

# 大局的最適化に基づくサッカー映像における選手追跡

## Player Tracking Based on Global Optimization in Soccer Video

○石島慎也\*, 張山昌論\*, 亀山充隆\*

○Shinya Ishijima\*, Masanori Hariyama\*, Michitaka Kameyama\*

\* 東北大学大学院情報科学研究科

\*Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

**キーワード**: 大局的最適化 (Global Optimization),  
動的計画法 (Dynamic Programming), サッカー映像 (Soccer Video),  
色統計テンプレート (Color Statistical Template), 選手追跡 (Player Tracking)

**連絡先**: 〒 980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-05

東北大学大学院情報科学研究科 亀山・張山研究室 石島慎也

Tel.: (022)795-7155, Fax.: (022)263-9167, E-mail: s\_ishijima@ecei.tohoku.ac.jp

### 1. はじめに

近年、スポーツ界において、対戦相手の戦術や傾向を分析して試合に臨むといったデータ重視の傾向が強まっている。しかしながら、映像を解析するためにはボールや選手の位置などの情報を抽出する必要がある。当初はそれらの情報は、人間が映像を見ながら逐一手動で入力していた。サッカーなど常に動き続けるスポーツにおいて、選手やボールの位置を手動で取り出すには膨大な時間とコストがかかる。また長時間の解析作業は解析者に大きな負担を強いるため、疲労による精度低下も起こりうる。そこで、選手やボールを自動的に追跡する研究が広く行われており、特にサッカーに関するものが多く報告されている<sup>1)</sup>。

従来、映像中の物体の位置を検出し、追跡する手法としては、色成分を用いたパーティクルフィルタによる手法<sup>2)</sup>、可変サイズテンプレートを用いた手法<sup>3)</sup>などがある。これらの手法は

局所最適化に基づく手法であり、物体位置を逐次的に確定していく。これらの手法はオンライン型処理により、リアルタイム処理が可能となる。しかし、同じチームの選手が接近したり、オクルージョンが発生することで、一度追跡対象を見失うと、誤った選手を追跡し続けてしまうという問題があった。

そこで本研究では、全フレームを活用して経路全体を一括して求める大局的最適化に基づく手法を研究している。大局的最適化に基づく手法は、局所最適化に基づく手法に比べて計算量は増加するものの、オクルージョンや類似物体の存在に頑強であるため、高精度な追跡が期待できる。

本稿では、各フレームにおいて色統計テンプレートと HOG 特徴量を用いて選手候補領域を抽出し、これらを基に動的計画法を用いた大局的最適化による追跡手法を提案する。

## 2. 色・輝度勾配情報を用いた選手検出手法

本研究では、全選手のトラッキングを行うために複数台の固定カメラを用いてグラウンド全体を撮影した動画像を用いる。固定カメラを用いた一般的な選手検出手法として背景差分法があるが、複雑な背景状況で選手を検出できない、複数の選手が接近した場合に領域を区別できないという問題がある。サッカーの試合では、選手はチームごとに同じ色のユニフォームを着用するため、各チームの色情報に着目した色統計テンプレートを用いて選手検出精度の改善を図る。

色統計テンプレートとは、各チームにおいてチームの色が存在する確率分布を統計的に表したテンプレートであり、背景差分法で検出した選手領域を用いて、チームごとに作成する (Fig.1)。検出はチームの色で二値化した入力画像に対して行い、探索ウィンドウを走査して色統計テンプレートとのマッチングを行う。探索ウィンドウ  $I$  の各画素値 (0or1) を  $I_x$ 、色統計テンプレート  $T$  の各画素値 (0~100) を  $T_x$  とすると、マッチングの評価関数  $M(I, T)$  は式 (1) で表される。評価関数の値は探索ウィンドウが選手である確率を示している。

$$M(I, T) = \frac{\sum I_x T_x}{\sum I_x} \quad (1)$$

色統計テンプレートを用いて選手領域を検出した結果を Fig.2 に示す。背景差分法では複雑な背景状況や複数の選手が接近した場合など検出精度が低かったが、色統計テンプレートでは複雑な状況に対しても精度よく検出できている。

しかし、色統計テンプレートは色情報を基に選手検出を行っているため、選手の腕によりユニフォームが隠れた場合や、日光などの影響により彩度・明度が低下した場合など正しく色情報が得られない状況では、選手検出精度が低下

