

(14) ウェアラブルカメラを用いたナンバープレートの文字認識手法に関する基礎的研究

住吉 諒¹・今井 龍一²・山本 雄平³・中原 匡哉⁴・
神谷 大介⁵・姜 文淵⁶・中畑 光貴⁷

¹学生会員 法政大学大学院 デザイン工学研究科 (〒162-0843 東京都新宿区市谷田町2-33)

E-mail: ryo.sumiyoshi.4t@stu.hosei.ac.jp

²正会員 法政大学教授 デザイン工学部 (〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33)

E-mail: ryuichi.imai.73@hosei.ac.jp

³正会員 関西大学助教 環境都市工学部 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-36)

E-mail: y_yamamo@kansai-u.ac.jp

⁴正会員 大阪電気通信大学講師 総合情報学部 (〒575-0063 大阪府四條畷市清滝1130-70)

E-mail: nakahara@oecu.jp

⁵正会員 琉球大学准教授 工学部 (〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原 1)

E-mail: d-kamiya@tec.u-ryukyu.ac.jp

⁶正会員 大阪産業大学准教授 工学部 (〒574-0013 大阪府大東市中垣内3-1-1)

E-mail: kyo@ce.osaka-sandai.ac.jp

⁷学生会員 関西大学大学院 総合情報学研究科 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2-1-1)

E-mail: k964962@kansai-u.ac.jp

我が国の自動車交通量調査は、人手による計数が一般的であるが、調査員の確保が年々厳しさを増しているため、調査の効率化・省力化が求められている。解決策として、動画像を用いて断面交通量を調査する手法が実用化されつつある。この手法に加えて、交差点交通量や車両の流動を把握できると、一層の発現効果が期待できる。この実現には、異なる地点間において車両を同定する技術が必要となる。既存研究では、ナンバープレートの文字を認識して車両を同定する手法が提案されている。しかし、文字の抽出漏れが発生する場合や文字が不鮮明な場合に誤認識する課題が見られた。

本研究では、より高解像度で撮影した動画像から、抽出漏れの桁を考慮してナンバープレートの文字を認識する手法を考案した。そして、実証実験を通じて考案手法の有用性を確認した。

Key Words: traffic census, license plate recognition, deep learning, image processing

1. はじめに

我が国では、道路交通の実態や問題を明らかにし、道路の整備や管理の計画と実行のための基礎資料を得ることを目的として自動車交通量調査¹⁾が実施されている。当該調査では、調査員を対象の道路に配置し、調査地点を通過する車両の形状やナンバープレートの文字を目視で判別することで、車種ごとの通過台数を計数している。しかし、当該調査は、複数地点に調査員を配置する必要があるため、調査費が高額になる。近年は、調査員の確保が年々厳しさを増しており、調査の省力化・効率化を図る必要がある。これらの課題に対して国土交通省では、可搬式トラフィックカウンタによる機械観測を推進²⁾している。可搬式トラフィックカウンタとして開発されたMOVTRA³⁾では、従来必要であった機械の設置や

撤去の際の交通規制が不要になったため、調査の効率化・省力化を一部実現した。しかし、このシステムは、車種の判別ができず、車種ごとの通過台数を計数できない課題がある。そのため、近年では簡単に設置ができるビデオカメラや既設の道路管理用CCTVカメラで撮影した動画像を深層学習を用いて解析し、交通量を自動で計数する手法が注目⁴⁾されている。深層学習を用いた既存研究⁵⁾では、単路を対象として車種ごとの通過台数を計数できるため、実務において活用が期待されるものの、交差点や広域における流動の調査への適用が困難である。そのため、既存手法⁶⁾を交差点などに適用するには、複数台のカメラ間で車両を同定する技術の開発が必要である。

そこで、著者らは、カメラで撮影した動画像からナンバープレートの文字を認識する技術に着目した。ナンバ

ナンバープレートの文字認識に関する既存研究^{9,8)}では、画像処理技術や深層学習を用いて、高精度に一連指定番号を認識できることが報告されている。特に、小篠ら⁸⁾は、車道から約60cmの高さにカメラを設置して撮影した動画画像からナンバープレートの文字を認識したうえで、認識結果を車両の流動の把握に活用できることを明らかにした。しかし、低所から撮影した動画画像を用いるため、複数車線の道路を対象にした場合、隣接車線を走行する車両により、ナンバープレートが隠れ、認識精度が低下する課題がある。そこで著者らは、実務への適用を想定し、交通量調査を目的に高所から撮影した動画画像から一連指定番号(図-1)を認識する手法⁹⁾を考案した。しかし、一連指定番号の抽出漏れにより、桁がずれて認識される事例が見られた。また、4K解像度で撮影した動画画像では、文字を目視で判別できない画像が存在した。

