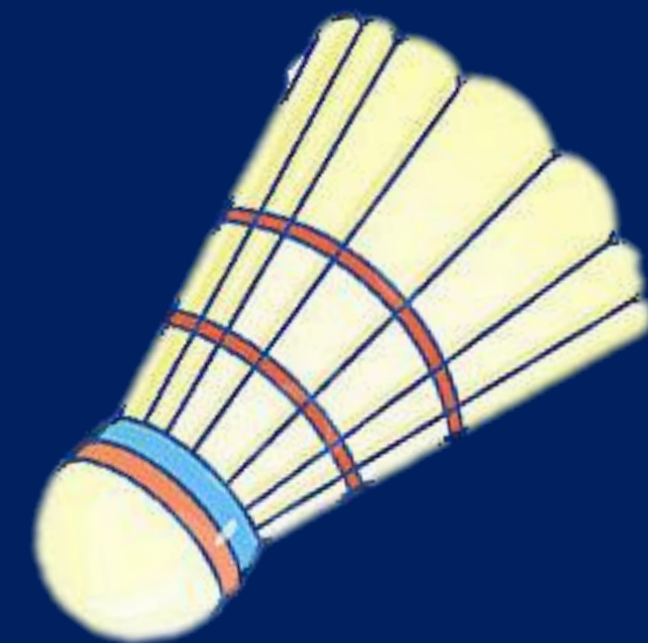


「羽」你同行



— 基於多模態深度學習與大語言模型的手機端羽毛球姿態矯正系統

壹、摘要

本研究旨在開發一套幫助羽球新手透過手機進行姿勢矯正的軟體。其中在影片姿勢分類的準確率達 **94.80%**。自動剪輯羽球影片的準確率為 **95.89%**。檢查常見錯誤姿勢後，透過ChatGPT進行整合並生成姿勢矯正建議。羽球專家對生成的姿勢矯正建議的平均認同百分比達 **82.40%**，羽球新手達 **81.16%**。

貳、研究動機

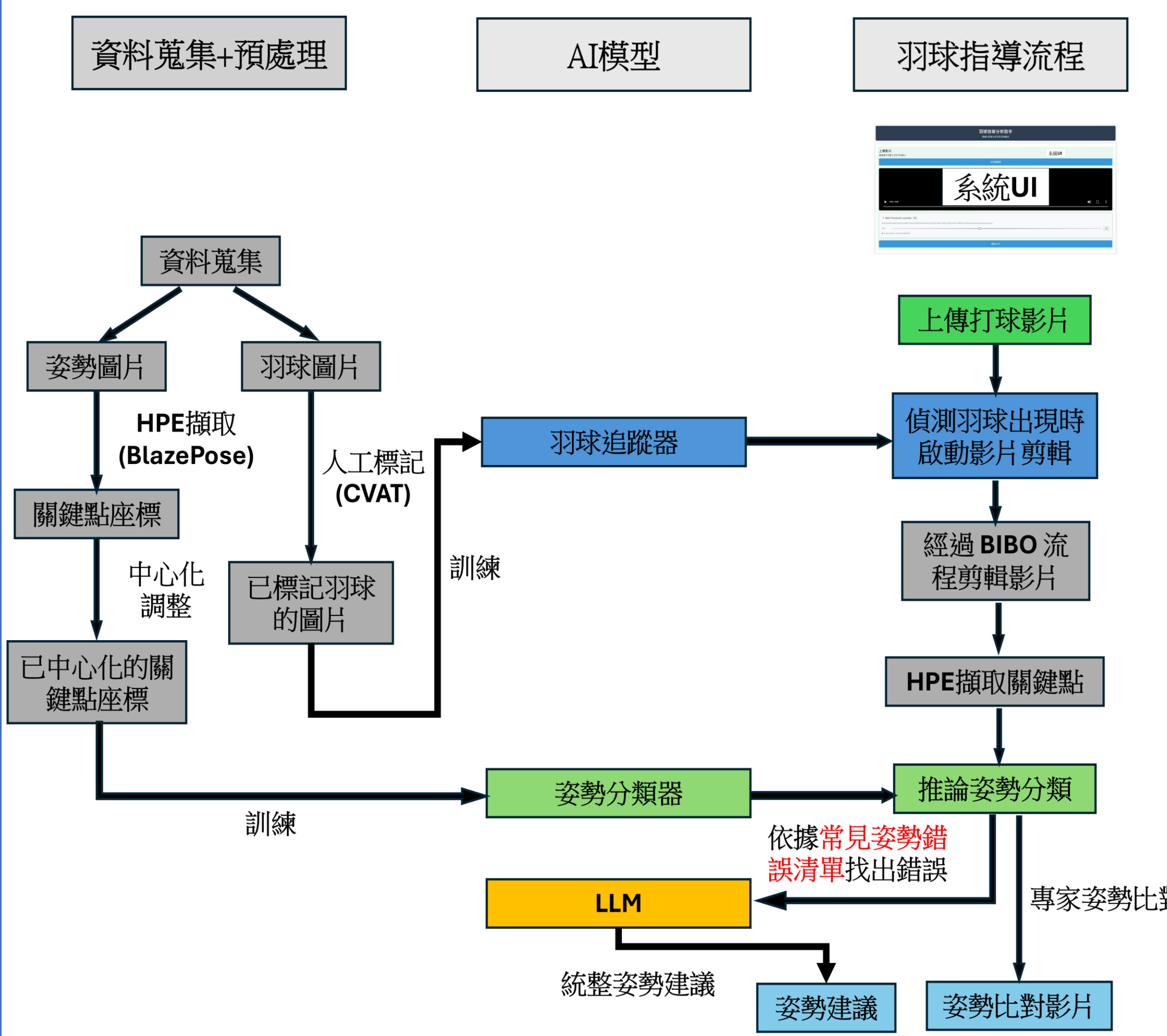
隨著台灣在奧運羽球雙打連續奪得第二面金牌後，更多台灣人想嘗試這項運動。由於 AI 羽球教練軟體尚未普及，且目前相關羽球研究大多是羽球比賽資料分析或姿勢分類，尚未有對羽球新手提供姿勢指導的研究，初學者若無法即時調整動作，將會影響學習成效，導致學習表現低落。

參、研究目的

- (一) 探討人體姿態辨識模型及機器學習技術應用在羽球姿勢分類。
- (二) 設計並實作 BIBO (Ball In Ball Out) 方法應用於精確識別羽球動作分類的最佳時機。
- (三) 研究如何整合各 AI 模型的分析結果並給予新手完善的姿勢建議。