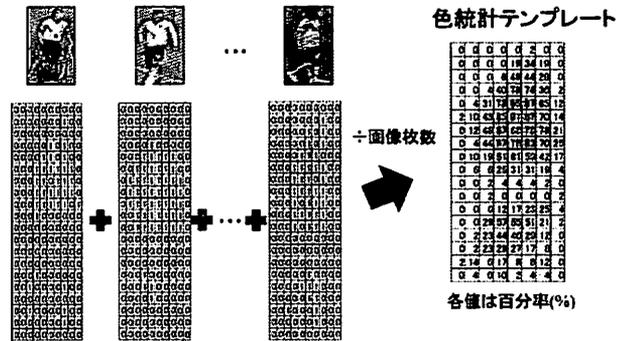
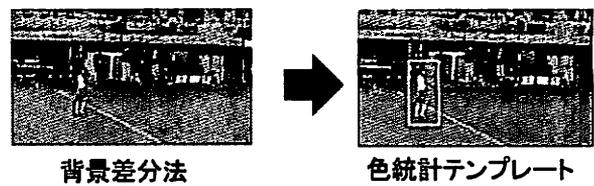
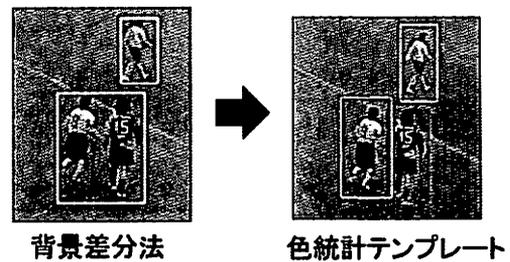


Fig. 1 色統計テンプレート



(a) 複雑な背景状況



(b) 選手同士の接近

Fig. 2 色統計テンプレートによる選手検出



Fig. 3 HOG 特徴量

してしまう。そこで本研究では人検出や車検出等の一般物体認識に利用される HOG 特徴量も併用する。

HOG 特徴量は Fig.3 のように輝度勾配情報を用いて形状特徴に着目した特徴量であり、照明変動に頑健という特性があり、正しく色情報が得られない場合でも検出が可能であると考えられる。

### 3. 動的計画法に基づく選手追跡手法

動的計画法は大局的最適化手法の1つであり、幅優先探索に基づく組み合わせ最適化法である<sup>4)5)</sup>。動的計画法を用いたトラッキングでは、全フレームを入力後に各時刻ごとに各位置(ノード)において局所コスト(エッジ)を計算し、最終フレームにおいて最小累積コストを持つノードにたどりつく経路が追跡対象の最適経路となる。

動画像全体に対して動的計画法を適用すると計算量が莫大であるため、本研究では区間分割を行い、区間ごとに大局的最適化を行うことで計算量を削減する。まず選手の状態として、非オクルージョン、パッシブルオクルージョン、オクルージョンの3つの状態を定義する。非オクルージョンとは周りに他の選手がいない状態で、パッシブルオクルージョンとは選手同士が接近した状態、オクルージョンとは一方の選手に隠れてもう一方の選手が検出できない状態である(Fig.4)。非オクルージョンの状態では周りに他の選手がいないため、その選手を確定できる状態であるので、非オクルージョン~非オクルージョンの区間を1つの区間として区間ごとに大局的最適化を行い、それぞれの区間における追跡結果をつなぎ合わせることで動画像全体の追跡結果を得る。

提案手法では、Fig.5のように検出した選手領域をノードとする。選手検出に失敗している場合は、非オクルージョン時に最小二乗法を用いて選手の予測位置を求めておき、予測位置の場所に仮想ノードを作成する。初期フレームでは追跡する選手を1人指定する。

またエッジは式(2)で表されるコスト関数である。

$$F(n_0, n_1, \dots, n_T) = \lambda_1 \sum d_t(n_t) + \lambda_2 \sum (n_t - n_{t-1})^2 + \sum v_t(n_t) \quad (2)$$

