

國立高雄大學運動競技系支援

2023 年亞洲帕拉運動會桌球代表隊情蒐計劃期末報告

1 前言

運動賽事一直以來都是吸引全球觀眾的焦點，包括帕拉桌球於近年中華帕拉林匹克總會的努力下，在專業與媒體曝光度下已不僅僅是娛樂，也是競技、策略及技巧的展現。現代體育運動中戰術分析扮演著關鍵角色，它有助於球隊更好地理解比賽中的情勢、對手的強弱處，並制定最佳的策略來取得勝利。然而，以傳統的人工方式進行戰術分析存在著許多挑戰，例如耗時、耗費人力資源、可能會忽略重要細節，且難以實時應對比賽變化。

如今市面上有需多運動賽事相關的戰術分析軟體，但是沒有桌球的戰術分析軟體。本計畫主要針對 2022 年杭州亞運帕拉桌球好手之情蒐及開發出適合桌球的技戰術統計軟體。將人工戰術分析提升到一個全新的水平，利用人工智慧（AI）技術來實現更精確、高效且即時的戰術分析，更可以節省時間與資源，傳統的人工戰術分析需要大量的時間和人力資源。透過使用 AI，我們可以自動化分析過程，節省寶貴的時間和成本，提高比賽準確性，AI 可以分析比賽數據和視頻素材，以更精確地捕捉比賽中的關鍵時刻和策略，將有助於選手更好地了解自己和對手的優勢和弱點，以便制定更有效的策略於訓練上。

2 背景與動機

本計畫與教練討論後得知，目前教練使用的軟體為 Nacsport 和 Dartfish。然而，這兩款軟體並非專為桌球設計，其功能如表 1 所比較。雖然這兩款軟體可以廣泛應用於各種運動，但預設並未包含桌球所需的特定功能。具體而言，Nacsport 主要用於情報紀錄，但因未專為桌球設計，僅能記錄大多數運動共通的情報，無法記錄桌球特有的資訊。相較之下，Dartfish 的功能更加豐富，除了情報紀錄外，還能對影像進行後製，例如對特定區域進行放大以顯示細節、將重要情報合成在同一畫面中進行比較，或者繪製球的軌跡等等。

然而，Nacsport 和 Dartfish 就算有專門做桌球相關設計，Dartfish 的後製功能有多強大，都避免不掉一個問題就是需要耗費專業人員與大量時間。專業人員需要對桌球有相當高的了解才能勝任，且作業需耗費大量時間。因此，本計畫不僅將開發專為桌球設計的情報收集軟體，同時將融合 AI 技術以降低人員負擔和時間成本。

表1. 軟體的比較

	Nacsport	Dartfish	本計畫
桌球專用功能	無	無	有
AI 落點預測	無	無	有
影像後製	無	有	有
情報紀錄	有	有	有

如表 2 所示，在桌球戰術分析中已經有不少相關的開發了，如高科大、中興大學、成功大學是使用高規格攝像機，並且必須架設在球桌的側邊，但在正式比賽時是無法將攝影機架設離球桌太近，以至於目前的上述研究成果並未能實際用於分析正式比賽影片，而本團隊則旨在克服此問題。

表2. 團隊比較

	高科大 團隊	中興大學 團隊	成功大學 團隊	本計畫
攝影機位置	球桌側邊	球桌側邊	球桌側邊	球桌斜後方
分析正式比賽影片		否	否	可
落點		●	●	●
正、反手辨識				●
得分球技術分析				●

3 UI 介面設計與說明

下圖 1 是本計畫所製作的技戰術統計軟體中選手資訊的頁面，功能如表 3 所示。

需要頁面切換是由於記錄的過程需要撥放影片再加上球很小如果影片太小會讓紀錄的過程十分困難，所以光是影片就需要佔據不少畫面再去加上其他東西畫面會不夠，所以從功能方面區分了三個頁面分別是選手資訊、情蒐紀錄跟輸出圖表，在不同頁面做不同得事情減少畫面的複雜度。

需要輸入選手名稱是因為有選手的名稱在記錄情報時也能夠留下是每一位選手的資料，並且在輸出報告等圖表時也能夠標示出哪些結果是屬於那一位選手的，這樣在閱讀報告時能夠更加清楚。

設定先發球的選手是因為預先設定先發的選手的話在進行情報收集時使用者就不需要在記錄過程中選擇是由哪一位選手，這樣能夠減少需要的操作減省過程。

設定選手所在位置是因為設定選手的位置是為了讓介面呈現的位置與影片一致，這樣在記錄過程能夠更加的順暢。

表3. 選手資訊功能說明

項目	規格目標	功能說明
1	頁面切換	切換選手資訊、情蒐紀錄、輸出圖表三個頁面
2	輸入雙方選手姓名	輸入我方選手跟對方選手姓名
3	設定哪一位選手先發球	預先設定先發的選手
4	設定我方選手位置	從攝影機角度點選我方選手位置

圖 1. 選手資訊頁面

圖 2 是本計畫所製作的技戰術統計軟體中選手資訊的頁面，功能如表 4 所示。

選擇影片按鈕點擊後就會跳出檔案選擇畫面能夠支援 MP4、MOV 等影片檔案格式。

播放影片時由於桌球運動中每一球的來回都是非常快速的(30FPS 的影片大約在 25 偵到 10 偵左右的)，所以為了讓紀錄的過程能夠更加方便，而不需要一直回放所以本計畫的技戰術統計軟體撥放影片的方式是使用鍵盤中的 A 與 D 鍵每按一次往後或往前撥放一偵。

顯示紀錄是為了讓紀錄的過程中能夠知道做到哪裡，知道分別記錄了那些，並且如果有記錄錯誤或按錯的情況發生時能夠去點擊要修改的資料進行修改。

把落點切換成輪椅的是因為桌球比賽還有分身障選手的其中輪椅選手需要紀錄的落點不一樣，所以如果要記錄輪椅選手的影片時就可以透過這個按鈕進行切換。

本計畫所製作的技戰術統計軟體根據與教練的討論，從發球到得分以三段技術做紀錄，分別是發球搶攻段、接發球搶攻段和相持段三段。發球搶攻段分別是發球(發球)、第三球和第五球之得分或失分，接發球搶攻段分別是第二球(接發球者接發球)、第四球和第六球之得分或失分。相持段指的是第六球後之得分或失分。在紀錄的過程中每一球結束都會自動切換到下一球為了減省記錄過程的操作與降低畫面複雜度。

每一球都會有三種結果分別是得分、失分或是都沒，都沒得話就是接著下一球。在紀錄的過程中如果有得分或是失分的話會自動把姿勢與技術切換回第一球減省記錄過程的操作。

表4. 情蒐紀錄功能說明

項目	規格目標	功能說明
1	選擇影片	選擇要使用的影片檔案
2	播放影片的地方	使用鍵盤中的 A 與 D 鍵每按一次往後或往前撥放一偵
3	顯示紀錄	顯示紀錄並且能夠修改
4	選擇在第幾局	選擇現在是在記錄第幾局
5	切換落點	把落點切換成輪椅的
6	姿勢與技巧紀錄	選擇使用正反手下的哪個技術
7	落點紀錄	選擇球落在哪裡
8	得失分紀錄	選擇得失分或是都沒

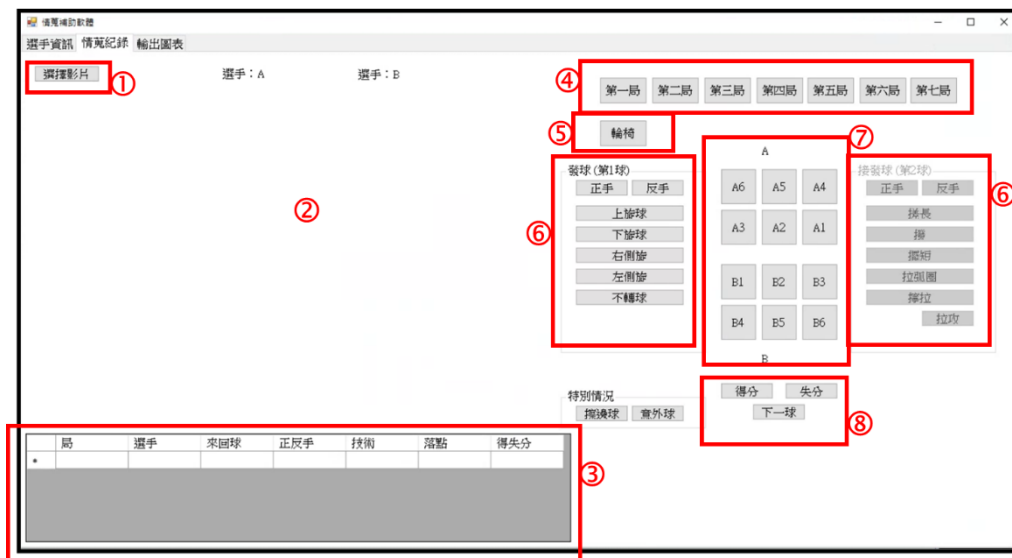


圖 2. 情蒐紀錄頁面

圖 3 是本計畫所製作的技戰術統計軟體中選手資訊的頁面，功能如表 5 所示。

表5. 選手資訊功能說明

項目	規格目標	功能說明
1	選擇要輸出的圖表	以我方選手為角度的圖表
2	選擇要輸出的圖表	以對方選手為角度的圖表
3	輸出圖表	根據選擇進行繪製圖表並整合到一份 PDF 輸出