肆、研究過程及方法

(一)研究架構



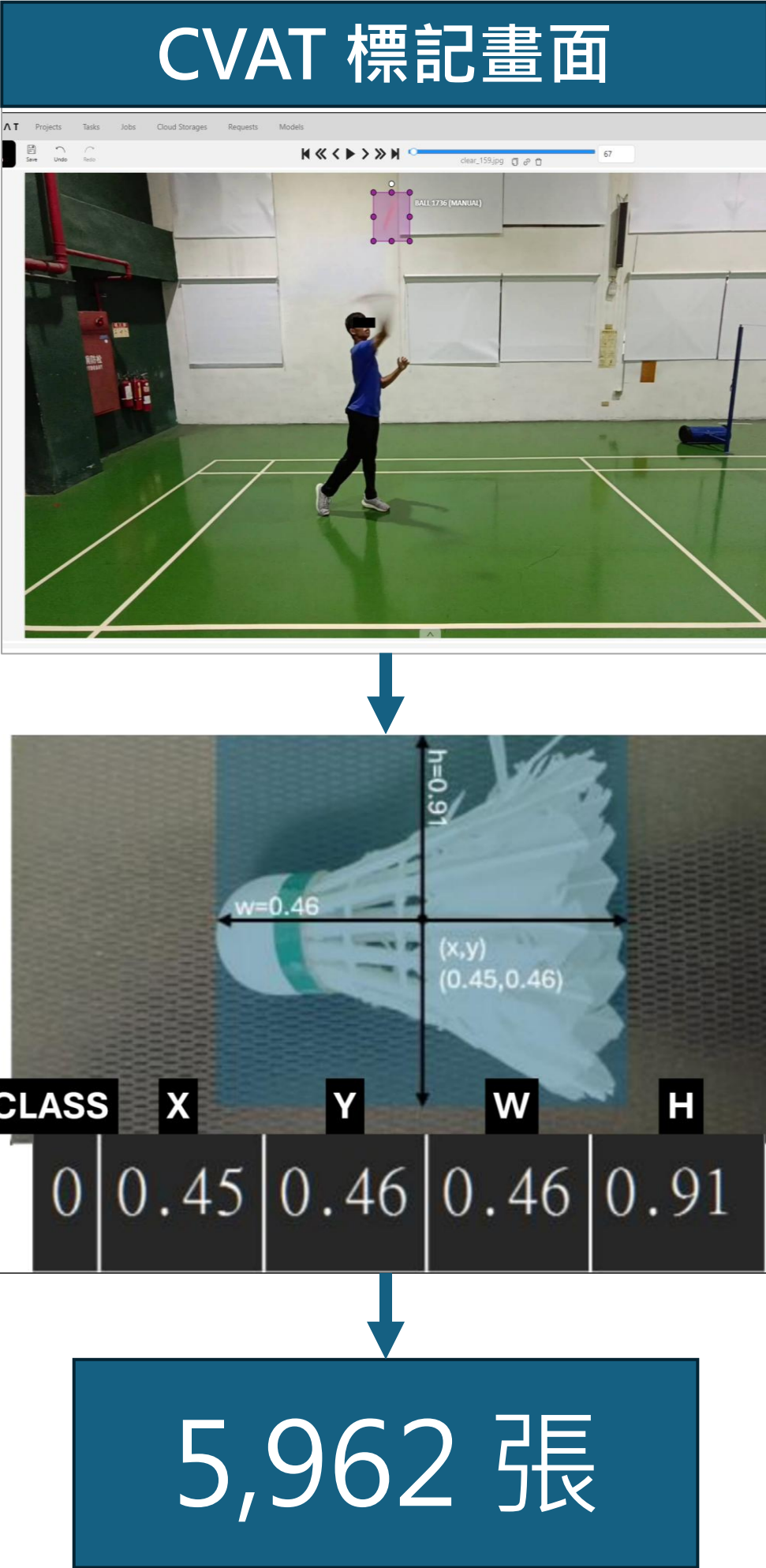
(四)資料蒐集及預處理

• 資料蒐集

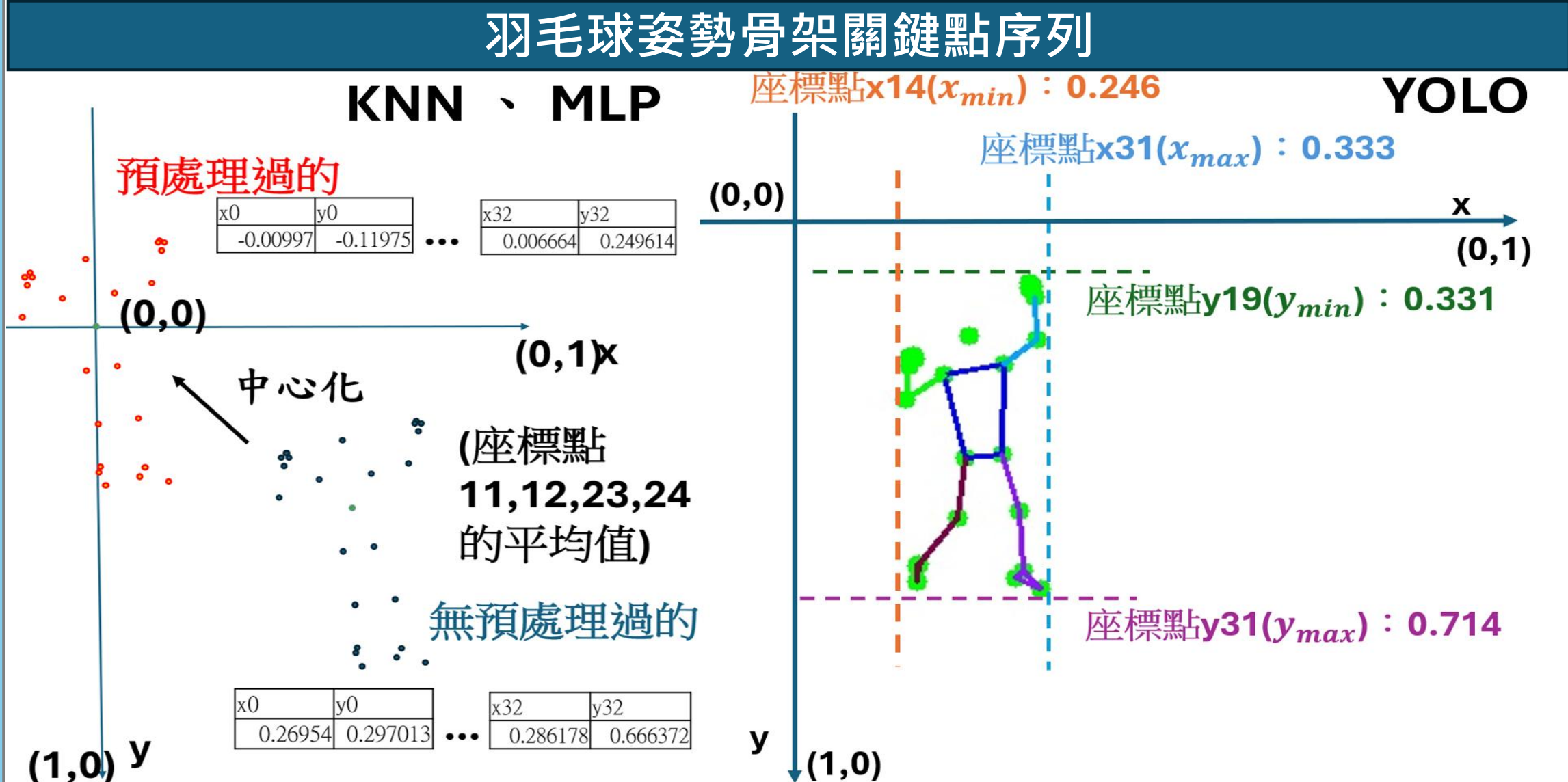
HPE 比較			
模型	BlazePose (lite)	YOLO v11In-Pose	MoveNet-lightning
關鍵點數量	33個	17個	17個
範例			
識別人數	單人	多人	多人
準確率(%)	218 張 / 300張 (72.67%)	208 張 / 300張 (69.33%)	12張 / 300張 (4%)
平均推論時間	0.01460s	0.01412s	0.00736s