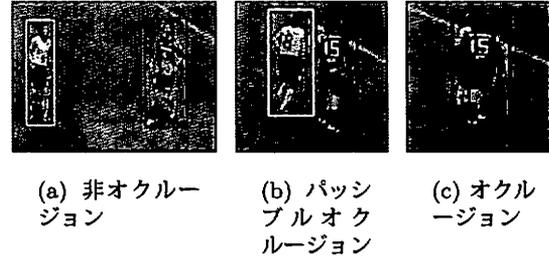
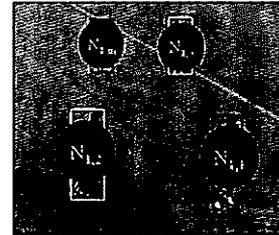
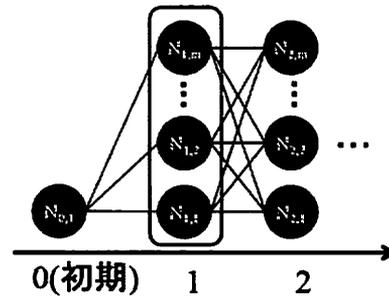


Fig. 4 選手の状態



フレーム1で検出した選手領域

(a) フレーム1で検出した選手領域



(b) 対応するノード

Fig. 5 提案手法のノード

ここで  $n_t$  はフレーム  $t$  において  $N_{t,1}$  から  $N_{t,m}$  のうち選択するノードを示している。右辺第1項中の  $d_t(n_t)$  は局所コストであり、前フレームで選択したノードとのテンプレートマッチングの値と、非オクルージョン時に求めた予測位置との差の2つの値の和を使用する。右辺第2項中の  $(n_t - n_{t-1})^2$  は連続性コストである。右辺第3項は仮想ノードに対してのコストである。定数  $\lambda_1, \lambda_2$  は局所コスト、連続性コストの重みである。このコスト関数を最小化する経路が最適追跡経路となる。

上で述べた手法は選手個人を追跡する手法で

あるので、この手法を用いて複数人同時追跡する手法について述べる。今回は同チーム選手2人(プレイヤーA, プレイヤーB)にオクルージョンが発生した場合について考える (Fig. 6)。同チーム選手2人にオクルージョンが発生すると選手の対応がとれなくなり誤追跡が発生しやすい。そこでプレイヤーA, Bそれぞれを追跡対象として動的計画法を行い、非オクルージョンになった時に、プレイヤーAを追跡対象として行った各ノードの累積コストとプレイヤーBを追跡対象として行った各ノードの累積コストをそれぞれ比較し、プレイヤーA, Bに別々の選手を確定させる。こうすることで、プレイヤーA, Bが非オクルージョンになった場合に、プレイヤーA, Bが同じ選手を追跡するなどの誤追跡をなくし、選手を同時追跡することが可能となる。

#### 4. 評価実験

同チーム選手2人にオクルージョンが発生した状況で、局所最適化に基づく従来手法と、大局的最適化に基づく提案手法それぞれにおいて追跡を試みる。従来手法により追跡した結果を Fig. 7に、提案手法により追跡した結果を Fig. 8に示す。従来手法ではオクルージョンが発生した際に追跡対象を見失い、他の選手に誤追跡してしまっている。提案手法ではオクルージョンが発生しても正しく追跡できている。

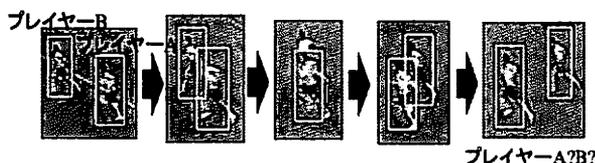


Fig. 6 同チーム選手2人のオクルージョン

#### 5. まとめ

本稿ではサッカー映像において選手を自動追跡する手法として、大局的最適化に基づく動的計画法を用いる手法を提案した。また同チーム選手2人のオクルージョンに対して実験を行い、提案手法の有用性を示した。今後の課題として、さらに複雑なオクルージョン状況に対応するために、3人以上のオクルージョンへの展開を考えることが必要となる。

#### 参考文献

- 1) 糟谷 望, 北原 格, 亀田 能成, 大田 友一, “サッカーシーンの選手視点映像提示に向けた2台のカメラによる選手軌跡獲得”, 全国大会講演論文集, Vol.70, No.2, pp.”2-367”-”2-368”, 2008.
- 2) 片岡 裕雄, 青木 義満, “サッカー映像解析のための遮蔽にロバストな複数選手追跡手法”, 電子情報通信学会論文誌.C, 電子・情報・システム部門誌 Vol.130, No.11, 2058-2064p, 2010.
- 3) 服部 憲和, 青森 久, 松田 一朗, 伊東 晋, “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”, 情報科学技術フォーラム講演論文集 Vol.8, No.3, 201-202p, 2009.
- 4) 藤村 一行, 内田誠一, “DPトラッキング”, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2008), 2008.
- 5) 川野 裕希, 藤村 一行, フォン ヤオカイ, 内田誠一, “多峰型解析的 DP を用いた動画像中の物体追跡”, 情報科学技術フォーラム講演論文集 Vol.9, No.3, 199-200p, 2010.