以上のことから、本研究の目的は、5.3K解像度で撮影可能なウェアラブルカメラで交通量を撮影した動画画像から、抽出漏れの桁を考慮して一連指定番号を認識する手法の考案とする。ウェアラブルカメラを用いることで、従来のビデオカメラを用いる場合と比較して、解像度が向上するだけでなく、設置の容易さの改善も期待できる。

2. 抽出漏れの桁を考慮した一連指定番号の認識手法の考案

本研究で考案した処理の流れを図-2に示す。本手法は、処理に必要なモデルを構築するための学習機能と一連指定番号を認識するための推定機能に大別される。

(1) 入出力データ

学習機能の入力データは、各処理に応じた教師データとする。車両検出モデル構築処理では、車両の領域を属性として付与した画像を用いる。部位識別モデル構築処理では、ナンバープレートや前輪などの部位の属性を付与した画像を用いる。これらの処理は、中畑ら⁹⁾の研究を参考にした。

一連指定番号の抽出漏れ判定モデル構築処理では、図-3に示すように、抽出時の矩形のx座標および隣接する矩形同士のx座標の差分(以下、「差分d」とする。)を説明変数、抽出漏れの桁数を目的変数とする。一連指定番号認識モデル構築処理では、0-9までの数字の属性を付与した画像を用いる。出力データとしては、各処理によって構築されたモデルとする。

推定機能の入力データは、既存研究¹⁰⁾と同様の条件でウェアラブルカメラ(機種:GoPro HERO10)で撮影した動画画像とする。出力データは、多数決をとることで一意に確定した一連指定番号の認識結果とする。

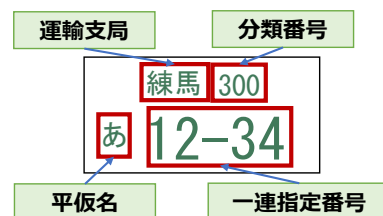


図-1 ナンバープレートの情報

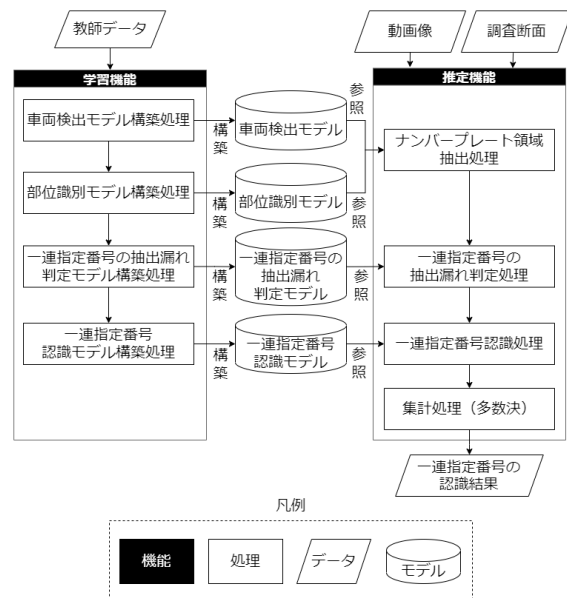


図-2 考案した処理の流れ

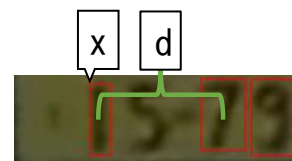


図-3 説明変数に用いた値の例

(2) 学習機能

学習機能は、車両検出モデル構築処理、部位識別モデル構築処理、一連指定番号の抽出漏れ判定モデル構築処理および一連指定番号認識モデル構築処理により構成される。車両検出モデル構築処理では、物体検出手法であるYOLOv3¹¹⁾を用いて、車両領域に対して属性を付与した画像を学習させてモデルを構築する。部位識別モデル構築処理では、画像領域分割手法であるSegNet¹²⁾を用いて、車両の部位の属性を付与した画像を学習させてモデルを構築する。一連指定番号認識モデル構築処理は、画像分類手法であるVGG19¹³⁾を用いて、0-9までの数字の属性を付与した画像を学習させてモデルを構築する。これらの処理は、既存研究^{5,9,10)}と同様であるため、詳細は参考文献^{5,9,10)}を参照されたい。

一連指定番号の抽出漏れ判定モデル構築処理では、機械学習手法の一つであるRandom Forests¹⁴⁾を用いて、一連指定番号の抽出漏れを判定するモデル(以下、「抽出漏れ判定モデル」とする。)を構築する。まず、一連指定番号を抽出し、抽出時の矩形のx座標と差分dを自動

で、抽出漏れとなった桁数を人手で付与する。そして、自動で付与した属性を説明変数、人手で付与した属性を目的変数としてモデルを構築することで、推定機能で用いる閾値を決定する。

