

走行風景動画における画像分類情報と物体位置情報に基づく 路上落下物検知に向けた検討比較

Comparison of object detection on the road from image classification and positional information in video images of driving scenes

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

1. はじめに

近年、交通事故の減少率は低下傾向にあり、30 万件以上 [1]と未だ多くの交通事故が確認されている。更なる交通事故低減に向けて、最も発生割合の高い軽傷事故を引き起こす要因として道路上の落下物に対する運転者の動静不注視に注目した。それには、安価で現実的に早期導入可能な落下物検知・警告システムを生み出すことが必要だと考えられる。実装が進んでいる車載単眼カメラ映像に対する動画解析技術の活用検討を行う。本検討では、路上落下物に対する動静不注視の低減を目的とした走行風景動画における画像分類情報と物体位置情報に基づく路上落下物検知に向けた検討比較を行った。

2. 画像分類器利用物体検知

これまでに「道中の異物検出に向けた動画物体認識における車載単眼カメラ映像の性質検討」[2]という題目で FIT2023 第 22 回情報科学技術フォーラムにて、走行風景動画における路上落下物の検知に向けた検討結果を報告している。その検討では、落下物が映る車載単眼カメラ映像に模した動画を取得し、ImageNet で事前学習された YOLOv5[3]の動画物体認識機能を利用した。結果として、車載単眼カメラの性質であるフレーム画像毎の画像構成要素の変化と画面内固定位置の画像要素が物体分類結果に影響を与えることを明らかにした。

3. 物体位置情報利用物体検知

前述の先行研究で確認された検知特性から、走行風景動画中に出現した路上落下物の検出に、画像構成要素全体の画像情報に基づく画像認識を利用する手法では、走行風景画像に含まれる固定部位や背景変化が直接、間接的に路上落下物検知特性へ大きな影響を与える事が明らかになった。そこで、物体位置情報を積極利用した路上落下物検知手法について検討を行った。そのため、①背景と物体の区別が行えること、②路上領域で物体の存在を認識できたこと、をもって路上落下物検知ができたものと定義する。その際、物体分類識別結果は問わないものとする。検討で用いる走行風景画像は先行研究で用いた動画データの中で、画像内固定位置をトリミングしたものを用いる。また、背景と物体の識別及びセグメンテーションによる物体位置推定を高効率で行うアルゴリズムとして、物体位置と分類の推定を併行処理する YOLOv5 を選定した。

4. 物体位置情報に基づく物体検知実験

物体検出により得られるバウンディングボックスの重心座標を物体位置情報として走行風景動画から物体検知実験を行った。物体検出及び物体位置情報に基づいて、

[†] 日本大学 Nihon University

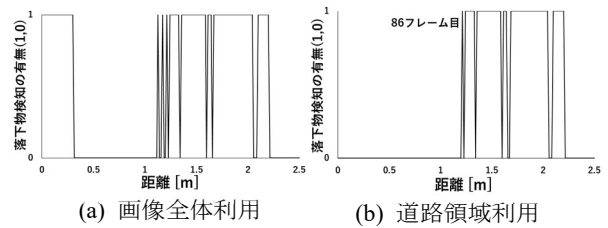


図 1 物体位置情報に基づく落下物検知

画像全体領域と道路領域に限定したもの、それぞれについて物体検知を行った結果を図 1 に示す。物体検知の「有無」は「1,0」で表記する。結果より、道路領域部分の物体位置情報に限定して検知することで検知開始フレームが異なることを確認した。このことから、道路領域に注目することで落下物以外の情報による影響を減らせ、物体位置情報に基づく落下物検知機能を構成できることが示唆された。

一方、ある検知距離に達すると路上に物体があると判別される性質が検知特性の重要要件であることから、使用画像条件と YOLO への入力条件に対する物体検出特性を以下の通り検討した。

4.1 物体検知特性の画像サイズ依存性

元動画の画像サイズ (1920×1080) に対して、ピクセル数を A)1/36 倍 (320×180), B)1/9 倍 (640×360), C)1/9 倍 (2560×1440), D)4 倍 (3840×2160) にリサイズしたサイズ倍率 (変更による全ピクセル数の変化率) 4 種の Vinyl 動画に対して物体位置情報の抽出を行った。取得した物体位置情報による落下物検知結果から得られた検知開始フレームと画像サイズの関係を図 2 に示す。結果より、検知開始フレームは元動画をトリミングした動画 (1920×944) が 86 フレーム目であり、A は 99 フレーム目、他は全て 69 フレーム目であることが確認された。このことから、YOLOv5 の入力時の画像サイズがあるしきい値より大きな場合では物体検知特性に変化は見られず、小さな場合に顕著なサイズ依存性が見られた。さらに、同一サイズ倍率においても画像のアスペクト比が物体検知特性に大きな影響を与える可能性が示唆された。



図 2 検知開始フレームと画像サイズの関係

4.2 物体検知特性のアスペクト比依存性

前項の結果より、物体検知特性のアスペクト比依存性が示唆されたことから、基本的性質を把握するため以下のような検討を行う。アスペクト比は YOLOv5 の入力アスペクト比 (640×640) に合わせるため、画像サイズを (a) 640×640, (b) 320×320 に動画像をリサイズする。リサイズした Vinyl 動画像から物体位置情報の抽出を行い、落下物検知した結果を図 3 に示す。結果より、どちらも 1 フレーム目から検知開始していることと検知が継続していることが確認された。このことから、アスペクト比が落下物検知及び物体検出に影響を与えることを示す。