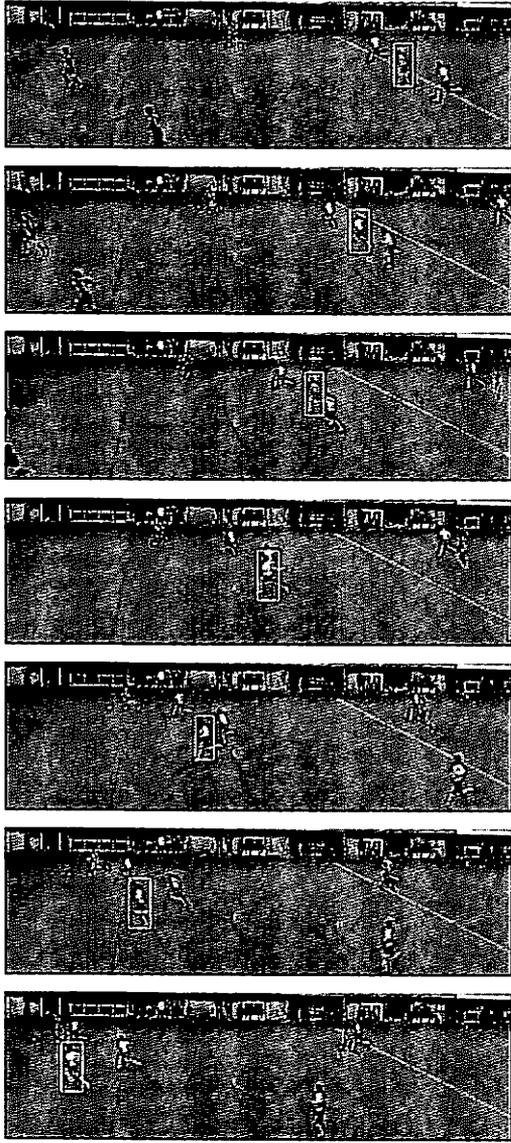


Fig. 7 従来手法による追跡結果

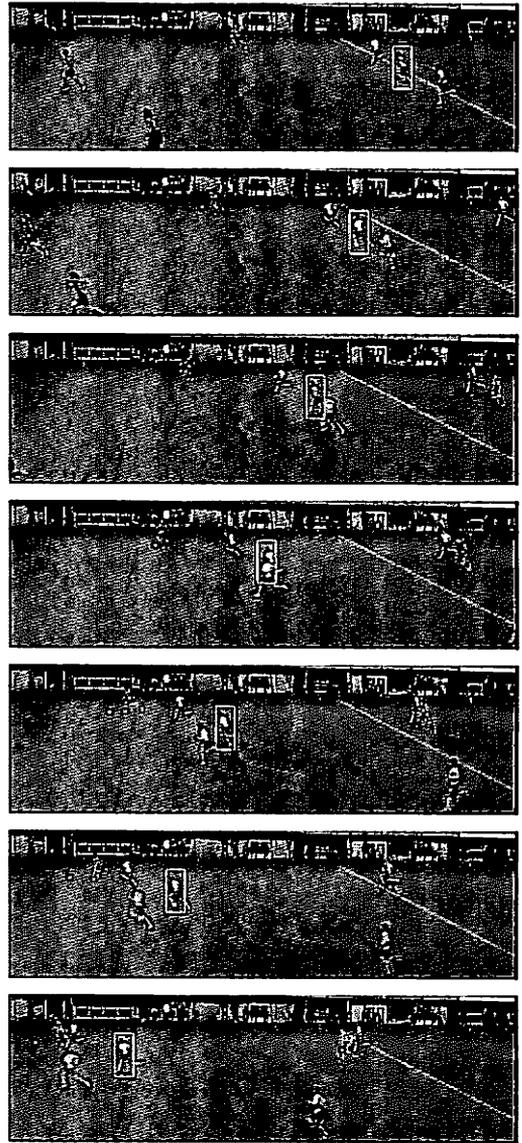


Fig. 8 提案手法による追跡結果