羽毛球姿勢骨架關鍵點序列範例												
x0	y0	x11	y11	...	x31	y31	x32	y32	Pose			
0.287418	0.396891	0.309026	0.432695	...	0.332704	0.714211	0.253247	0.705173	clear			
0.257729	0.350612	0.279224	0.402007	...	0.331536	0.70554	0.245155	0.776767	clear			
0.412921	0.344964	0.427695	0.384592	...	0.462739	0.685123	0.411491	0.698327	clear			

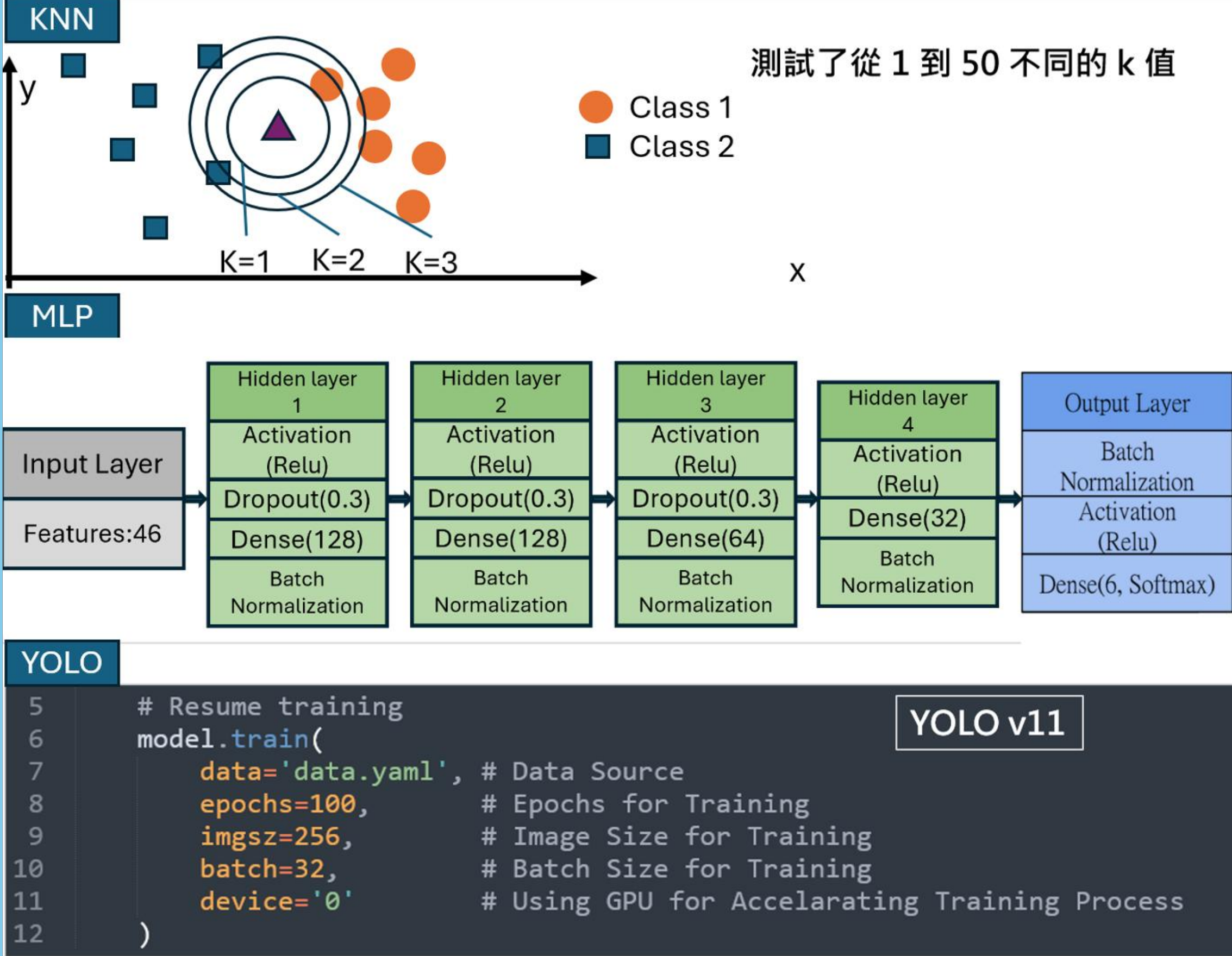
羽毛球姿勢骨架關鍵點序列資料數量統計						
	放網	長球	發球	平球	挑球	其他
數量 (筆)	4,645	3,445	1,545	3,566	3,820	2,864