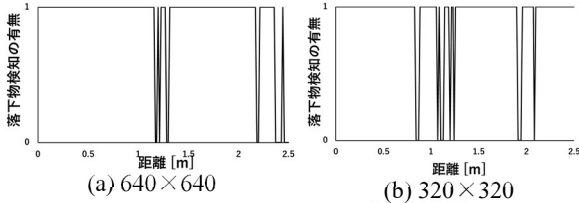


図 3 アスペクト比変更結果

4.3 落下物検知と物体分類特性の関係

物体認識する特性と物体位置情報による落下物検知の関係について、物体分類情報を取得し検討を行う。前項の画像サイズとアスペクト比変更の結果より、画像サイズは 640×360 と 640×640 にして、落下物を Vinyl と Towel の 2 種類で行う。結果を図 4 に示す。結果より、特定のクラスでの認識が多いことと物体認識の安定の有無が領域で分かれることが確認された。

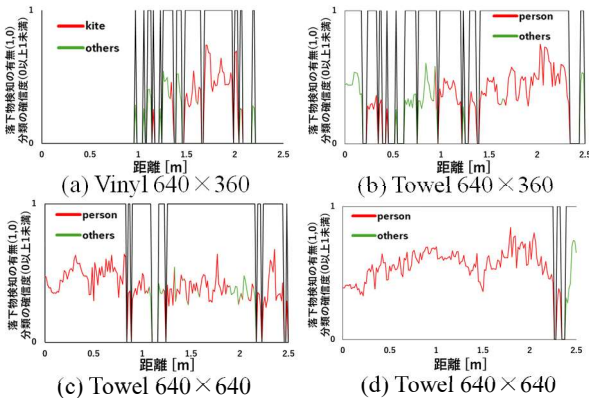


図 4 落下物検知と物体認識の関係

5. 画像分類情報と物体位置情報の検討比較

先行研究の画像分類情報に基づく結果と物体位置情報に基づく結果を比較するため、一つのグラフにまとめた結果を図 5 に示す。結果より、物体位置情報を用いた結果は画像分類情報を用いた結果より落下物検知の開始フレー

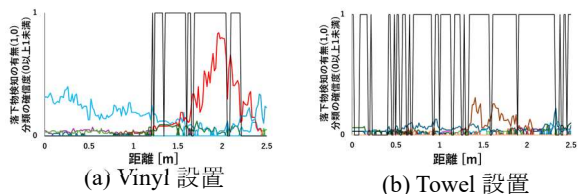


図 5 画像分類情報と物体位置情報の検討比較

ムが早くなっていることが確認された。これは、画面内道路領域の物体位置情報を利用することが画像分類情報の利用より優れた検知能力を示す結果となった。

6. 考察

物体位置情報に基づく路上領域に限定した物体判別により落下物検知機能を構成し、さらに使用画像条件と YOLO への入力条件に対する物体検出特性を検討した。

画像サイズ依存性では、320×180 にリサイズした結果以外で検知開始フレームが一致した。YOLOv5 の機能として、入力時に画像サイズをリサイズ (640×640) してから処理を行う。よって、しきい値以上の画像は影響を受けず、小さいサイズの画像は影響を受けたと考えられる。

アスペクト比依存性では、落下物の検知感度と検知継続力が高くなることを確認した。これは、YOLOv5 の 2 次元入力ノード構成 (640×640) と異なるアスペクト及びピクセル数の画像データに対し、ネットワークモデルが有効に機能せず、物体位置情報推定に影響を与えると考えられる。また、アスペクト比が元画像と大きく異なる場合には、画像に含まれる物体の空間的位置関係情報の変化による、学習クラスの特徴量との実効的距離変化が物体検出に影響したのと考えられる。

落下物検知と物体認識特性の関係では、落下物検知が安定しない距離で物体認識結果はあやふやになり、物体認識が安定することで落下物検知も安定することを確認した。これは、落下物の画像中構成サイズの増加とともに物体認識特性が向上し、落下物検知特性が安定したと考えられる。これは、YOLO 特有の物体検出アルゴリズムに起因すると考えられる。また、入力画像の形状によって物体認識特性が変化することが確認でき、640×640 の形状において良好な特性を示す事例が得られた。

画像分類情報の検討と物体位置情報の検討比較では、路上落下物の検知開始距離や検知精度が物体位置情報に基づいた結果で優れている事例が得られた。これは、道路領域に限定して情報を活用することで、背景と区別し物体の存在を判別する際、道路領域以外の画像情報による影響を低減できることが一つの理由と考えられる。

7. まとめ

走行風景動画像における画像分類情報と物体位置情報に基づく路上落下物検知に向けた検討比較を行った。本検討では、①物体検出による道路領域部分の物体位置情報の取得と、②物体位置情報に基づく落下物検知特性の検討、③画像分類情報と物体位置情報での路上落下物検知の検討比較を行った。結果として、YOLOv5 は背景と物体の識別及びセグメンテーションによる物体位置推定を高効率で行う路上落下物検知アルゴリズムとして有望であることが明らかになった。また、画像分類情報に比べ物体位置情報を用いた走行風景動画像における検討が優れた検知能力を示す事例が得られることが明らかになった。

参考文献

- [1] 警察庁交通局, "2023 年における交通事故の発生状況", [https://www.itarda.or.jp/situation_accidents\(2024\)](https://www.itarda.or.jp/situation_accidents(2024)).
- [2] 廣田大輝, 塚本新, "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", 第 22 回情報科学技術フォーラム FIT, Vol. 3, No. H-024, pp. 191-192, Sept. 2023.
- [3] Glenn Jocher, "YOLOv5 in PyTorch > ONNX > CoreML > TFLite - GitHub", [https://github.com/ultralytics/yolov5\(2022\)](https://github.com/ultralytics/yolov5(2022)).