# OpenPose を用いた道路映像における二輪車の識別に関する一考察

繁澤　朗[1]・八木　雅大[2]・高橋　翔[3]・萩原　亨[4]

1 学生会員　北海道大学　工学部（〒060−8628　北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目）
E-mail: shigesawa.aki.l2@elms.hokudai.ac.jp
2 学生会員　北海道大学大学院　工学院（〒060−8628　北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目）
E-mail: masahiro@eis.hokudai.ac.jp
3 正会員　北海道大学大学院　工学研究院（〒060−8628　北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目）
E-mail: stakahashi@eng.hokudai.ac.jp
4 フェロー　北海道大学大学院　工学研究院（〒060−8628　北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目）
E-mail: hagiwara@eng.hokudai.ac.jp

近年，交通量調査などに既設の CCTV カメラ画像に対する一般物体認識を応用している CCTV トラカンが使われ始めている．しかしながら，CCTV トラカンは，動力付き二輪車と自転車の形状が類似しており，それらの識別精度に課題がある．本稿では，動力付き二輪車と自転車の運転者の姿勢に違いがみられることに注目し，カメラで撮像された人物の姿勢推定が可能となる OpenPose に基づいた識別手法を提案する．提案手法では，二輪車に乗る人物の姿勢の推定結果から識別に有効な特徴量を求め，それらに基づいた機械学習によって自転車とバイクを識別する．本稿の最後では，実際の道路で撮影された映像を用いた実験によって提案手法によってより高精度な識別が可能となることを確認する．本研究で提案する手法を CCTV トラカンに導入することによって，交通量調査の精度が向上することを期待する．

***Key Words: Bicycle, Motorized two-wheeled vehicle, Image recognition, Traffic Survey***

## 1. はじめに

道路計画の立案や修繕などの維持管理に関わる基礎的な情報を得る目的で，交通量調査が行われている [1)]．より良い計画策定のためには精度よく交通量調査を行い，実態を把握する必要がある．これまでは交通量調査を人間が目視によって行うことが一般的であった．しかし昨今，コスト削減や観測エリア拡大を目的として，目視に代わって既設の CCTV カメラが撮影した映像を解析し，交通量調査に応用する CCTV トラカンが導入されている．CCTV トラカンには一般物体認識が応用されている．一般物体認識では画像から検出したい物体について多量の画像を用意し，機械学習よってコンピュータに外観上の特徴を学習させることが一般的である [2)]．近年その識別性能は向上しているが，CCTV トラカンにおいては動力付き二輪車(バイク)と自転車の精度が低いことが課題である [3)]．

二輪車の識別に関する先行研究として高木らは，自転車競技の映像に対し姿勢推定を行い選手の関節位置データを取得し，選手ごとに特徴的なペダリング周期に着目することで，選手を識別することを提案している [4)]．また著者らはこれまでに，バイクと自転車の運転者に対し姿勢推定を行い，得た姿勢データから適切な特徴量を抽出することで二輪車を識別する手法を提案した [5)]．文献 [5)] では，姿勢推定に基づく手法と一般物体認識による手法を比較した．その結果，一般物体認識はバイクの識別精度で上回る一方で，自転車を検出できない場合が多く，姿勢推定に基づく手法が自転車の再現率で上回ることが分かった．自転車はフレームや車輪が比較的細いため，外観から特徴量を取得する一般物体認識では検出が難しい場合があると考えられる．このことより，一般物体認識と運転者の姿勢や運動に着目した識別手法を組み合わせることで，自転車の識別精度が向上する可能性が示された．

