

バレーボール試合映像からの実時間選手追跡システム

Real-Time Tracking of Multiple Volleyball Players

丸山 裕士^{†1} 李 成哲^{†1} 山口 佳樹^{†1, †2} 児玉 祐悦^{†1, †2}

HIROSHI MARUYAMA

CHENGZHE LI

YOSHIKI YAMAGUCHI

YUETSU KODAMA

1. はじめに

スポーツの競技映像の撮影とそれによる競技動作分析は、競技者の技術改善やスポーツ障害対策などの有効な手段として、スポーツ科学の分野に広く浸透しつつある。例として、競技者に競技映像をフィードバックすることで技術改善を図ったり、試合の流れやフォーメーション等を統計分析し最適なチームプレイを検証したりすることが挙げられる。このため近年では、選手やボールの動きに関する情報を入力すると、短時間でその状況を解析し、その分析結果を試合中にフィードバックできるソフトウェアなども登場している [1]。

しかし、現行のシステムでは試合中の情報入力を記録者がキーボードを用いて手作業で行うため、実時間でシステムに入力可能な情報には限界がある。バレーボールを例にとると、収集される情報はサーブを打った選手の背番号やスパイクのコース等、ボールの動きに付随する情報に限られ、ボールに直接接触していなかった選手の競技情報は収集することが難しい。そこで本稿では現在収集できない情報を実時間で扱えるようにするために、コート後方に設置したカメラからの映像を解析し、全選手の移動を実時間で自動計測するための選手追跡システムを提案する。

競技映像から人物や物体の追跡を調査した先行研究は多数報告されているが、その多くは追跡のための主たるアルゴリズムとして、パーティクルフィルタを使用している [2][3]。このアルゴリズムでは移動後の選手の位置をユニフォームの色等の特徴を検出する事によって推定するため、バレーボールのような同じ色のユニホームを着ている選手が密集している空間に対して適応すると、各選手に対する個別の追跡が困難になることが予想される。また、演算处理的視点では選手の移動方向はランダムに近いため、行動履歴を使用した移動方向予測も難しい。よって、選手の追跡処理には内部情報の更新により比較的頑健に対象物を追跡できるテンプレートマッチングを使用した。しかし、テンプレートマッチングだけでは、二人以上の選手が交差して前の選手が後ろの選手に隠れてしまうような状況(オクルージョン)が発生した場合、後方の選手を見失い、選

手の再検出が必要になる。このため本稿では、選手の検出処理と各選手の追跡処理とを実時間で並列動作可能なものとする。これによって、追跡対象を見失った際にも見失っていない選手の追跡処理を実行しながら、見失った選手の再検出処理を同時に実行することで、追跡が行われない期間が最短となるようにした。

2. 提案手法

提案手法における選手追跡の処理順序を図1に示す。追跡を行うためには、最初に選手の初期位置の候補を複数推定し、それらの領域に対して背番号の数字検出及び認識を行うことで各選手の正確な位置を検出する。次に特定した選手位置に存在するフレームの一部分をテンプレートとし、それらを次のフレームから探索することで選手の位置情報を更新していく。なお、実時間で分析結果を提示することが望ましいため、演算は基本的に全てパイプライン化され、映像入力から結果出力までのレイテンシが最短になるように設計されている。

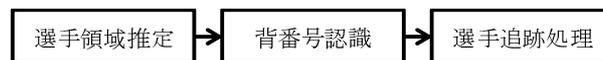


図1 システム全体の動作

2.1 選手領域推定

各選手の追跡を開始する前には、映像フレーム内より選手の初期位置を検出する必要がある。本稿では図2に示すように、背景差分を応用したパイプライン処理により、選手領域を推定している。

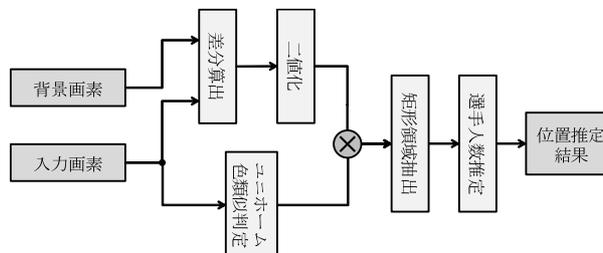


図2 選手領域推定のためのパイプライン構造

これらの通常の背景差分法との違いは、ユニホーム色による画素選択を併用し、且つ選手領域の推定結果を矩形領域として抽出していることである。背景差分による推定では、予め格納しておいた背景フレームの画素と、現フレー

^{†1} 筑波大学大学院 システム情報工学研究科

^{†2} 筑波大学計算科学研究センター

ムの画素の差が一定以上の画素を選手領域の画素とする。これに加え、その画素が、登録されているユニフォーム色と類似するかどうかにも同様に判定され、両者を満たす画素のみを選手が存在する画素として最終的に判断する。

また矩形領域の抽出では、その画素が一定以上の割合で分布している領域の抽出を行う。抽出された領域は、それぞれの面積によってその領域に存在する選手の人数が推定され、面積の降順に選手領域の推定結果として出力する。