圖 3. 輸出圖表頁面

4 AI 落點預測開發系統雛型

圖 4 是本計畫提出針對桌球選手而開發的 AI 落點預測系統架構流程圖，可分成資料準備與情蒐影片分析開發 2 大步驟，並初步完成來回球落點的評估指標，以下將進一步說明。

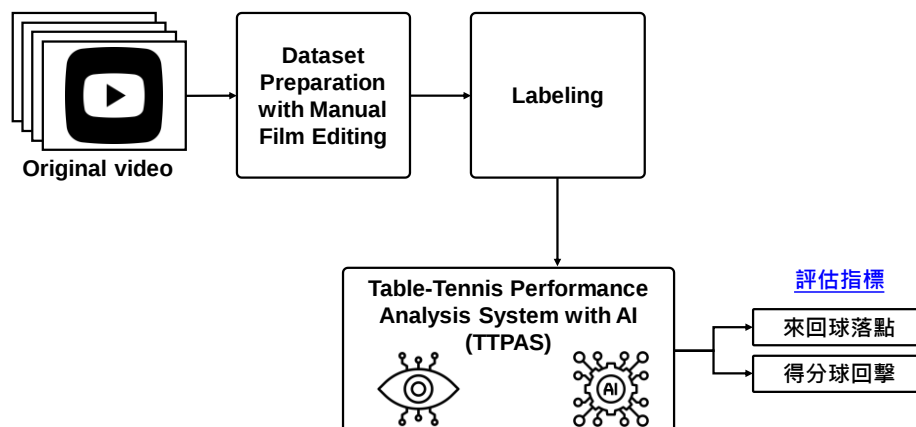


圖 4. 桌球選手表現分析系統

4.1 資料集準備 (Dataset Preparation)

4.1.1 下載影片

影片資料來源主要從國際桌球總會 ITTF World 的 YouTube 頻道下載，目前資料集是採用 2023 年的公開賽影片，其中有台灣選手參加的場次，目前整理後共有 4 個公開賽，分別為日本、韓國、新北與台中公開賽，如 0 所示。

表6. 2023 年國際桌總 Para 公開賽

No.	比賽名稱	地點	台灣選手參賽
1	ITTF Finland Para Open	芬蘭	
2	ITTF European Para Table Tennis Championships 2023	英國	
3	ITTF Japan Para Open 2023	日本	●
4	ITTF Fa40 Korea Para Open 2023	韓國	●
5	ITTF Saudi Para Open 2023	沙烏地阿拉伯	
6	ITTF New Taipei Para Open 2023	台灣	●
7	ITTF FA40 TAICHUNG Para Open 2023	台灣	●
8	ITTF USA Para Open 2023	美國	
9	ITTF Polish Para Open 2023	波蘭	
10	ITTF Czech Para Open 2023	捷克	
11	ITTF Slovenia Para Open 2023	斯洛維尼亞	
12	ITTF Montenegro Para Championships 2023	蒙特內哥羅	
13	ITTF Greek Para Open 2023	希臘	
14	ITTF Brazilian Para Open 2023	巴西	
15	ITTF Lignano Masters Para Open 2023	義大利	
16	ITTF Costa Brava Spanish Para Open 2023	西班牙	
17	ITTF Egypt Para Open 2023	埃及	
18	2022 ITTF World Para Championships		●

4.1.2 人工剪輯比賽影片

- 從 ITTF World 下載的 YouTube 影片將放置在資料夾【00_Original】，如圖 5 所示。
- 由於 ITTF World 的 YouTube 影片分類都是以比賽日、桌次，所以每一段影片都須先以人工方式將影片剪輯成不同對戰選手，而剪輯後的影片將放置在資料夾【01_IndividualSet】，如圖 5 所示，本計畫使用的影片剪輯軟體為 DaVinci Resolve。
- 根據統計，一場比賽影片大約有 75%的時間是沒有在回擊球，而沒有回擊球的時間可分為撿球、發球準備、擦汗、換場次等狀況，因此需再將影片剪輯留下選手有在回擊球的剩下 25%時間，以進行影片分析，如圖 5 所示。

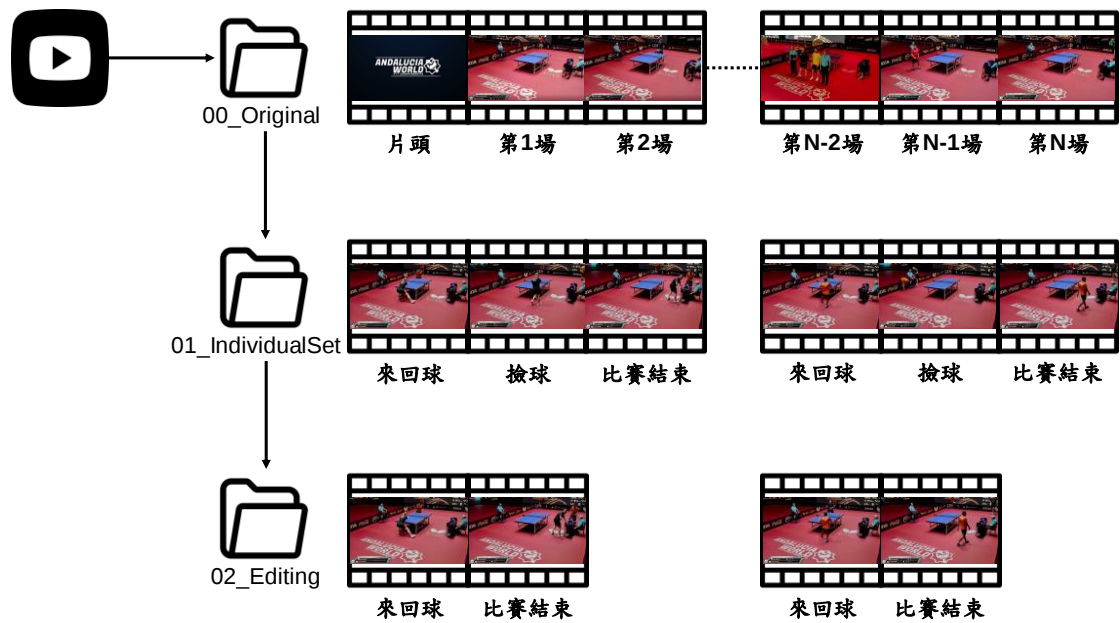


圖 5. 人工剪輯影片流程

4.1.3 影片標記

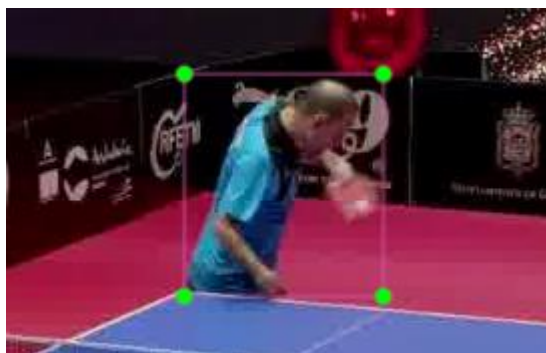
為了分析來回球落點與得分球回擊戰術兩個評估指標，需先針對資料集影片進行球體、球桌、正手與反手等影像標記，如圖 6 所示。



