

I-045

## ラインとカメラアングルの離散的探索によるサッカー選手配置高速特定法

A Fast Identification Method of Soccer Player Positions based on Discrete Search of Lines and Camera Angle

望月 貴裕† 藤井 真人† 柴田正啓† 八木 伸行† 酒井善則‡  
Takahiro MOCHIZUKI Mahito FUJII Masahiro SHIBATA Nobuyuki YAGI Yoshinori SAKAI

## 1. まえがき

近年、サッカー映像を処理対象とし、シュートやフリーキックなどのイベント内容をキーとするだけでなく、フォーメーションや戦術による分類および検索を実現するための映像解析技術が提案されている。[1][2][3]では、サッカー放送映像からカメラアングルや選手データを特定する技術が提案されているが、ハフ変換によるライン類の抽出やワイヤフレーム変形によるラインフィッティングなどの計算コストの高い処理を行っており、3秒間の映像処理に90分を要する[3]など、処理時間面での実用性に課題が残る。

そこで本稿では、処理コストの軽減に重きを置き、放送映像からピッチ上での大まかな選手位置を特定する手法を提案する。上記に述べた分類や検索用途では、選手位置は「左・右サイド・中央」「ゴール前」程度の尺度で十分であるとの仮定に基づいている。具体的にはまず、フレーム画像をブロック分割し、テクスチャ解析処理により各ブロックを芝、ライン、選手領域に分類する。そして、従来手法ではピッチ上をくまなく探索して厳密に求めていたライン類を、ブロック分類結果に基づいたブロック単位での離散的な探索で高速に抽出し、事前に離散的に設定した有限種類のカメラアングル(CA)に対応させることで、ピッチ上における選手の位置や動きの大まかな表現を比較的高速に得ることが可能となる。

## 2. 本手法の処理の流れ

サッカー放送映像における俯瞰映像(フィールドをロングで撮影)の区間を対象とし、選手の位置や動きを大まかに表した選手配置データを自動的に生成する。以下に処理の流れを記述する。

1. 先頭フレーム画像上へ格子状にブロックを配置
2. サイドライン(SL)・エンドライン(EL)の特定(3.1節参照)
3. ブロックの初期位置ずらし(3.2節参照)
4. ブロックマッチングを行いながらのテクスチャ分類処理(3.3節参照)
5. センターサークル(CC)およびペナルティライン(PL)の離散的探索による抽出(3.4節参照)
6. カメラアングル(CA)を離散的に特定し、選手位置および動きをピッチ画像へ射影してこの映像区間の選手配置データを生成(3.5節)

## 3. 各処理の詳細

## 3.1. SL・ELの特定

ピッチ領域の形状を元にSL, ELを特定する手法の概要

† NHK放送技術研究所  
‡ 東京工業大学

を述べる。まず、先頭フレーム画像へ格子状に配置した



Fig.1 テクスチャ分類のための学習データ例

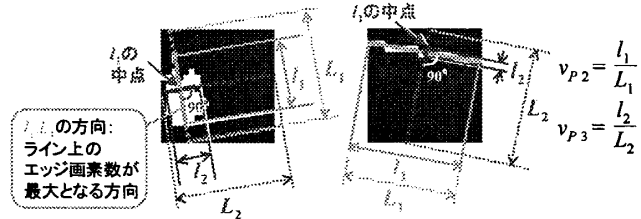


Fig.2 選手とラインを区別するための特徴量

各ブロックについて、芝領域の含有比率を計算する。ある画素が芝領域に属する「芝画素」かどうかの判断は、HSV色空間の閾値処理で行う。これらの閾値は芝用学習テクスチャ画像集合(3.3節参照)のHSV色空間ヒストグラム解析に基づき設定する。

計算された芝画素比率が一定値以上のブロックを「ピッチ内ブロック」とし、ピッチ内ブロックに囲まれた「中抜け」ブロック(例えば選手領域など)もピッチ内ブロックとする。こうして形成された凸形状のピッチ内ブロック集合をピッチ領域とし、その形状(外接線の傾きや長さ)に基づき、SLおよびELを特定する。