(3) 推定機能

推定機能は、ナンバープレート領域抽出処理、一連指定番号の抽出漏れ判定処理、一連指定番号認識処理および集計処理で構成される。処理の流れを図-4に示す。

a) ナンバープレート領域抽出処理

本処理では、図-4aに示すように、動画像から車両を検出したうえで、ナンバープレートの領域を抽出する。まず、車両検出モデルを用いて動画像から車両領域を切り出す。次に、部位識別モデルを用いて切り出した車両画像を解析することで、9種類の車両の部位と背景を識別する。そして、ナンバープレートと識別された領域のうち、最大の領域を抽出する。

b) 一連指定番号の抽出漏れ判定処理

本処理では、図-4bに示すように、ナンバープレート領域から一連指定番号を抽出したうえで、抽出に失敗した桁数を判定する。まず、ラベリング処理により、一連指定番号の上下左右に存在するノイズとなる領域を除去する。次に、再度ラベリング処理を適用することで、一連指定番号を1文字ずつに分離する。そして、一連指定番号の抽出漏れ判定モデル構築時に得た閾値をx座標および差分dに適用することで抽出漏れの桁を判定する。最後に、判定結果から桁数のラベルを一連指定番号の画像に付与する。

c) 一連指定番号認識処理

本処理では、一連指定番号の画像を一連指定番号認識モデルにより解析することで、文字を認識する。

d) 集計処理

本処理では、車両の追跡間における複数の認識結果を抽出漏れ判定処理で得た桁数のラベルごとに多数決することで、それぞれの桁で認識結果を一意に確定する。

3. 実証実験

(1) 実験概要

本実験では、交通量調査の実務への適用を想定し、ウ

ェアラブルカメラの解像度を5.3K、フレームレートを60fpsに設定し、撮影した動画像に対して、考案手法を適用することでその有用性を検証する。また、5.3K解像度と4K解像度の動画像に適用した結果を比較することで、解像度による精度の変化も確認する。動画像は、既存研究¹⁰と同様に、道路の路肩部に高さ4.0m程度、垂直方向の角度が20°前後になるようにカメラを設置して撮影した。評価は、集計処理によりそれぞれの桁ごとに認識結果が存在し、目視で作成した正解と同様であれば認識成功とする。そして、評価台数に対する認識に成功した台数の割合を正解率として算出し、評価する。

(2) 実験条件

本実験では、車両検出モデル、部位識別モデルおよび一連指定番号認識モデルは、既存研究^{5,9,10}と同一のモデルを用いる。そして、抽出漏れ判定モデルは、抽出漏れの桁数ごとに700件のデータを用いて構築した。

(3) 実験結果と考察

実験結果を表-1に示す。表-1を確認すると、4K解像度の動画像に既存手法を適用した場合は正解率が67.4%であるのに対し、5.3K解像度の場合は正解率が92.7%となっている。これは、解像度が高くなったことで、ナンバープレートの文字を鮮明に撮影できたためと考えられる。また、5.3K解像度で撮影した動画像に抽出漏れの桁

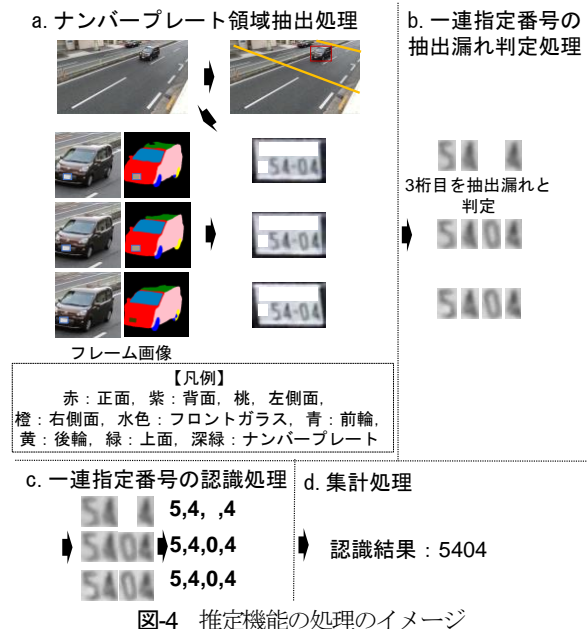


図-4 推定機能の処理のイメージ

表-1 実験結果

解像度	抽出漏れ判定	評価台数 (台)	認識成功 (台)	認識失敗 (台)	正解率
4K	無	740	499	241	67.4%
5.3K	無	740	686	54	92.7%
5.3K	有	740	717	23	96.9%

判定処理を適用した場合、正解率が 96.9%となり、適用しない場合よりも正解率が 4.2%向上した。以上のことから、考案手法の有用性を確認した。

認識結果を詳細に確認すると、図-5に示すように、抽出漏れの桁を判定し、それぞれの桁ごとに多数決をとることで、一連指定番号の認識に成功していた。これは、抽出漏れ判定処理により桁のずれが解消されたことで、本来の桁同士で多数決できたためであると考えられる。