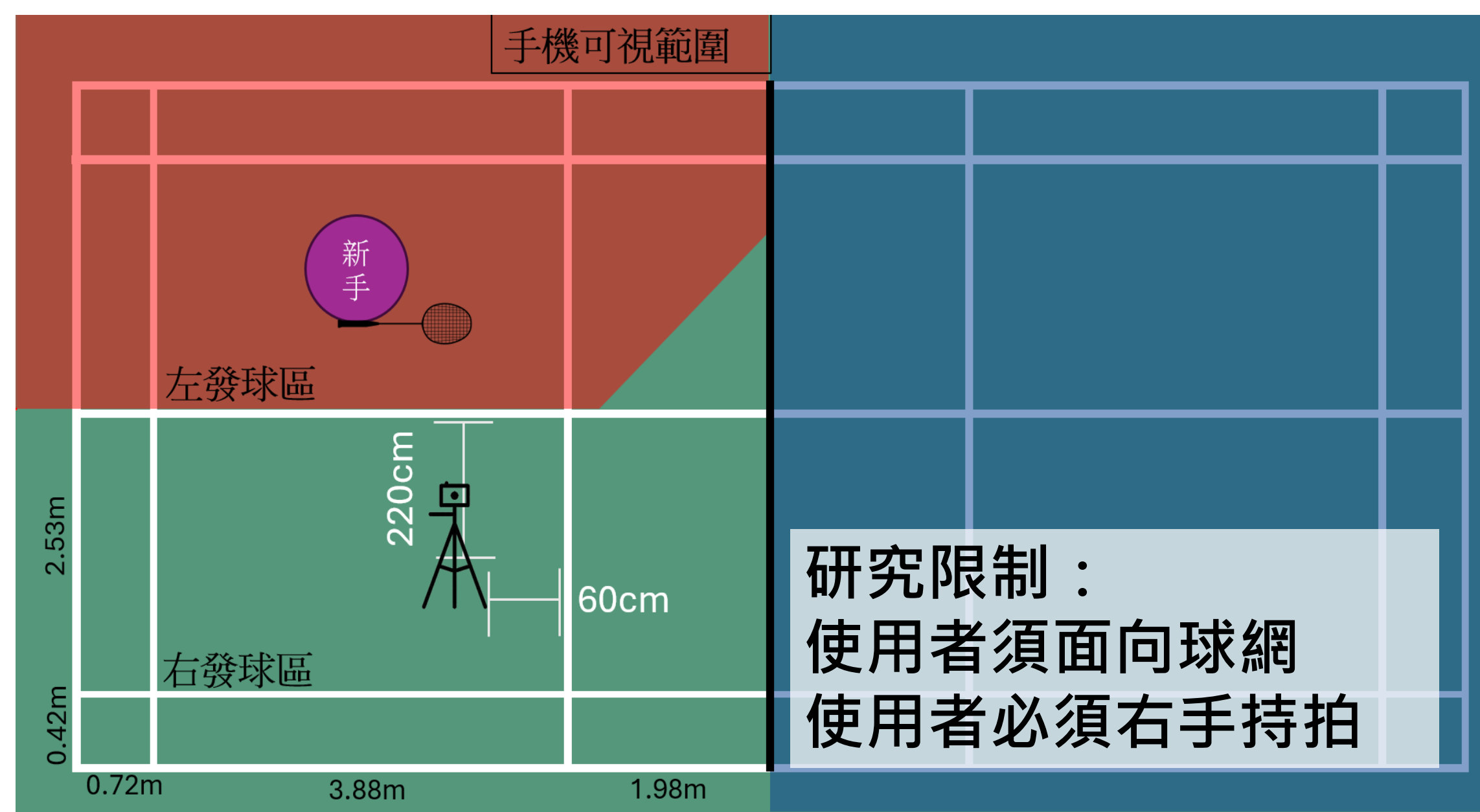
• 資料中心化預處理



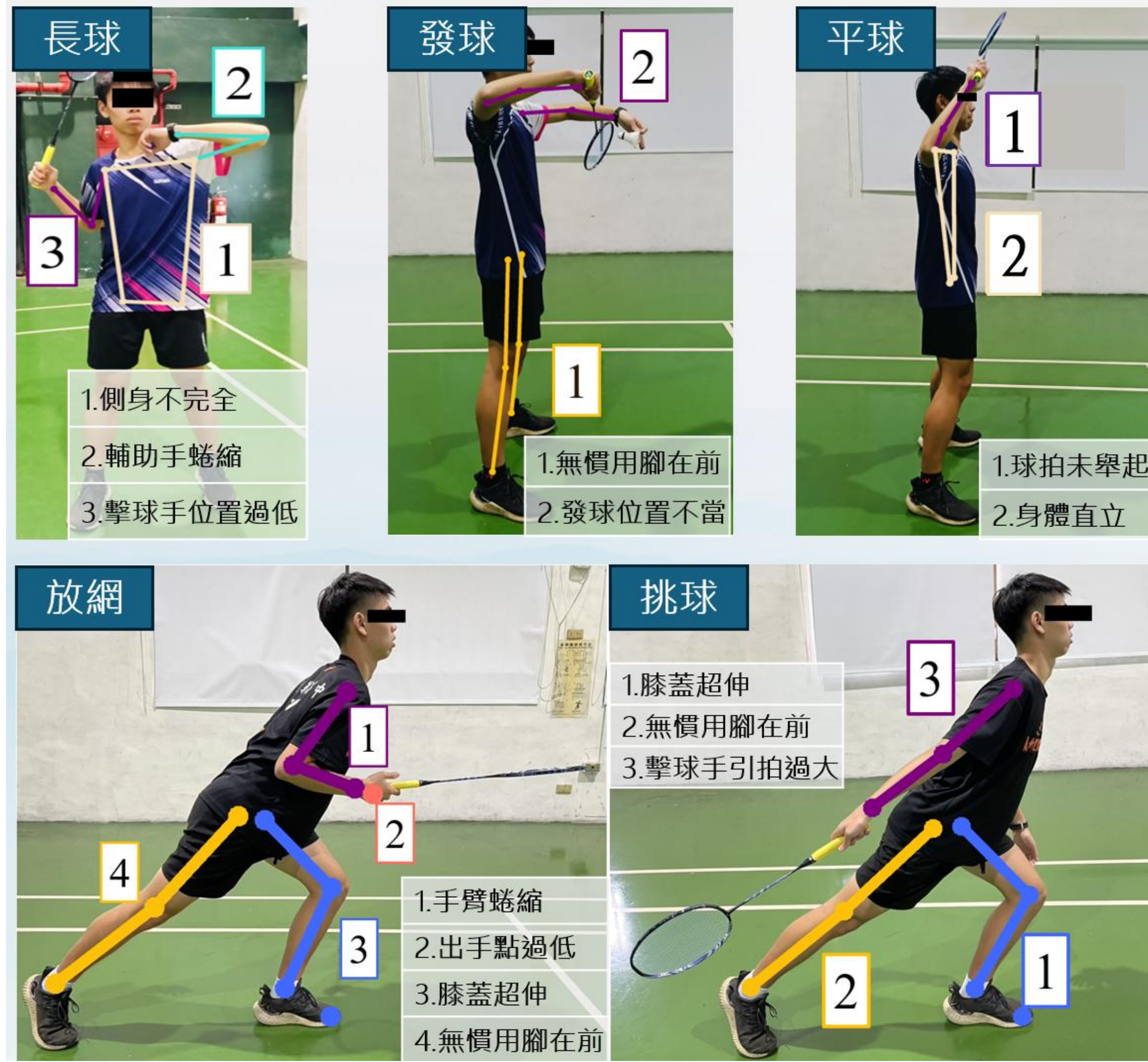
(五)姿勢分類器



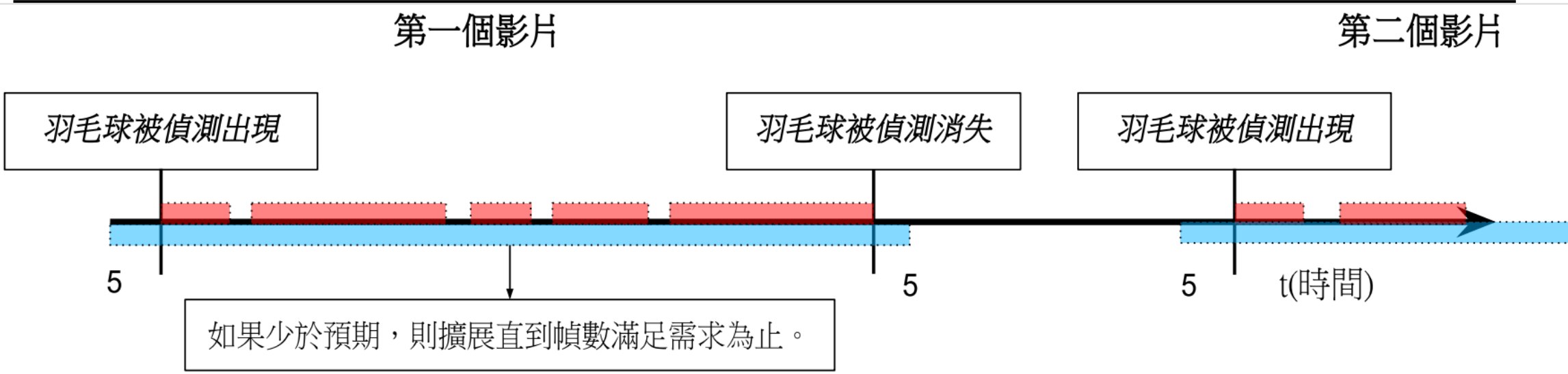
(二)環境設置



