

道路ライブカメラを対象とした車両追跡に関する基礎検討

齋藤 大河 景山 陽一
秋田大学

1. 背景・目的

地方における主な交通手段は自家用車であるが、自家用車を用いる際、渋滞などによって移動時間が長くなる場合がある。したがって、交通流量を計測し、道路利用者に情報を提供することは、ルート変更や出発時間の変更などを促す機会となるため、渋滞の緩和や移動時間の短縮、さらにはワークライフバランスに寄与すると考える。

そこで本研究では、道路状況を常時撮影する道路ライブカメラから得られた映像を対象とした交通流量の計測を目的とする。交通流量の計測には車両の追跡が必要となるが、既存の物体追跡手法では、主にオクルージョンに起因して精度が低下する問題がある。一方、本研究の場合、カメラは固定されており、追跡の対象は道路を走る車両のみであるため、画像内で追跡対象の車両がとり得る動きは限定される。本稿では、物体追跡手法 ByteTrack^[1]を用いて取得した軌跡情報をヒートマップとして出力し、これを用いて動きの情報の集計および追跡の誤りの検出を行う手法について検討を行ったので報告する。

2. 使用データ

本稿では、秋田ケーブルテレビから提供された道路ライブカメラの映像(360×640 ピクセル, 12fps)を用いる。MS COCO^[2]で事前学習したYOLOX^[3]モデルに対し、秋田市内に設置された3カ所の道路ライブカメラから得られた225枚ずつの画像を対象として、アノテーションを施したものをを用いて学習を行った。また、それらとは別の道路ライブカメラの映像をテストデータとした。

3. 提案手法

3.1. ByteTrack による車両追跡

ByteTrack とは、YOLOX による物体検出、カルマンフィルタ^[4]による追跡に加え、信頼度が低い検出結果に対しても追跡を適用するという手法である。他の物体追跡手法と比較し高い精度が得られることが報告されているが、道路ライブカメラに適用した場合、ID Switch(追跡 ID が途中で入れ替わる、または新しくなる)が多く見られる。

3.2. ヒートマップ表現による軌跡の分類

本稿で検討した処理では、ヒートマップグループとしてヒートマップを保持しておき、新たなヒートマップが生成されるたびにヒートマップグループを更新する。3.2.1 から 3.2.3 に処理の詳細を示す。

3.2.1. ヒートマップの生成

ByteTrack において追跡が終了した軌跡情報は、バウンディングボックスの時系列として与えられ、その度にヒートマップが作成される。ヒートマップのサイズは元の映像と同じく 360×640 ピクセルとし、1 ピクセルにつき温度、速度の x 軸成分、速度の y 軸成分の 3 次元の値を持つ。ここで、温度はバウンディングボックスの中心をピークとして、分散 σ^2 の正規分布に従って決定される。

3.2.2. ヒートマップグループとの類似度の算出

ヒートマップが作成された後、ヒートマップグループ内のそれぞれのヒートマップとの類似度を算出する。ここで、生成された新たなヒートマップを H_{tag} 、ヒートマップグループ内のヒートマップを H_1, H_2, \dots, H_n とする。なお、 H_{tag} と $H_i (i = 1, 2, \dots, n)$ との間の類似度 S_i は、次のように算出する。

H_{tag} で温度がしきい値 T_h 以上の点における速度成分の余弦距離^[5]の平均を S_{ia} 、 H_i で温度が T_h 以上の点における速度成分の余弦距離の平均を S_{ib} とし、 S_{ia} と S_{ib} の小さい方を S_i とする。

3.2.3. ヒートマップグループの更新

$S_1 \sim S_n$ の中の最大値 S_m がしきい値 T_s 以上である場合、温度、速度 x 、速度 y について、 H_{tag} と H_m のこれまでの更新を含めた平均を更新後の値とする。また、 S_m が T_s 未満、もしくは $n=0$ の場合、 H_{tag} をヒートマップグループに追加する。

以上の処理により、画像内で車両がとる動きを分類する。

3.3. ID Switch の検出

道路ライブカメラに ByteTrack を適用した際に見られる ID Switch は、次の 2 種類に大別される。

- (1) 別の車両に追跡が移る
- (2) 追跡が途切れる

本稿では、上記(1)を対象とした検出手法について検討を行った。

軌跡情報が(1)を含む場合、軌跡は不規則になり、ヒートマップグループ内での更新回数は少なくなると考えられる。そこで、更新回数が多い、正しい軌跡を示すヒートマップのみを残すため、まず、3.2 で述べた処理を一定時間行った後、ヒートマップグループの更新を停止する。次に、更新回数が上位のヒートマップから順に、更新回数の合計が総数 $\times r$ を満たすまで選び、それ以外を削除する。その後もヒートマップの生成は同様に行い、新たに生成されるヒートマップを用いて ID Switch の検出を行う。

検出処理のイメージを図1に示す. 生成されたヒートマップにおいて, 3.2.2における S_m がしきい値 T_s 未満であった場合, H_m に対する H_{tag} の差分ヒートマップを算出する. ここで, 差分ヒートマップとは, H_{tag} の温度が T_h 以上かつ速度成分の余弦距離がしきい値 T_c 以上の点の温度を0に変更したものである. この差分ヒートマップと, ヒートマップグループ内のヒートマップとの類似度の最大値が T_s 以上であった場合, H_{tag} をID Switchとみなす.

