

スポーツ選手を対象とする姿勢特徴を考慮した複数人物追跡

小林 万葉^{1,a)} 小池 和輝¹ 植田 諒大¹ 滝本 裕則^{2,b)}

概要：複数物体追跡 (Multi-Object Tracking, MOT) は、コンピュータビジョン分野における重要なタスクの 1 つであり、ビデオシーケンスに登場する複数の物体を一意に識別し、その動きを正確に追跡することを目的とする。近年、スポーツ領域においても運動解析や戦術分析への応用を背景として、試合映像中の選手を対象とした MOT の研究が注目されている。しかし、スポーツシーンでは、選手が加減速や急な方向転換を伴う不規則な運動を示す上に、チーム競技では共通したユニフォームを着用することで、選手間でその外観が類似しやすくなる。そのため、位置情報や外観情報に基づく従来の関連付けでは物体の誤割当てが生じやすく、異なる物体同士を時間的に結び付けてしまうことで追跡精度の低下を招く。本研究では、スポーツ選手を対象とした MOT の高精度化を目的とし、姿勢情報を考慮した追跡手法を提案する。具体的には、試合中に選手が多様な姿勢をとる点に着目し、深層学習に基づく姿勢推定モデルの中間層から抽出される特徴量の類似度を、物体検出結果と過去の Tracklet の関連付けに導入した。これにより、複雑な運動や類似した外観を持つ物体が登場するシナリオでも、安定した物体の関連付けが期待できる。評価実験では、アイスホッケー選手を追跡対象とする VIP-HTD データセットを用い、MOTA や IDF1 をはじめとする主要評価指標により提案手法の有効性を検証した。

1. はじめに

複数物体追跡 (Multi-Object Tracking, MOT) は、コンピュータビジョン分野における重要なタスクの 1 つであり、ビデオシーケンスに登場する複数の物体を一意に識別し、その動きを正確に追跡することを目的とする。近年、スポーツ領域においても運動解析や戦術分析への応用を背景とし、試合映像中の選手を対象とした MOT の研究が注目されている。

本研究では、スポーツ選手を対象とした MOT の高精度化を目的とし、姿勢情報を考慮した追跡手法を提案する。具体的には、これにより、

2. 関連研究

MOT を解く代表的なパラダイムは “Tracking-by-Detection” である。このパラダイムでは、まず各フレームに登場する物体を検出し、その後既存のトラックと検出さ

れた物体を何かしらの指標に基づいて結びつける。これにより、異なるフレーム間で同じ物体には同じ識別子 (ID) が割り当てられ、時間的な物体追跡が実現する。ここで、既存トラックと検出結果の間で同一物体を結びつける操作を Association と呼ぶ。Association は、トラックの集合を $\hat{\mathcal{X}} = \{\hat{\mathbf{x}}_i\}_{i=1}^M$ 、検出結果の集合を $\hat{\mathcal{Y}} = \{\hat{\mathbf{y}}_j\}_{j=1}^N$ とすると、両集合の要素を重複なく 1 対 1 で対応付け、コスト $\mathcal{L}_{\text{match}}(\cdot)$ の総和を最小化するインデックス割当て \hat{P} を求める問題に帰着する。これは、式 1 のように線形割当て問題として定式化され、ハンガリアン法 [1] などのアルゴリズムによって解かれる。

$$\hat{P} = \underset{P \in \mathcal{P}_{M \times N}}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \mathcal{L}_{\text{match}}(\hat{\mathbf{x}}_i, \hat{\mathbf{y}}_j) \quad (1)$$

SORT[2] は Tracking-by-Detection に基づく代表的な追跡手法である。SORT では、物体の位置とその速度によって状態変数を記述し、カルマンフィルタ [3] を用いて状態の予測・更新を行う。この際、ある時刻の Association のコストには、IoU (Intersection over Union) が使用される。IoU は 2 つの図形の重なり度合いを評価する指標であり、SORT では一つ前の時刻から状態予測されたトラックと、現在の時刻で得られた検出結果の間で、Bounding-Box の IoU を計算することで、物体の位置的類似性に基づいた Association を行う。SORT は、非常にシンプルは枠組みで物体追跡を行うことが可能である一方で、複雑に動く物

¹ 岡山県立大学大学院 情報系工学研究科 システム工学専攻
Okayama Prefectural University Graduate School of Systems Engineering Course of Advanced Systems Engineering

² 岡山県立大学 情報工学部 情報通信工学科
Okayama Prefectural University Faculty of Computer Science and System Engineering Department of Communication Engineering

a) sk625018@c.oka-pu.ac.jp

b) takimoto@c.oka-pu.ac.jp

体の追跡を苦手とする。これは、カルマンフィルタが前提とする状態空間が、状態の遷移に線形性を仮定していることが原因する。物体が不規則な動きをしたり、カメラモーションが加わると、物体の見かけの動きが複雑化し、線形運動を仮定した物体の状態予測は、予測トラックと検出結果の位置的類似性を低下させる。これにより、IoUに基づいた Association は ID Switch（フレーム間で同一物体の ID が切り替わる現象）等の誤追跡が頻発するようになる。

これに対して、複雑な物体の動きに対応するために、パーティクルフィルタや Transformer に基づいたより高精度な予測器を用いた追跡手法が提案されているが、いずれも学習に要するコストや、推論自体に時間がかかってしまうことから実用性に課題を抱えている。

DeepSORT[4] は、SORT の課題を克服することを目的に設計された追跡手法である。DeepSORT では、Association のコストに CNN(Convolutional Neural Network) から抽出された外観特徴量のコサイン類似度を導入している。これにより、物体が複雑に運動したり、一旦フレームアウトした物体が再びフレームに登場しても、外観情報に基づいた Association によって、より頑健な追跡を実現している。しかし、

指摘されている?.

OC-SORT は、

PoseTrack

3. 提案手法

本研究では、を提案する。具体手には、. さらに、することが必要としない。

$$C_{\text{pose}} = \sum_{i=1}^N (1 - \cos \theta_i) \quad (2)$$

4. 評価実験

4.1 評価データセット

本研究では、評価データセットとして、アイスホッケー選手を追跡対象とする VIP-HTD データセット?を用いた。

4.2 評価指標

本研究では、評価指標として、MOTA(Multi-Object Tracking Accuracy) を用いた。

$$MOTA = 1 - \frac{|FN| + |FP| + |IDs|}{|GT|} \quad (3)$$

ここで、 $|FN|$ は、

また、 $IDF1$ は、 IDP と IDR の調和平均として式 4 で定義される。

$$IDF1 = \frac{2 \times IDP \times IDR}{IDP + IDR} \quad (4)$$

ここで、

4.3 評価結果および考察

ここに評価結果の内容を書く。

5. おわりに

本研究では、

謝辞 謝辞がある場合はここに書く。

参考文献

- [1] Kuhn, H. W.: The Hungarian method for the assignment problem, *Naval Research Logistics (NRL)*, Vol. 52 (1955).
- [2] Bewley, A., Ge, Z., Ott, L., Ramos, F. and Upcroft, B.: Simple online and realtime tracking, *2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, pp. 3464–3468 (online), DOI: 10.1109/ICIP.2016.7533003 (2016).
- [3] Kalman, R. E.: A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems, *Journal of Basic Engineering*, Vol. 82, No. 1, pp. 35–45 (1960).
- [4] Wojke, N., Bewley, A. and Paulus, D.: Simple online and realtime tracking with a deep association metric, *2017 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, pp. 3645–3649 (2017).

付 録

A.1 付録 1 節の表題

ここに付録の内容を書く。