

自動籃球計分暨追蹤系統

Automatic Basketball Scoring and Tracking System

(一) 摘要：

籃球場上，除了球員們發揮各自的看家本領，和對手你來我往激發出一一次又一次對抗的火花。每年的初夏，更是許多籃球聯盟進入最後決賽，讓全球球迷最為之瘋狂的時刻。在重要的決賽舞台，兩隊的實力接近，一、二分的差距往往就是勝負的分差，相信我們都曾看過因裁判的判斷失誤而導致勝負逆轉的比賽，若球隊因此輸掉比賽，相信不管對球員、教練甚至是球迷都是相當不能接受的結果。本系統計畫建設一套影像追蹤系統，以架設於籃球場邊之攝影機(本文之後以攝影機 1 代替)及欲偵測半場對面的籃板上之攝影機(本文之後以攝影機 2 代替)，追蹤籃球場上動態(包含球、球員)以及偵測籃球場標線(作為是否為三分球或二分球的依據)來做基礎的分數統計，同時追蹤球員在球場上的路徑。

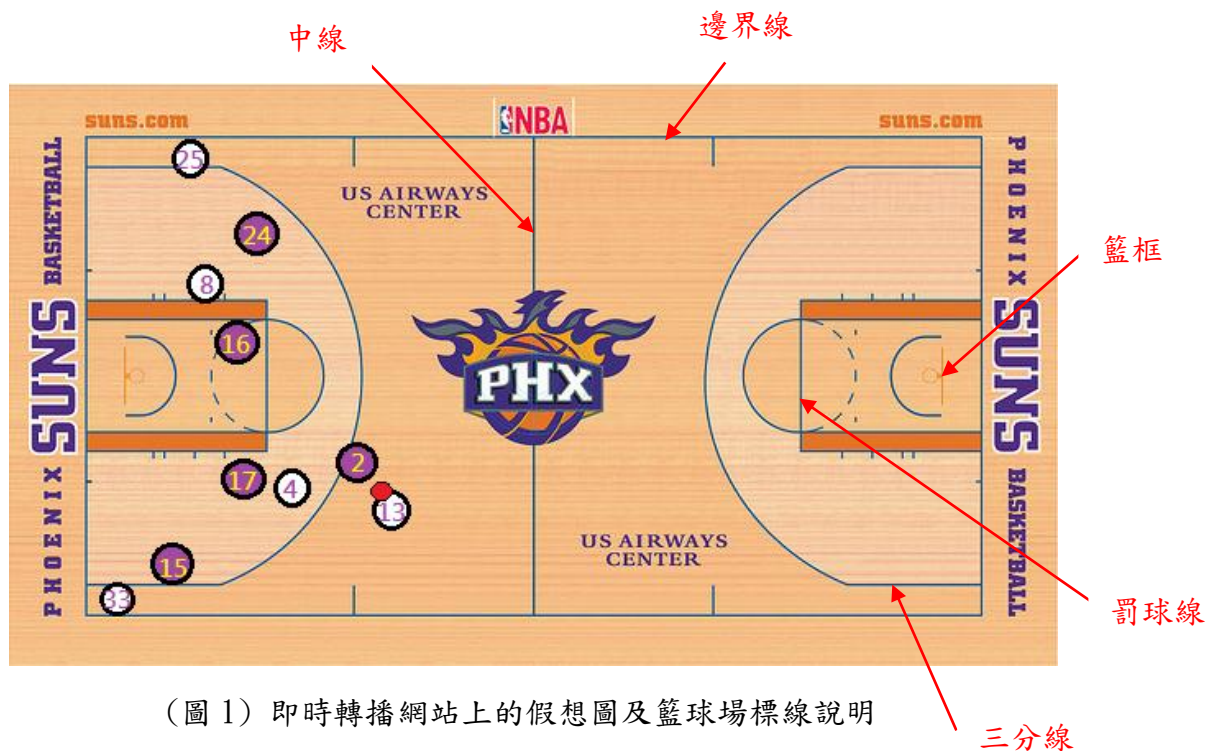
(二) 動機：

籃球，1891 年由史奈密斯博士發明，從一群人把皮球丟進牆上的籃子開始，發展成一項專業運動，甚至到二十世紀中葉發展出了各式各樣的籃球聯盟。而「三分線」最早起源於美國的 ABL 聯盟，之後在 1980 年被 NBA 採用，直到 1984 年被 FIBA(國際籃球協會)採用，三分球才真正被正式帶入籃球這個領域。但正也因為有它的存在才會常常發生一些分數上的爭議判決，時常關心美國職籃的我們，常常看到球員或教練和裁判爭論分數判決，而裁判為了確認剛剛的判決而中斷比賽，在重複看過各種角度拍攝的影片後，維持原判或改判。不僅是時間的耗費更有可能改變一場比賽的勝負，而且對於籃球這種講究節奏的運動來說，幾分鐘的中斷就很有可能影響球員對

比賽的感覺和士氣。

以此緣由，本計畫將以攝影機 1 和攝影機 2 對球場上的動態進行追蹤，由於此系統處於基礎開發階段，因此以單人在球場跑動做三分、二分球的投射，偵測球員移動路徑、起跳的瞬間、起跳的位置及球在出手後是否有進框做為研究內容。