(三)羽球常見姿勢錯誤

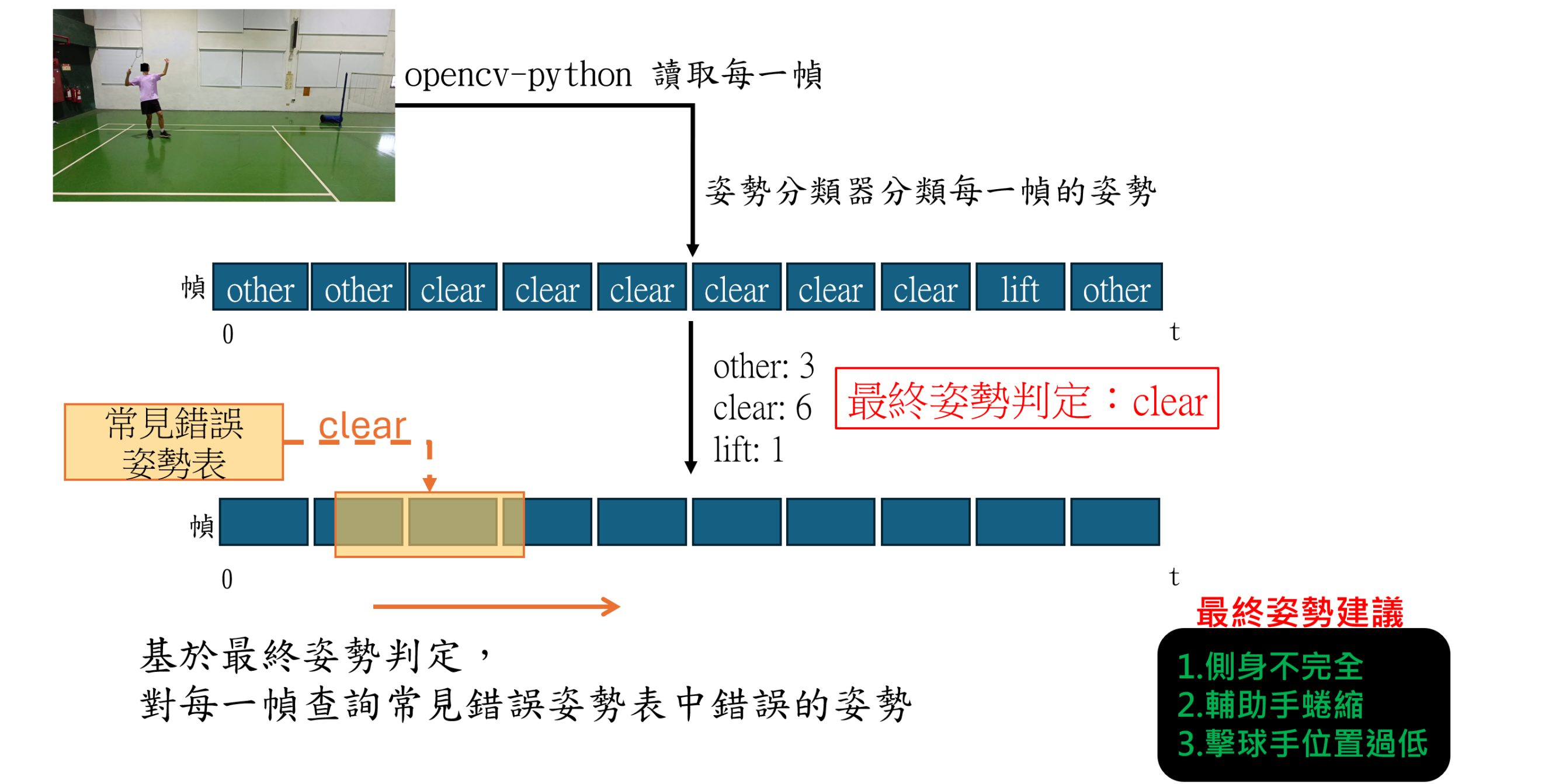


(六)BIBO 流程



若 YOLO 模型未偵測到羽球超過 10 個影格時則自動分割影片，前後再增加 5 個影格以確保姿勢影片完整性。最後使用 TensorRT 量化 YOLO 模型提高推理速度。

