

應用棒球運動視訊之棒球軌跡追蹤研究

林家緯

中原大學資訊工程學系
g10077020@cycu.edu.tw

張元翔

中原大學資訊工程學系
changyh@ice.cycu.edu.tw

鄭立德

中原大學電子工程學系
lider@cycu.edu.tw

摘要

隨著多媒體技術發展，運動視訊的即時分析可以提昇人們在觀賞運動視訊時的娛樂性。本研究旨在發展一套「棒球運動視訊之棒球軌跡追蹤系統」，可以自動化重現投手投球過程中之棒球運動軌跡。研究方法包括：(1) 影像前置處理；(2) 棒球偵測；及 (3) 棒球軌跡追蹤。系統主要是利用影像及視訊處理技術，於續影格中擷取棒球候選區域，同時利用位置、尺寸、連顏色及形狀等特徵偵測棒球位置，最後採用卡爾曼濾波器進行棒球軌跡追蹤。初步研究結果顯示，本方法可以達到 82% 之平均棒球偵測率及 91% 之平均棒球軌跡追蹤準確率。總結而言，本研究提出一套有效的自動化運動分析系統，可以重現棒球軌跡，進一步帶給觀賞者更豐富的比賽內容。

關鍵詞：影像處理；卡爾曼濾波器；物件追蹤；運動視訊分析。

Abstract

With the development of multimedia technology, real-time analysis of sport videos can enhance the entertainment when people are watching sport videos. This study aims to develop a baseball trajectory tracking system using sport videos, which can automatically reproduce the baseball trajectory when a pitcher is throwing the baseball. Research methods include: (1) image preprocessing; (2) baseball detection; and (3) baseball trajectory tracking. Our system mainly uses image and video processing technology to extract baseball candidate regions in consecutive frames. Meanwhile, the baseball's location is detected using position, size, color, and shape features. Finally, the Kalman filter is used for the baseball trajectory tracking. Preliminary results show that this method could achieve the average baseball detection rate of 82% and the average baseball trajectory tracking accuracy of 91%. In conclusion, this study presents an effective automated motion analysis system that could reproduce the baseball trajectory, further bringing viewers a richer game content.

Keywords: image processing; Kalman filter; object tracking; sport video analysis.

1. 前言

近年來，隨著人們生活品質的提昇，對於多媒體娛樂方面的需求也逐漸提高，觀賞運動競賽更是成為不可或缺的舒壓方法之一。而隨著視訊製作技術以及網際網路傳輸的快速發展，運動視訊的取得也變得非常容易，即使不用到現場也可以觀賞到高畫質的比賽畫面，很多人選擇留在家裡觀賞比賽，使得運動轉播具有龐大的經濟效益，運動產業佔了現場轉播很重要的部分。2013 年的美國美式足球超級盃聯賽中，平均廣告費用達到每秒 400 萬美金，其所帶來的商業利益與娛樂功能相當龐大。

在比賽進行過程中，運動視訊的分析扮演著相當重要的角色，不僅能夠分析運動員的表現，也有助於戰術的分析，甚至能夠達到輔助判決的功能，以減少誤判的情形發生。對於高速運動的棒球、網球，只靠主審的肉眼來做判決的運動，更是有其存在的必要性；對於觀賞者來說，則能提供更多關於比賽中的資訊，不需鍵入複雜的指令以及增添其他昂貴的設備，能夠簡單的對運動視訊做分析，帶給觀賞者更詳盡的比賽內容。

現今，即時運動視訊分析的應用非常廣泛，像是網球比賽的鷹眼系統 (Hawk Eye) [1]，就是利用多部高速攝影機，從不同角度同時捕捉網球飛行軌跡的基本數據，通過電腦計算，將數據生成三維圖像，最後通過即時生成技術，由大螢幕呈現出網球的移動路線及落點，能夠有效的輔助爭議球的判決。現今的比賽中也已經普遍的使用這套系統，另外還有像美國職棒大聯盟 (Major League Baseball)，MLB 比賽時常見的 K-Zone 系統 [2]，也是透過架設三台不同視角的攝影機，在投手投球時，能夠即時的偵測球的軌跡、球速，並判斷好壞球，帶給觀賞者更豐富的娛樂功能，並增加比賽的可看性。