將來以這套系統作為基礎即可推廣到五對五的正式籃球比賽，結合可轉動式的攝影機即可自動對焦(看是要以球或者是某球員為鏡頭中心進行拍攝)，多台攝影機的狀況下更可建構出 3D 球場環境如網球運動中的鷹眼系統，作為裁判在吹判時的參考。而對球場上球員的追蹤也可以讓大家更明瞭球隊戰術的走位，對比賽做及時文字轉播的網站也可以建立出球場平面圖讓即使只是看文字轉播也能清楚比賽的實況。圖 1 即為以此系統為基礎推廣到即時轉播網站上的假想圖，同時對籃球場上的標線進行說明。



(圖 1) 即時轉播網站上的假想圖及籃球場標線說明

(三) 研究問題：

根據以往的資料及經驗，下列幾點為在開發此系統時可能會遇到的問題：

1. 光線和陰影：

籃球場包含室內和室外，室外會受天氣與陽光，室內則會因每座球場光線的不同影響，考量目前幾乎所有高層級的籃球賽都是在室內舉行，因此本計畫只針對室內籃球場做研究。

球場上球員及籃框產生的陰影也會造成影響，而且球員的影子不是固定的，在針對球場標線偵測時肯定會造成更多困難。

2. 即時性：

籃球是兼具力量與速度的運動，球不僅在流動時(傳球間)速度非常快，即使被一位球員掌控時他也可以對球做出方向的改變而且其路徑是無可預測的，同時球員也是，每位球員在球場上的位置和動作也無時無刻在改變，若不能及時掌控球場上的瞬息萬變此系統將會變得無用武之地。

3. 背景及場地：

每座球場的背景肯定不同，本計畫從較單純的學校體育館著手，但是由於學校體育館大多是綜合體育館一個場地場包含一種球類的邊線，如何從多條線中找出需要的標線也將會是本計畫面臨的困難。另外，像 NBA 這種職業聯盟，每支球隊的主場地板顏色都不同，將來這將會是本研究向下延伸後所會面臨的困難。

4. 球員的動作：

每個人就算是做同一種動作也都會有些微的差別，何況是投籃這種要運用到全身的動作，如何判斷出手的瞬間以及起跳位置將會是本研究最大的困難所在。

5. 是否得分：

雖然有籃網輔助但由於時間短暫，籃球是否有進籃框有時人類在判斷上也會有失誤的時候，而有時候球在籃框裡打轉了好幾圈又滾了出來，此種情形將會提升研究的困難度，也是本系統需要克服的問題。

