

バドミントン選手移動軌跡の機械学習分類を用いた打点領域検出 Detection of hitting area using machine learning classification of badminton player's movement trajectories

田中 直樹[†] 宍戸 英彦[†] 吹田 真士[†] 亀田 能成[†] 北原 格[†]
Naoki Tanaka Hidehiko Shishido Masashi Suita Yoshinari Kameda Itaru Kitahara

1. はじめに

競技スポーツでは、映像を用いた分析が重要視されている。中でも、バドミントン競技ではショット情報の分析が盛んに研究されている[1]。バドミントン競技は複数のラリーから構成され、ラリーには様々なショットが含まれる。そのため、ショット情報は得失点に繋がるラリー展開を明らかにできることから、映像分析における重要な基礎データとされている。一般に、バドミンントンの映像分析におけるショット情報の検出には専用のソフトウェアが用られ、手動による入力が必要である。しかし、バドミントン競技には1時間を超える試合も存在し、手動入力によるデータ収集には多くの時間と労力を要する。そこで、複数台のカメラ映像からシャトルの3次元位置の追跡によりショット情報の自動検出手法が提案されている[1]。しかし、複数台の画像において同時に高精度な認識技術が伴わなければ3次元情報の精度は極めて低い。特に、画像上の認識誤差が僅かであっても3次元空間に変換した誤差は大きい。そこで本研究では、単眼カメラの映像を用いたショット情報の自動検出手法を提案する。

バドミントンシングルスでは通常、自陣コートの中央付近をベースとし、自身がショットを放った後は、ベースに戻り相手選手の打球に備えるフットワーク特性がある。この特性により、ベースから選手位置までの距離の時間変化は図1に示すように周期性を持ち、ヒットタイミングとの相関がみられる。本研究では図2に示すように、ベースから選手位置までの距離の時間変化からヒットタイミングを検出する。検出したヒットタイミングにおける選手位置が打点と同様の9分割領域に位置すると仮定し、各選手の打点領域を検出する。打点領域はショットのスタート位置、エンド位置を表すため、ショットがどこからどこへ放たれたのかという情報の検出を自動化できる。以上より、上述したデータ収集の課題を解決する。