上述兩種系統的共同特性就是必須在球場上架設多部攝影機，不僅造價昂貴，觀賞者也不能自由的決定何時使用，只有轉播畫面的提供者可以決定，在使用上缺少自由性。

1.1 相關研究

隨著運動視訊分析受到重視，物件追蹤技術也開始廣泛運用於運動視訊分析中，近年來也有許多相關研究陸續被提出，Liang *et al.* [3] 提出一套足球軌跡的追蹤方法，即是利用顏色、形狀以及尺寸當作濾波器，然後在下一個畫面產生兩條可能為足

球的路徑，最後以卡爾曼濾波器 [4]，來比對找出最可能為足球的軌跡；Yu *et al.* [5] 提出一套網球軌跡追蹤方法，先抓取場地的特徵點建立模型，再利用顏色、形狀以及尺寸來偵測網球位置，將其軌跡投影到模型上，能夠不受攝影機移動的影響，達到網球軌跡的重現；Wong 與 Dooley [6] 提出一套桌球軌跡追蹤方法，則是將有可能為桌球的物件，利用顏色、形狀以及尺寸過濾，再利用時間和空間的資訊，從影片中偵測追蹤桌球；Chakraborty 與 Meher [7] 提出一套排球軌跡追蹤方法，是利用中值濾波器遞迴 [8] 逼近來偵測移動物件，再利用形狀及尺寸來做排球的偵測，最後利用卡爾曼濾波器來作軌跡追蹤驗證。

1.2 研究動機與目的

隨著生活品質的提昇，人們對於視訊品質及多媒體內容的要求也相對增加，觀賞棒球比賽時，總會想再次欣賞投手精彩的投球軌跡，了解投手犀利的快速球或變化球，因此運動視訊分析已經廣泛的運用在棒球比賽的轉播中。像是美國職棒大聯盟 (MLB) 已經普遍使用的 K-Zone 系統，能夠分析出棒球的軌跡及進壘點，增加比賽的可看性，但由於攝影器材造價的昂貴，並不是所有的球場都能夠架設多部攝影機，且必須由畫面提供者來決定使用與否，因此本研究希望利用容易取得的棒球運動視訊來作自動化分析，使觀賞者能夠得到更豐富的比賽資訊，且不需要添購昂貴的設備以及複雜的指令。

本論文的研究目的在於發展一套「應用棒球運動視訊之棒球軌跡追蹤」系統，運用影像處理 (Image Processing) 及視訊處理 (Video Processing) 的技術，來對棒球運動視訊作分析，經由連續影格相差法 (Frame Difference)，擷取畫面中移動的物件，為解決棒球在高速移動中產生的形變，利用顏色、尺寸、形狀以及位置來作棒球位置的偵測，再根據卡爾曼濾波器的預測，來追蹤無法偵測到的軌跡，達到即時重現棒球軌跡的目的。

2. 研究方法

本論文提出一套「應用棒球運動視訊之棒球軌跡追蹤」系統，圖 1 為系統流程圖，本節將依照系統流程圖，分別對每個部分所使用到的基礎理論及所提出的方法作詳細的說明。系統流程主要可以分成影像前置處理 (Image Preprocessing)、棒球偵測 (Baseball Detection) 及棒球軌跡追蹤 (Baseball Trajectory Tracking) 三個部分。首先將棒球運動視訊經過影像前置處理後，利用棒球偵測來分析，並且判斷是否偵測出棒球的位置；找到棒球的軌跡起始點後，才進行軌跡追蹤。在棒球軌跡追蹤的部分，則是利用所找到的棒球位置來更新卡爾曼濾波器的測量值，同時若棒球偵測失敗或軌跡遺失時，可以利用卡爾曼濾波器的預測值來持續進行棒球軌