一方、図-6に示すように、一連指定番号が2桁や3桁の場合に抽出漏れの桁を誤判定すると、本来存在しない桁として、一連指定番号を認識する画像が見られた。これは、ナンバープレート画像の上下左右に存在するノイズを除去する際の範囲が画像によってばらついていることが原因だと考えられる。そのため、上下のノイズのみを除去し、一連指定番号を抽出した後、抽出漏れの判定処理を適用することで改善できると考えられる。

4. おわりに

本研究では、ビデオカメラよりも設置が容易かつ高解像度で撮影可能なウェアラブルカメラを用いて撮影した動画画像から抽出漏れを考慮した一連指定番号の認識手法を考案した。実験結果から、考案手法により一連指定番号の認識精度が既存手法より向上することを確認した。

今後は、画像の領域のばらつきにより抽出漏れの判定精度が低下したため、ノイズ除去前の画像にも対応したモデルを構築することで改善を図る。また、本実験では、1地点における一連指定番号の認識精度のみの評価であるため、複数地点で撮影した動画画像に考案手法を適用することで、同一の車両を特定できるかを検証する。さらに、晴れ以外の天候や夜間に撮影した動画画像に考案手法を適用し、適用限界も明らかにする。

謝辞：本研究の遂行にあたっては、サーベイリサーチセンター社、中央建設コンサルタント社および日本インシーク社より動画画像提供やご意見を賜った。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省：一般交通量調査について、<<https://www.mlit.go.jp/road/census/h22-1/data/kasyorep.pdf>>, (入手 2022.06.13) .
- 2) 国土交通省：平成 27 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、<<https://www.mlit.go.jp/common/001187536.pdf>>, (入手 2022.06.13) .
- 3) 大西康弘, 山田純司, 佐藤哲也：可搬型トラフィックカウンターを活用した交通実態調査の可能性につ



図-5 抽出漏れの判定に成功した例



図-6 抽出漏れの判定に失敗した例

いて、交通工学研究発表会論文報告集、交通工学研究会, Vol.28, pp.189-192, 2008.

- 4) 国土交通省：ICT を活用した交通量・旅行速度調査の方向性、<<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/ict/pdf03/02.pdf>>, (入手 2022.06.13) .
- 5) 中畑光貴, 今井龍一, 神谷大介, 山本雄平, 田中成典, 中原匡哉, 姜文淵：車両部位を識別子とした交通量調査に関する研究, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), 土木学会, Vol.78, No.2, pp.L158-L168, 2022.
- 6) 四宮康治, 藤田和弘, 中森伸行：Eigen Number を用いた低解像度ナンバープレート数字の識別, 情報科学技術フォーラム講演論文集, FIT (電子情報通信学会・情報処理学会) 運営委員会, Vol.12, No.3, pp.157-158, 2013.
- 7) 辻広生, 福水洋平, 道閑隆国, 山内寛紀：Retinex モデルにおけるサポートベクターマシン回帰を用いた劣化ナンバープレート画像の輝度値補正手法と文字認識への応用, 画像電子学会誌, 画像電子学会, Vol.46, No.4, pp.L510-521, 2017.
- 8) 小篠耕平, 菅原宏明, 藤井純一郎, 大久保順一, 岡野将大：路側からの撮影動画を用いた車種別車両計測とナンバープレート認識の複合認識システムの開発および流動分析への適用可能性検証, 交通工学研究発表会論文集, 交通工学研究会, Vol.41, pp.233-238, 2021.
- 9) 今井龍一, 神谷大介, 山本雄平, 中原匡哉, 姜文淵, 中畑光貴, 住吉諒, 高野精久, 山中亮, 平野順俊：動画像を用いたナンバープレートの文字認識手法に関する基礎的研究, 交通工学研究発表会論文集, 交通工学研究会, Vol.42, 印刷中, 2022.
- 10) 今井龍一, 神谷大介, 山本雄平, 田中成典, 中原匡哉, 中畑光貴：汎用的な深層学習器を用いた交通量調査手法に関する基礎的研究, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), 土木学会, Vol.75, No.2, pp.L150-L159, 2019.
- 11) Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R. and Farhadi, A.: You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection, *Computer Vision and Pattern Recognition*, Vol.29, No.2, pp.779-788, 2016.
- 12) Badrinarayanan, V., Kendall, A. and Cipolla, R.: SegNet: A Deep Convolutional Encoder-Decoder Architecture for Image Segmentation, *Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.39, No.12, pp.2481-2495, 2017.
- 13) Karen, S. and Andrew, Z.: Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition, *International Conference on Learning Representations*, 2015.
- 14) Breiman, L.: Random Forests, *Machine Learning*, Vol.45, pp.5-32, 2001.