(a) 球體標記



(b) 球體標記



(c) 正手標記



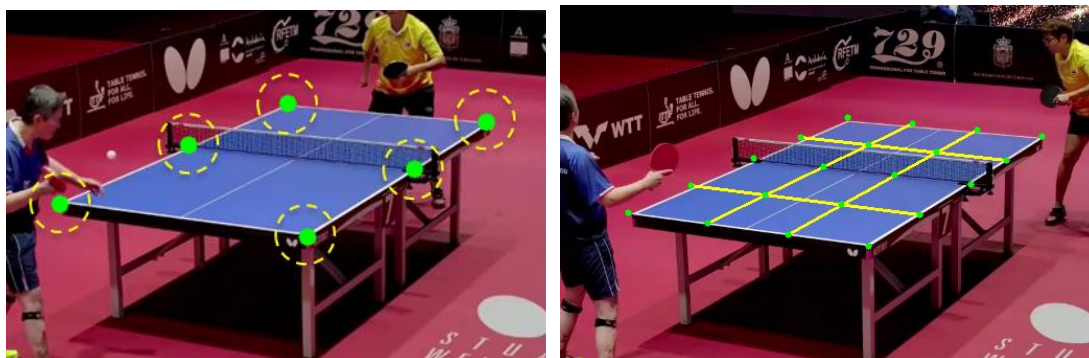
(d) 反手標記

圖 6. 影像標記

4.2 落點位置辨識步驟

(1) 界定球桌落點區間範圍

一場比賽的影片中，攝影角度或球桌的位置都不會任意更動，因此球桌的位置可透過人工手動標記球桌 6 個點，分別為球桌 4 個角落點與球桌交界 2 個點，如圖 7(a)的黃色虛線圓圈所示。因球桌的長寬是固定 ($274\text{ cm} \times 152.5\text{ cm}$)，當知道球桌 6 個點後，可透過比例計算界定球桌的落點區間範圍，如圖 7(b)黃色實線所示。



(a) 標記球桌 6 個點前

(b) 標記球桌 6 個點後

圖 7.手動標記球桌角落點

(2) 定義球桌區間位置編號

圖 8 是將球桌兩邊定義為 A 側與 B 側且各分成 6 格，目的是為了方便記錄對手擊球位置落點以進行統計數據分析。



圖 8. 球桌落點位置編號

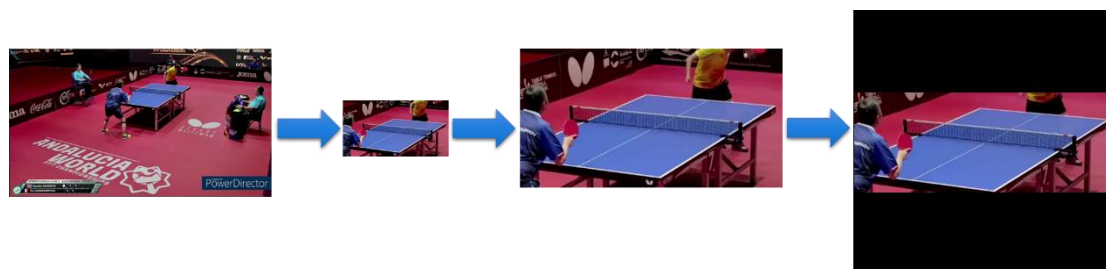
(3) 以 YOLOv5 偵測球體並判斷落點

目前本計畫是使用 YOLOv5 進行物件(球體)偵測，如圖 9 所示，紅點是顯示偵測到畫面有球。



圖 9. 物件(球)偵測

圖 10(a)是比賽影片的原影像，圖 10(b)是把原影像中球桌的部分裁剪下來因為在對打中球都是在球桌上。圖 10(c)是把圖 10(b)長寬等比放大到 1280×1280 ，放大影像是為了提高球在影像中佔據的像素數量。圖 10(d)是把圖 10(c)補黑讓影像是 1280×1280 ，這樣做是因為不同影片拍攝角度不一樣把球桌裁剪下來之後影像的長寬都會不一樣，這樣把影像調整成一樣的大小有助於提高訓練跟辨識的效果。



(a) 原始影像	(b) 裁剪後	(c) 放大後	(d) 補黑
1280×720	471×168	1276×455	1280×1280

圖 10. 影像前處理

球落在球桌上的判斷用球落在球桌上前、落在球桌上時與落在球桌上後的高低差判斷，如圖 11 所示。

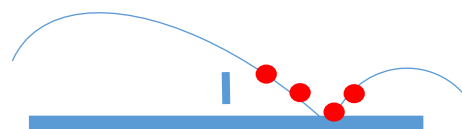


圖 11. 落點的高低

5 落點整合到 UI

本計畫製作的技戰術統計軟體希望透過 AI 技術補助人員降低負擔與耗費時間其系統圖如圖 12，透過 UI 介面選擇影片後會先進行落點的 AI 預測整部影片跑完後會把結果輸出給 UI 介面，這樣在紀錄的過程過程中落點的部分會由 AI 的結果直接填入但是由於現在 AI 的準確度還有待提升所以在紀錄的過程還需要確認 AI 的結果是否正確，如果正確人員就能進行下一步不正確在進行修改。

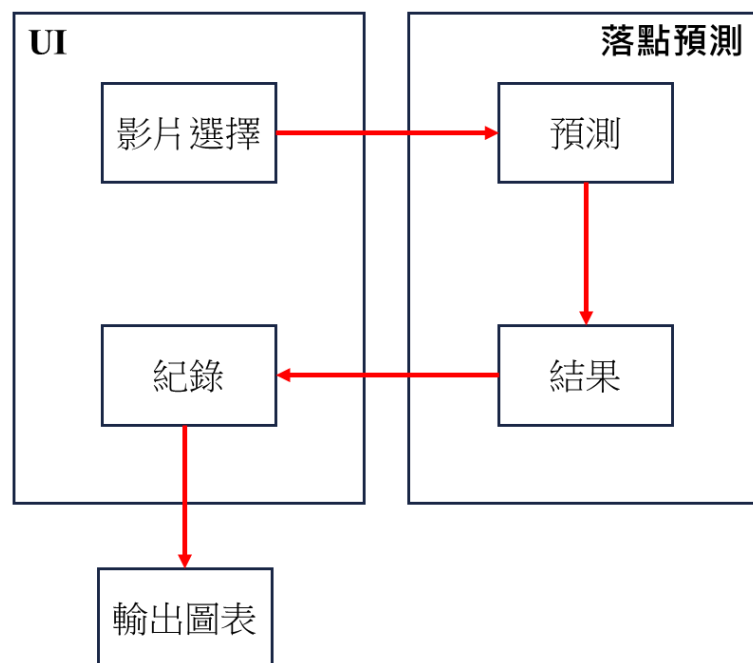


圖 12. 落點與 UI 系統圖

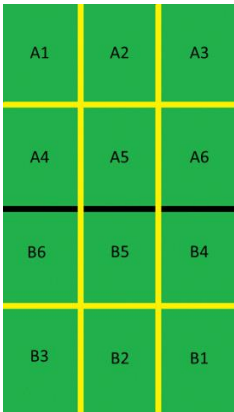
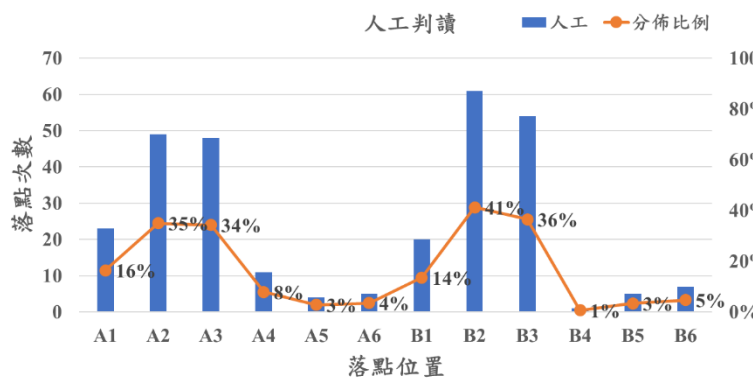
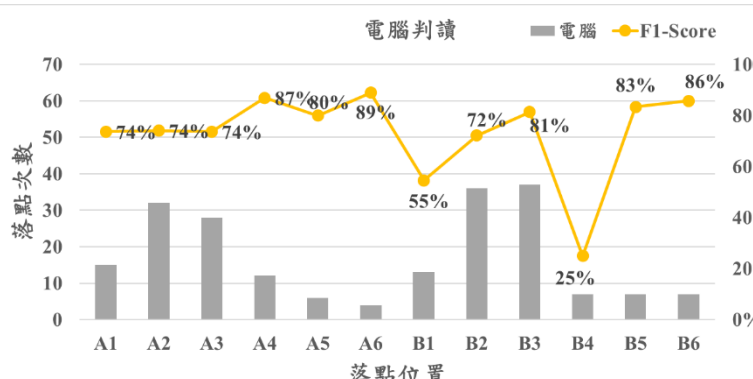
6 計畫執行現況與測試結果