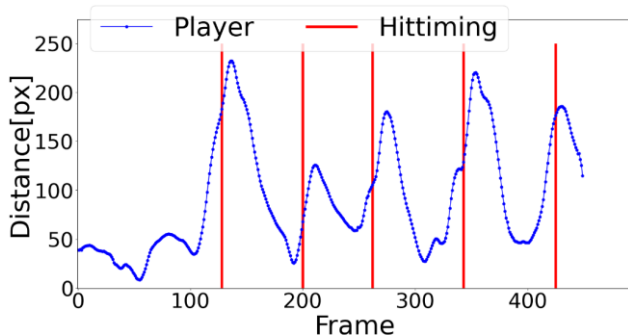


図2 ベースから選手までの距離の時間変化

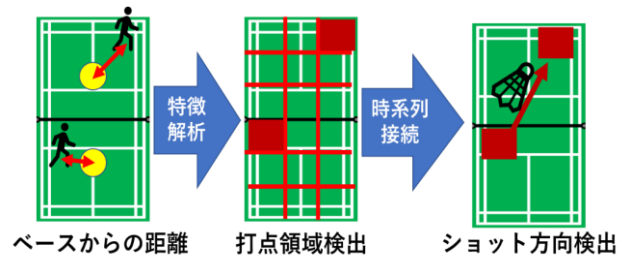


図1 ショット情報検出手法

2. 移動軌跡を用いた打点領域検出手法

本研究では、選手の移動軌跡の特徴を用いた打点領域検出手法を提案する。

始めに、人物骨格推定手法を用いて、バドミントン競技映像から選手の骨格情報を抽出する。本研究では、単眼カメラによって撮影された映像を用いて打点領域を検出する。2次元情報である単眼画像から選手の3次元位置を推定するために、撮影シーン中の物体が全て単一平面(コートマット)上に存在すると仮定し、単眼画像面とコートマットとの間のホモグラフィ変換を用いて2次元情報から選手のコート上の位置を推定する。しかし、被写体は地面から鉛直方向に高さを有する物体であるため、画像上の観測領域がコートマットから垂直方向に離れるほど、ホモグラフィ変換で算出される位置と、コートマットに鉛直投影した位置(実際の存在位置)との差が大きくなる。そこで、図3左の青十字で示すように、人物骨格推定手法で得られた選手の身体部位の中でコートマットから比較的近い、両足首の midpoint を選手位置とする。この位置は、両脚が交差する際に生じる誤検知の影響を受けにくいという利点もある。セルフオクルージョン等によって選手の骨格情報の取得が困難な場合は、線形補間により値を補う。

バドミンントンのショットを分析する際には、図3右に示すようにコート半面を9分割し、自陣エリアから相手エリアへ放たれたショットの方向を検出するのが一般的であるため[3]、本研究においても同様のコート分割数を採用する。

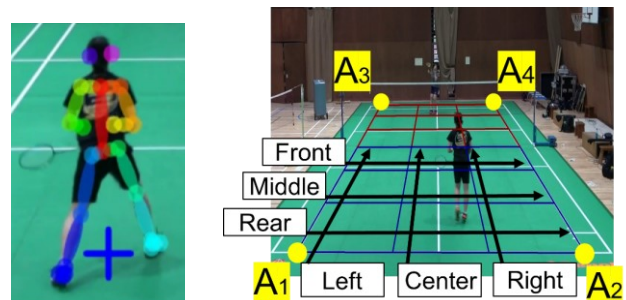


図3 左: 選手位置の定義 右: コート9分割

[†] 筑波大学 University of Tsukuba

表 1 提案手法を試合映像に適用した精度評価

総打数 (サーブを除く)	正しく 検出された打数	未検出の打数	誤検出の打数	再現率 (%)	適合率 (%)	F 値 (%)
208	173	35	39	83.2	81.6	82.4

本研究では、規則的なフットワーク移動特性が顕著に表れるシングルスゲームを対象とする。シングルス試合ではコート上 2 本のサイドラインのうち、内側のラインを使用する。そのため図 3 右に示すように、点 A1~A4 の座標を取得しコート半面を 9 分割する。単眼カメラでコートを斜め上から撮影した図 3 右のような映像では、長方形のコートが台形に近い形に変形し、実際には等しい長さのコート幅がカメラからの距離により異なる長さとして取得される。その状態で得られる座標を用いた領域分割は誤差が生じる。したがって、コート全体に対しホモグラフィ変換を適用し、長方形へ補正処理を施した後コート半面を 9 分割する。画像上で検出された選手の位置に対しても同様のホモグラフィ変換を行い、9 分割した領域の中から選手の位置する領域情報を取得する。

次に、各フレームの選手位置からベースまでの距離を算出し、時系列データを作成する。ここでのベースは計算の都合上、コート中央の 1 点を指す。次に、図 4 に示すように、ヒットタイミング i を中心とした任意の N フレーム分のデータを訓練データとして抽出する。同様の手順で任意の個数用意した訓練データに対し各フレームの移動距離平均を算出することで、ヒットタイミングの特徴パラメータを求める。次に、図 5 に示すように N フレーム分の長さで任意のステップ j ごとにテストデータを抽出する。抽出されたテストデータに対して、ヒットタイミングの特徴パラメータを用いて類似度を計算する。類似度の計算には DTW 距離を用いる。類似度が高いテストデータをヒットタイミングが含まれる正解データとして分類される。正解データの中心フレームをヒットタイミングとして計算し、ヒットタイミングにおける選手の位置する 9 分割領域を打点領域として検出する。