(七) 影片姿勢判定及姿勢錯誤偵測



(八) CHATGPT API 整合

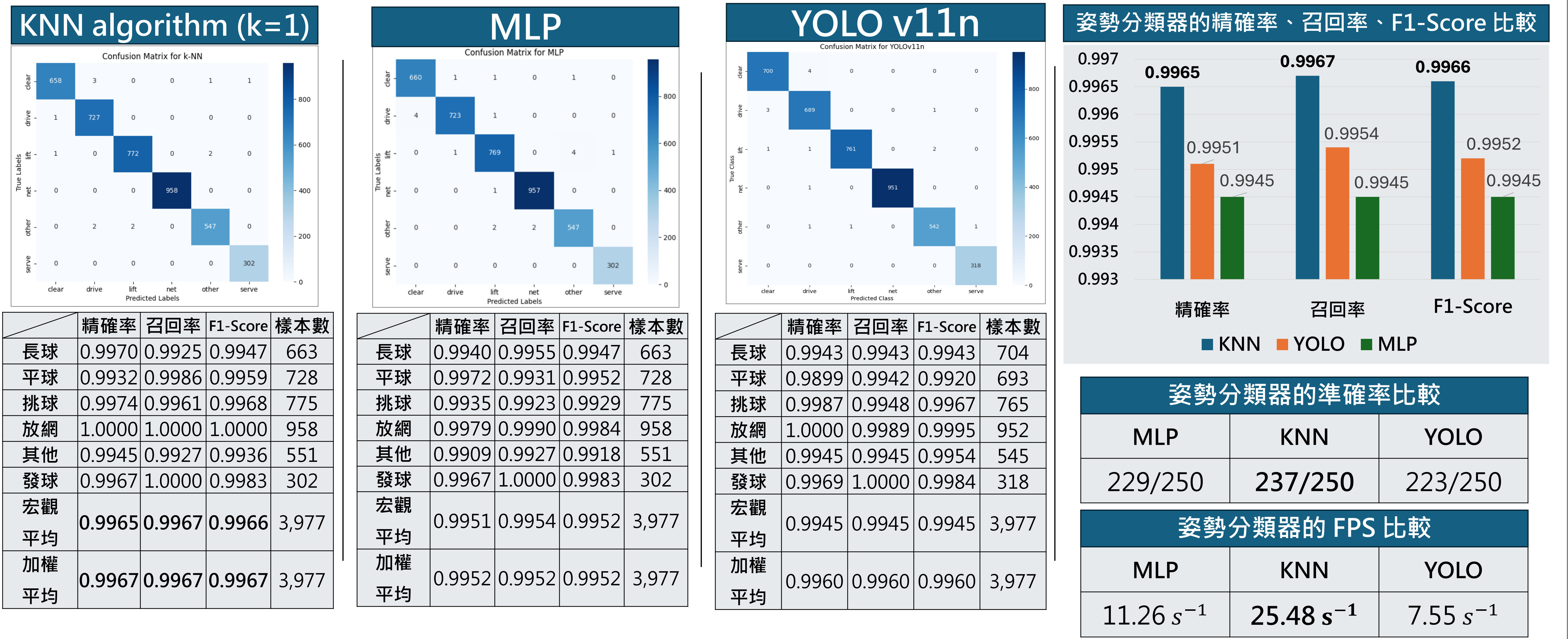
前置設定	你是一名羽球專業教練，您會根據使用者描述的姿勢和使用者的錯誤給出建議以及改善的方法，因此您需要先研究羽球姿勢和常見錯誤，主要有五種姿勢：{Pose_errors}\n 請為使用者提供有用的繁體中文答案(2點條列式，第一行：此姿勢為何不好？第二行：此姿勢如何改善？)，姿勢改善建議中加入一些擊球練習，要有高清晰度、好的效果、高相關性、高可行性，不要有冗詞贅字。
指令(prompt)	{pose} --> {errors}。請提供具體的調整建議。

(九) 衡量指標

姿勢分類器	羽球追蹤器	ChatGPT 建議認同評分		
1. 混淆矩陣 2. Precision 3. Recall 4. F1-Score 5. FPS	1. mAP@50 2. 信心度 3. YOLO損失函數 4. FPS	專家	配分	問題敘述
		清晰度	10	此建議多容易理解？
		效果	10	此建議對錯誤姿勢問題解決有效？
		新手	配分	問題敘述
		相關性	10	此建議與當前錯誤姿勢問題相關？
		可行性	10	此建議是否可行？

伍、研究結果

(一)探討人體姿態辨識模型及機器學習技術應用在羽球姿勢分類



(二)設計並實作BIBO方法應用於精確識別羽球動作分類的最佳時機



(三)研究如何整合各 AI 模型的分析結果並給予新手完善的姿勢建議

CHATGPT API 給予的建議

姿勢：clear

錯誤：輔助手蜷縮 擊球手位置過低

此姿勢為何不好？

- 輔助手蜷縮會使你無法有效運用身體力量，導致擊球時可能力量不足。
- 擊球手位置過低會導致你無法在最高點擊球，影響長球的傳遞距離與落點控制。

此姿勢如何改善？

- 要改善輔助手蜷縮的問題，你可以進行"身體旋轉練習"。緩慢地前後轉動身體，並注意身體始終朝向前方，藉此增加身體轉動幅度。此外，也可以嘗試"擴胸練習"，透過展開胸部和手臂來調整輔助手臂的姿勢。
- 如果擊球手位置過低，你可以進行"高點擊球練習"。請朋友或教練用球拍向高空擊球，您嘗試在高點擊球，並習慣這種擊球高度。同時，請理解擊球的力量來源並非只有手腕，而是源自全身力量的傳遞，需依序從腳底、腿部、腰部、背部、手臂、手腕傳遞出來。如此才能有效提升長球的距離和準確性。