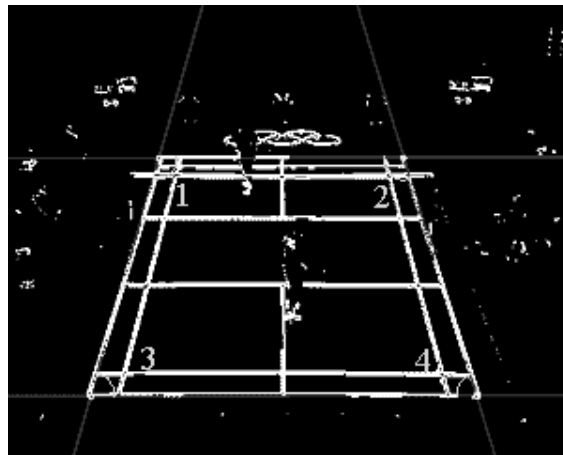
以上五項為本計畫的研究重心。

(四) 文獻回顧及探討

以下為本計畫開發時可能需要的技術及針對已發表的論文進行之回顧：

1. 球場三分線：

在張傑閔和張厥煒[1]中對羽球場有類似的偵測，他們採用霍夫轉換法[2]為主體，對影像做霍夫轉換之前，必須先對影像做邊緣偵測，並且轉成二值影像作為霍夫轉換的輸入。邊緣偵測影像的結果將影響到霍夫轉換直線偵測的好壞，因此他們配合 Canny 邊緣偵測演算法[3]，由於 Canny 邊緣偵測結果會包含畫面中球場邊框和非球場邊框物體的邊緣，過多邊緣像素會造成球場邊框偵測的錯誤，所以他們進一步地採用 Gaussian Color Classifier[4]方法進一步過濾掉非球場邊框。最後再針對前面各步驟所保留下來的白色邊緣像素點進行霍夫轉換直線偵測，找出顏色的邊緣像素。最後再如圖 2 中，依各直線的相關位置，找出畫面中球場邊框，進一步得到球場位於畫面中位置。

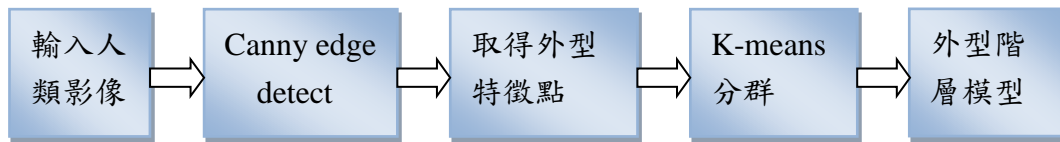


(圖 2) 羽球場邊線偵測及標示之結果[1]

2. 前景擷取：

在溫致綢[5]中提到，利用目標前景物尚未進入畫面前的影像建立背景模型，並利用建立好的背景模組對包含完整目標前景物的影像像素利用計算機率值進行判斷分類，當屬於背景的機率值高於前景物的機率值，則判斷為前景。他們並使用外型特徵訓練的方式，利用訓練所得之外形階層模組對於前景區域進行搜尋辨識，找出目標前景物最相似之群組，再與其群組中所有外型進行比對，若比

對出之最相似外型與目標前景物差距超過所設定值，則將此前景物排除，不列為目標物。最後再與[6]比對找出準確的目標物。圖 3 為[5]中提到之外型階層訓練之流程。



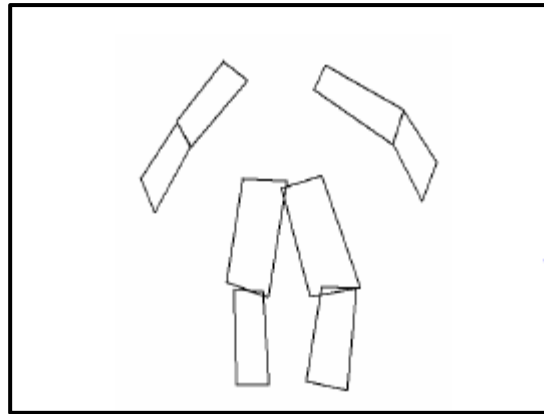
(圖 3) 外型特徵訓練流程圖[5]