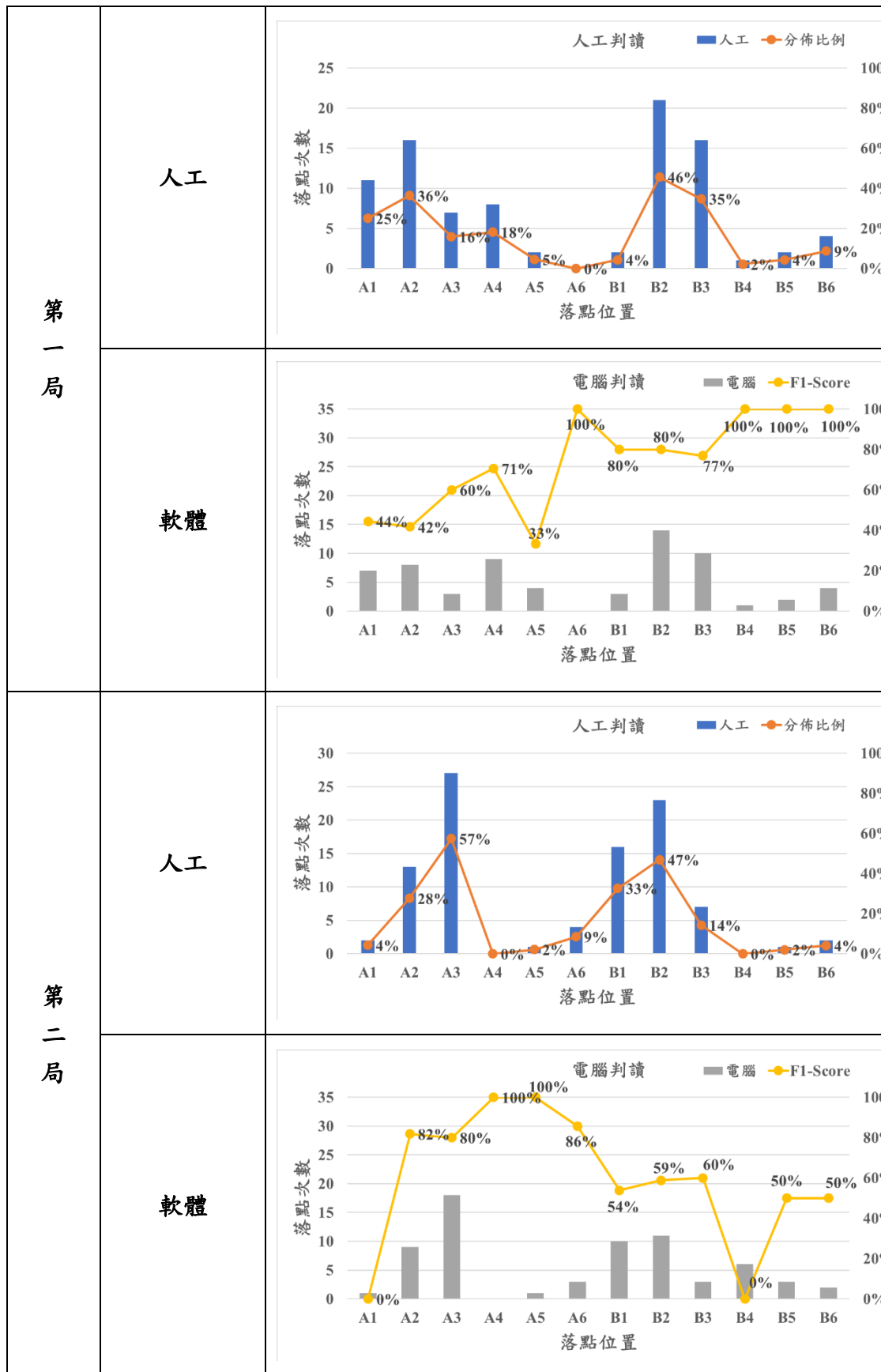
落點位置辨識會用兩張圖表來呈現，一個為人工一個是電腦其中人工是用人力進行落點的確證需要這麼做是要知道落點的正確答案去跟本計畫輸出的結果進行比較，另一張是本計畫軟體辨識出的落點次數與 F1-Score，F1-Score 是一個統計指標，常用於二分類問題的表現評估，綜合考慮了精確度（Precision）和召回率（Recall）兩個指標，

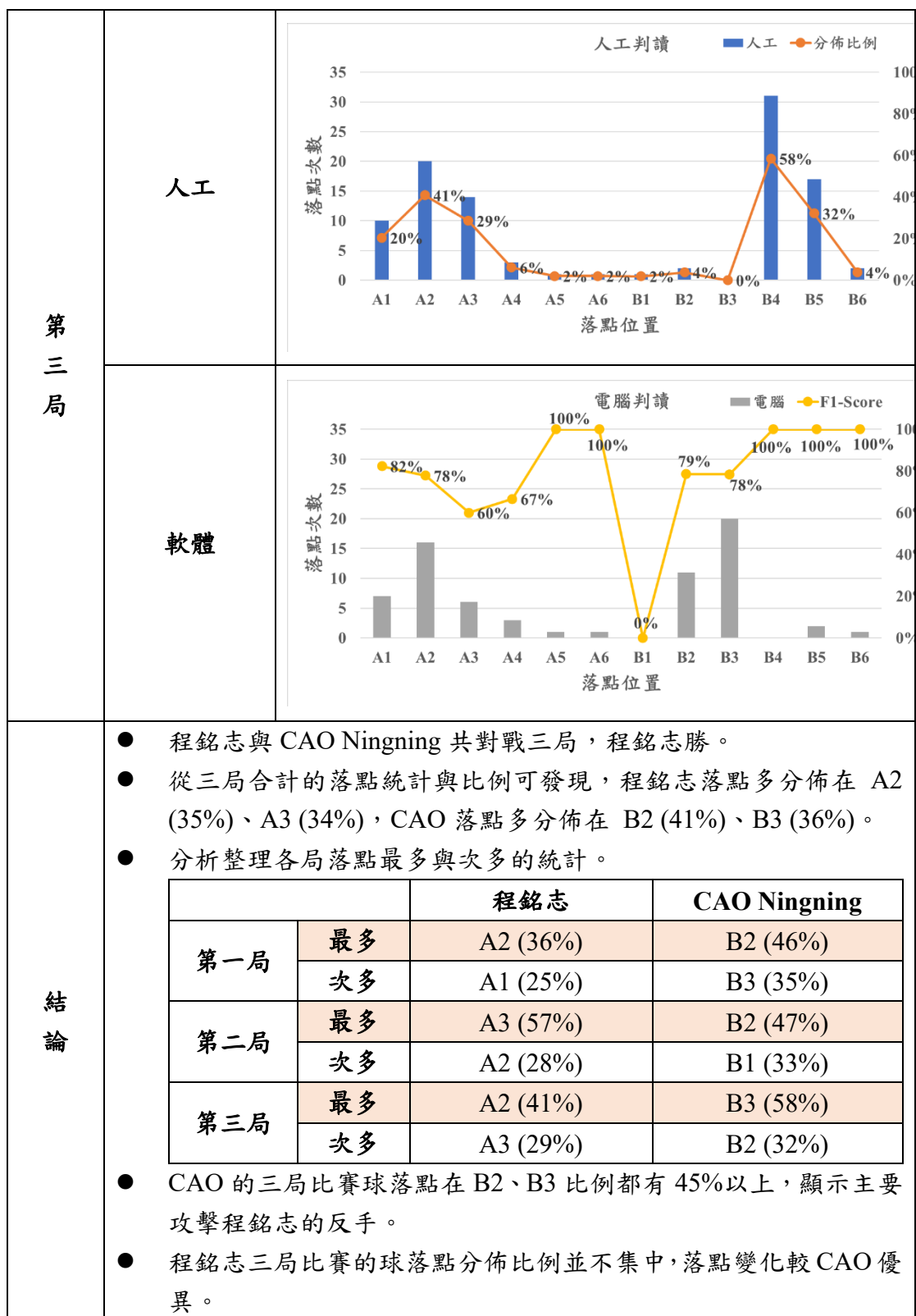
精確度衡量了辨識有多準確。如果 A1 有 10 次落點，但是這 10 次中只有 8 次是對的，那麼精確度就是 8/10，即 80%。召回率衡量了找到了多少真正需要被找到的。如果 B1 有 10 次落點，但是只找到其中 8 次，那麼召回率就是 8/10，也就是 80%。這表示只找到了 80% 的落點，而有 20% 的落點被漏掉了。