4. 結果および考察

テストに用いた道路ライブカメラの映像例を図2(a)に示す. この道路ライブカメラの映像に対し, 3.2の処理を10分間行い, その後1時間3.3の処理を適用し, ID Switchの検出を行った. なお, 本稿では, $\sigma^2=0.25$, $T_h=0.5$, $T_s=0.7$, $T_c=0.7$, $r=0.5$ とした結果について報告する.

図2(b)に示す方向と色の対応に従い, 図2(c)にヒートマップグループの更新を停止した後に残ったヒートマップの例を示す. 道路に沿った規則的な動きを抽出していることがわかる.

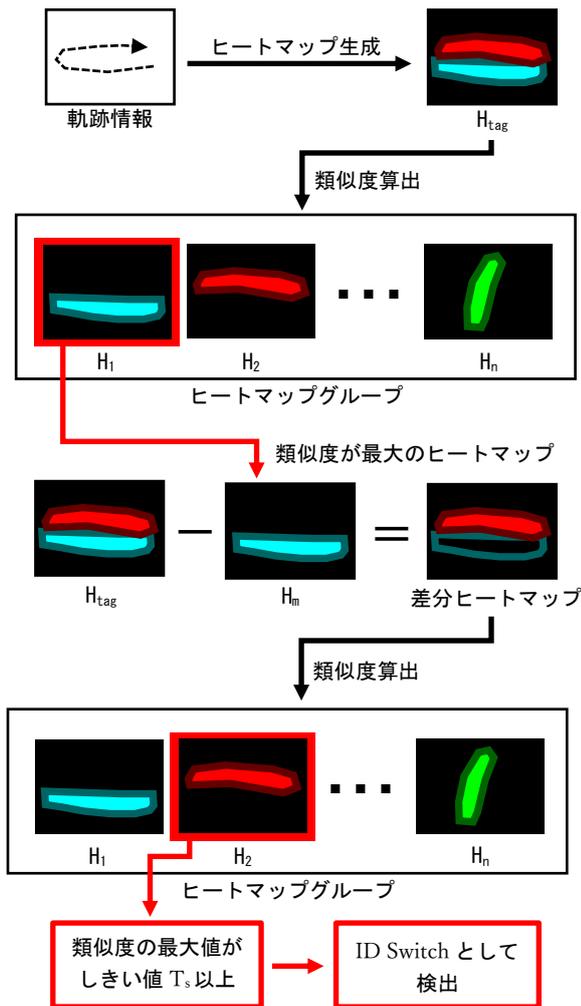


図1. ID Switch 検出処理のイメージ

1時間で得られる軌跡情報の内, 別の車両に追跡が移っている軌跡の数は249であった. 一方, 検出した数は38であり, 適合率は100%, 再現率は15.3%となった.

検出されたヒートマップの例を図2(d)に示す. 適合率が100%であることは, この手法が交通流量計測の精度向上に寄与できることを示している. 一方, 再現率は低く, 検出できない例が多いことを認めた. 特に, 平行する進路をとる車両に追跡が移る軌跡の数が143であったのに対し, 検出できたのは1つのみであった. この場合のヒートマップは正しいヒートマップと近い形になるため, 検出は困難となる. したがって, 各種パラメータの調整や, 類似度算出方法の変更を今後行う予定である.

5. まとめ

本稿では, ヒートマップを用いた車両の動きの集計および, 別の車両への追跡移行の検出を行った. その結果, 誤検出なく検出できることが明らかになった.

今後は, 検出精度の改善を目指し, 処理内容やパラメータについて検討を進める. また, 本稿では検出対象外である「追跡が途切れる現象」に対しても, 解決方法を検討する予定である.

6. 謝辞

データを提供くださった株式会社秋田ケーブルテレビにお礼申し上げます.

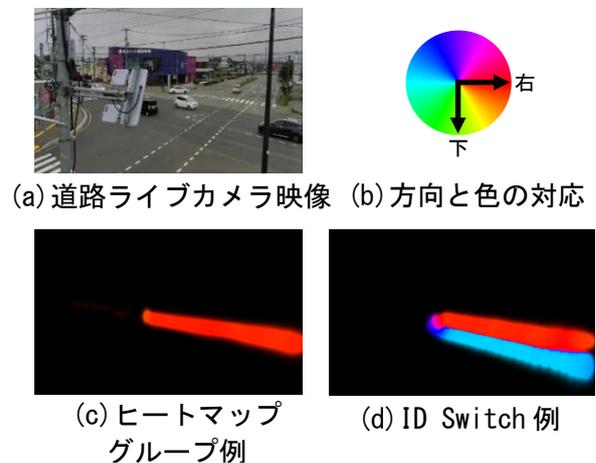


図2. ヒートマップ例

参考文献

- [1] Yifu Zhang et al.: "ByteTrack: Multi-Object Tracking by Associating Every Detection Box", arXiv: 2110.06864 (2021)
- [2] Tsung-Yi Lin et al.: "Microsoft COCO: Common Objects in Context", ECCV2014, pp. 740-755 (2014)
- [3] Zheng Ge et al.: "YOLOX: Exceeding YOLO Series in 2021", arXiv: 2107.08430 (2021)
- [4] Rudolf Emil Kálmán: "A new approach to linear filtering and prediction problems", J. Fluids Eng., 82 (1): pp. 35-45 (1960)
- [5] 高木幹雄, 下田陽久監修: "新編 画像解析ハンドブック", 東京大学出版会 (2004)