跡追蹤，最後輸出結果，達到重現棒球軌跡的目的。

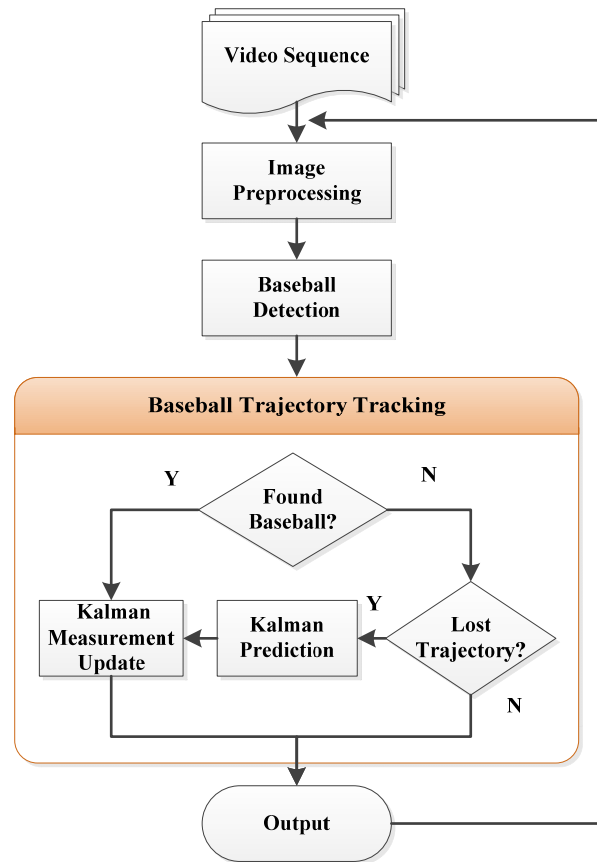


圖 1 「應用棒球運動視訊之棒球軌跡追蹤」系統流程圖。

2.1 影像前置處理

在做棒球偵測之前，先對影像作前置處理，包含：灰階轉換、連續影格相差法以及型態學處理。

灰階轉換是將輸入之彩色影像轉換成灰階影像，以進行下一步驟之處理，本研究所使用之轉換公式如下：

$$Gray = \frac{R+G+B}{3} \quad (1)$$

分別將影像中每個像素點 (Pixel) 的 R 、 G 、 B 值代入公式 (1)，即可得到灰階影像。

在棒球運動視訊中，拍攝投手投球畫面的攝影機都是固定的，通常是不會受到攝影機移動的影響，適合利用連續影格相差法來做投球畫面中移動物件的擷取，連續影格相差影像是透過比較每兩個連續影格的像素值差異，將像素值差異較明顯的像素設為 255，將像素值差異較不明顯的設為 0，連續影格相差影像 (Frame Difference Image) 定義為 FDI_n ，公式如下：

$$FDI_n(x,y) = \begin{cases} 255, & \text{if } |I(x,y)_n - I(x,y)_{n-1}| > T \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

其中 n 代表視訊序列的影格索引， T 為像素值差異的閾值， $I(x,y)_n$ 及 $I(x,y)_{n-1}$ 分別代表目前及前一張之影格像素值。

上述公式由於是連續影格的差異絕對值，所以會造成有兩顆球在影像中，利用白色棒球在影像中的色彩亮度較高，本論文取相減之後的正值連續影格相差影像來作處理，正值連續影格相差影像定義為 $PFDI_n$ ，公式如下：

$$PFDI_n(x,y) = \begin{cases} 255, & \text{if } I(x,y)_n - I(x,y)_{n-1} > T \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

圖 2 為連續影格相差法範例圖。

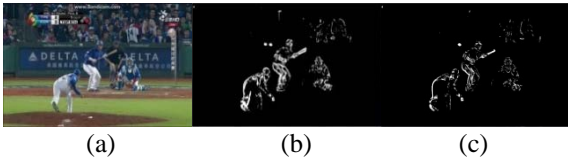


圖 2 連續影格相差法範例圖：(a) 輸入影像；(b) 連續影格相差影像；(c) 正值連續影格相差影像。

在影像處理中，形態學處理是相當重要的技術，將移動物件擷取出來之後，影像還是包含很多雜訊。本研究使用形態學處理，來將不必要的雜訊去除，並且強化所希望得到的棒球物件。

