

人工知能を用いたソフトテニスの動作と戦術解析のための基礎研究

小山 幸伸* 楢田 英也** 齊藤 彰**

Basic research on motion and tactical analysis in soft tennis by using AI

Yukinobu KOYAMA*, Hideya KUWATA**, Akira SAITO**

Soft tennis in Japan is one of the most popular club activities in junior and senior high schools. While various analysis results and software are available for tennis, however, those for soft tennis are still insufficient. Then we studied basic research for analyzing movements and tactics in soft tennis by using AI. We tested image recognition by AI, and we were able to track balls and people, and detect skeletons. We also tested simple stereo camera which consists of two inexpensive action cameras, but depth estimation by it has not been successful yet. Integrating these two is also future task.

Keyword Soft tennis, Deep Learning, AI, YOLOv5, DeepSORT, TrackNet, OpenPose

1. 背景と目的

アジア地域、とりわけ日本におけるソフトテニスは、中学校および高校において男女ともに最も人気のあるクラブ活動のひとつとして挙げられる。しかしながら、日本における硬式テニスの競技人口が約440万人に対し、ソフトテニスのそれは約45万人にとどまる¹⁾。世界的に普及している硬式テニスは様々な解析結果や解析ツールが利用できるのに対し、ソフトテニスのそれらは未だ充分でない。両競技には類似点もあるものの、プレーヤー視点においては大きく異なり、硬式テニスで得られた知見の応用は難しい。そこで本研究はソフトテニスを対象とし、人工知能を用いた動作と戦術解析のための基礎研究を行うことを目的とする。

2 ソフトテニスの動作解析のための取り組み

図1、2にYOLOv5を用いた物体検出³⁾、DeepSORTを用いた人物の追尾⁴⁾、TrackNetを用いた微小高速球の追尾⁵⁾、およびOpenPoseを用いた姿勢推定⁶⁾を示す。



図1. YOLOv5を用いた物体検出、DeepSORTを用いた人物の追尾、TrackNetを用いた微小高速球の追尾、およびOpenPoseを用いた姿勢推定その1。



図2. YOLOv5を用いた物体検出、DeepSORTを用いた人物の追尾、TrackNetを用いた微小高速球の追尾、およびOpenPoseを用いた姿勢推定その2。

COCOモデル⁷⁾を用いたYOLOv5による物体検出の際に、解析に不要なボトルやバックパックまで検出したものの、実用上問題無い。YOLOv5はフレーム毎の人物検出は出来たものの、フレームをまたがった追尾が出来ないため、次に人物追尾が可能なDeepSORTを利用した。これによって人物追尾は出来たものの、人物がフレームアウトする毎に別の識別子が付与される問題に直面した。識別子の名寄せを行えば良いが、後処理が増える欠点である。人物がフレームアウトしない画角で撮影すれば良いが、人物あたりの画素数が減り、人物検出精度に影響する可能性がある。両問題の解決は今後の課題である。

次に硬式テニスによる学習済みモデルとTrackNetを用いて、ソフトテニスボールを軌道検出を試みた。硬式テニスはシングルスが主流であるのに対し、ソフトテニスはダブルスが主流であるため、人物によってカメラの死角が出来やすい。またソフトテニスは空高く打ち上げるロブが多用されるなど、ボールがフレームアウトしたり空と識別出来なくなる可能性が高いと考える。今回撮影した短い動画では、選手の体に遮られてカメラの死角にボールが入った場合でも、ボールの軌道を予測出来た。しかしながら、さらに撮影を重ねて、様々な場合に対応出来るかを検証する必要がある。別の課題として、カメ

*近畿大学工業高等専門学校
総合システム工学科 電気電子コース
** 同共通教育科

ラの手ブレが原因で、静止している線などをボールとして誤認識することがあったので、次節の通り改善した。

OpenPose を用いた姿勢推定は出来た。今後、関節や骨を表すノードやエッジの数値データを取り扱い、動作解析を行う。

3 ソフトテニスの戦術解析のための取り組み

3.1 TYRod を用いた高所撮影

ボールや人物の空間位置を把握するために、高所撮影用一脚 TYRod を導入した⁸⁾。図3の通り、テニスコート全体を見渡すことが可能になった。高所のアクションカメラと手元のスマートフォンをWiFi 接続し、LiveDV アプリケーションを用いることによって、高所撮影の様子が手元で確認可能となった。また、アクションカメラ付属の2.4GHz リモコンによって、動画撮影開始と終了がリモコン操作できた。



