

H-046

サッカー映像における可変サイズテンプレートを用いたボール追跡

Ball Tracking in Soccer Scene Using a Variable Size Template

服部 憲和*

青森 久*

松田 一朗*

伊東 晋*

Norikazu HATTORI

Hisashi AOMORI

Ichiro MATSUDA

Susumu ITOH

1. はじめに

近年、携帯端末向けの映像配信サービスが普及しつつある。このような小型の端末でスポーツ中継を視聴する場合、解像度不足によってボールの位置が判別できなくなることがある。そこで筆者らは、高解像度の画像を使ってボールの位置を追跡し、その結果を低解像度の画面に畳重するなどして画面を見易く加工するシステムについて検討している。サッカー映像におけるボールの追跡法については既に多くの先行研究が存在するが、最近では安定した性能と実装の容易さにより、パーティクルフィルタの理論 [1, 2] に基づいた方式が注目されている。例えば文献 [3] では、パーティクルフィルタとテンプレートマッチングを併用した、実時間のボール追跡手法が提案されている。しかし、この手法ではテンプレート画像が固定であり、ボールとの距離やカメラのズーム操作の影響によってボールの見かけの大きさが変化する場合を考慮していない。一方文献 [4] の手法は、ボールの色に着目しているためボールの大きさの変化にはある程度対応可能であるが、前処理として、領域分割とラベリングによるフィールドと選手の分離を行っているため、実時間の処理は困難である。本稿では、2重円で定義されるテンプレート画像を用意し、そのサイズおよび色情報をフレーム毎に更新することで、ボールの見かけの大きさが変化する場合でも、高速かつ安定な追跡を可能にする手法について検討する。

2. 処理の流れ

本手法は、図1に示すように大きく分けてボール検出とボール追跡という2つの処理で構成される。ボール検出処理では、色情報や円形度 [5] などからボールの座標および大まかな大きさを求める。このときの座標および大きさはボール追跡処理に遷移した時のテンプレート画像の初期値を求める際に利用する。ボール追跡処理では、可変サイズテンプレートを用いた尤度評価とパーティクルフィルタによってフレーム毎のボールの位置を追跡する。追跡結果における尤度が著しく低下した場合は、再びボール検出処理に戻ることで、ボールを見失った場合の追跡再開を容易にしている。

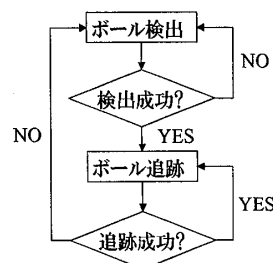


図.1 本手法の構成

2.1 ボール検出処理

ボール検出処理は、高速化のために入力画像をダウンサンプリングして得られる低解像度画像上で行うものとする。まず、低解像度画像を HSV 色空間に変換し、色相、彩度、明度の各値にしきい値処理を施すことで緑色のフィールド(芝生)以外の領域を抽出する。得られた領域に対して、モルフォロジー演算によるノイズ除去の処理を適用し、一定面積以上の小領域の円形度および色情報に基づいてボール領域を検出する。

2.2 ボール追跡処理

上記の処理によって検出されたボールの座標および大きさを初期値として、フレーム毎の追跡を開始する。この追跡処理には、各時刻におけるボールの画面上の座標 (x_t, y_t) を状態ベクトルとするパーティクルフィルタ [1, 2] を用いる。なお、パーティクルの状態遷移モデルにはランダムウォーク [1] を採用し、システムノイズの分散を後述するテンプレートサイズ r に比例させている。

3. 可変サイズテンプレート

本方式では、図2(a)に示す2重の同心円を離散化して得られる同図(b)のテンプレート画像を用いてボールらしさ(尤度)の評価を行っている。ここで、内円および外円の円周は共に4等分されており、それぞれの円弧には $S_1 \sim S_8$ のラベルが付与されている。テンプレート画像は、 $S_1 \sim S_8$ のラベルに対応した画素にのみ代表色 $C_1 \sim C_8$ が与えられており、それ以外の画素は尤度の評価には使用しない。すなわち、各パーティクルの尤度は、座標 (x_t, y_t) を中心に配置されたテンプレート画像と入力画像との RGB 空間上の距離の逆数に基づいて次式により定義される。

*東京理科大学 理工学部 電気電子情報工学科

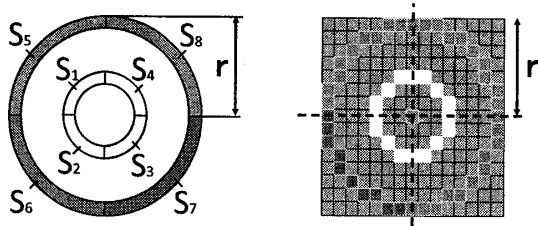
(a) 2重円モデル (b) テンプレート画像の例 ($r = 7$)

図.2 可変サイズテンプレート

$$p(x_t, y_t) \propto \begin{cases} \alpha & (\| \mathbf{F}(x_t, y_t) - \mathbf{W} \| > Th) \\ \left\{ \sum_{k=1}^8 \sum_{(i,j) \in S_k} \| \mathbf{F}(x_t + i, y_t + j) - \mathbf{C}_k \|^2 \right\}^{-1} & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (1)$$