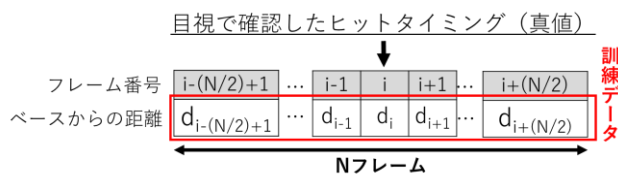


図 4 訓練データの生成法

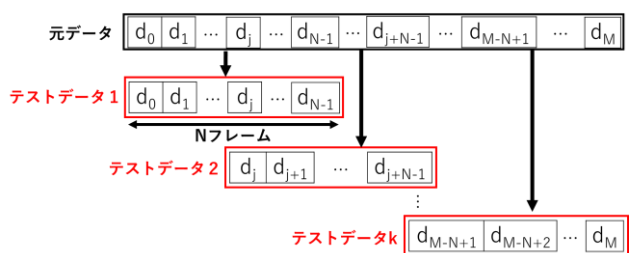


図 5 テストデータの生成法

3. 提案手法の実証実験

提案手法の実証実験では手前のコートの選手を対象とした。検証に使用する試合データは、筑波大学バドミントン部の男女 3 名ずつによる、シングルスラリー 58 本の動画データとする。撮影映像は図 3 右のように選手 2 人が映るようにネットを正面に撮影したものとする。選手の骨格抽出には OpenPose[4]を用いた。OpenPose は 2 次元画像上の人物の骨格形状を深層学習によって推定するアルゴリズムであり、複数の人が混在する場合でもリアルタイムでの検出が可能である。提案手法の各パラメータは予備実験の結果から取得された $N=40$, $j=10$ と設定した。提案手法は選手の移動を伴わないサーブ時を検出することは想定していない。したがって、提案手法の実証実験ではサーブを検証対象外とし、総打数に含めないこととする。検出精度の指標として再現率、適合率、F 値を用いる。再現率は正であるデータのうち、正であると予測されたデータの割合である。適合率は正と予測したデータのうち、正であるデータの割合である。F 値は再現率と適合率の調和平均である。

表 1 に示す通り、打点領域検出の検証結果は再現率が 83.2%、適合率が 81.6%、F 値が 82.4%であった。提案手法では、ベース付近からのショットなど、選手の移動量が少ないときのヒットタイミング検出が難しく、精度を低下させる要因であると考察した。

4. おわりに

本研究では、単眼カメラで撮影されたバドミントン競技映像において、選手移動軌跡の競技特性を用いた打点領域の検出手法を提案した。提案手法では、ベースから選手までの距離の時間変化とヒットタイミングの相関からヒットタイミングを検出した。ヒットタイミングの選手位置が含まれる 9 分割領域を打点領域と定義し、打点領域の検出を試みた。手前のコートの選手に対する実証実験の結果、検出精度 (F 値) は 82.4%であった。以上より、選手移動軌跡の競技特性から、2 次元情報のみを用いた打点領域の検出に成功した。

参考文献

- [1] Chen Bingqi, Wang Zhiqiang, "A Statistical Method for Analysis of Technical Data of a Badminton Match Based on 2-D Serial Images," Tsinghua Science and Technology ISSN 1007-0214 14/19 pp.594-601, Vol.12, No.5, 2007
- [2] Nyan-Ping Ju, Dung-Ru Yu, Tsi-Ui Ik, Wen-Chin Peng, "Trajectory-based Badminton Shots Detection," ICPAI, pp.64-71, 2020.
- [3] 林直樹, 竹内雅明, 藤野和樹, 菊池直子, 大東忠司, "ロンドンオリンピック 2012・バドミントン競技の男子シングルス決勝戦のゲーム分析," 東京体育学研究, Vol.5, pp.21-26, 2014.
- [4] Zhe Cao, Tomas Simon, Shih-En Wei, Yaser Sheikh, "Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 14 pages, 2019.