使用者與專家姿勢比對

P1:Correct stance
P2:Raise left hand
P3:Raise right hand higher
P4:Extend your left hand

使用者的 手部揮拍軌跡

羽球專家的 手部揮拍軌跡

羽球專家的 姿勢骨架

使用者的 姿勢骨架

frame: 6

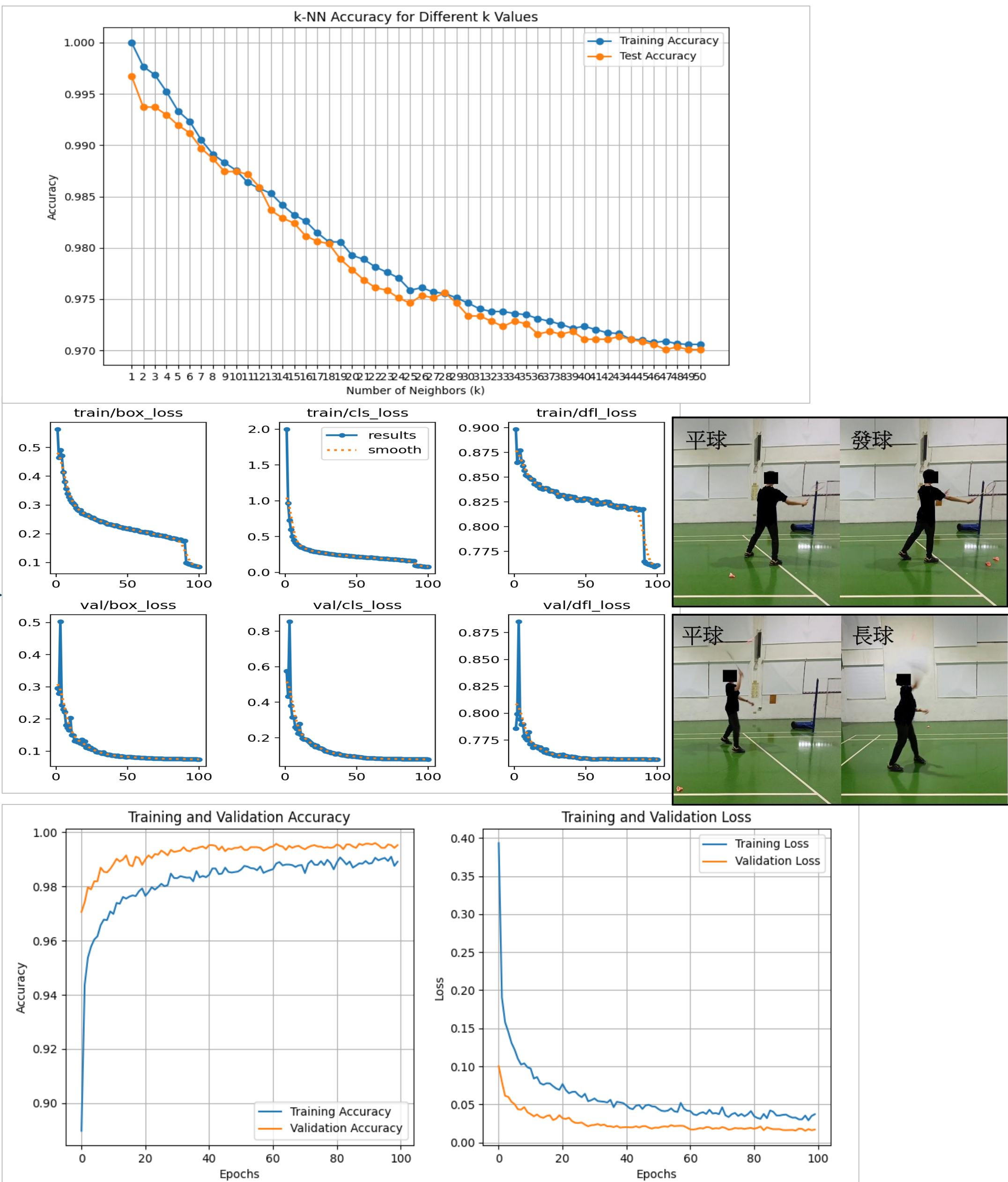
(一)探討人體姿態辨識模型及機器學習技術應用在羽球姿勢分類

KNN 模型的準確率為 99.67%，這良好的表現歸功於本研究提出的資料前處理程序有關。此外，本研究大量蒐集模型訓練資料，有助於 KNN 模型進行準確分類。訓練和驗證準確度差異不大，顯示模型並未有過擬合現象。此外，當 **k = 1** 時，模型的表現最佳。KNN 模型易混淆的類別為平球與長球，其中長球有 3 次被誤判為平球。

YOLO 模型準確率表現 99.60%，僅次於KNN，YOLO 在信心度 0.983 的情況下，所有類別的精確率均達到 100%。經過 1.58 小時的訓練後，YOLO 模型在多個姿勢類別上的表現均優異，mAP@50 超過 0.99。YOLO 模型易混淆的類別是發球與長球，其中發球 4 次被誤判為長球(兩者收尾姿勢動作相似)。

MLP 模型的分類表現排名第三，驗證損失(val loss)並未隨著訓練時間增加，代表 MLP 模型未出現過擬合現象，在 MLP 模型中，挑球與「其他」及挑球與平球最易混淆，各發生 4 次錯誤分類。

三種模型皆可達到99% 以上的準確度是因為研究者人工審核每張姿勢訓練影像，因此每個姿勢在各方面都非常明顯且獨特。最後，我們使用 BIBO 自動剪輯的 250 段影片來進行影片姿勢分類測試。KNN 的推論時間最快(25.39 FPS)，甚至可應用於即時影像推論。



