

パーティクルフィルタによるテニスボール追跡

永山 恭平 坂東 忠秋 中屋敷 かほる

関東学院大学

1 はじめに

本研究の目的は、画像処理により、正確にテニスボールの追跡を行うことである。正確にテニスボールを追跡することにより、打球のコース分析、IN/OUT 判定等が可能になる。画像処理を用いた物体追跡の一手法に、パーティクルフィルタ [1] がある。本研究ではこのパーティクルフィルタを改良し、追跡の精度を向上する。

2 パーティクルフィルタ

パーティクルフィルタとは、物体の検出と追跡を同時に行う、逐次追跡アルゴリズムである。

サンプリングに基づき、次の時刻での追跡物体の状態を予測し、各粒子(パーティクル)を動かす。動かした粒子と事前に設定した追跡物体の比較を行う。比較した結果の一致度合いの高い粒子の重みを大きく、一致度合いの低い粒子の重みを低くする。そして、重みに応じて粒子の複製・削除を行う。

3 テニスボールの追跡上の問題点

今回最初に実験で利用した OpenCV サンプルプログラムは、追跡物体を色を用いて物体を追跡する仕様である。自由飛行状態の場合は、粒子はボールを追跡できる(図 1-1)。しかし、テニスボールを正確に追跡する上で、以下の問題点が発生した。

(1) 追跡開始位置を画面全体から検出できない

画面内にボールと同じ色が点在する場合、粒子が発散してしまう。この状態で、ボールが画面内に入ってきてても追跡しない。

(2) ボールの色の変化に対応できない

ボールが影に入った場合、ボールの色が変わり追跡できない。

(3) ボールの軌跡に急激な変化があると追跡できない

バウンドした際はおおむね追跡できるが(図 1-2)、ラケットで打ち返されたときボールの軌跡が急激に

変化し追跡できない(図 1-3)。

(4) 選手によるオクルージョン発生時

粒子がいったんボールを見失った場合、近くの類似した色領域(例、選手自身)に粒子が定着し追跡してしまう(図 1-4)。

以下、解決案を示す。

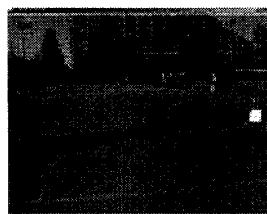


図 1-1 自由飛行状態



図 1-2 バウンド時

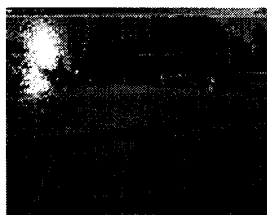


図 1-3 ラケット打ち返し時

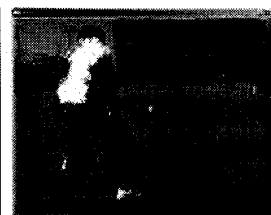


図 1-4 オクルージョン時

4 追跡方法の改良

4-1 ボール初期検出

ボールの初期位置検出のために、画像上の任意の直線をボールが通過したことを検出する。この直線は、ネットに近い位置に設定する(図 2)。ボールが直線上を通過した時の、ボールの中心位置、ボールサイズを検出し、ボールのテンプレート画像を生成する。



図 2 初期位置検出位置(右白線)

4-2 尤度計算方法

サンプルプログラムは、色情報で追跡する方式をとっている。この方式では、追跡する物体の大きさ・中心位置とは無関係なため、類似した色が背景に点在する場合、粒子が発散してしまう。そこで、テンプレートマッチングによるボール追跡を行うことにした。一般的な手法では、長方形領域によるテンプレートマッチングを行うためボール以外の背景も含まれてしまう(図 3-1)。

本研究では、ボールの中心から 8 方向の線上(図 3-2)で、ボールの範囲内の画素値を使って、テンプレートマッチングを行う。この方式を変型テンプレートマッチングと呼ぶことにする。

距離計算法は、変型テンプレートマッチングの、画素数により正規化した値を使う。この方式では、入力画像上の画素が、ボールの中心に近い程、距離が小さくなる。背景の同一色のノイズはボールと比べてサイズが小さいため、距離は大きくなる。距離から尤度を計算する方式は、サンプルプログラムの方式をそのまま使った。距離が小さい程、尤度は大きくなる。

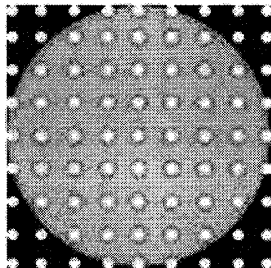


図 3-1 旧テンプレートマッチング

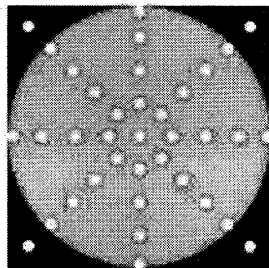


図 3-2 新テンプレートマッチング

4-3 探索範囲の切り替え

ボールを見失った時、粒子の尤度合計値が小さくなる。この時、見失った時点の座標を中心に探索範囲を広げる(図 4-1)。その探索範囲にボールを検出できたら追跡を再開する(図 4-2)。



図 4-1 探索範囲の拡大



図 4-2 ボールの検出

5 実験結果

変型テンプレートマッチングによるパーティクルフィルタの実行結果は以下である。

- (1) 自由飛行状態の場合、粒子はボールを追跡可能である(図 5-1)。サンプルプログラムでは、影がボールと重なると追跡できなかったが、変型テンプレートマッチングでは、影とボールが重なっても追跡できた。
- (2) バウンドした時も、図 5-2 のように追跡可能である。
- (3) ラケットで打ち返された時は、一度ボールを見失った(図 5-3)。その後、拡大した探索範囲から、ボールを検出して追跡を再開できた(図 5-4)。

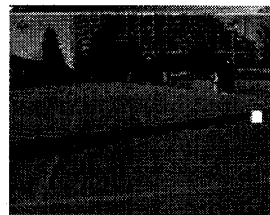


図 5-1 自由飛行状態

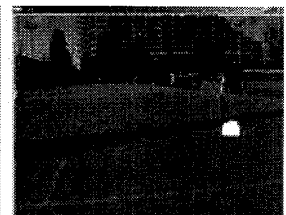


図 5-2 バウンド時

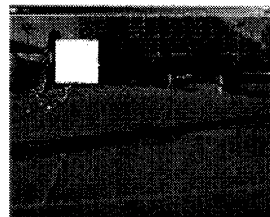


図 5-3 探索範囲拡大



図 5-4 ラケット打ち返し時

6 まとめ

テニスボール追跡を正確に行えるようにするため

- ①初期位置検出のための機能を追加した。
- ②同色のノイズ(背景)を追跡しないようにするための変型テンプレートマッチング処理機能を追加した。
- ③粒子がボールを見失った時、探索範囲の拡大機能を追加した。

以上の機能を追加することにより、ノイズ、影、ラケット打ち返し時に、対応できる追跡方法を実現することができた。

参考文献

- [1]八木康史, 斎藤英雄: コンピュータビジョン最先端ガイド
- [2]上田悦子, 怡土順一: OpenCV 推定器-Estimators- (<http://opencv.jp/sample/estimators.html>)