但し、 $\mathbf{F}(x_t, y_t)$ は入力画像上の画素 (x_t, y_t) における RGB の値を表すベクトルである。また、 \mathbf{W} はボールの代表色 (白色) を表し、パーティクルに対応する点の色が \mathbf{W} と異なるときは定数 $\alpha \ll 1$ を尤度とすることで、演算量の削減を図っている。

最終的な追跡結果は最大尤度となったパーティクルの座標値 (x_t, y_t) とし、この点に配置したテンプレート画像の $S_1 \sim S_8$ に対応する画素の平均値によって代表色 $\mathbf{C}_1 \sim \mathbf{C}_8$ の値を更新する。更に、テンプレート画像のサイズ r も変化させ、次式が最大となるときの値を次フレームの処理において採用することで、ボールの見かけの大きさが変化する場合への対応を図っている。

$$\max_r \left\{ \sum_{k=1}^4 \| \mathbf{C}_k - \mathbf{C}_{k+4} \|^2 \right\} \quad (2)$$

4. 実験結果および考察

本手法を C 言語を用いてソフトウェア実装し、MPEG-2 で記録されたサッカー映像 (720 × 480 画素, 30 fps) を入力画像として実験を行った。

4.1 処理時間

ラップトップ PC (CPU: Core2Duo-T7500 2.20 GHz) 上で 1 フレーム当たりの平均処理時間を計測した結果、ボールの検出処理については約 20 ms, ボール追跡処理ではパーティクル数を 1000 個とした場合で約 6 ms であった。これにより、本方式の処理速度は十分リアルタイム性を確保できる水準と言える。

4.2 追跡結果

図 3 は、各フレームについて手作業で抽出したボールの座標 (青の実線) および本手法による追跡結果 (赤点) を示したものである。但し、手作業における座標が途切れている区間は隠蔽などによってボールが画面上に現れて

いないシーンを表している。これにより、ボールの運動が激しく変化する一部のシーンを除いてほぼ正確な追跡が行われていることがわかる。また、図 4 は実際の画像上に、追跡結果をテンプレート画像と同サイズの赤枠で表示したものである。同図より、カメラのズーム操作などによってボールの見かけの大きさが変化した場合にも追跡できている様子を確認できる。

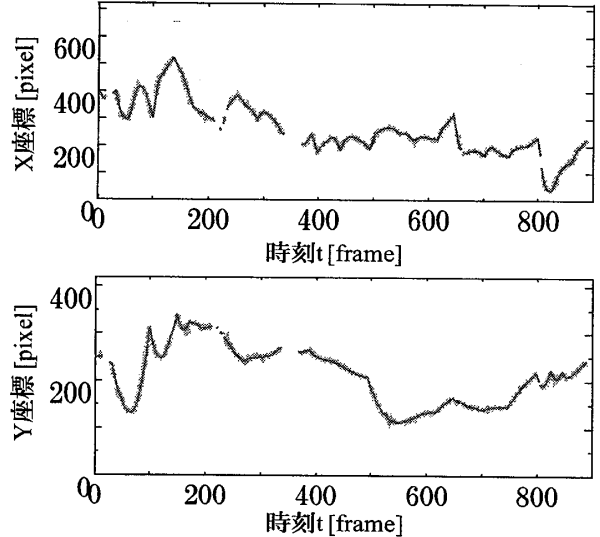


図.3 各フレームにおけるボールの追跡結果

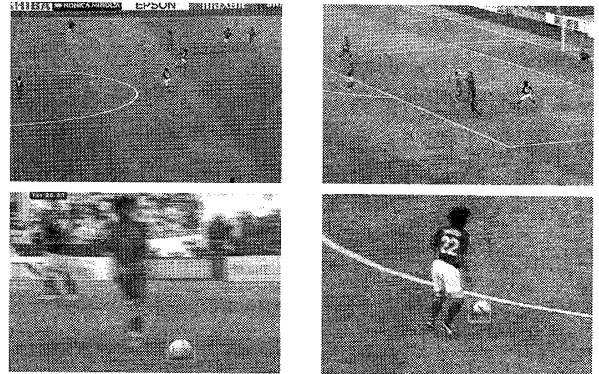


図.4 追跡結果の例

【参考文献】

- [1] 加藤丈和: “パーティクルフィルタとその実装法”, 情報処理学会研究報告, CVIM-157, pp.161-168, 2007
- [2] 樋口知之: “粒子フィルタ”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.88, No.12, pp.989-994, Dec. 2005
- [3] 矢野 他: “探索手法の切り替えを用いたサッカー映像におけるボール追跡システム”, MIRU2007, IS-3-22, pp.1052-1056, July 2007
- [4] K. Choi et al.: “Tracking Soccer Ball in TV Broadcast Video”, ICIAP 2005, LNCS 3617, pp.661-668, 2005
- [5] 高木 他: “新編 画像解析ハンドブック”, 東京大学出版会, p.1535, 2004