

単眼カメラを用いたサッカー映像解析のための複数選手とサッカーボールの追跡手法

片岡 裕雄[†] 青木 義満[‡]

慶應義塾大学理工学研究科[†] 慶應義塾大学理工学部電子工学科[‡]

1. 研究背景と目的

ユーザにサッカーコンテンツを提供する試みが増えているが、そのためには映像から選手やサッカーボールがどのように動いたかを映像中から抽出することが重要な課題となっている。当初、移動軌跡は映像から人手により抽出していた。しかし、一試合分のサッカー選手の軌跡を手動で取り出すのは膨大な労力とコストが掛かる。そこで、自動化を目指し、映像中での追跡を試みたが、手動解析の代替にはなり得なかった。最近では、多数のカメラをスタジアムに取り付け撮影し、選手を追跡する手法[1]が考案されている。複数台のカメラで様々な角度から撮影できるため、選手同士の重なりは少なくなり、精度の良い追跡が可能になった。しかし、スタジアムの高い位置やグラウンドの周囲に数多くのカメラを設置することにより、スタジアムに限られるという問題がある。また、追跡手法の高度化とともに、それらをスポーツ映像解析に適用する研究も増えている。特に、Mean-Sift[2]や Particle Filter[3]により追跡精度は著しく向上した。これらの手法は追跡対象のモデルをベースとして、類似度の高い方へ重心を移動させていくため、背景と区別し易い。しかし、追跡対象が複数あり、オクルージョンが生じた場合に追跡が困難であるという問題がある。

本研究ではこれらの問題を解決するために、一台の単眼カメラで撮影した映像からグラウンド上の選手軌跡を取得する手法を提案する。一台の単眼カメラではグラウンド全体の撮影は困難であるため、カメラを水平にスイングさせ、プレーを詳細に撮影した映像を得る。そして、カメラの水平スイング動作を考慮して追跡することで、グラウンド上の選手軌跡を高精度に取得できる。また、映像中で選手同士の距離が近くなったら重心を再配置することでオクルージョンへの対応を試みた。

2. 処理の流れ

提案手法の流れを図 1 に示す。

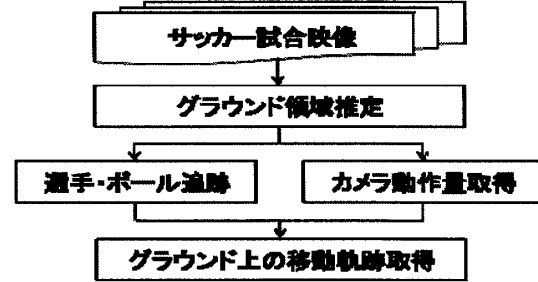


図 1 提案手法の流れ

処理領域を限定するために、グラウンド領域を推定する。表色系を RGB から HSV に変換し、色相 H、彩度 S の値から閾値処理により芝生領域を抽出する。この 2 値画像に対して、横方向にスキャンしていくことで、芝生領域を得ることができる。

選手の追跡には Particle Filter を使い、オクルージョン時には Real AdaBoost により生成した識別器で選手を検出し、重心を再配置する。

Particle Filter は、推定に基づく時系列解析方法である。状態推定と尤度観測を繰り返すことにより、物体を逐次的に追跡する手法である。ここでは、状態推定をする運動モデルには等速直線運動モデルを、尤度観測には色ヒストグラムによる比較を行っている。

オクルージョンの判断は、Particle Filter により得た重心の距離が近くなった場合とする(図 2)。オクルージョンと判断された領域内では、HOG 特徴量を Real AdaBoost により学習し生成された識別器により選手を検出する。オクルージョン領域では、追跡対象人数と検出された人数が一致した場合に重心を再配置する(図 2)。

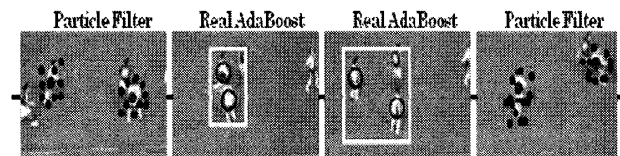


図 2 選手追跡の流れ

サッカーボールの追跡にも Particle Filter を適用した。パーティクルの尤度は色ヒストグラムと HOG 特徴量を組み合わせて計算する。複数の特徴を組み合わせることで、対象物体が一つの

Soccer players and ball tracking method from single images for soccer scene analysis

[†]Hirokatsu Kataoka, Graduate School of Science and Technology, Keio University

[‡]Yoshimitsu Aoki, Department of Electronics and Electrical Engineering, Keio University