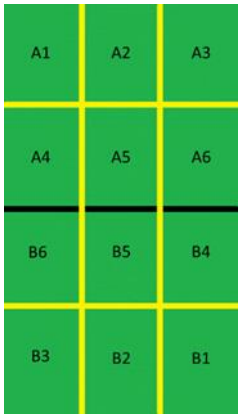
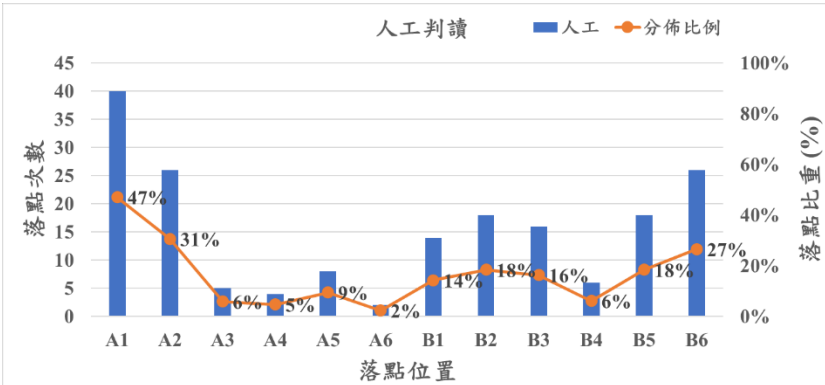
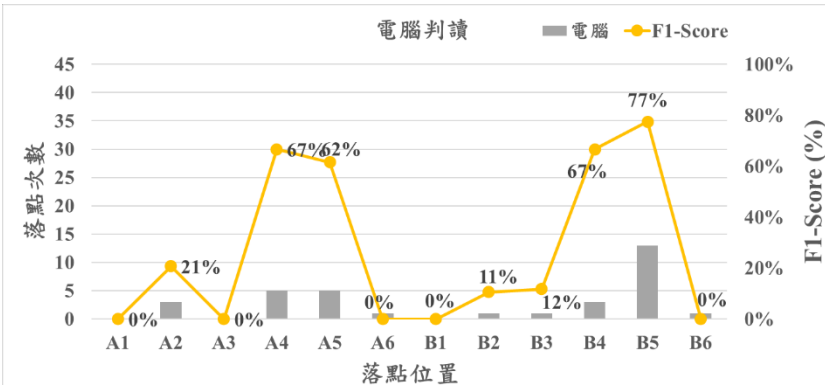
目前挑選 3 場比賽進行軟體比對分析，分別是

- (1) 程銘志對上中國 CAO Ningning
- (2) 蘇晉賢對上日本 Kobayashi
- (3) 蘇晉賢對上日本 Funayama Mahiro

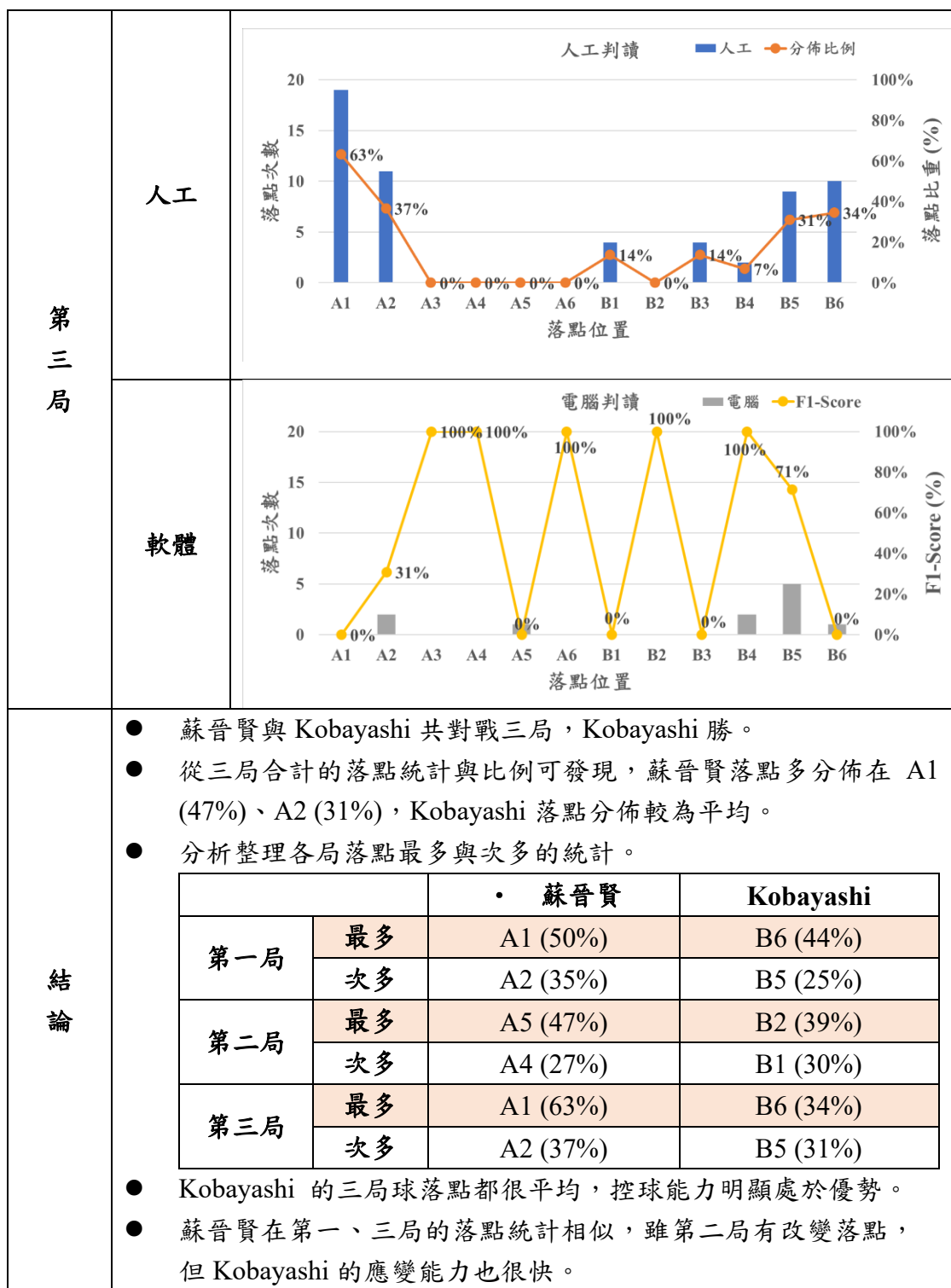
比賽名稱		2023 韓國公開賽																																								
影片連結		https://www.youtube.com/watch?v=QG1VHPJpWf8																																								
影片起訖時間		08 : 00 : 47~08 : 20 : 37																																								
A 側		程銘志	B 側 中國 CAO Ningning																																							
																																										
合計	人工	 <table><caption>人工判讀</caption><thead><tr><th>落點位置</th><th>落點次數 (人工)</th><th>分佈比例 (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>A1</td><td>23</td><td>16%</td></tr><tr><td>A2</td><td>49</td><td>35%</td></tr><tr><td>A3</td><td>48</td><td>34%</td></tr><tr><td>A4</td><td>10</td><td>8%</td></tr><tr><td>A5</td><td>3</td><td>3%</td></tr><tr><td>A6</td><td>4</td><td>4%</td></tr><tr><td>B1</td><td>20</td><td>14%</td></tr><tr><td>B2</td><td>61</td><td>41%</td></tr><tr><td>B3</td><td>54</td><td>36%</td></tr><tr><td>B4</td><td>1</td><td>1%</td></tr><tr><td>B5</td><td>3</td><td>3%</td></tr><tr><td>B6</td><td>5</td><td>5%</td></tr></tbody></table>		落點位置	落點次數 (人工)	分佈比例 (%)	A1	23	16%	A2	49	35%	A3	48	34%	A4	10	8%	A5	3	3%	A6	4	4%	B1	20	14%	B2	61	41%	B3	54	36%	B4	1	1%	B5	3	3%	B6	5	5%
	落點位置	落點次數 (人工)	分佈比例 (%)																																							
A1	23	16%																																								
A2	49	35%																																								
A3	48	34%																																								
A4	10	8%																																								
A5	3	3%																																								
A6	4	4%																																								
B1	20	14%																																								
B2	61	41%																																								
B3	54	36%																																								
B4	1	1%																																								
B5	3	3%																																								
B6	5	5%																																								
軟體	 <table><caption>電腦判讀</caption><thead><tr><th>落點位置</th><th>落點次數 (電腦)</th><th>F1-Score (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>A1</td><td>15</td><td>74%</td></tr><tr><td>A2</td><td>32</td><td>74%</td></tr><tr><td>A3</td><td>28</td><td>74%</td></tr><tr><td>A4</td><td>12</td><td>87%</td></tr><tr><td>A5</td><td>6</td><td>80%</td></tr><tr><td>A6</td><td>4</td><td>89%</td></tr><tr><td>B1</td><td>13</td><td>55%</td></tr><tr><td>B2</td><td>36</td><td>72%</td></tr><tr><td>B3</td><td>37</td><td>81%</td></tr><tr><td>B4</td><td>8</td><td>25%</td></tr><tr><td>B5</td><td>7</td><td>83%</td></tr><tr><td>B6</td><td>7</td><td>86%</td></tr></tbody></table>		落點位置	落點次數 (電腦)	F1-Score (%)	A1	15	74%	A2	32	74%	A3	28	74%	A4	12	87%	A5	6	80%	A6	4	89%	B1	13	55%	B2	36	72%	B3	37	81%	B4	8	25%	B5	7	83%	B6	7	86%	
落點位置	落點次數 (電腦)	F1-Score (%)																																								
A1	15	74%																																								
A2	32	74%																																								
A3	28	74%																																								
A4	12	87%																																								
A5	6	80%																																								
A6	4	89%																																								
B1	13	55%																																								
B2	36	72%																																								
B3	37	81%																																								
B4	8	25%																																								
B5	7	83%																																								
B6	7	86%																																								