3. 運動物體追蹤：

[1]中以核心為基礎(kernel-based)追蹤方法再利用核心函數(kernel-function)建立物體特徵模型，之所以採用核心為基礎追蹤方法是在於它消耗計算量較少，效能較佳。根據[1]中核心為基礎方法首先將目前時間欲追蹤物體(目標物體，target object)透過核心函數建立代表該物體的目標物模型(target model)。接著依各種追蹤法中定義的候選物體(candidate object)搜尋方式選定位於下一時間點時的候選物體，同時使用核心函數建立候選物模型(candidate model)。之後利用相似度關係量度方法量度目標物和候選物相似度關係。若相似度關係符合預先定義條件，則表示找到下一時間時的目標物體，並結束追蹤工作，否則再回到搜尋下一時間點候選物程序，重複上述相似度量度比較動作。

4. 人體動作偵測：

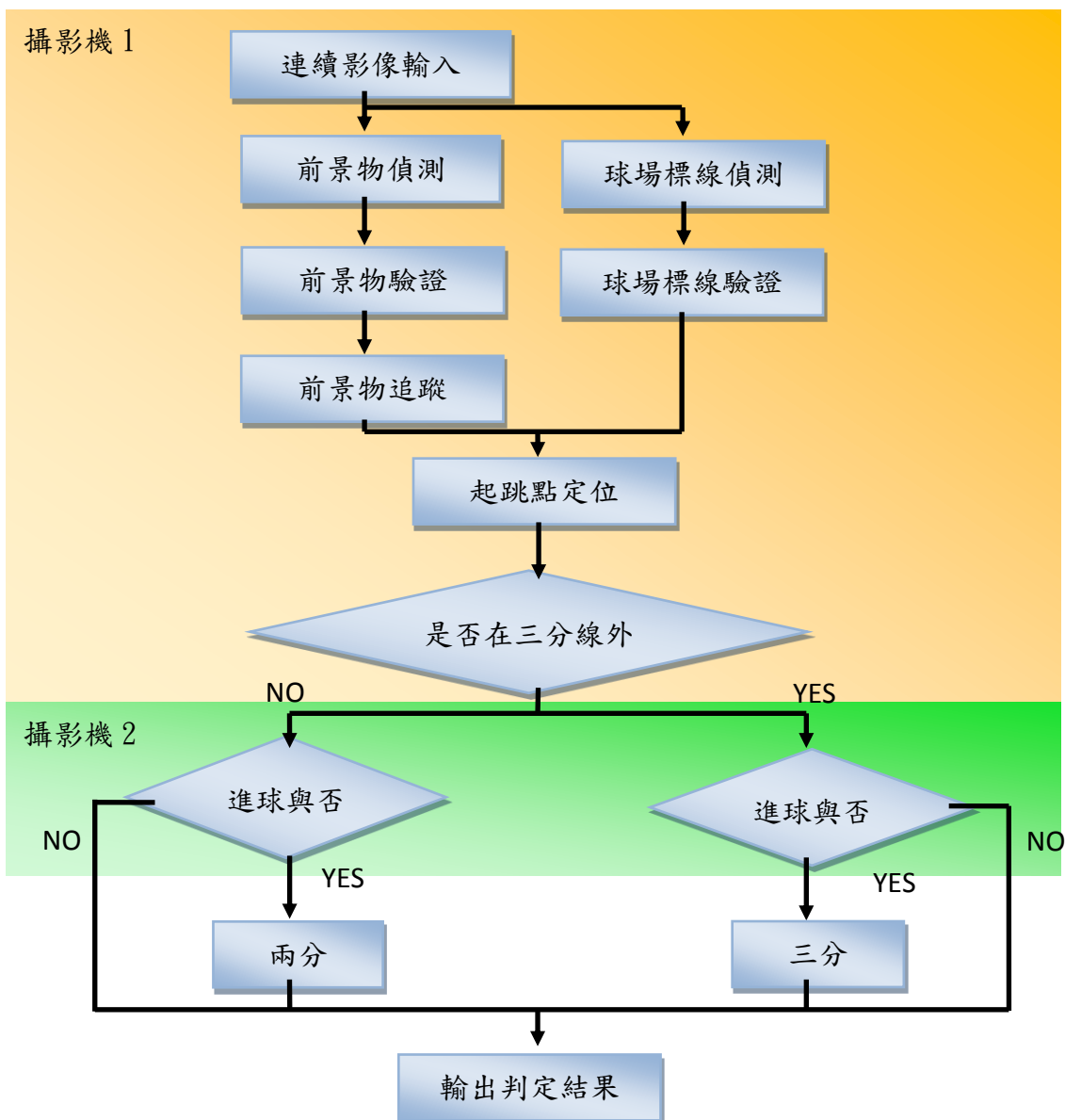
廖啟邑[7]在先取得頭部與身體的狀態之下，以身體的位置為基礎取出手臂資訊。手臂資訊包括了手臂各關節的位置及手臂與各軸之間的角度。先從影像中取出手臂的影像區域；然後再調整手臂 cardboard model[8] 的角度，慢慢往正確方向旋轉，並將結果與影像做確認；最後再重新建立手臂 cardboard model。腳部資訊則利用相同的方式取得。圖 4 為 cardboard model 示意圖。