使用閉合運算，消除小洞或是填補輪廓上的缺口，稱為前置處理影像 (Preprocessed Image)，定義為 PI_n ，公式如下：

$$PI_n = PFDI_n \cdot SE = (PFDI_n \oplus SE) \ominus SE \quad (4)$$

其中 $PFDI_n$ 是正值影格相差影像； SE 為結構元素 (Structuring Element)，表示 $PFDI_n$ 先被 SE 作膨脹的動作，再作侵蝕的動作，範例如圖 3。

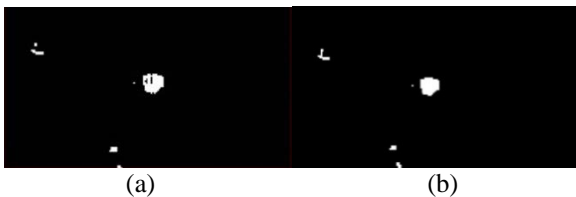


圖 3 型態學處理範例圖：(a) 輸入影像；(b) 型態學處理結果影像。本圖為圖 2 之局部區域影像，以棒球為主呈現。由圖中可觀察到，經過型態學處理，棒球的形狀及輪廓較完整。

2.2 棒球偵測

在作完影像前置處理後，影像上會留下很多可能為棒球的候選區域，棒球偵測就是要篩選影像上所有可能為棒球的候選區域，本研究使用的方法是

利用位置、顏色、尺寸以及形狀作進一步過濾，本節將依序對每個步驟作詳細介紹。

在棒球運動視訊中，由於攝影機固定，因此投手投球的影像一定是位於畫面中的特定範圍中，所以本研究作棒球偵測時，只考慮畫面 1/5 高到 4/5 高以及 1/8 寬到 7/8 寬的部分，可以過濾掉很多不是棒球的候選區域，範例如圖 4。



圖 4 位置過濾結果圖：(a) 輸入影像；(b) 位置過濾結果影像。

在找到第一個棒球位置之後，由於棒球軌跡是連續的，所以本論文利用球與球之間的相對位置作第二次位置過濾，利用第一個棒球位置取一定距離作為棒球候選區域半徑過濾，示意圖如圖 5。



圖 5 相對位置過濾示意圖。

在棒球運動視訊當中，為了要偵測棒球，因此本研究設計棒球偵測遮罩來作尺寸過濾，遮罩定義為 $Mask(i,j)$ ，其中 $i,j = -r \dots r$ ，公式如下：

$$Mask(i,j) = \begin{cases} 1, & \text{if } \sqrt{i^2 + j^2} \leq r \\ -1, & \text{if } \sqrt{i^2 + j^2} > r \end{cases} \quad (5)$$

在矩陣的外圍放負值-1，內部放正值+1，來對影像上的每個像素作計算，遮罩示意圖如圖 6 所示。

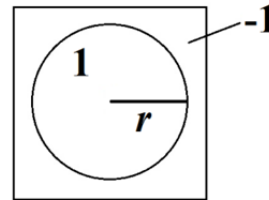


圖 6 棒球偵測遮罩示意圖。

將前置處理影像與遮罩作計算，過濾尺寸大小，稱為尺寸濾波影像 (Size Filtered Image)，定義為 SFI ，公式如下：

$$SFI = PI_n * Mask \quad (6)$$

其中 $*$ 代表迴旋積 (Convolution)。

圖 7 為尺寸濾波影像結果圖，其中 (a) 為輸入前置處理影像，經過尺寸篩選，得到尺寸濾波影像，用紅色框表示大於設定閾值的棒球候選區域。

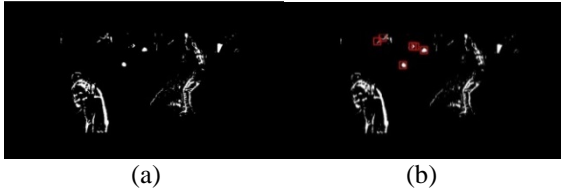


圖 7 尺寸濾波結果圖：(a) 輸入前置處理影像；(b) 尺寸濾波結果影像。以紅框代表篩選後之棒球候選區域。

棒球在棒球運動視訊中的顏色偏向白色，因此以顏色來做一個簡單的過濾，如果顏色由於不接近白色，則可以過濾，本研究利用 RGB 三值是否皆大於 150 來當作接近白色的判別。