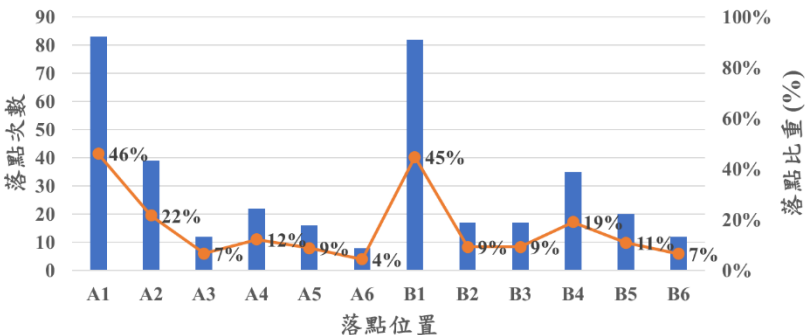
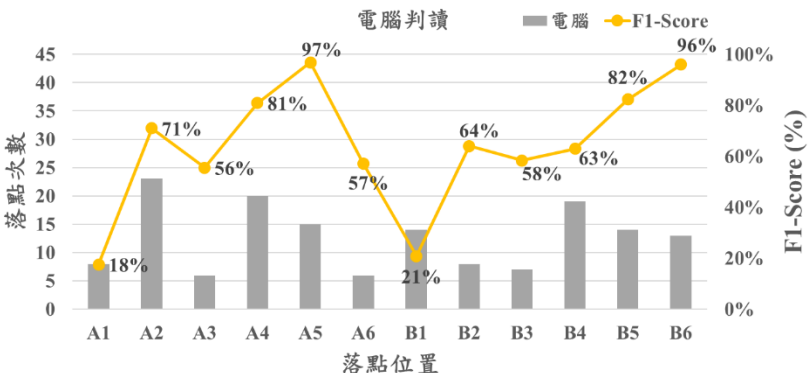




比賽名稱		2023 日本公開賽	
影片連結		https://www.youtube.com/watch?v=owCLJLZ2M70	
影片起訖時間		03:16:36~03:30:01	
A 側		蘇晉賢	B 側 日本 Kobayashi Kodai
			
合計	人工	人工判讀 	
	軟體	電腦判讀 	

第一局	人工	人工判讀 落點次數 落點位置 分佈比例
	軟體	電腦判讀 落點次數 落點位置 F1-Score
第二局	人工	人工判讀 落點次數 落點位置 分佈比例
	軟體	電腦判讀 落點次數 落點位置 F1-Score



比賽名稱		2023 日本公開賽	
影片連結		自己架設並錄影	
影片起訖時間			
A 側	日本 Funayama Mahiro	B 側	蘇晉賢
A1A2A3 A4A5A6 B6B5B4 B3B2B1			
合計	人工	人工判讀 ■ 人工 ● 分佈比例 	
	軟體	電腦判讀 ■ 電腦 ● F1-Score 	

第一局	人工	人工判讀 ■ 人工 ● 分佈比例 <table><thead><tr><th>落點位置</th><th>人工 (次數)</th><th>分佈比例 (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>A1</td><td>26</td><td>47%</td></tr><tr><td>A2</td><td>24</td><td>44%</td></tr><tr><td>A3</td><td>4</td><td>7%</td></tr><tr><td>A4</td><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>A5</td><td>1</td><td>2%</td></tr><tr><td>A6</td><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>B1</td><td>17</td><td>30%</td></tr><tr><td>B2</td><td>3</td><td>5%</td></tr><tr><td>B3</td><td>0</td><td>2%</td></tr><tr><td>B4</td><td>22</td><td>39%</td></tr><tr><td>B5</td><td>9</td><td>16%</td></tr><tr><td>B6</td><td>4</td><td>7%</td></tr></tbody></table>	落點位置	人工 (次數)	分佈比例 (%)	A1	26	47%	A2	24	44%	A3	4	7%	A4	0	0%	A5	1	2%	A6	0	0%	B1	17	30%	B2	3	5%	B3	0	2%	B4	22	39%	B5	9	16%	B6	4	7%
	落點位置	人工 (次數)	分佈比例 (%)																																						
A1	26	47%																																							
A2	24	44%																																							
A3	4	7%																																							
A4	0	0%																																							
A5	1	2%																																							
A6	0	0%																																							
B1	17	30%																																							
B2	3	5%																																							
B3	0	2%																																							
B4	22	39%																																							
B5	9	16%																																							
B6	4	7%																																							
軟體	電腦判讀 ■ 電腦 ● F1-Score <table><thead><tr><th>落點位置</th><th>電腦 (次數)</th><th>F1-Score (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>A1</td><td>2</td><td>14%</td></tr><tr><td>A2</td><td>16</td><td>80%</td></tr><tr><td>A3</td><td>2</td><td>67%</td></tr><tr><td>A4</td><td>0</td><td>100%</td></tr><tr><td>A5</td><td>1</td><td>100%</td></tr><tr><td>A6</td><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>B1</td><td>5</td><td>18%</td></tr><tr><td>B2</td><td>2</td><td>80%</td></tr><tr><td>B3</td><td>1</td><td>100%</td></tr><tr><td>B4</td><td>13</td><td>63%</td></tr><tr><td>B5</td><td>6</td><td>80%</td></tr><tr><td>B6</td><td>4</td><td>100%</td></tr></tbody></table>	落點位置	電腦 (次數)	F1-Score (%)	A1	2	14%	A2	16	80%	A3	2	67%	A4	0	100%	A5	1	100%	A6	0	0%	B1	5	18%	B2	2	80%	B3	1	100%	B4	13	63%	B5	6	80%	B6	4	100%	
落點位置	電腦 (次數)	F1-Score (%)																																							
A1	2	14%																																							
A2	16	80%																																							
A3	2	67%																																							
A4	0	100%																																							
A5	1	100%																																							
A6	0	0%																																							
B1	5	18%																																							
B2	2	80%																																							
B3	1	100%																																							
B4	13	63%																																							
B5	6	80%																																							
B6	4	100%																																							
第二局	人工	人工判讀 ■ 人工 ● 分佈比例 <table><thead><tr><th>落點位置</th><th>人工 (次數)</th><th>分佈比例 (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>A1</td><td>16</td><td>50%</td></tr><tr><td>A2</td><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>A3</td><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>A4</td><td>5</td><td>16%</td></tr><tr><td>A5</td><td>9</td><td>28%</td></tr><tr><td>A6</td><td>2</td><td>6%</td></tr><tr><td>B1</td><td>18</td><td>53%</td></tr><tr><td>B2</td><td>8</td><td>24%</td></tr><tr><td>B3</td><td>8</td><td>24%</td></tr><tr><td>B4</td><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>B5</td><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>B6</td><td>0</td><td>0%</td></tr></tbody></table>	落點位置	人工 (次數)	分佈比例 (%)	A1	16	50%	A2	0	0%	A3	0	0%	A4	5	16%	A5	9	28%	A6	2	6%	B1	18	53%	B2	8	24%	B3	8	24%	B4	0	0%	B5	0	0%	B6	0	0%
	落點位置	人工 (次數)	分佈比例 (%)																																						
A1	16	50%																																							
A2	0	0%																																							
A3	0	0%																																							
A4	5	16%																																							
A5	9	28%																																							
A6	2	6%																																							
B1	18	53%																																							
B2	8	24%																																							
B3	8	24%																																							
B4	0	0%																																							
B5	0	0%																																							
B6	0	0%																																							
軟體	電腦判讀 ■ 電腦 ● F1-Score <table><thead><tr><th>落點位置</th><th>電腦 (次數)</th><th>F1-Score (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>A1</td><td>1</td><td>12%</td></tr><tr><td>A2</td><td>0</td><td>100%</td></tr><tr><td>A3</td><td>0</td><td>100%</td></tr><tr><td>A4</td><td>3</td><td>75%</td></tr><tr><td>A5</td><td>9</td><td>100%</td></tr><tr><td>A6</td><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>B1</td><td>2</td><td>20%</td></tr><tr><td>B2</td><td>3</td><td>55%</td></tr><tr><td>B3</td><td>3</td><td>55%</td></tr><tr><td>B4</td><td>0</td><td>100%</td></tr><tr><td>B5</td><td>0</td><td>100%</td></tr><tr><td>B6</td><td>0</td><td>100%</td></tr></tbody></table>	落點位置	電腦 (次數)	F1-Score (%)	A1	1	12%	A2	0	100%	A3	0	100%	A4	3	75%	A5	9	100%	A6	0	0%	B1	2	20%	B2	3	55%	B3	3	55%	B4	0	100%	B5	0	100%	B6	0	100%	
落點位置	電腦 (次數)	F1-Score (%)																																							
A1	1	12%																																							
A2	0	100%																																							
A3	0	100%																																							
A4	3	75%																																							
A5	9	100%																																							
A6	0	0%																																							
B1	2	20%																																							
B2	3	55%																																							
B3	3	55%																																							
B4	0	100%																																							
B5	0	100%																																							
B6	0	100%																																							