映像中で見失うことなく追跡できるため、ボールの追跡に関しては高精度な追跡が可能となる。色ヒストグラムによる尤度は選手追跡と同様に計算する。HOG ではエッジの勾配と強度をヒストグラムにサンプリングするので、このヒストグラムの比較により尤度を計算する。2 種類の特徴から求めた尤度から、パーティクルの尤度を計算するために重み付けをする。重み付けはフレームにおけるそれぞれの尤度の合計値の比から算出する。

フレーム間のカメラ動作量は、フレーム中の特徴点移動により算出する。特徴点移動の追跡には、オプティカルフロー(LK 法)を用いる。カメラ動作量は、フレーム間のフローベクトルの x, y 移動量を平均することで算出する。

取得した映像中の選手軌跡と、カメラのスイング動作量からグラウンド上の選手軌跡を求める。カメラを水平スイングさせて撮影するため、映像中の選手の移動量からカメラのスイング動作量を差し引くことで、グラウンド上の選手位置を取得できる。これをフレームごとに求めることでグラウンド上の選手軌跡を求めることが可能である。

3. 実験と結果

サッカースタジアムで撮影した、カメラの水平スイング動作がある試合映像から、追跡精度を検証するための実験を行った。動画スペックは、画像サイズ 640×480pixels, 30fps, カメラは水平スイング動作のみとする。追跡の際に用いる色ヒストグラムは、チームごとに用意する。実験に用いた計算機のスペックは Quad Core Intel Xeon 2.66GHz, メモリ 3.25GB であった。実験では、混雑時を想定して、オクルージョンのある場面でのどの程度追跡できるかを試みた。全 100 パターンの交錯シーンにおいて、追跡精度を検証している。また、従来の色ヒストグラムを用いた Particle Filter による追跡や、追跡対象が複数ある場面でも誤追跡の少ない手法として考案された色ヒストグラムとエッジ特徴を組み合わせた Particle Filter による追跡とも精度を比較している。

	Success	Rate
Histogram	15/100	15%
Histogram +Edge	26/100	26%
Proposed method	83/100	83%

Particle Filter の追跡後、Real AdaBoost により選手検出・重心再配置をすることで、Particle Filter のみの追跡手法よりも著しく追跡精度が向上した。しかし、選手が密集する場面では追跡

が失敗してしまった。これは、多人数が固まったことで、特徴量の取得に失敗したことが考えられる。オクルージョン領域内の人数を与え、検出後に重心を与えることで解決を試みる。また、カメラから遠く離れた位置でも同様に特徴量が取得できないため、HOG 特徴量が計算できず、重心の再配置に失敗したと考えられる。

次にボールの追跡について述べる。ボール追跡実験では、映像中にボールが存在するときの検出率を計算する。実験では、Particle Filter の尤度計算に、色ヒストグラムのみを用いた結果と比較する。実験結果を次に示す。

	成功フレーム数	検出率
Color	741 / 933	79.421%
HOG	656 / 933	70.310%
提案手法	921 / 933	98.713%

提案手法では、色ヒストグラムと HOG 特徴量 w 重み付けして尤度計算するため、片方の特徴が取得しにくい場面でも片方が補えるので追跡精度が向上したといえる。しかし、ボールの大部分が選手によって隠されている場合には、特徴がほとんど取得できないため、追跡が困難であった。この場合は、追跡が成功している前後間の関係を用いて軌跡をつなげる方が得策であるといえる。

4. まとめと今後の課題

サッカースタジアムの観客席に取り付けた、水平スイング動作のある単眼カメラにより撮影された試合映像中から、選手軌跡とカメラ動作量を取得することで、グラウンド上の選手軌跡を取得した。また、追跡中に選手同士が近づいたら、重心を再配置することでオクルージョンに対応した。

今後は、追跡手法において選手が多数集まる場面での重心の再配置をすることや、追跡前後において、選手が入れ替わらないようにしなければならない。これについては、追跡人数を把握し、重心を再配置すること、運動モデルにより重心をどちらに割り振るか、ということによって解決できると考えられる。

参 考 文 献

- [1] 稲本奈穂, 斎藤英雄, "多視点スポーツ映像からの自由視点映像合成と提示", 電子情報通信学会論文誌 D-II Vol. J88-D-II No.8 pp.1693-1701
- [2] Gael Jaffre, Alain Crouzil, "NON-RIGID OBJECT LOCALIZATION FROM COLOR MODEL USING MEAN SHIFT", ICIP2003, III-317-20 vol.2, Sept 2003
- [3] Yu Huang, Joan Llach, "VARIABLE NUMBER OF"INFORMATIVE" PARTICLES FOR OBJECT TRACKING", ICME2007, pp1926-1929, July 2007