

道中の異物検出に向けた動画像物体認識における車載単眼カメラ映像の性質検討 Examination of video image properties of in-vehicle monocular camera for object recognition in detecting foreign objects on the road

廣田大輝[†] 塚本新[†]
Daiki Hirota Arata Tsukamoto

1. はじめに

自動運転技術は、重篤な事故回避に向けて人的制御の代わりに情報取得から制御までを電子的に行うことで、安全性の向上も図られている。しかし、交通事故の減少率は低下しており、2022年の交通事故発生件数は30万件以上[1]と未だ多く確認されている。その一つの要因として、高度な技術の社会実装に時間を要するためであり、一般家庭の自動車に対しても実装が進んでいる車載単眼カメラでの交通事故要因の自動抽出が可能な動画像解析技術の検討が有効であると考えられる。さらに、画像解析などを用いた関連研究の多くは重篤な事故への取り組みであるが、最も発生割合の高い事故は約91%を占める軽傷事故である。そこで、重篤な事故にも発展しうる軽傷事故要因である道路上の落下物に対する動静不注視を低減することを目的に、道中の異物検出に向けた動画像物体認識における車載単眼カメラ映像の性質検討を実験的に行った。

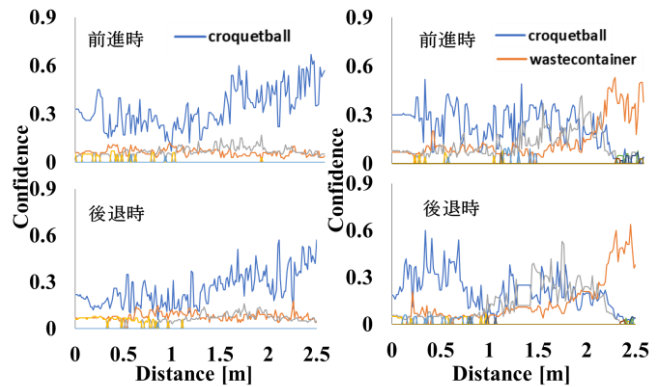
2. 実験概要

本検討の映像は、定点カメラや画像とは異なり車内状況等が含まれることとカメラ自体の移動による走行風景が変化することの2つ特徴を持っている。落下物が映った車載単眼カメラ映像の性質を再現するために、実車に対し約1/10スケールの自律模型自動車に搭載した単眼カメラにて撮像を行う。落下物は、最も多く確認されているプラスチック・布・ビニール類[2]をスタート地点から約2.5m離れた位置に設置する。自律模型自動車が前進して、そこから後退するという動作に合わせて映像の取得を行う。また、本研究では落下物動画像データの学習により精密な分類モデルを得ることではなく、汎用の学習済み物体認識モデルを用い、また、落下物の物体分類ではなく、落下物の「有無」の認識を試みることを目的とした取得映像への動画像物体認識は、1000クラスと多くの状況画像を保持しているImageNetデータセットで事前学習されたYOLOv5[3]で行う。

3. 車載単眼カメラ映像の動画像物体認識

落下物「無」および「有」での物体認識結果を、それぞれ図1(a), (b)に示す。得られた主な特徴として、いずれの場合も、認識クラスの中で「croquetball」が突出して高い値を示しつつ、落下物「有」の場合には、走行時間の増加(落下物との相対距離減少)に伴い、確信度の大きな変化と共に「wastecontainer」へ入れ替わることが確認され、落下物検出の機能を生じているものと思われる。また、その確信度の変化は、落下物が画面内を占める割合の増加や画角の変化、映っている自律模型自動車との画面内位置関係の変化によって、画面内の特徴情報分布が変化したことでフレーム画像の分類結果が変化したものと考えられる。さらに、