第三局	人工	人工判讀 ■ 人工 ● 分佈比例 <table><thead><tr><th>落點位置</th><th>人工 (次數)</th><th>分佈比例 (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>A1</td><td>30</td><td>54%</td></tr><tr><td>A2</td><td>15</td><td>27%</td></tr><tr><td>A3</td><td>7</td><td>13%</td></tr><tr><td>A4</td><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>A5</td><td>0</td><td>2%</td></tr><tr><td>A6</td><td>2</td><td>5%</td></tr><tr><td>B1</td><td>24</td><td>44%</td></tr><tr><td>B2</td><td>1</td><td>2%</td></tr><tr><td>B3</td><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>B4</td><td>12</td><td>22%</td></tr><tr><td>B5</td><td>11</td><td>20%</td></tr><tr><td>B6</td><td>6</td><td>11%</td></tr></tbody></table>	落點位置	人工 (次數)	分佈比例 (%)	A1	30	54%	A2	15	27%	A3	7	13%	A4	0	0%	A5	0	2%	A6	2	5%	B1	24	44%	B2	1	2%	B3	0	0%	B4	12	22%	B5	11	20%	B6	6	11%
	落點位置	人工 (次數)	分佈比例 (%)																																						
A1	30	54%																																							
A2	15	27%																																							
A3	7	13%																																							
A4	0	0%																																							
A5	0	2%																																							
A6	2	5%																																							
B1	24	44%																																							
B2	1	2%																																							
B3	0	0%																																							
B4	12	22%																																							
B5	11	20%																																							
B6	6	11%																																							
軟體	電腦判讀 ■ 電腦 ● F1-Score <table><thead><tr><th>落點位置</th><th>電腦 (次數)</th><th>F1-Score (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>A1</td><td>5</td><td>29%</td></tr><tr><td>A2</td><td>6</td><td>57%</td></tr><tr><td>A3</td><td>4</td><td>55%</td></tr><tr><td>A4</td><td>0</td><td>100%</td></tr><tr><td>A5</td><td>1</td><td>100%</td></tr><tr><td>A6</td><td>2</td><td>80%</td></tr><tr><td>B1</td><td>1</td><td>8%</td></tr><tr><td>B2</td><td>1</td><td>100%</td></tr><tr><td>B3</td><td>0</td><td>100%</td></tr><tr><td>B4</td><td>6</td><td>67%</td></tr><tr><td>B5</td><td>8</td><td>84%</td></tr><tr><td>B6</td><td>6</td><td>100%</td></tr></tbody></table>	落點位置	電腦 (次數)	F1-Score (%)	A1	5	29%	A2	6	57%	A3	4	55%	A4	0	100%	A5	1	100%	A6	2	80%	B1	1	8%	B2	1	100%	B3	0	100%	B4	6	67%	B5	8	84%	B6	6	100%	
落點位置	電腦 (次數)	F1-Score (%)																																							
A1	5	29%																																							
A2	6	57%																																							
A3	4	55%																																							
A4	0	100%																																							
A5	1	100%																																							
A6	2	80%																																							
B1	1	8%																																							
B2	1	100%																																							
B3	0	100%																																							
B4	6	67%																																							
B5	8	84%																																							
B6	6	100%																																							
第四局	人工	人工判讀 ■ 人工 ● 分佈比例 <table><thead><tr><th>落點位置</th><th>人工 (次數)</th><th>分佈比例 (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>A1</td><td>11</td><td>30%</td></tr><tr><td>A2</td><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>A3</td><td>1</td><td>3%</td></tr><tr><td>A4</td><td>17</td><td>46%</td></tr><tr><td>A5</td><td>5</td><td>14%</td></tr><tr><td>A6</td><td>2</td><td>8%</td></tr><tr><td>B1</td><td>23</td><td>59%</td></tr><tr><td>B2</td><td>5</td><td>13%</td></tr><tr><td>B3</td><td>8</td><td>21%</td></tr><tr><td>B4</td><td>1</td><td>3%</td></tr><tr><td>B5</td><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>B6</td><td>2</td><td>5%</td></tr></tbody></table>	落點位置	人工 (次數)	分佈比例 (%)	A1	11	30%	A2	0	0%	A3	1	3%	A4	17	46%	A5	5	14%	A6	2	8%	B1	23	59%	B2	5	13%	B3	8	21%	B4	1	3%	B5	0	0%	B6	2	5%
	落點位置	人工 (次數)	分佈比例 (%)																																						
A1	11	30%																																							
A2	0	0%																																							
A3	1	3%																																							
A4	17	46%																																							
A5	5	14%																																							
A6	2	8%																																							
B1	23	59%																																							
B2	5	13%																																							
B3	8	21%																																							
B4	1	3%																																							
B5	0	0%																																							
B6	2	5%																																							
軟體	電腦判讀 ■ 電腦 ● F1-Score <table><thead><tr><th>落點位置</th><th>電腦 (次數)</th><th>F1-Score (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>A1</td><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>A2</td><td>1</td><td>0%</td></tr><tr><td>A3</td><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>A4</td><td>17</td><td>82%</td></tr><tr><td>A5</td><td>4</td><td>89%</td></tr><tr><td>A6</td><td>3</td><td>67%</td></tr><tr><td>B1</td><td>5</td><td>36%</td></tr><tr><td>B2</td><td>2</td><td>57%</td></tr><tr><td>B3</td><td>3</td><td>55%</td></tr><tr><td>B4</td><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>B5</td><td>0</td><td>100%</td></tr><tr><td>B6</td><td>3</td><td>80%</td></tr></tbody></table>	落點位置	電腦 (次數)	F1-Score (%)	A1	0	0%	A2	1	0%	A3	0	0%	A4	17	82%	A5	4	89%	A6	3	67%	B1	5	36%	B2	2	57%	B3	3	55%	B4	0	0%	B5	0	100%	B6	3	80%	
落點位置	電腦 (次數)	F1-Score (%)																																							
A1	0	0%																																							
A2	1	0%																																							
A3	0	0%																																							
A4	17	82%																																							
A5	4	89%																																							
A6	3	67%																																							
B1	5	36%																																							
B2	2	57%																																							
B3	3	55%																																							
B4	0	0%																																							
B5	0	100%																																							
B6	3	80%																																							

結
論

- 蘇晉賢與 Funayama Mahiro 共對戰四局，Funayama 勝。
- 從四局合計的落點統計與比例可發現，Funayama 落點多分佈在 A1 (46%)、A2 (22%)，蘇晉賢落點分佈多在 B1 (45%)、B4 (19%)。
- 分析整理各局落點最多與次多的統計。

		Funayama	蘇晉賢
第一局	最多	A1 (47%)	B4 (39%)
	次多	A2 (44%)	B1 (30%)
第二局	最多	A1 (50%)	B1 (53%)
	次多	A5 (28%)	B2、B3 (24%)
第三局	最多	A1 (54%)	B1 (44%)
	次多	A2 (27%)	B4 (22%)
第四局	最多	A4 (46%)	B1 (59%)
	次多	A1 (30%)	B3 (21%)

- 雙方都是左手持拍，而 Funayama 的四局落點多集中在 A1 (>45%)，而蘇晉賢雖然也主攻 Funayama 的 B1 位置，但次多落點的變化比較多。
- 落點的變化與得分關係，目前尚待整理影片統計數據。