図3. アクションカメラ Apexcam M80 Air を TYRod に取り付けて、地上約8m から撮影した画像。

3.2 ステレオカメラを用いたオブジェクトの空間位置の推定の理論

高所撮影によって、ボールや人物の空間位置が把握しやすくなった。しかしながら、1台のカメラによる2次元の画像データだけでは、物体の正確な空間位置が分からない。そこで、図4の2台のカメラによる平行ステレオ画像を考える。

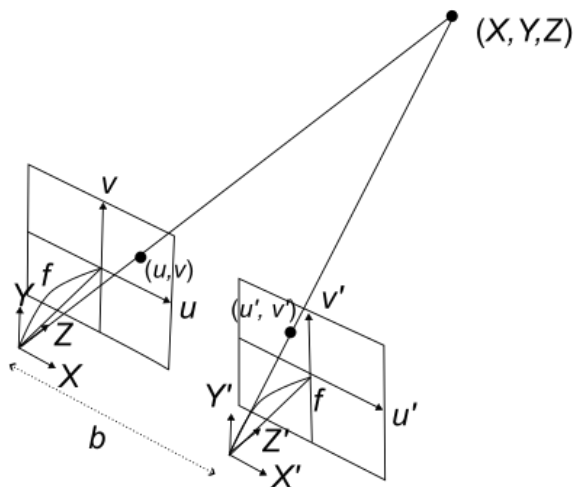


図4. 平行ステレオ画像の原理図

画像面と光軸との交点に画像座標原点があり、実空間 (X, Y, Z) に位置するオブジェクトを左のカメラで検出した場合、

$$u = \frac{f}{\delta_u} \frac{X}{Z},$$

$$v = \frac{f}{\delta_v} \frac{Y}{Z},$$

と表される。ここで、同様の条件下で右のカメラで検出した場合、

$$u' = \frac{f}{\delta_u} \frac{X'}{Z'},$$

$$v' = \frac{f}{\delta_v} \frac{Y'}{Z'},$$

または、

$$u' = \frac{f}{\delta_u} \frac{X-b}{Z},$$

$$v' = \frac{f}{\delta_v} \frac{Y}{Z},$$

と表される。縦と横の画素間隔が等しく $\delta_u = \delta_v$ が成り立つので、

$$X = \frac{bu}{u-u'},$$

$$Y = \frac{bv}{u-u'},$$

$$Z = \frac{bf}{\delta(u-u')},$$

となり、実空間におけるオブジェクトの位置が決まる。

3.3 簡易ステレオカメラの構成

ステレオカメラは単眼のカメラに比して種類が少なく、また価格も割高である。そこで、単眼のカメラ2台を用いてステレオカメラ化することを検討した。まず、カメラを適当なベースラインを隔てて配置するための図5のデュアルカメラプレートを導入した。ベースラインが160mm になるように、2台のカメラの取り付け位置にそれぞれ目印を付けた。1台1万円以内で入手可能な安価なアクションカメラ2台をデュアルカメラプレートに取り付けた簡易ステレオカメラを図6に示す。



図5. アルミニウム合金製のデュアルカメラプレートを示す。三脚の雲台と接続する中央のネジ位置と、そこから左右にそれぞれ80mm 離れたカメラ取り付け位置に、フライス盤を用いて目印をつけた。



図6. Apexcam M80 Air を2台デュアルカメラプレートに取り付け、三脚に取り付けた様子。

TYRodに簡易ステレオカメラを取り付けた様子を図7に示す。車の後輪で金属製の簡易ポール立てを踏み、それにTYRodを差し込むことによって支持している。動画撮影前に、4本のステーワイヤーの張り具合でポールの垂直およびステレオカメラの水平を確保する必要がある。

アクションカメラ付属の2.4GHzリモコン1台から送信された信号は、双方のカメラで受信されるため、動画撮影開始と終了が同期されることを確認した。図8に簡易ステレオカメラで得られた画像を示す。なお一脚の位置、高さ、仰角などの最適化は今後の課題である。



図7. TYRodに簡易ステレオカメラを取り付けた様子

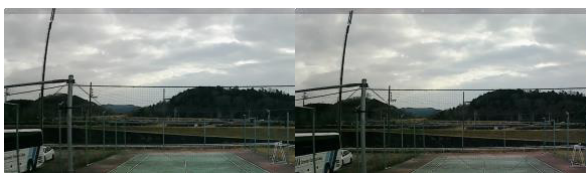


図8. テニスコートのステレオ画像

3.4 ステレオカメラを用いたオブジェクトの空間位置の推定テスト

図9に室内のステレオ画像を示す。図10はステレオカメラを用いたオブジェクトの空間位置の推定テストの結果である。カーテンの山と谷が識別されている。なお、奥行きZの推定には、OpenCVのStereoBM関数を用いた。