2.2 背番号認識

背番号の検出及び認識には部分空間法を使用する。これには背番号のパターンの辞書データが必要になるため、使用する背番号の画像データは予め解析しておく必要がある。これらは選手領域推定結果内の全ての領域に対して適用され、最大の類似度を出力した領域が一定以上の類似度を持つとき、当該領域を背番号の存在する箇所として出力し、そうでない場合は当該領域に選手は存在しないとする。

2.3 選手追跡処理

選手追跡処理も、選手領域推定処理と同様に画素のストリームデータをパイプライン構造を通して解析することによって実現する。

背番号認識によって、正確な位置が特定された選手領域について、その背番号部分をテンプレートとして採取し、次のフレームより類似領域を探索することによって選手の移動ベクトルを求める。類似度の計算に使用する基準には、ハードウェアによる直接計算が容易であることから、テンプレート領域を $T_{i,j}$ 、現フレームからテンプレートと同じ大きさを切り出したものを $I_{i,j}$ とし、これらが 1 辺 N 画素の正方形の領域としたとき、

$$R = \|T - I\|_1 = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} |T_{i,j} - I_{i,j}| \quad (1)$$

に示す残差 R を採用し、この値が最小となる箇所を探索する。このとき、探索に使用するテンプレートは毎回のフレームの入力ごとに更新するものとし、画素情報には撮影ノイズ低減及び、画素の間引きを行うためのデジタルフィルタを適応させる。

3. ハードウェア実装

本システムは、利便性の観点から低消費電力かつ小規模なシステムであることが望ましい。また実時間で処理を実行するための高い演算性能も要求される。この実現のため、本システムでは FPGA によるハードウェアでの直接計算を採用している。図 3 に実装する回路の概要を示す。

選手の追跡を行うにあたり、まずシステムは選手領域の推定処理を実行する。次に、得られた結果を元に背番号認識部が推定結果の周辺のフレーム情報を用いて背番号の認識を行い、選手の初期位置を決定する。これを受け取った

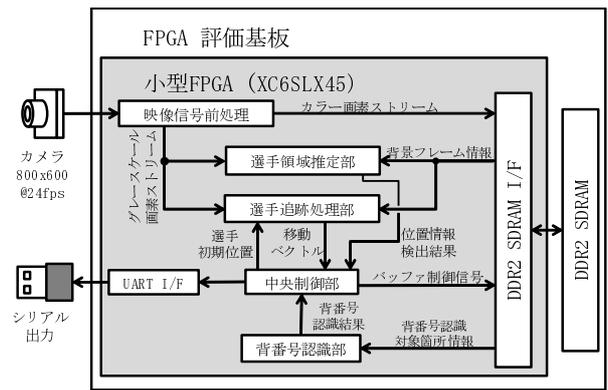


図 3 システムの全体図

選手追跡処理部は、選手位置のフレーム情報をテンプレートとし、それらを次フレームから探索することによって選手の追跡を実現する。また、PC をシリアルポートに接続することで、FPGA による分析結果をその PC に出力することも可能である。

4. 結果と今後の展望

本稿における提案アルゴリズムの処理結果を図 4 に示す。但しこれはハードウェアの実装が完了したシステムには、提案アルゴリズムの動作の途中結果を観測する箇所が一切ないため、ハードウェアによるシステムの実装を行う前に、ソフトウェアによりアルゴリズムの動作検証を行った際に得られたものである。

これらの実行に必要な回路を設計した結果、解像度が水平 800[pix]、垂直 600[pix] でフレームレートが 24[fps] の動画像に対して、実時間での選手位置の検出及び追跡が可能であることが確認できた。これらは小規模 FPGA である XC6SLX45 を用いてルックアップテーブルベースでは約 60% の回路規模で実現されると見積もられており、これらは非常にコンパクトな実装結果であるといえる。

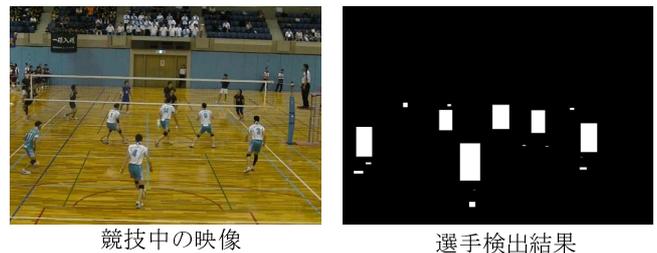


図 4 選手領域の推定結果

参考文献

- [1] Data Volley - Data Project: <http://www.dataproject.com/VolleyBall/DataVolley2007.aspx>
- [2] 西濃 拓郎, 滝口 哲也, 有木 康雄: 複数尤度を用いた 3 次元パーティクルフィルタによる選手の追跡, 画像の認識・理解シンポジウム論文集, pp.307-312, 2010
- [3] 宍戸 英彦, 北原 格, 亀田 能成, 大田 友一: パーティクルフィルタとカルマンフィルタを補完的に利用したバドミントン映像からのシャトル軌道推定, 動的画像処理実用化ワークショップ講演論文集, pp.206-211, 2012