[†] 日本大学 Nihon University



(a) 落下物の設置なし (b) 落下物の設置あり

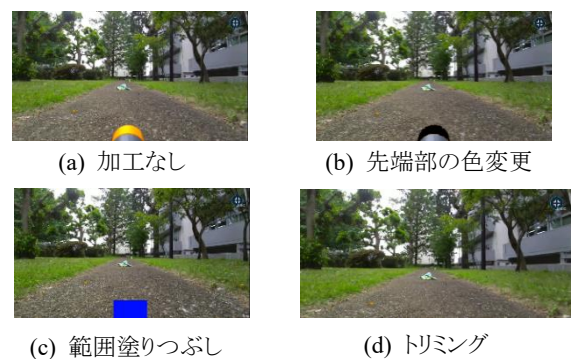
図1 動画像物体認識結果

常にカメラと相対的に固定の位置として映る自律模型自動車の一部を「croquetball」と認識している事、落下物に関する画像要素部分のみが主たる物体認識に寄与するのではなく、近傍の画面内固定画像要素を含めた領域が寄与している可能性が示唆された。

また、自律模型自動車が前進している映像も後退している映像も物体認識結果は落下物設置の有無に関係なく大きな違いがないことを確認した。これは、動画像物体認識に際し時系列データを用いずにフレーム画像ごとに処理している場合の特徴である。

4. 加工映像による動画像物体認識特性の評価

前項の結果より画面中固定位置に現れる画像要素の存在が、フレーム毎の動画像物体認識結果に影響を与えることが示唆され、このことから検証を行う。検討方法として図2に示すように、同一映像内の自律模型自動車部分に対してのみ人為的加工として、(b) 先端部の色変更と(c) 単一色での範囲塗りつぶし、(d) トリミングを行い、物体認識特性の評価を行った。



(c) 範囲塗りつぶし (d) トリミング

図2 元画面と加工画面

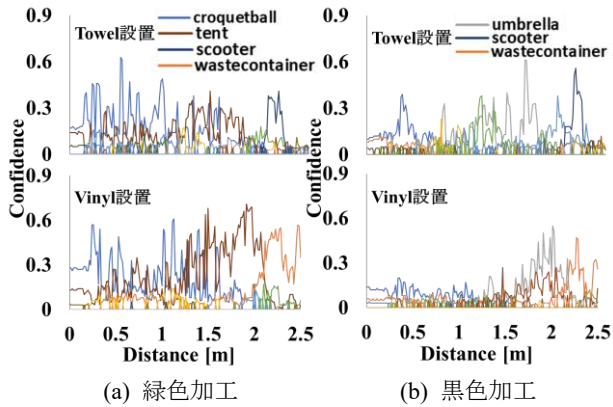


図3 自律模型自動車部分塗りつぶし

4.1 映像内自律模型自動車先端部の色変更

画面内の自律模型自動車の色を変更した映像の物体認識結果を図3に示す。結果よりクラス「croquetball」の出力がなくなり、色ごとに異なる出力を確認した。これは、画面内の特徴情報分布が変化することで物体分類結果へ大きく影響を与えることを示す。また、設置する落下物や色の組み合わせ次第で、落下物との位置関係により確信度が大きく変化することも確認した。これにより、認識特性を調整できる可能性が示唆された。

4.2 トリミングと範囲塗りつぶし

トリミングした映像の物体認識結果を図4(a)に示す。結果から、高い確信度を保持しているクラスはなく、また落下物に近づいても確信度が大きく変化しないことを確認した。これは、画面中に固定位置で映る画像要素が、落下物検出へ大きく寄与していたことを示す。

一方、範囲塗りつぶし加工した映像の物体認識結果を図4(b)に示す。落下物「無」では、「wastecanister」の確信度が非常に低いのにに対し、落下物「有」で落下物に近づくと大きく上昇していることを確認した。これは、落下物を学習データセットにおける「ゴミ」として認識しているわけではなく、四角の単一色物体と落下物が画面内で近づくことで、落下物及び近傍の画面内固定画像要素を含めた領域