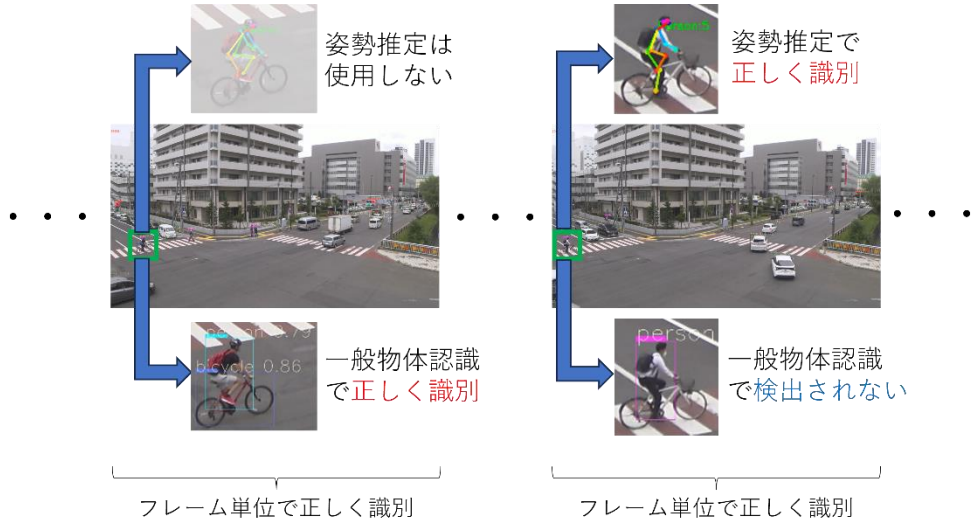



**図-1**：提案手法の概要

そこで本稿では，一般物体認識と運転者の姿勢や運動に基づく識別手法を組み合わせることで，二輪車をより高い精度で識別する手法を提案する．具体的には，まず道路映像に対し一般物体認識と姿勢推定を適用する．一般物体認識で二輪車が識別された場合にはその結果を用い，それ以外の場合については姿勢推定の結果を参照する．二輪車に乗っていると考えられる姿勢データに対しては，その運動を解析することでバイクの運転者か自転車の運転者かを識別する．これによって一般物体認識で検出されなかった二輪車について識別が可能となり，精度が向上することが期待できる．

以降，本文の構成について述べる．2 章では一般物体認識と姿勢推定を組み合わせた提案手法について説明する． 3 章では実験を行い，提案手法の有効性を評価する．最後に 4 章ではまとめとする．

## 2. 一般物体認識と姿勢推定に基づく二輪車の識別手法

提案手法の概要を**図-1** に示す．提案手法では道路映像に対し一般物体認識と姿勢推定を適用する．一般物体認識がフレーム中に二輪車を検出した場合には，それを結果として用いる．しかし**図-1** の右側の例のように，実際には二輪車が撮像されているにもかかわらず，それを検出しない場合がある．そこで提案手法では一般物体認識と合わせて姿勢推定を行い，運転者の運動を解析することでバイクの運転者か二輪車の運転者かを識別する．これによって一般物体認識で捉えられなかった二輪車を補完し，二輪車の識別精度が向上することを期待する．

### (1) 一般物体認識による二輪車の識別手法

本稿では一般物体認識手法として，YOLOv7[6]を用いる．YOLOv7 は一般物体を精度よく識別可能であることが知られている．また標準でバイクと自転車の認識に対応している．本手法では道路映像に対し YOLOv7 を適用することで，一般物体の一つである二輪車の識別を行う．

### (2) 運転者の姿勢や運動に基づく二輪車の識別手法

本節では運転者の姿勢や運動に基づき二輪車を識別する手法について述べる．本手法では道路映像に対し姿勢推定を適用する．姿勢推定のアルゴリズムは複数存在するが，本稿では Zhe らが提案した姿勢推定アルゴリズムである，OpenPose[7]を用いる．OpenPose は人体の部位についてその位置と間の結合を推定する．YOLOv7 でも姿勢推定は可能であるが，異なるモデルに基づく手法を用いたほうが相補的に働く可能性があり，提案手法では姿勢推定に OpenPose を採用する．

