

A study on 3D analysis of volleyball video using YOLOv7

和泉 湧士

Yushi Izumi

黒木修隆

Nobutaka Kuroki

沼昌宏

Masahiro Numa

1 はじめに

競技中の選手のパフォーマンスをビジュアル化するメディアが増える中、映像分析の自動化が求められている。また、バレーボールのように試合中の選手とベンチスタッフの連携が重要なスポーツにおいて、選手のパフォーマンスをリアルタイムに把握することは重要である。そのようなスポーツにおいて単眼カメラの映像から即座にデータ収集を行う技術は非常に有益である。しかし、バレーボールは他の球技に比べて空中のプレーが多く、3次元の解析が難しい。

2 提案手法

単眼カメラの映像から選手、ボール、コートを検出し、それらを半自動で3次元解析する方法を提案する。

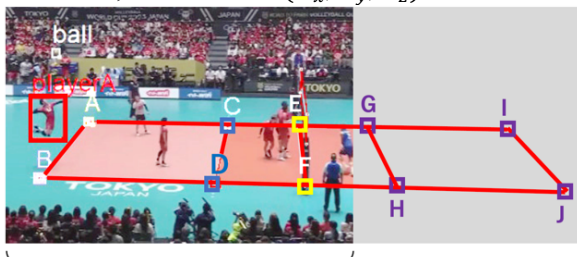
2.1 概要

提案手法では YOLOv7 [1] を用いて図 1 のように選手やボールを2次元で検出したあと、重力を考慮した物理モデルに基づいて3次元の動きを推定する。

2.2 ワールド座標の算出

ワールド座標の算出は以下の(1)から(3)の手順で行う。

- (1) 試合の映像から YOLOv7 を用いて選手、ボール、およびコート特徴点を自動検出する。なお、注目したい選手(サーバー、レシーバー、セッター)については手作業で選択する。
- (2) コートの特徴点 A~J のうち4つ以上揃っているフレームではカメラのワールド座標及び透視変換行列 P を求めることが可能である。コート特徴点が3つ以下のフレームでは前後のフレームから全ての透視変換行列を補間する。
- (3) ボールおよび選手のスクリーン座標 (S_x, S_y) に加えて、物理モデルに基づく制約条件 I を利用し、ワールド座標 (W_x, W_y, W_z) を



撮影範囲内の特徴点A-Jからカメラの姿勢 P を推定

図1 コート特徴点の検出とワールド座標の算出

$$(W_x, W_y, W_z) = P^{-1}(S_x, S_y, I) \quad (1)$$

のように求める。制約条件 I は以下の(a)~(d)の場合に分けて考える。

- 選手が着地している時は、足元の z 座標を 0 と置くことで残りの x, y 座標が計算可能となる。
- 選手がジャンプ中の時、ジャンプ直前と着地直後の x, y 座標から x, y 方向には線形補間、 z 方向には重力を考慮した放物線で補間する。
- ボールをヒットした瞬間は、選手の x 座標をボールに適用することで、残りの y, z 座標が計算可能となる。
- ボールが空中の2点間を飛んでいる時、2点の3D座標から x, y 方向には線形補間、 z 方向には重力を考慮した放物線で補間する。

2.3 分析例

本研究では分析支援としてサーブの初速度、レシーブ時のボールの速度、サーブの高さ、サーブが成功したかどうかを求めた。レセプションの成功条件は図3に示すようにレシーブの高さと落下地点の基準を決める[2]。ここで落下地点とはセッターがトスを上げる地点である。

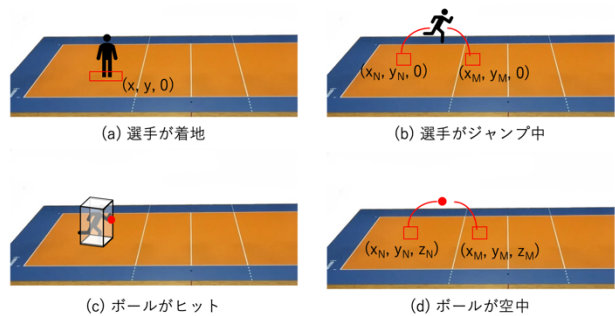


図2 物理モデルに基づく3次元化のための条件

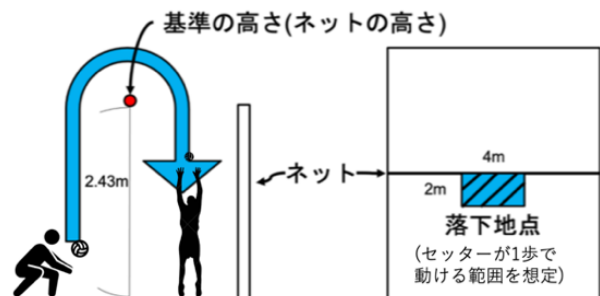


図3 レセプションの成功条件 (文献[2]より)