(圖 4) cardboard model[7]

(五) 研究步驟與方法：

以下為本計畫的研究步驟及方法：



1. 連續影像輸入：

影像輸入，由架設在場邊的攝影機 1 連續取得影像，進一步由系統來對每張影像進行分析辨識。

2. 球場標線：

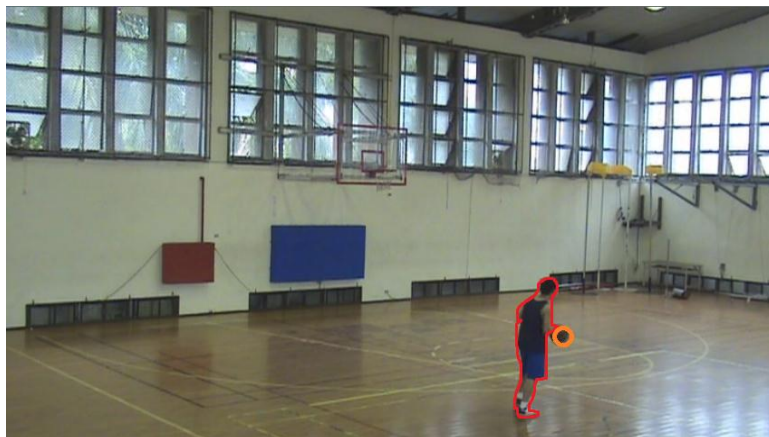
利用[1]中的方法找出球場中的線條，再經由相關位置比對及利用三分線在場中屬於拋物線的性質找出球場邊線及三分線以內的區域如圖 5 所示。



(圖 5)球場邊界及三分線邊式之結果

3. 前景物偵測：

利用[5]的方法分辨前景與背景，找出欲偵測之前景物(球與球員)，圖6為前景物偵測後之結果。



(圖6)前景物偵測之結果

4. 前景物追蹤：

偵測出前景物後，利用[1]中以核心為基礎(kernel-based)追蹤方法再利用核心函數(kernel-function)建立物體特徵模型進行前景物之追蹤，圖 7A 及圖 7B 為兩張對前景物追蹤之示意圖。



(圖 7A)向右移動中之前景物



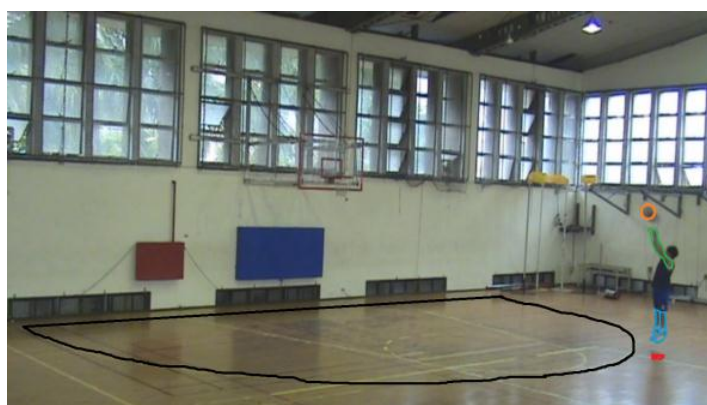
(圖 7B)圖 7A 前景物向右移動後之情形及路徑紀錄

5. 球員出手及起跳位置：

球員要進行投籃的動作時，腳部會因跳在空中而自然的下垂，而手也會舉到高過肩的高度。因此可以進行手臂及腳部的分析，來判斷球員是否起跳投籃，並搭配前一個步驟所得到的球員位置資訊，來得知其起跳位置。關於建立手部及腳部模型及球員出手的連續偵測如圖 8 及圖 9 所示。