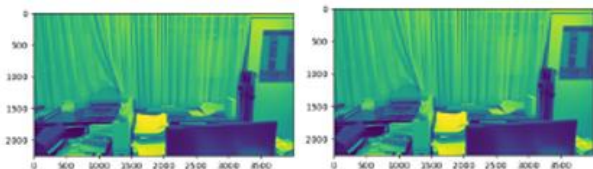


図9. 室内のステレオ画像

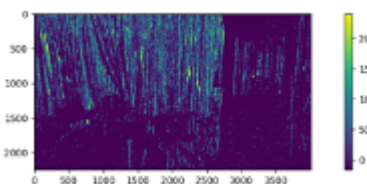


図10. 室内のステレオ画像にOpenCVのStereoBM関数を用いた奥行き推定結果

3.5 Unityを用いた仮想ステレオ画像の利用

先の室内のステレオ画像解析では、カーテンの山と谷の奥行きが得られたが、正確な奥行きを実測するのが困難だったので定量的評価は出来ていない。そこで、実画像を用いて奥行き推定するのに先駆けて、不要な画素が無い仮想空間でステレオ画像を作成し、それらを用いて奥行き推定の動作検証を行うことを考えた。図11にUnityで模擬したテニスコートのステレオ画像を、図12はそれらの画像から奥行き推定結果を示す。未だ奥行き推定は成功してないので、今後調査する。



図11. Unityで模擬したテニスコートのステレオ画像

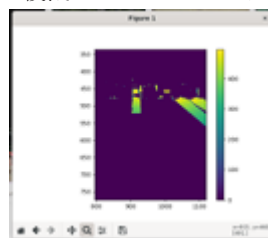


図12. Unityで模擬したテニスコートのステレオ画像にOpenCVのStereoBM関数を用いた奥行き推定結果

4. むすび

本取り組みでは、人工知能を用いたソフトテニスの動作と戦術解析のためのいくつかの基礎研究を行なった。ステレオカメラを用いたオブジェクトの空間位置推定の確立が急務である。これが可能になれば、ステレオカメラの左右の画像にそれぞれ、YOLOv5、DeepSORT、TrackNet、OpenPoseを適用し、ボール位置や選手のバウンディングボックス位置から実空間位置が求まり、テニスショットの図やヒートマップの作成が可能になる。

謝辞

ソフトテニス動画の被写体として本研究に協力してくれた近畿大学工業高等専門学校の大堀翔太郎氏と西川光喜氏に、また、硬式テニスの動画の被写体として本研究に協力してくれた同校の硬式テニス部の部員一同に、著者一同は感謝します。

参考文献

- 1) 平成28年度テニス環境等実態調査報告書、日本テニス協会, https://www.jta-tennis.or.jp/Portals/0/resources/JTA/pdf/information/population/population_h28_jpn.pdf.

2) 令和2年度事業報告書、公益財団法人日本ソフトテニス連盟、https://www.jsta.or.jp/wp-content/uploads/2021/05/jihou2020_draft.pdf.

3) YOLOv5,
<https://github.com/ultralytics/yolov5>.

4) Simple Online and Realtime Tracking with a Deep Association Metric, Nicolai Wojke, Alex Bewley, Dietrich Paulus,
<https://arxiv.org/abs/1703.07402>.

5) TrackNet: A Deep Learning Network for Tracking High-speed and Tiny Objects in Sports Applications, Yu-Chuan Huang, I-No Liao, Ching-Hsuan Chen, Tsi-Ui Ik, Wen-Chih Peng,
<https://doi.org/10.48550/arXiv.1907.03698>.

6) OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields
Zhe Cao, Gines Hidalgo, Tomas Simon, Shih-En Wei, Yaser Sheikh, <https://arxiv.org/abs/1812.08008>.

7) Microsoft COCO: Common Objects in Context
Tsung-Yi Lin, Michael Maire, Serge Belongie, Lubomir Bourdev, Ross Girshick, James Hays, Pietro Perona, Deva Ramanan, C. Lawrence Zitnick, Piotr Dollár,
<https://arxiv.org/abs/1405.0312>.

8) TYRod, 山崎 徹,
https://twitter.com/toruy_pvds/status/1526018284961042432.