

G-7

ETC レーン内カメラ動画像を用いた車種判別の検討 -SSD のクラス細分化による精度向上-

Examination of vehicle type identification using video images from cameras in ETC lanes Improvement of accuracy by subdividing SSD into classes

○宇井浩¹, 藤琳², 泉隆², 香取照臣²*Koh Ui¹, Lin Teng², Takashi Izumi², Teruomi Katori²

Abstract: In recent years, the use of ETC (Electronic Toll Collection) systems on highways has increased, and some lanes are now ETC-exclusive. However, issues like illegal toll evasion through swapping ETC devices have emerged, prompting highway operators to explore countermeasures. This study focuses on vehicle type classification using video data from ETC lane cameras. To improve accuracy, we incorporated SSD, a model capable of detecting vehicle features with higher confidence, compared to the previously used YOLOv5. By training the SSD model with five vehicle categories and further refining class distinctions, we improved vehicle type classification accuracy by over 10%.

1. まえがき

高速道路の料金所では、無線通信を用いて料金の支払いを行う ETC^[1]が普及している。しかし、ETC レーンを通過する際に、車載器の付け替えなどによる不正通行を行うケースが発生している。

その対策として、本研究では ETC レーン内に設置されたカメラから得られる動画像に着目し、物体検出手法を用いて通過車両の車種を判別し、車載器情報と照合することによる不正通行の検知を検討している。

先行研究^[2]では、物体検出手法の YOLOv5^[3]と SSD^[4]の比較を行い、SSDの方がより高い精度で車両を検出できたが、全体的な車種判別精度が課題となった。本稿では SSD の車種判別精度に着目し、モデル学習時の分類クラスの細分化による精度向上を実現したため報告する。

2. 本研究の構成

本研究では、物体検出手法の SSD を用いた車種判別精度の向上を目的としている。SSD は、複数の特徴マップをもとに物体検出をする手法で、リアルタイムかつ高い精度の検出を行うことが強みである。本研究では、SSD の正確性を ETC レーンにおける車種判別に活用し、車種クラス分類の細分化に対する車種判別精度について検討した。

3. 車種判別クラスについて

本研究で使用する動画像および車種の正解データは、首都高速道路株式会社より提供された実際の ETC レーンで撮影されたデータである。図 1 に、今回学習に使



Fig.1. Example of image acquired in ETC lane

用する画像データの例を示す。

本研究では、実際の高速道路で使用されている車両区分 5 クラス（軽・二輪、普通車、中型車、大型車、特大車）に当てはめて作成したモデルと、各区分を車両形状によって細分化した 18 クラスに分割したモデルの 2 つを作成し、クラス細分化による車種判別精度の検証を行う。クラスの細分化は、軽・二輪は「乗用車」と「バイク」と「トラック」に、普通車は「乗用車」と「トラック」と「その他」に、中型車と大型車は「トラック」と「その他」に、特大車は「トラック」と「バス」と「その他」に細分化する。また、似た車両形状でクラスを作成する意図で、トラックを「箱型トラック」と「平型トラック」に分類する。「その他」クラスは、荷台の荷物によって著しく特徴が異なるトラック車両や、トラック形状以外の該当車種を含めたクラスとなるようにしている。

18 クラスモデル用にデータセットを作成する際、画像枚数が著しく不足するクラスでは同一画像を複製する水増しを行うことで対処した。その後、細分化クラスを統合して 5 クラスモデル用のデータセットとする。

学習したモデルを用いて、実際の ETC レーンを通過した車両の車種判別実験結果を 4 章に示す。実験に用いた学習データセットと検証用動画の内訳を表 1 に示す。

Table 1. Details of number of vehicles

車種	学習モデル	検証動画
軽・二輪	400 台	55 台
普通車	350 台	832 台
中型車	250 台	67 台
大型車	250 台	24 台
特大車	350 台	22 台
計	1600 台	1000 台