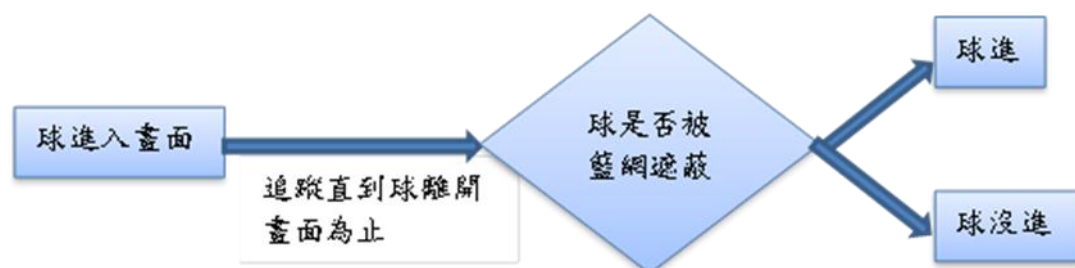
(圖 8)球員準備起跳姿勢



(圖 9)球出手，腳在空中自然下垂

4.進球與否之辨識：

由於球的體積小，且形狀固定，因此使用攝影機 2 找出籃框與籃網的位置，再由類似[5]的方法，可追蹤進入畫面的球是否有進框。圖 10 為進球判斷的流程圖，圖 11~13 則為攝影機 2 偵測進球之圖示。



(圖 10) 進球判斷的流程圖



(圖 11) 球進畫面前籃網呈靜止狀態



(圖 12) 偵測到球接近籃筐



(圖 13) 球進且籃網將球覆蓋

(六) 預期結果：

本計畫將會設計出一套以電腦視覺為基礎的自動籃球計分系統，希望能夠使用在正式的籃球比賽上，利用架在球場邊及欲偵測半場對面籃板的攝影機，擷取連續影像，偵測並準確紀錄球場上的得分紀錄，減少判斷上的失誤，達到公平公

正的運動精神。

(七) 參考文獻：

[1] 張傑閔和張厥煒，運動視訊場景中動態物件搜尋與追蹤方法(A Dynamic Object Searching and Tracking Approach in Sports Video Scenes) 臺北科技大學學報第四十之一期,2006,pp.63-66.

[2] X. Yu and H.W. Leong, "A Robust Hough-based Algorithm for Partial Ellipse Detection in Broadcast Soccer Video," *Proc. of IEEE Intl. Conf. on Computer Vision*, Vol. 3, 2004, pp.27-30.

[3] J. F. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. PAMI-8, No.6, 1986, pp.679-698.

[4] M. Jones and J. Rehg, "Statistical Color Models with Application to Skin Detection," *Proc. of Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*,1999, pp.274-280.

[5] 溫致絹，利用外形及紋理特徵做入侵者偵測 (Invader Detection based on Shape and Texture)，碩士論文，2009,pp.28-31.

[6] <http://www.cbsr.ia.ac.cn/english/Gait%20Databases.asp>

[7] 廖啟邑，透過視訊影像取得人體動作資訊(Obtaining of Human Motion Parameters from Video Sequences)，碩士論文，2002.

[8]S. Ju, M. Black and Y. Yacoob, "Cardboard People : A Parameterized Model of Articulated Image Motion" *International Conference on Face and Gesture Recognition*, 1996, 38-44

(八) 需要指導教授指導內容：

希望教授可以協助訂定工作進度時程表。每星期安排固定的時間討論，給予研究方向的指引，並一起討論實驗步驟和實作方法。另外也可以引導使用學校圖書館和網路資料找尋適當的參考書籍及文獻，協助理論方面的技術探討。