## 3.2. ブロックの初期位置ずらし

ブロックを格子状に配置した際、含まれるライン部分や選手部分が小さいと、テクスチャ分類誤りが起こりやすくなる。そこで、ピッチ領域内のブロックについては、ブロック中央部により多くの非芝領域が含まれるようブロック位置をずらす処理を施す。

## 3.3. 各ブロックのテクスチャ分類

本稿では、サポートベクターマシンの(SVM)による分類手法を採用する。SVMを用いて、ピッチ内のブロックを芝・ライン・選手の3カテゴリへ分類する。各カテゴリの学習データ例をFig.1に示す。

分類のための画像特徴は、各カテゴリ(芝、ライン、選手)の特性を考慮し、以下の3要素からなる特徴ベクトル  $V_P=(v_{P1}, v_{P2}, v_{P3})$  を用いる。

- $v_{P1}$ : ブロック内の芝画素比率
- $v_{P2}, v_{P3}$ : ブロック内の芝画素を0, 非芝画素を1とした2値画像について、非芝領域の形状に関する特徴量(Fig.2参照)

$v_{P1}$ は、芝と芝以外(非芝)のブロックの分類に適した特徴である。 $v_{P2}, v_{P3}$ は、特定方向に細く長いというラインの特徴を反映したものであり、ラインブロックと選手ブロックのテクスチャ分類に有効であると考えられる。



Fig.3 テクスチャ分類結果と CC・PL 特定例

学習データ画像から求めた上記の画像特徴を学習させた SVM を用いて、芝であるか非芝であるか、非芝ブロックについてはラインであるか選手であるかの分類を行う。

さらに、次フレーム以降、各ブロックについてブロックマッチングを行いながら上記のテクスチャ分類処理を行い、先頭フレームから一定フレーム後（本稿では 20 フレーム）、次節の処理へ移行する。

### 3.4. ブロック単位での探索による CC・PL の抽出

先頭フレームから現フレームまでのフレーム毎のテクスチャ分類履歴に基づき、各ブロックの最終的なテクスチャカテゴリを決定する（例：分類履歴がライン 3 回、選手 5 回ならば、そのブロックは「選手」）。そして、CC および PL に関する数種類のテンプレート（CC：長軸と短軸の長さ比は固定、大きさ 5 種類、PL：右下がり角度 4 種類、左下がり角度 4 種類）を画像内でブロック幅ずつ離散的に移動させ、ラインブロック群とのフィッティングスコアにより CC および PL の位置を特定する。CC、PL それぞれに関するフィッティングスコア  $S_{CC}$ 、 $S_{PL}$  は以下のように計算する。

$$S_{CC} = \alpha(N_{CC})n_{CC}/N_{CC}$$

$$S_{PL} = \beta(N_{PL})n_{PL}/N_{PL}$$

ここで、 $\{N_{CC}, n_{CC}\}$  は CC テンプレート周上有る {ブロック数, ラインブロック数},  $\{N_{PL}, n_{PL}\}$  は、PL テンプレート線上にある {ブロック数, ラインブロック数} を表す。また、 $\alpha(N_{CC})$ 、 $\beta(N_{PL})$  はそれぞれ  $N_{CC}$ 、 $N_{PL}$  の関数であり、テンプレートの画像上での可視部分が大きいほどスコアを高くするためのものである。

このブロック単位での探索手法は、ハフ変換などを用いた従来手法に比べ非常に高速である。Fig.3 にテクスチャ分類結果とそれに基づく CC・PL の抽出例を示す。ある程度正確な CC・PL が抽出されている。

### 3.5. CA の離散的特定と選手配置データの生成

CA を有限種類に限定することで高速化を図る。実際のサッカー映像の一般的なアングルを踏まえ、Fig.4 に示すように、ピッチ画像上へ  $N_V$  種類の CA を離散的に設定する（本稿では  $N_V=28$ ）。そして、これまでの処理で特定されるライン類および CC の位置や長さに関する条件に基づき、対応する CA を特定する。本稿で設定した CA 特定条件の一部を以下に示す。ただし、フレーム画像サイズを  $W \times H$  (pixel) とし、フレーム画像上での PL の中点の座標を  $(x_P, y_P)$ 、PL の長さを  $L_{PL}$ 、CC の中心の座標を  $(x_C, y_C)$  とする。