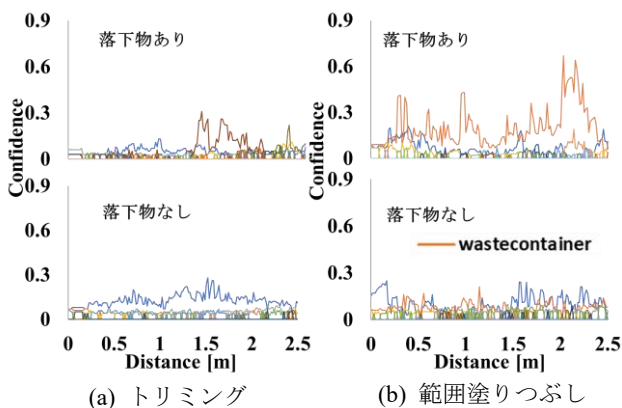


図4 トリミングと範囲塗りつぶし

を「wastecanister」と認識し、確信度が上昇したものと考えられる。

5. 考察

車載単眼カメラ映像の特徴であるカメラ自体の移動による走行風景の変化が物体認識に与える影響は、1フレームの違いで確信度が激しく変化することである。これは、クラス分類に用いる物体の画像上の位置がセグメンテーションとして含まれていないデータセットを学習に用いているため、物体認識する際の画像内特徴情報分布にクラス分類に関する物体以外の情報も含まれるためであると考えられる。

もう一つの特徴である画面内に映っている車内状況等が物体認識に与える影響は、特徴量の近い特定のクラスを認識して、高い確信度を出力することである。これは、画面内情報で最もはっきり映るため、フレーム画像の主となる特徴量と認識され、その特徴量とクラスに格納された特徴量との一致度で物体認識するためと考えられる。また、もう一つの影響は画面内に映る落下物との位置関係と固定位置に映る物体の色、形の組み合わせによって、高い確信度で認識されるクラスが異なることである。これは、画面内特徴量からクラスのみを推測して、画面上の物体位置を推測しないためと考える。それにより、画面内の物体が重なっていてもそれを別々の物体であることを考慮して特徴量抽出しないため、重なっている物体を一つの物体の特徴量と認識して、クラスを分類していると考えられる。

以上より、更なる落下物「有無」の検出向上には、第1に車載単眼カメラで撮影されたデータセットで学習した認識モデルを構築する事、セグメンテーション手法の併用があげられるが、その上でも今回得られた映像の性質検討より、フレーム毎情報のみで認識するのではなく時間順序情報を活用する必要性が示唆された。

6. まとめ

道中の異物検出に向けた動画像物体認識における車載単眼カメラ映像の性質検討を行った。本検討では、①カメラが搭載された自律模型自動車を用いた落下物が設置されている映像データの取得と、②取得映像をImageNetで事前学習しているYOLOv5での動画像物体認識を行った。結果として、連続して変化する類似した画像からなる時系列データセットにおいても、フレーム画像毎の画像構成要素の変化に伴い、大きく物体分類結果が変化することが明らかになった。異物検出に向けた車載単眼カメラ映像の性質は、動画像物体認識において大きな影響を与えることが分かった。また、車載単眼カメラの撮影画角内固定位置へ、物体認識の結果に作用する特徴を有する物体を設置することで、道中の異物検出率を向上できる可能性を示唆した。

参考文献

- [1] 警察庁交通局, "2022年における交通事故の発生状況", [https://www.itarda.or.jp/situation_accidents\(2023\)](https://www.itarda.or.jp/situation_accidents(2023)).
- [2] 高速道路会社, "高速道路会社の落下物処理件数(令和3年度)", [https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/ijikanri/pdf/rakkabutu_nexco.pdf\(2022\)](https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/ijikanri/pdf/rakkabutu_nexco.pdf(2022)).
- [3] Glenn Jocher, "YOLOv5 in PyTorch > ONNX > CoreML > TFLite - GitHub", [https://github.com/ultralytics/yolov5\(2022\)](https://github.com/ultralytics/yolov5(2022)).