儘管棒球在高速移動下會產生形變，而使得棒球不是一個完美的圓形，但大致上還是會保留棒球的形狀，所以本研究利用圓比值 (Circularity Ratio) [9] 作形狀的過濾。

經由尺寸過濾後篩選出的棒球候選區域，計算遮罩內物件的像素數，即為物件面積 (Object Area)。得到物件面積後，利用圓面積公式 (7)，可求得圓半徑，再將遮罩內物件像素的座標值作加總，除以像素總數，得到幾何座標當作圓中心點，再以半徑畫圓，計算圓內所占物件的像素量，除以總面積即可求得圓比值，如公式 (8)，圖 8 為圓比值示意圖，從大於所設閾值的圓比值中，取圓比值最大的棒球候選區域作為棒球位置，範例如圖 9。

$$Object\ Area = \pi r^2 \quad (7)$$

$$Circularity\ Ratio = \frac{Area\ In\ Circle}{\pi r^2} \quad (8)$$



圖 8 圓比值示意圖。圓比值是根據落在圓半徑內的像素數及圓面積之比例計算而得。



圖 9 形狀過濾結果圖：(a) 輸入影像；(b) 形狀過濾結果影像。圖中紅框為棒球候選區域，經過形狀過濾後，僅剩下棒球本身，以綠框表示。

2.3 棒球軌跡追蹤

在移動物件擷取時，由於打者及捕手會移動，且球衣顏色跟棒球的顏色也可能很相近，所以在作棒球偵測時，會造成偵測的困難。本研究利用卡爾曼濾波器作軌跡追蹤，利用前幾個畫面偵測到的棒球軌跡來更新卡爾曼濾波器的量測值，並在軌跡遺失時，利用卡爾曼濾波器的預測值來持續進行棒球軌跡追蹤，目的在呈現完整棒球軌跡結果。

卡爾曼濾波器 [4] 是 R. E. Kalman 於西元 1960 年時提出，是一種高效率的遞迴估測器，主要功能是預測動態系統狀態，可以去除測量的誤差以及估測系統變化，提供系統參數一個最佳的估測值，卡爾曼濾波器主要是以下面兩公式作為預測的根據：

$$x_k = Ax_{k-1} + Bu_{k-1} + w_k \quad (9)$$

$$z_k = Hx_k + v_k \quad (10)$$

其中 k 為時間索引， x_k 是狀態向量，包含座標及速度， A 是狀態轉移矩陣， B 為一功能與 A 相同之矩陣， u_k 表示隨意控制的輸入， z_k 是測量值， H 是物體狀態 x_k 對測量值 z_k 的增益矩陣， w_k 是系統雜訊， v_k 是測量雜訊， w_k 與 v_k 被假定為高斯分布的白雜訊。

卡爾曼濾波器估測某一時刻的狀態，利用測量變化量的方式遞迴，其在運作上分成兩部分：時間更新與測量更新。時間更新公式也可以視為預測公式，公式如下：

$$\hat{x}_k^- = A\hat{x}_{k-1} + Bu_{k-1} \quad (11)$$

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k(z_k - H\hat{x}_k^-) \quad (12)$$

$$P_k = (I - K_kH)P_k^- \quad (13)$$

其中 K_k 為卡爾曼增益 (Kalman Gain)，公式 (11) 計算完卡爾曼增益後，利用公式 (12)，由測量值 z_k 來更新狀態預測，最後用公式 (13) 更新誤差協方差，再將更新校正後的預測值，傳到時間更新的部分作遞迴，圖 10 為卡爾曼濾波器運作示意圖。

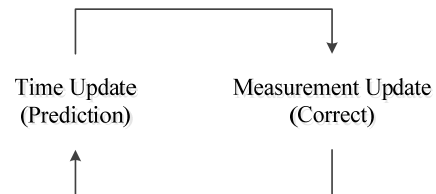


圖 10 卡爾曼濾波器預測運作示意圖。

以視訊影格數 25 fps 為例，投手球速 100 ~ 160 km/hr，投手丘到本壘板距離約為 18.4 m，因此棒球視訊中，完整的棒球軌跡約包含 10 ~ 15 個棒球點。