本手法では二輪車を運転する人間の姿勢，運動に着目する．バイクの運転者は走行中，基本的に足を所定の位置に固定することから，運動がほとんど生じない．一方で自転車の運転者は，ペダルを漕ぐ動作を必要とするため，特に脚部の運動が大きくなる．この違いを表現することが，運転者から二輪車を識

別することに繋がると考えらえる．そこで**図-2** に緑色の扇形で示す首，尻，膝が構成する角度と**図-3** に青色の扇形で示す，尻，膝，踝が構成する角度の変化に着目する．バイクの運転者においては走行中，それらの角度がほぼ一定であるのに対し，自転車の運転者においては周期的に変化する．このことから走行中の二輪車を識別するのに，膝と脚の付け根における角度の分散を特徴量として用いることが有効と考えられる．また自転車においては，ペダルが最下部にあるとき，それぞれの角度がより大きくなるため，平均的な角度は自転車で大きくなると考えられる．このことからそれぞれの角度についてその平均を特徴量として用いることも有効と考えられる．

本手法では，二輪車の運転者が撮像されているフレーム毎に上述の角度を左右の脚部について計算し，n 番目のフレームに対し，その付近のフレームの角度を複数用いて分散と平均を算出する．それぞれ得られた値を n 番目のフレームが持つ特徴量とする．

次に得られた特徴量を入力とする識別器を構築する．本稿では識別器に Support Vector Machine（SVM）[8] を用いる．SVM は特徴量を特徴空間にマッピングし，クラス間のマージンを最大化する分離超平面を見つけることで，サンプルがどのクラスに属するかを識別することができる．またカーネルトリックによってデータをより高次元な空間にマッピング可能となるため，非線形な関係にあるデータに対しても分類を行うことができる．この特徴が，複数の特徴量から二輪車を識別するという本手法に適していると考え本稿では用いた．これによって OpenPose が推定する姿勢データをもとに，二輪車を識別することが可能である．

### (3) 一般物体認識と姿勢推定による二輪車の識別

提案手法では，前節までに述べた 2 つの識別手法を組み合わせてより高精度な識別を可能とする．具体的には，まず，道路映像に対し一般物体認識と姿勢推定を適用する．一般物体認識で識別された二輪車については結果として用いる．一方，一般物体認識で二輪車を認識していない箇所については，姿勢推定結果を参照する．二輪車の運転者に特有な姿勢であると判断できる場合には，(2) 節で述べた手法で識別を行い，結果として用いる．これによって一般物体認識で認識できなかった二輪車についても補助的に識別が可能となり，精度が向上することが期待できる．



**図-2**　脚の付け根における角度の変化



**図-3**　膝における角度の変化



**図-4**　実験に用いた道路映像の例

## 3. 実験

本章では実験によって提案手法の有効性を確認する．以降 (1) 節では実験方法と用いたデータ，評価指標について述べる．(2) で比較手法について述べる．最後に (3) で実験結果について述べる．

### (1) 実験方法と用いたデータおよび評価指標

本実験では**図-4** のような筆者が札幌市内で独自に

表-1：実験に用いたデータの内訳

| | 自転車 | バイク | 計 |
|---|---|---|---|
| 学習データ | 968 | 602 | 1570 |
| テストデータ | 242 | 198 | 440 |
| 計 | 1210 | 800 | 2010 |

表-2：実験結果

| | 自転車 | | | バイク | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | CM1 | CM2 | PM | CM1 | CM2 | PM |
| 適合率：P | 0.734 | 0.984 | **0.985** | 0.881 | **0.882** | 0.813 |
| 再現率：R | **0.879** | 0.752 | 0.814 | 0.739 | **0.985** | **0.985** |
| F 値 | 0.8 | 0.852 | **0.891** | 0.804 | **0.931** | 0.890 |

収集した道路映像を用いる．ピクセル数は 3840×2160, フレームレートは 30fps である. なお, 提案手法では前章で述べたように道路映像全体に姿勢推定を行い，二輪車の運転者のみの姿勢データを抽出する機構が必要であるが，本稿では核心となる二輪車の識別に焦点を置くため，あらかじめ二輪車の撮像されているフレームおよび姿勢データのみを抽出する. 識別対象である 2010 フレームに対してそれぞれの前後 15 フレームの姿勢データから特徴量を算出し与える．2010 フレームを学習データとテストデータに分割する. その内訳は**表-1** の通りである. 次に一般物体認識を同じ 440 フレームに対し適用し, 検出漏れのあったフレームを姿勢データによる識別結果で補完する.