- CA 6: 「EL 検出 かつ 奥の SL 検出」または「手前の SL 無し かつ PL 右上がり かつ  $x_{PL} < W/3$  かつ  $2W/5 < L_{PL} < 2W/3$ 」
- CA12: 「 $W/3 < x_C < 2W/3$  かつ  $W/3 < y_C < 2W/3$ 」
- CA18: 「EL 無し かつ 手前の SL 検出 かつ PL 右下がり かつ  $L_{PL} > 2W/3$ 」

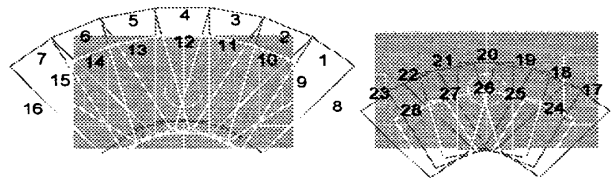


Fig.4 フィールド上に離散的に設定した CA 系列

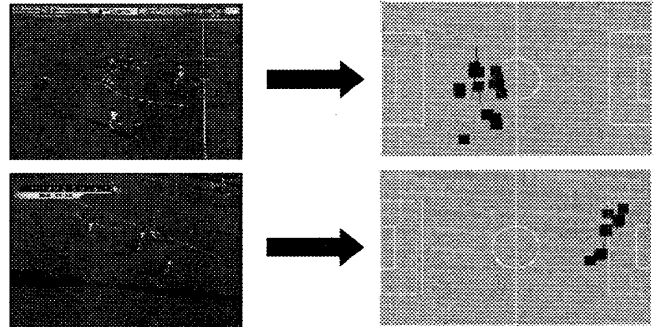


Fig.5 選手配置データ生成例

CA を特定した後、選手ブロックの位置および動きベクトルを、フレーム画像上の座標からピッチ画像上の対応する CA 領域へアフィン変換により射影し、この映像区間の選手配置データとする。

## 4. 選手配置データ生成例

今回は、フレーム画像サイズを  $320 \times 240$  (pixel)、ブロックサイズを  $20 \times 20$  とし、特定のサッカーの試合後半映像から取得した学習データを用いて、前半映像に対して本手法を適用した。本手法による選手配置データ生成例を Fig.5 へ示す。青色の矩形が選手位置を表し、それぞれの矩形の中心から伸びる赤線は動きベクトルを表す。若干の位置のずれが見られるものの、「左・右サイド・中央」「ゴール前」などの大まかな観点で見れば、正しいデータが生成されている。処理時間は、特別な高速化対策を施していない現状で実時間の 3~4 倍程度である。今後厳密な比較をする必要があるが、従来手法よりも処理時間が短縮されていると思われる。

## 5. あとがき

本稿では、芝、ライン、選手の 3 種のテクスチャ分類処理と、ピッチ上のライン類のブロック単位での離散的探索および有限種類の CA の離散的対応付けに基づき、ピッチ上における選手の位置や動きを大まかに表現した選手配置データを高速に生成する手法について述べた。

今後の課題としては、テクスチャ分類、CC・PL の抽出、CA の設定および特定など、各処理の高度化に取り組んでいく。またユニフォームの色情報などによる選手のチーム分け手法の考案や、試合会場やピッチ色の変化に柔軟に対応する仕組みの構築も重要な課題である。

## 参考文献

- [1] T.Watanabe et.al, "A soccer field tracking method with wire frame model from tv images", ICIIP 2004, pp. III-1633-1636.
- [2] 島脇ら, "シーン検索システムのための長時間サッカー中継映像の解析", 情処会研究報告, 2004-CVIM-144, pp.125-132.
- [3] 中川ら, "サッカー映像の自動ゲーム分析", 情処会研究報告 2001-DPS-106, pp.193-198