表 1 ボールとコート特徴点の検出精度

評価指標	適合率	再現率	F 値
ball	0.833	0.625	0.714
A	0.849	0.952	0.898
B	0.481	1.00	0.650
C	0.967	0.985	0.976
D	0.971	1.00	0.985
G	0.907	0.947	0.927
H	0.934	0.963	0.948
I	0.946	0.818	0.877
J	1.00	0.110	0.198

表 2 自動分析の一例

分析内容	結果
レセプション失敗・成功	失敗
初速度	113 [km/h]
レシーブ時の速度	115 [km/h]
サーブの高さ	3.10 [m]

3 評価実験

3.1 実験内容

まず、バレーボールの試合映像の 1 シーン(サーブレセプショントス)から YOLOv7 を用いてボールとコートの特徴点を検出し、それらの適合率、再現率、F 値を評価する。次に、選手やボールの 2 次元座標から 3 次元の世界座標を求め、Unity を用いて簡易的に再現するとともに、サーブの初速度、レシーブ時の速度、サーブの高さ、サーブの成否を求めた。

3.2 結果と考察

検出結果を表 1 に示す。映像に映る機会の少ない左下の特徴点 B と右下の特徴点 J の精度は低かったが、その他の特徴点の精度が高かったため透視変換行列の算出に失敗するケースはなかった。次にボールの 3 次元座標を求め、映像上に再投影した。図 4 ではボールが本来の挙動と一致している例を、図 5 では一致していない例を示す。時速 100km を超えるボールは空気抵抗を大きく受けており、計算上の挙動と異なっている部分があった。図 6 に Unity による再現の様子を示す。選手のジャンプサーブやレセプションの位置をほぼ映像通り再現できた。ただし、人が直方体で表されているため、リアリティに欠ける点は今後の課題である。表 2 では自動分析内容の一例を示す。レセプションの成否については主観的評価により概ね正しいと考えた。レシーブ時の速度が初速度よりも速くなっているのは空気抵抗を考慮していないため重力加速度のみが働き、位置エネルギーの減少分が速度に加算されたものである。ボ

ールに関してより適切な物理モデルを構築することが今後の課題である。

4 まとめ

本研究では、単眼カメラで撮影されたバレーボールの試合映像の 3 次元解析を目的とし、YOLOv7 を用いてボールとコートの自動検出を行い、さらに重力を考慮してワールド座標を算出する手法を提案した。実験では Unity を用いて選手とボールの動きを再現したところ、概ね主観的に正しい分析結果が得られたものの、時速 100km を超えるサーブでは空気抵抗が無視できないことがわかった。

今後はボールが本来の挙動に近づくよう物理計算の見直し、手作業を含む部分の自動化、Unity での再現におけるリアリティの改善を行う予定である。

参考文献

- [1] Chien-Yao Wang, Alexey Bochkovskiy, Hong-Yuan Mark Liao, "YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors" arXiv:2207. 02696, 2022.
- [2] 樋口好彦, 江崎修央, "バレーボールのサーブレシーブの守備範囲指定・表示システムの構築", 第 8 3 回全国大会講演論文集.



図 4 ボールが実際の位置と一致している例



図 5 ボールが実際の位置と一致していない例

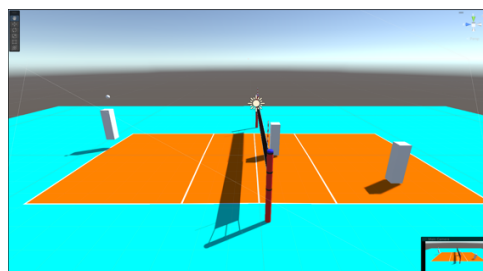


図 6 Unity による再現