評価はフレームごとの識別結果をもとにして行う. 評価指標は式(1)～(3)で示す，適合率，再現率，および F 値である. 式中で TP は真陽性, FP は偽陽性, FN は偽陰性を意味する.

$$適合率：P = \frac{TP}{TP + FP} \tag{1}$$

$$再現率：R = \frac{TP}{TP + FN} \tag{2}$$

$$F値 = \frac{2 \times P \times R}{P + R} \tag{3}$$

### (2) 比較手法

本稿では，2 章の各節で述べたそれぞれについて実験し評価する．2 章 1 節で述べた一般物体認識による手法，2 節で述べた姿勢推定による手法，および 3 節で述べた一般物体認識と姿勢推定を組み合わせた手法を比較し，結果を評価する．またそれぞれの手法を以降では CM1，CM2 および PM とする.




**図-5** PM が効果的に働いた例

### (3) 実験結果

各手法の結果は**表-2** の通りとなった．まず，CM1 と CM2 の結果を評価する．バイクのすべての評価指標，自転車の適合率および F 値で CM1 が CM2 を上回っている．一方で自転車の再現率については CM2 が CM1 を上回っている．このことより一般物体認識のみを用いた場合，自転車の再現率が低くなることが確認された.

次に PM と CM1 の結果を評価する．自転車についてはすべての評価指標で PM が上回っている. CM1 で検出されなかったフレームについて, CM2 の識別結果で補完することで，自転車に対する識別性能を向上させることができたといえる．**図-5** に示す



**図-6**　姿勢推定が正確でない例

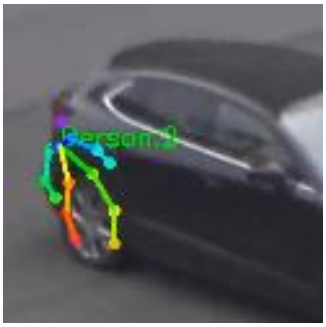


**図-7**　人間以外に姿勢推定されている例

のは，CM1 で検出されなかった自転車を，CM2 で正しく識別できた例である．しかしながら，バイクについては適合率および F 値で CM1 が上回る結果となった．テストデータ 440 フレームのうち，検出漏れがあったのは 34 フレームで, いずれも自転車が撮像されていた．そのうち CM2 で正しく識別できたのは 15 フレームであった. 自転車が撮像されているフレームを CM2 で正しく識別しきれなかったことが PM でバイクの評価指標を低下させた原因と考えらえる．**図-6** は正しく識別できなかったフレームに対する姿勢推定結果の一つである．自転車のフロントフォークを脚部と推定しており，実際の膝における角度と異なっていることがわかる．このような不正確な値を含んだ状態で特徴量を算出したことが，CM2 の精度低下の一要因である．

## 4. まとめ

本稿では，一般物体認識が二輪車を検出しない箇所について，姿勢推定データから得られる特徴量を用いて補助的に識別することで，二輪車の識別精度が向上することを提案した．また手法同士を比較する実験を行うことで，その有効性を評価した．

今回の実験では，課題となっていた一般物体認識の自転車に対する精度の向上は確認できた．一方でバイクについては一般物体認識を単体で用いた場合に精度が維持されることが分かった．バイクの精度を低下させずに自転車の精度を向上させるには，姿勢データから二輪車を識別する手法を改善する必要がある．今後はより効果的な特徴量の算出方法や外れ値の扱い，識別器について検討し，バイクにおいても識別精度を維持していくことが必要である．