7 討論

(1) 攝影機架設高度、場地環境都會影響以軟體分析影片的準確度

A. 攝影機架設高度不能太低，否則影片分析的準確度會過低

圖 13(a)是目前本計畫最理想的角度，因為圖 13(b)太低會導致球桌有一邊被網子遮擋，而影響偵測桌球位置。圖 13(c)攝影機偏球桌後方，會導致球都被選手擋住，圖 13(d)雖然攝影機高度夠且選手也不會擋住球，但自行錄製影的話攝影機是不能架設在球桌側邊。因此，建議教練與選手在自行架設攝影機時，要盡量避免攝影機視角看過去的網子是貼齊桌子底線，而此項研究成果發現也已提供給教練與選手了解，讓他們提早注意到此細節。



(a) 2022 帕拉錦標賽 (攝影機高度高)



(b) 2023 台中公開賽 (攝影機高度中)



(c) 2023 日本公開賽 (攝影機高度低) (d) 2023 韓國公開賽 (攝影機側邊拍)

圖 13. ITTF 桌球總會架設的攝影機高度與視角

B. 攝影機架設高度適當，球體的偵測準確度可達 70%以上

目前，YOLOv5 (You Only Look Once) 在球體偵測的準確度已經達到了 70%以上，如圖 14 所示。本計畫的目標將提升球體偵測準確度達 95%以上，而除了攝影機架設高度是首要注意事項外，另外桌面的反光也會造成影像視覺辨識的錯誤。

如圖 15 所示是比較蘇晉賢對戰日本 Kobayashi (a)與蘇晉賢對戰日本 Funayama (b)的影像，由球網對應桌子底線可知道，圖 15 (a)與(b)的攝影機高度接近，但圖 15 (a)的準確度卻比圖 15 (b)差，主要原因是圖 15 (a)的球桌有反光，使得落點位置辨識準確度從 87.6%降到 46.2%，但目前電腦軟體尚未影像處理演算法解決反光問題。為解決此問題，本計畫預計使用卡爾曼濾波和匈牙利演算法以過濾影像雜訊提高球體偵測的精確度。卡爾曼濾波可用於預測和追蹤物體的運動，而匈牙利演算法則可用於關聯檢測到的物體和其軌跡，從而改進球體偵測。

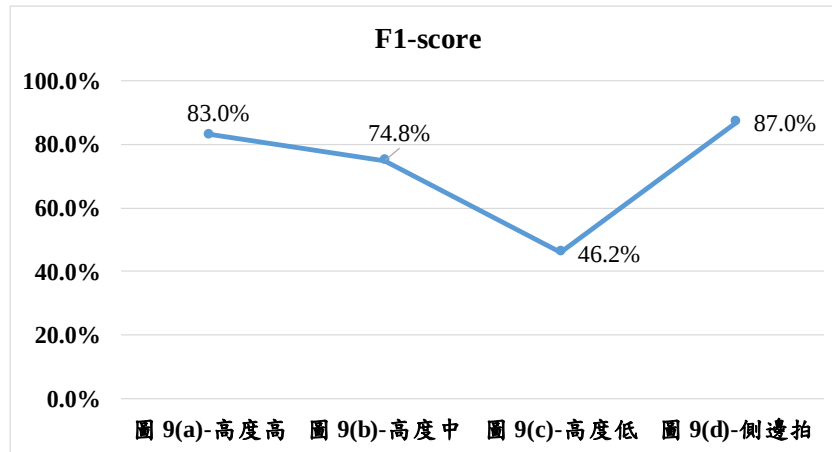


圖 14. 不同攝影機高度與視角的準確度



(a) 蘇晉賢對戰日本 Kobayashi
(F1-score 為 46.2%)



(b) 蘇晉賢對戰日本 Funayama
(F1-score 為 87.6%)

圖 15. ITTF Para 日本公開賽，不同攝影機高度拍攝的影片也增加人工判讀時間

C. 增加影像資料集與重新訓練 AI 模型以提高球體偵測準確度

目前使用的影像共有 600 張圖片，資料集數量明顯不足，考量各公開賽的比賽背景、架設影片的攝影機高度皆不相同，為增加球體追蹤的準確度，將蒐集與整理更多影像資料集，及採用 YOLOv7 並且調整參數重新訓練獲得準確度較高 (預期 95%以上)的模型。

(2) 使用軟體分析落點位置只需花人工的 5%時間就能達到 70%以上的準確度

在經過影片剪輯處理後，觀看 1 場比賽 (以 3 局為例)並人工紀錄落點位置，至少仍需要花費 4200 秒 (70 分鐘)，但透過計畫開發的軟體則約需要 190 秒 (約 3 分鐘左右)。若對戰超過 3 局所需花費的時間則會再增加，且攝影機高度也會影響人工與電腦軟體的落點判斷。3 場比賽採用人工與電腦軟體進行分析時的耗費時間比較如圖 16 所示，使用軟體分析落點位置只需花人工的 5%時間就能達到 70%以上的準確度。

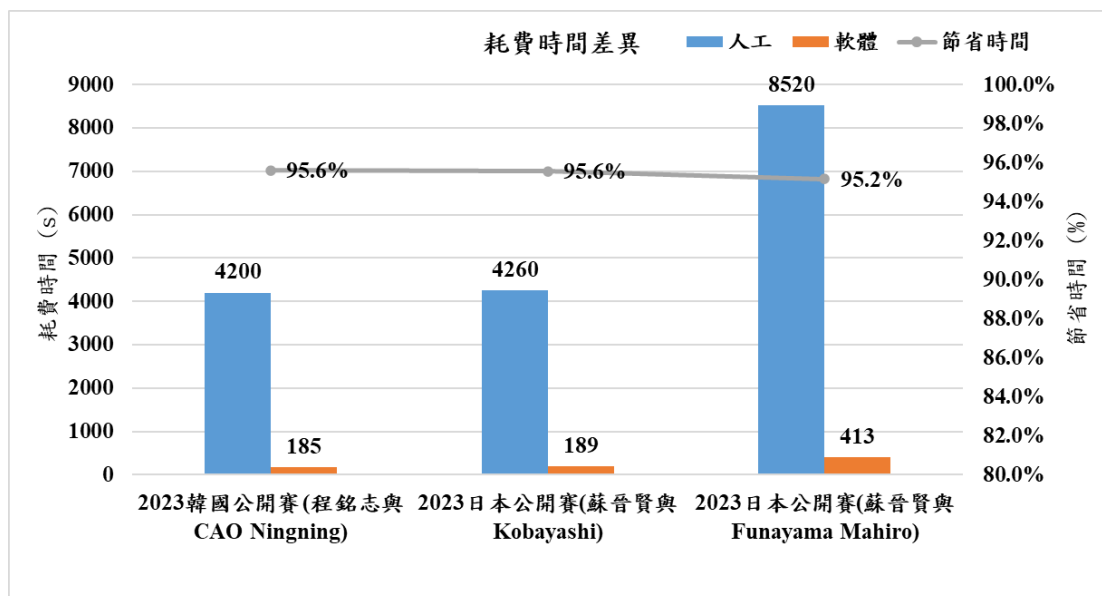


圖 16. 人工與軟體需要耗費的時間差異

(3) 開發影片自動剪輯與技戰術人工標記軟體

一場比賽影片大約有 75% 的時間是沒有在回擊球，因此需再將影片剪輯留下選手有在回擊球的剩下 25% 時間，以進行影片分析，但目前仍以人工手動剪輯不需要的比賽片段，本計畫預計將採用的解決方法為：

- A. 辨識影片中沒有球桌的畫面 (例如廣告、封面)
- B. 辨識影片中沒有選手擊球的畫面 (例如暫停、換局、換場)
- C. 辨識影片中選手正手和反手姿勢，以自動識別和定位對打片段。
- D. 開發符合帕拉運動選手 (站立組、輪椅組) 的技戰術人工統計軟體，並依據教練客製化制定分析條件選項。

8 結論

本計畫深入研究後發現已經有不少團隊在做運動科技其中桌球的也有不少團隊在研究了，但是大多團隊的研究重心都是以改善訓練為主，就算有情蒐相關的也沒團隊結合 AI，所以希望後續不只落點連姿勢與技術都能 AI 進行預測，大幅減少人員的負擔甚是，如果準確率夠高就能夠不需要人員進行紀錄減省人力資源。

本計畫研究發現攝影機架設高度、影像的環境讓 AI 落點預測準確度由 83% 降到 43%，但本計畫開發軟體可大幅縮短落點位置的判斷時間，預期在增加資料及數量再重新訓練 AI 模型後，可將球體偵測準確度提高至 95%，同時落點的分析準確度也可提高。另外，開發情蒐影片自動剪輯軟體可以縮短影片的長度，以減少人工分析影片時不需要觀看的賽事內容，也能為技戰術人工標記軟體開發做準備。