4. 実験結果

表 1 に内訳が示された検証用動画に対して車種判別を行った。検証用動画に対する 5 クラスモデルの結果を表 2 に、18 クラスモデルの結果を表 3 に示す。

Table 2. Experimental results (5-class model)

	軽	普通	中型	大型	特大	未検出
軽	50	4	—	—	—	1
普通	124	685	10	3	—	10
中型	1	9	43	11	1	2
大型	—	—	3	21	—	—
特大	—	—	—	12	10	—

Table 3. Experimental results (18-class model)

	軽	普通	中型	大型	特大	未検出
軽	47	6	—	—	—	2
普通	24	789	9	—	—	10
中型	1	4	46	6	8	2
大型	—	—	3	21	—	—
特大	—	—	—	10	12	—

表 2 と表 3 はどちらも縦が真値、横が判別結果を示しており、灰色の部分は正判別された車両数を示している。表 2 と表 3 それぞれの灰色部分の数を合算して検証動画内の車両台数で割ると、5 クラスモデルの正判別率が 80.9%、18 クラスモデルの正判別率が 91.5% であることが分かる。

車種ごとでは、18 クラスモデルのほうが 5 クラスモデルよりも軽・二輪以外の判別精度が高いことが分かる。特に普通車の判別精度については、5 クラスモデルが 685 台、18 クラスモデルが 789 台となっており、18 クラスモデルが大きく優れた結果を示した。図 2 に、クラス分類によって普通車の判別が成功した結果例を示す。

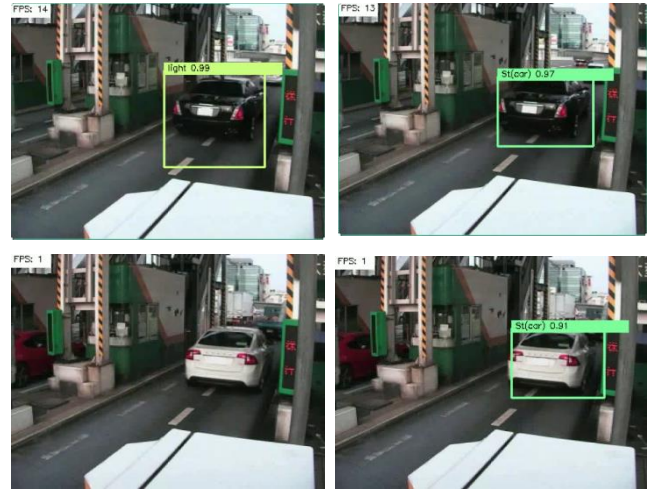


Fig.2. Example of standard car identification result

Left: 5-class model Right: 18-class model

図 2 より、5 クラスモデルで正確に判別されなかった車両に対して、18 クラスモデルでは正確に判別できていることが分かる。これは、普通車クラス内で車両形状ごとに細分類することでより正確に車両特徴を学習できたことが理由であると推測される。

5. まとめ

本研究では、ETC レーン内における車種判別において、SSD という物体検出モデルを用いることを検討している。本稿では特に、クラス分類の細分化による精度向上の検証を行った。

5 クラス分類で学習させたモデルと 18 クラス分類で学習させたモデルを比較すると、18 クラス分類で学習させたモデルが 10%以上高い精度で車種判別を行うことができた。

今後は、乗用車の車両形状を増やすことで軽・二輪と普通車の誤判別の削減を目指す。また、現在のアノテーション方法と、車両後部のみに限定した場合のアノテーションによる車種判別精度の違いを検討する。

参考文献

- [1] 国土交通省：“ETC 利用案内”，<https://www.mlit.go.jp/road/yuryo/etc/> (2024-06 参照)
- [2] 宇井浩 他：「ETC レーン内カメラを用いた車種判別の検討」, 第 19 回電気学会東京支部千葉支所 研究発表会, 2-5, 2023
- [3] J.Rodman et al.：“You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection”, Computer Vision and Pattern Recognition, pp.779-788, 2016
- [4] W.Liu et al.：“SSD:Single Shot MultiBox Detector”, European Conference on Computer Vision, O-1A-02, 2016