また道路映像に対し姿勢推定を適用した際，**図-7** のように人間以外に対しても姿勢が推定されることがある．従って本稿では省略した，道路映像から二輪車の運転者に関する姿勢データのみを抽出する機構を設けることも必要である．

**謝辞**：本研究の一部は，科研費 JP22H01607，および国土交通省道路局新道路技術会議令和 5～7 年度研究課題「デジタルツインによる冬期道路交通マネジメントシステムの技術開発」において取り組んだ研究に基づいている．

## REFERENCES

1) 国土交通省道路局企画課：令和 3 年度　全国道路・街路交通情勢調査　一般交通量調査結果の概要について，p1，令和 5 年．［Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism-Road Bureau-Policy Division: R3 Zenkoku Douro & Gairo Koutu Jousei Chousa Ippan Koutu-Ryou Chousa Kekka no Gaiyou ni Tuite, p1, R5.］

2) 佐々木啓司，奈良綾人，阿比留陽平：AI 技術を活用した道路維持管理の効率化検討―既設 CCTV カメラを用いた画像解析―，第 63 回（2019 年度）北海道開発技術研究発表会論文，pp.825-830.［Sasaki, K. Nara, A. Abiru, Y.:AI Gijutu wo Katuyou sita Douro Iji Kanri no Kouritsuka Kentou – Kisetu CCTV Kamera wo Motiita Gazou Kaiseki -, 63rd Hokkaido Kaihatu Gijutu Kenkyu Happyokai Ronbun, pp.825-830, 2019.］

3) 国土交通省道路局企画課道路経済調査室，国土交通省国土技術政策総合研究所道路研究室：CCTV トラカンの精度向上に関する検討, p2, 令和 4 年. [Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism-Road Bureau-Policy Division-Economic Research, Traffic Survey and Census Office: CCTV Torakan no Seido Koujou ni Kansuru Kentou, p2, R4]

4) Takagi, M. Ishikawa, T. Watanabe, H.: A Study on Bike Racer Identification Using Joint Position Information, ITE Winter Annual Convention, 25C-5, 2017.

5) Shigesawa, A. Yagi, M. Takahashi, S. Hagiwara, T.: A Note on the Recognition of Two-wheeled Vehicles Based on the Rider's Posture and Motion, Institute of Electronics-Information and Communication Engineers-Hokkaido, R5.

6) Chien-Yao Wang, Alexey Bochkovskiy, and Hong-Yuan Mark Liao：YOLOv7 Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors，IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition，pp.7464-7475，2023．
7) Z，Cao．T，Simon．S，Wei and Y，Sheikh．：Real-time Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields，IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition，pp.1302-1310，2017．
8) Chin-Wei Hsu，Chih-Chung Chang，and Chih-Jen Lin:A Practical Guide to Support Vector Classification，Department of Computer Science，2003．

# A Note on Recognition Method of Two-wheeled Vehicles based on OpenPose in Road Surveillance Videos

Aki SHIGESAWA, Masahiro YAGI, Sho TAKAHASHI and Toru HAGIWARA

Recently, CCTV Traffic Counter, which applies generic object recognition to existing CCTV camera images, has begun to be used for traffic volume surveys and other applications. However, CCTV Traffic Counter has a problem in discriminating powered two-wheeled vehicles and bicycles due to their similar shapes. In this paper, we focus on the difference in the posture of drivers of powered two-wheeled vehicles and bicycles and propose an identification method based on OpenPose that can estimate the posture of a person captured by a camera. The proposed method obtains features effective for discrimination from the posture estimation results of a person riding a motorcycle and discriminates between bicycles and motorcycles by machine learning based on the estimated features. In the last part of this paper, we confirm that the proposed method can achieve higher accuracy in discriminating bicycles and motorcycles through experiments using video images taken on actual roads. We expect that the proposed method will improve the accuracy of traffic volume surveys by introducing it to CCTV Traffic Counter.