詳細之棒球軌跡追蹤演算法，敘述如下：

1. 若開始偵測到棒球，則進行卡爾曼濾波器的初始化；
2. 擷取下一個影格，若影格中成功偵測到棒球，則進行卡爾曼濾波器測量值更新；若偵測失敗，則進行卡爾曼濾波器預測；
3. 重複步驟 2，直到連續 3 次棒球偵測失敗為止；
4. 檢查棒球軌跡之棒球點個數，是否超過 N 個，若超過則直接輸出完整棒球軌跡結果；若不超過則重新初始化卡爾曼濾波器。

3. 研究結果

本節將對本研究所使用的研究環境及視訊影片作詳細介紹，並對不同慣用手、球路以及球場作處理，呈現棒球軌跡追蹤的結果。

3.1 研究環境

本研究所採用的電腦中央處理器為 AMD Athlon II X4 640 3.0G，記憶體容量為 2GB，電腦搭載的作業系統為 Windows 7，使用 Microsoft Visual Studio C/C++ 2010 搭配 Intel Open Source Computer Vision Library (OpenCV)，Version 2.4，開發程式，所使用的視訊影片為網路下載，視訊畫面解析度為 860x480，視訊畫面影格數為 25fps。

3.2 棒球軌跡追蹤結果

本節將展示棒球軌跡追蹤結果，表 1 為棒球軌跡追蹤準確率，共有 5 段視訊，每段視訊取 40 個投球片段，棒球偵測率為成功偵測到棒球機率，偵測失敗可分為下列兩種情形：(1) 該影格為投手投球過程中未成功偵測棒球；(2) 該影格非投手投球過程，但系統偵測到棒球點。軌跡準確率為重現完整棒球軌跡之機率。

表 1 棒球軌跡追蹤準確率

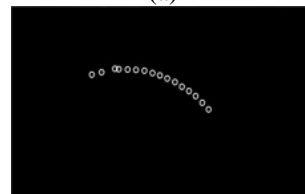
	棒球偵測率(%)	軌跡準確率(%)
視訊 1	80.2	87.5
視訊 2	83.7	92.5
視訊 3	82.9	90
視訊 4	84.6	95
視訊 5	83.1	92.5
平均	82.9	91.5

圖 11 為世界棒球經典賽 (World Baseball Classic) 棒球軌跡追蹤結果圖，由圖中可看出，棒球軌跡在第 2 個畫面時，因為背景的英文字與棒球

顏色太接近，所以造成棒球擷取的不完全，因此利用卡爾曼濾波器綠色外框預測值作持續追蹤，左投手投出的球經過左打者身體時，因為左打者身體也會移動，所以同樣利用卡爾曼濾波器預測值做綠色外框的棒球補償軌跡，最後呈現完整棒球軌跡圖。圖 12 為世界棒球經典賽 (WBC) 棒球軌跡追蹤結果圖，為一低肩側投型投手的投球軌跡。圖 13 為美國職棒大聯盟 (MLB) 右投手棒球軌跡追蹤結果圖，為一偏高的變化球，在球落到捕手身體時，呈現完整棒球軌跡，最後呈現結果圖。

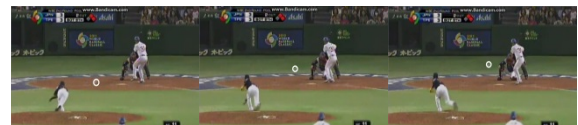


(a)

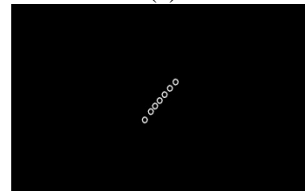


(b)

圖 11 世界棒球經典賽 (WBC) 棒球軌跡追蹤圖：(a) 輸入視訊序列；(b) 棒球軌跡結果圖。



(a)

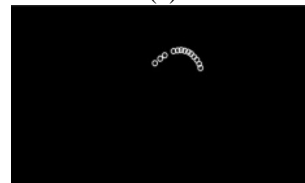


(b)

圖 12 世界棒球經典賽 (WBC) 棒球軌跡追蹤圖：(a) 輸入視訊序列；(b) 棒球軌跡結果圖。



(a)



(b)