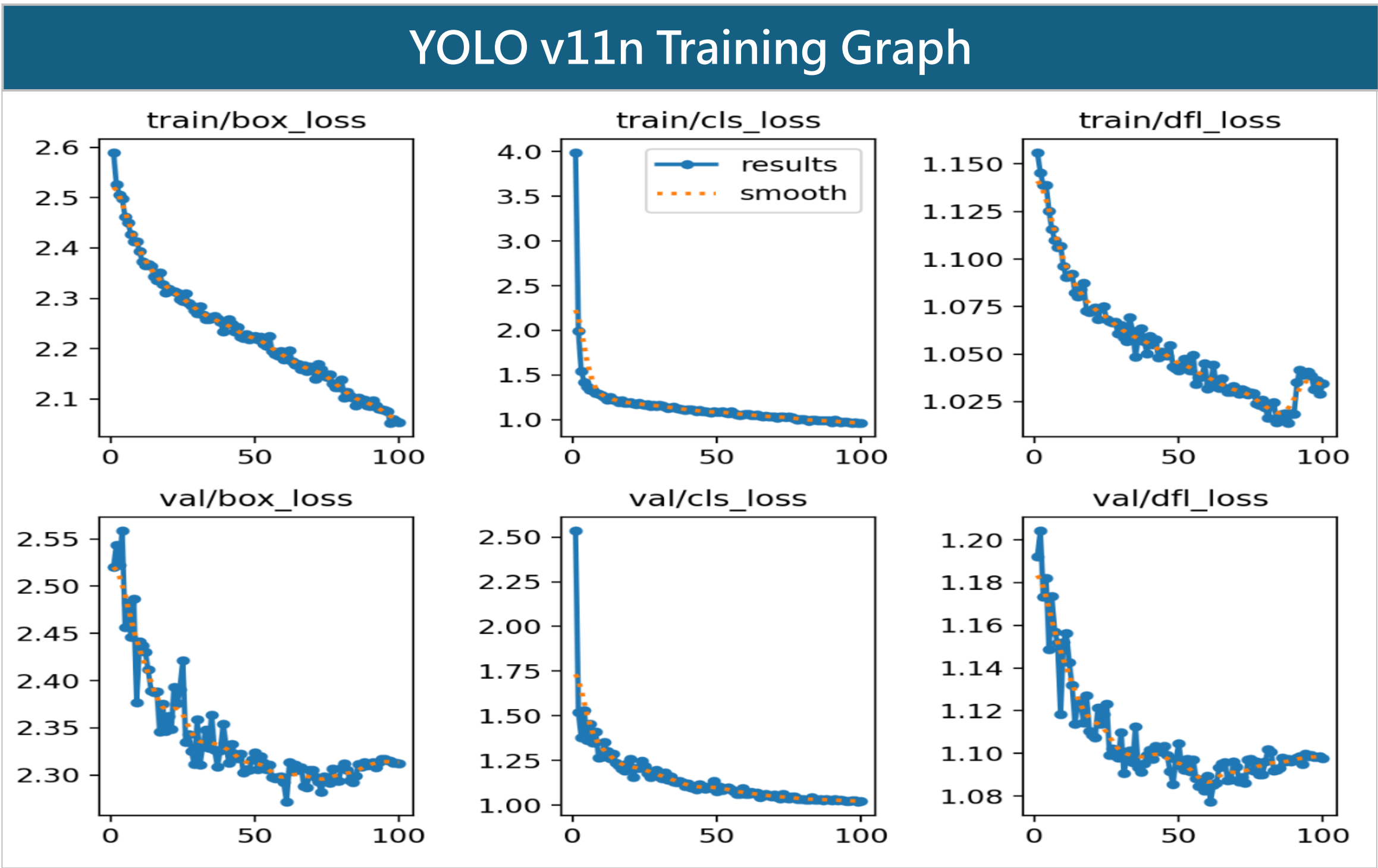
模型準確率評估(使用 250 部影片進行測試)

	MLP	KNN	YOLO
總共	229/250 (91.60%)	237/250 (94.80%)	223/250 (89.20%)

(二)設計並實作BIBO方法應用於精確識別羽球動作分類的最佳時機

四種模型皆能準確偵測羽球位置。其中，YOLOv11n 在 TensorRT 量化優化後，推理速度達 69.32 的 FPS，準確率達 95.89%，代表 BIBO 方法可以幾乎即時處理影片。儘管模型已具有高準確率，使用 BIBO 追蹤羽球時可能發生兩類錯誤：

BIBO 剪輯發生的兩類錯誤		
問題	敘述	圖例
問題一	當羽球持續上升並超出鏡頭範圍時，BIBO系統因超過 10 個影格未偵測到羽球而誤判為打擊結束，導致剪輯錯誤。	
問題二	當球拍移動太快時羽球拍的中心線材移動殘影和羽球在高速移動的殘影非常相似，造成羽球偵測誤判。	



(三)研究如何整合各 AI 模型的分析結果並給予新手完善的姿勢建議

羽球專家對 ChatGPT 給新手姿勢建議的認同分數					羽球新手對 ChatGPT 給新手姿勢建議的認同分數				
	平均認同分數	平均認同百分比	標準差	Cronbach's α值		平均認同分數	平均認同百分比	標準差	Cronbach's α值
效果	8.120	81.20%	1.081	0.876	清晰度	8.152	81.52%	1.700	0.921
相關性	8.360	83.60%	0.933	0.760	可行性	8.080	80.80%	1.753	0.911
總分	16.480	82.40%			總分	16.232	81.16%		

柒、結論與未來展望

- 一、本研究三種姿勢分類器中，KNN 的表現最優且最佳 k 值為 1，影片的姿勢分類準確率達 94.80%。未來可透過 RNN/LSTM 增進模型對連續動作的理解與辨識能力，並結合身體動作或重力加速度計等感測器，整合更多模態的感測資料，進而提升動作分析與指導的正確性。
- 二、本研究設計的 BIBO 方法中，TensorRT量化後的YOLOv11n模型速度最快且有最高的準確率。
- 三、本研究 ChatGPT 整合之姿勢建議效果良好，專家和羽球新手平均認同百分比皆高於 80%，且 Cronbach 's α值均大於 0.75，具有不錯的內部一致性，未來可結合大語言模型的微調技術、提示工程策略及 (RAG)機制，提升給予使用者建議的品質。
- 四、未來可結合可立即接收回饋的裝置(如智慧手錶)，提升不良姿勢的察覺及修正效率，提高學習品質。

捌、參考資料

[1] VICTOR Taiwan. (n.d.). 周教練教室 [Playlist]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=dPPuuBabKAc&list=PL4F1FCAC06A7ACE92>

[2] VICTOR 勝利體育. (n.d.). *羽球教室*. <https://www.victorsport.com.tw/badmintonaz.html>

[3] 科技大觀園. (2021, October 18). AI 讓羽球訓練更聰明！智慧球拍上手，揮拍「爆發力」一測就知道. *PanSci 泛科學*. <https://pansci.asia/archives/332433>

[4] Toshniwal, D., Patil, A., & Vachhani, N. (2024). AI coach for badminton. *arXiv preprint arXiv : 2403.08956*. <https://arxiv.org/abs/2403.08956>