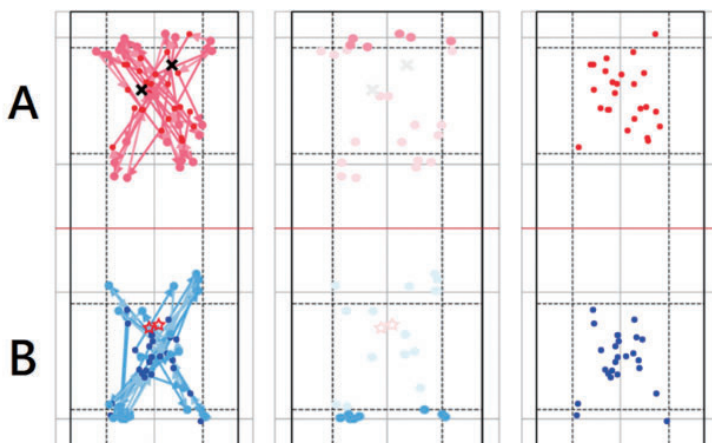
情蒐作業流程如圖八所示，先取得開源賽事影片或場邊攝影及賽事基本資料，以深度學習與電腦視覺技術輔助影像前處理，取代部分標記人力，再將其影片標記，接著以多面向的統計分析時間、空間、球風資訊，最後以圖表及主題影片的方式呈現於「CoachAI」網頁供教練與選手參考。



圖八：情蒐作業流程圖

「CoachAI」網頁提供系統性的圖表分析，主要分為：(1) 站位分析（踩後場、回中、跑速及跑動距離）；(2) 得失分分析（失分類別、失分球種、失分位置分布）；(3) 球種分析，統計圖表可搭配自動剪輯之主題影片（如：特定球種回放、踩後場擊球回放），以下為案例介紹。

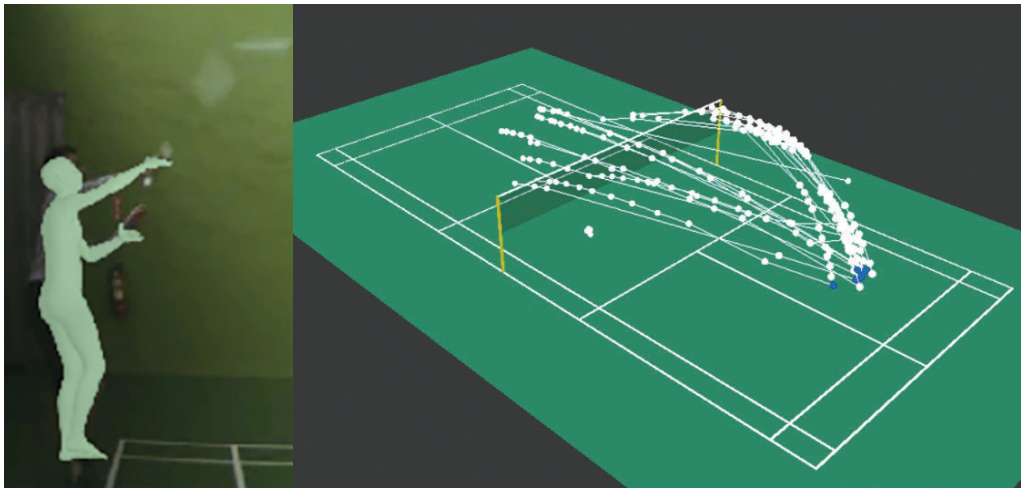
圖九用於站位分析，其中大點為接球站位、小點為回中站位、箭頭為跑動方向、星號為發球位置、黑乘號為擊球失分站位。圖九為同一局比賽中其中兩分的選手站位與跑動情形（一分即發球到球落地），可從左圖看出球員跑位習慣都是較典型的交叉型跑動。再配合中圖篩選出球員踩後場擊球站位，B 選手接球站位較集中，說明了 A 選手的回球較多落在場地四個角落，調動對手時偏好角落打法；而右圖則篩選出回中站位，即對手出手瞬間我方防守準備位置，B 選手的回中站位較為集中，說明該選手回中較確實。



圖九：接球跑位及回中站位圖

#### 四、全民體育推廣與教學——教練盒子「CoachBox」

傳統羽球教學，教練通常以自身的經驗，口述講解每個動作要領，將所有分解動作連貫起來做出完整揮拍動作示範，學員必須從中學習揮拍技術和掌握要領，同時教練在場邊觀察並適時糾正錯誤或不確實的動作。為此，需要一個具有圖形化操作介面的軟體系統，「CoachBox」利用即時攝影學員動作的方式，透過電腦視覺、物體追蹤（TrackNet）、動作捕捉和動作分析等技術，分析出羽球軌跡動作語意、還原羽球 3D 軌跡和 3D 人體模型等，如圖十，以解決傳統上單靠經驗和口述指導，且可統一不同教練對於動作分解之解釋。