圖 13 美國職棒大聯盟 (MLB) 棒球軌跡追蹤結果：(a) 輸入視訊序列；(b) 棒球軌跡結果圖。

3.3 偵測失敗分析

圖 14 為軌跡偵測失敗範例圖，由於是利用影格相差法取閾值 T 來擷取移動物件，所以會受到攝影機視角影響，如果投球軌跡對於視角的移動不明顯，或是只接近深度變化，而使得像素值的變化不會大於閾值 T ，則會造成棒球部分擷取的不完全，進而影響圓比值的計算，造成偵測的失敗。



圖 14 偵測失敗圖。由於像素值變化不明顯，使得棒球形狀不完整造成誤判。

4. 結論與未來展望

本研究提出一套「應用棒球運動視訊之棒球軌跡追蹤」，主要可以分成影像前置處理、棒球偵測以及棒球軌跡追蹤三個部分，首先將輸入的視訊影像作前置處理，再利用位置、尺寸、顏色及形狀等條件來對棒球候選區域作進一步過濾，最後將偵測到的棒球座標利用卡爾曼濾波器作軌跡追蹤，並在遺失棒球軌跡時，利用卡爾曼濾波器的預測值持續追蹤軌跡，達到重現完整棒球軌跡的目的。

研究結果顯示，本研究的棒球偵測率為 82%，棒球軌跡追蹤準確率達 91%，在棒球偵測的多項條件過濾下，能夠有效的在投手出手時，作出即時的棒球位置偵測，並利用卡爾曼濾波器，使得棒球在受到背景顏色相近，或是其他移動物件影響時，能夠成功的持續追蹤軌跡位置，並在最後即時重現棒球軌跡。

根據失敗結果來分析，由於本研究在移動物件擷取上使用連續影格相差法，所以必須在攝影機固定的前提下，才能準確的偵測軌跡，且棒球運動方向如果與攝影機鏡頭接近深度變化，也會對移動物件擷取不完全，造成誤判的情況發生，因此仍受到限制。

本研究的未來方向除了繼續研究如何利用更多 2D 資訊，甚至是 3D 深度資訊，來使棒球軌跡追蹤更全面，使偵測率再提昇之外，也希望能夠融合更多其他技術來發展出一套更完整的系統，例如：好球帶位置的判斷以及棒球場景的切換判斷，或是利用軌跡進而對球種作判斷等。此外本研究提出的方法並不只侷限於棒球運動，也可進一步延伸應用於其他運動，增加其變化性及靈活性。

參考文獻

- [1] N. Owens, C. Harris, and C. Stennett, "Hawk-eye tennis system," *IEEE International Conference on Visual Information Engineering*, pp. 182-185, 2003.
- [2] André Guézic, "Tracking pitches for broadcast television," *IEEE International Conference on Computer*, Vol. 35, No. 3, pp. 38-43, 2002.
- [3] D. Liang, Y. Liu, Q. Huang, and W. Gao, "A Scheme for Ball Detection and Tracking in Broadcast Soccer Video," *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, pp. 864 – 875, 2005.
- [4] G. Welch and G. Bishop, "An introduction to the Kalman filter," *Department of Computer Science University of North Carolina at Chapel Hill*, 2006.
- [5] Xinguo Yu, Nianjuan Jiang, and Ee Luang Ang, "Trajectory-Based Ball Detection and Tracking with Aid of Homography in Broadcast Tennis Video," *Visual Communications and Image Processing, SPIE Vol. 6508*, 650809.
- [6] K. C. P. Wong and L. S. Dooley, "High-Motion Table Tennis Ball Tracking for Umpiring Applications," *IEEE International Conference on Signal Processing*, pp. 2460-2463, 2010.
- [7] B. Chakraborty and S. Meher, "A Trajectory-Based Ball Detection and Tracking System with Applications to Shot-type Identification in Volleyball Videos," *IEEE International Conference on Signal Processing and Communication*, 2012.
- [8] S. C. Cheung, C. Kamath, "Robust techniques for background subtraction in urban traffic video," *Video Communications and Image Processing SPIE Electronic Imaging San Jose, UCRL-JC-153846-ABS, UCRLCONF-200706*, 2004.
- [9] M. J. Bottema, "Circularity of Objects in Images," *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, pp. 2247-2250, 2000.