圖十：「CoachBox」3D 人體模型和 3D 軌跡視覺化

羽球是講究運用全身肢體技術的運動，教練都需留意學員所有揮拍動作的細節，傳統觀察教學方式，有以下的缺點：一、羽球揮拍動作快速，是在殺球發力揮拍擊球的瞬間，教練也難以觀察到動作是否確實，況且有時教練需擔起餵球的工作，更是難以兼顧；二、缺少充分利用學員每次練習過程的結果，這些結果往往可以被轉化成有用的資訊，像是羽球軌跡，分析其軌跡可計算出球速，並進一步瞭解學員的動作。為此，「CoachBox」結合「智聯發球機」，可作為自主練習或是教練評分之用途，透過系統所提供球速、擊球角、手肘揮拍角度和動作擊球短片等資訊，讓學員能夠自我檢視及與教練檢討細部動作調整，作為彼此之間溝通管道。透過平時訓練結果，並將所有結果綜合放入學習歷程中，讓學員之間彼此相互比較成長，如表一為三位不同運動員之數據比較。

表一：各學員總計資料表

| 學員 | 持拍手<br>殺球手肘角度<br>(度) | 非持拍手<br>動作位置<br>(公分) | 擊球角<br>(度) | 持拍手<br>預備動作<br>(度) | 非持拍手<br>預備動作<br>(度) | 球速<br>(公里/小時) |
|----|----------------------|----------------------|------------|--------------------|---------------------|---------------|
| A  | 114                  | 53.5 (正確)            | 69         | 80 (正確)            | 91 (不確實)            | 51.2          |
| B  | 118                  | 44 (正確)              | 70         | 86 (正確)            | 66 (正確)             | 49.88         |
| C  | 125                  | 39 (正確)              | 74         | 84 (正確)            | 141 (不確實)           | 52.24         |

## 五、未來發展

近年來，運動賽事與日俱增，同時科技含量也逐漸變多，從轉播、觀賽、判決到賽事管理，都導入尖端科技輔助相關人員做最公平決斷和客觀的報導，藉由建構多攝影機的 3D 系統於球場上，鎖定選手一舉一動，進行即時轉播與記錄，意旨藉由電腦視覺技術，提供球員與球的定位與追蹤、軌跡語意分析和球員姿態分析。更能在賽後自動化蒐集情資，瞭解各競爭對手的風格、習性、敏捷度和反應力等資訊，幫助球員熟悉對手，並於平常訓練中模擬比賽各種情境狀況，以利球員做最佳準備。

在臺灣，羽球運動廣受民眾與媒體關注，欲精進羽球競賽能力，除了扎實的訓練和自動化情報蒐集，還需要對戰經驗。在一般情況下，很少有機會在賽前與競爭對手進行實戰對打訓練，但應用電腦視覺、深度學習、機器學習、大數據、通訊技術、MR/VR、物聯網技術及穿戴式技術等核心技術，透過場地定位、軌跡預測、選手球風模型和多機聯網控制等應用，並依據羽球大數據和電腦視覺分析結果，設計成為整組羽球球風策略，並以發球機群方式合作建立「智慧球員」，可模仿其球員球風。對於球員回擊之羽球，即時預判與評分能力，如出界判斷、落點判斷、回球種類決策和回擊反應時間等決策進行回球，彷彿如同與真人對打；亦可針對球員訓練程度進行分級測驗，搭配智慧羽球教練盒子「CoachBox」，選擇測驗項目，如殺球、小球、高球和平球等各種球路，依據測驗參數、練習者位置、羽球參數、回擊球路和落點控制等評分標準，給球員於訓練或是課程結束後一個公平評分，此外，提供動作分析、出球速度和出球角度等資訊，搭配學習歷程更可讓球員知道該如何提升或精進羽球能力，如圖十一。亦可推廣學校課程、夏令營和健身房等。



圖十一：2021 未來科技館「教練盒子」展示<sup>14,15</sup>

<sup>14</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=Cov3qZEfUDE>

<sup>15</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=3iLHowULkU8>

未來結合元宇宙，透過虛擬實境視覺化的呈現方式，則能幫助選手調整姿勢，在動作上的即時分析與修正，教練也能透過遠端的方式結合視訊、語音進行選手技術的修正與指導。結合擴增實境 (Augmented Reality)，將羽球運動推向電競化，經由羽球大數據、選手球風模型和多機發球機群，與擬真世界級選手進行對打，亦或是透過預測軌跡及視覺化方式，打擊畫面中的移動物體，進行電競比賽。

## 致謝

感謝科技部提供資源整合，讓交大團隊順利執行「CoachAI：『金』準羽球」。在此特謝計畫團隊人員，王志全副教授、彭文志教授、林淵翔教授、曾煜棋講座教授、黃俊龍教授、王昱舜副教授、楊家安碩士、林禹辰碩士和黃郁閑碩士，日以繼夜不斷創新研究。