(45) 射影変換を用いた車両のナンバープレートの文字抽出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　文渊[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: imai@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

我が国では，自動車交通量調査の効率化・省力化のために人工知能の導入が推進されている．この交通量調査にナンバープレートを認識する処理を追加できれば，車両の流動の計測が可能となり，調査を高度化できる．交通量調査用に路側の高所から撮影した場合，ナンバープレートの傾きを補正する必要がある.しかし，ナンバープレートと車両が同系色の場合，エッジを抽出できず補正に失敗する．そこで，本研究では，テンプレート画像を用いて，ナンバープレート画像にエッジを付与し，射影変換により正面を向くように補正することで文字を抽出する手法を考案する．実験の結果，8 割以上の精度でナンバープレートの補正に成功し，文字を抽出できた．今後は，射影変換の基準となる一連指定番号の抽出精度と濃度ヒストグラムに着目した文字の抽出精度の向上を目指す.

Key Words: *traffic census, license plate recognition, character extraction, image processing, projective transformation*

1. はじめに

我が国における自動車交通量調査は，調査員が車両の形状やナンバープレートを目視で計測する手法が一般的である．しかし，近年は調査員の確保が困難となることが深刻化してきており，調査の効率化・省力化が期待されている．そこで，国土交通省では，令和 3 年度の全国道路・街路交通情勢調査において，新たに AI 観測を導入[1)]している．既存研究[2)]では，AI を用いた画像認識手法を適用することで，車種別の断面交通量を高精度に計測できる手法がある．また，既存サービスとしては，SCORER[3)]や TRAVIC[4)]など多数展開されている．これらのサービスは，交通量調査の機能に加えてナンバープレートの認識機能を備えているが，文字を鮮明に撮影するために，カメラを低い位置に設置する必要がある．そのため，カメラから遠い車線を走行する車両では，手前側の車線を走行する車両によって，ナンバープレート自体が隠されて認識が困難になる．そこで，著者らは，この問題を解消するために，交通量調査用に高所から撮影した動画像を用いてナンバープレートの文字を認識する手

法[5]を開発した．しかし，本手法では，ナンバープレートの一連指定番号や分類番号（図-1）を別々の処理で抽出しているため，処理に時間を要する．一方，規格で定められたナンバープレートの文字の配置を用いて，すべての文字を 1 つの処理で抽出することができれば，処理に要する時間を短縮できる可能性がある．しかし，路側の高所から撮影した場合，ナンバープレートが画像上で傾くことで解析が困難な課題がある．これを解決するため，ナンバープレートの外枠のエッジを抽出し，4 つの頂点の座標を用いて，ナンバープレートが正面を向くように射影変換で補正する手法が考えられる．このような手法では，頂点を抽出するためにナンバープレートの外枠のエッジを抽出しているが，車両と同系色の場合，抽出できない課題がある．そこで，本研究では，一連指定番号の 4 桁目の数字に着目した．一連指定番号の 4 桁目の数字は，すべてのナンバープレートで表示されており，文字のサイズが大きく，分類番号やひらがなと比較して抽出が容易である．そのため，特に抽出しやすい 4 桁目の文字に着目してナンバープレートの傾きを補正することで，高精度にナンバープレートの文字を抽出できると考えた．また，ナンバープレートには様々な種類の色が利用されているが，本手法であれば車両とナンバープレートの色の組み合わせに影響されることなくナンバープレートの傾きを補正できることが期待される．

以上のことから，本研究の目的は，射影変換によりナンバープレート画像を正面向きに補正し，規格どおりにすべての文字を抽出する手法の考案とする．

2. 車両ナンバープレートの文字抽出手法の考案

本研究で考案した処理の流れを図-2 に示す．考案手法は，ナンバープレート抽出処理，一連指定番号の抽出処理，射影変換処理および文字の抽出処理によって構成される．本章では，それぞれの処理を詳述する．

(1) ナンバープレート抽出処理

本処理の流れを図-3 に示す．本処理では，交通量調査を目的に撮影した動画像（図-3 左上）を入力とし，ナンバープレート画像を出力とする．まず，YOLO v4[6]を用いて構築した車両検出モデルにより，動画像を解析することで，2 本の断面線の領域内にある車両を継続して検出する．これにより，1 台の車両から複数枚の車両領域画像が得られる．そして，SegNet[7]を用いて構築した部位識別モデルにより，抽出した車両領域画像を解析することで，ナンバープレートを識別し抽出する．本処理は，既存研究[5]と同様であるため，詳細は該当の研究を参照されたい．

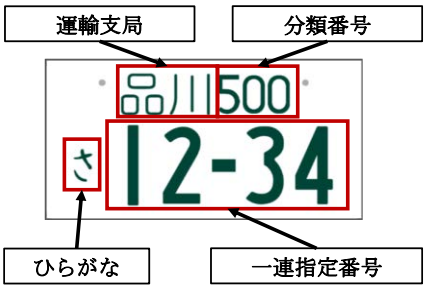


図-1 ナンバープレートの情報

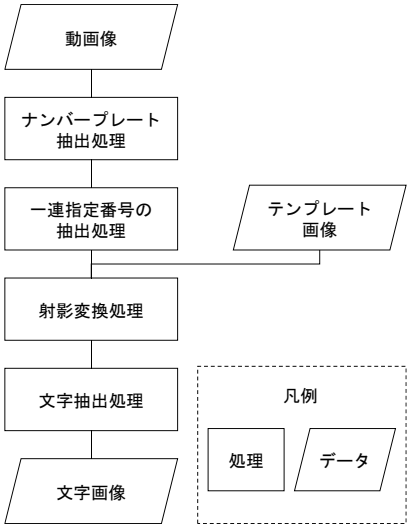


図-2 考案手法の流れ

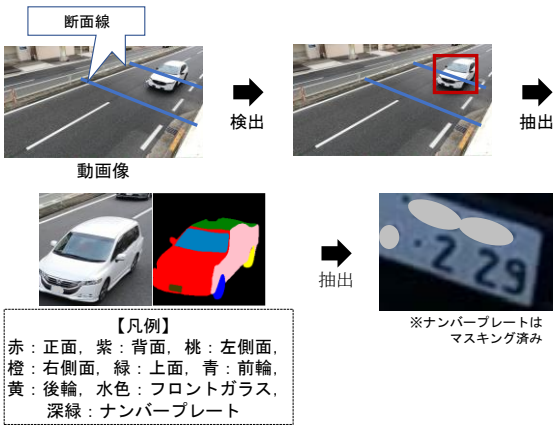


図-3 ナンバープレート抽出処理の流れ

(2) 一連指定番号の抽出処理

本処理の流れを図-4 に示す．本処理では，抽出したナンバープレート画像（以下，「元画像」とする．）を入力とし，一連指定番号の 4 桁目の座標値を出力とする．まず，一連指定番号を抽出するために，元画像をグレースケール化し，ラプラシアンフィルタによりナンバープレートや文字の輪郭を抽出する．次に，抽出した輪郭に対して外接矩形を描画する．描画された外接矩形のサイズが小さい場合には，矩形が一定のサイズになるように座標値を補正する．そして，ナンバープレートの外枠の

エッジを抽出できた画像からナンバープレートの傾きの平均値を算出し，その分だけ外接矩形を回転させる．最後に，画像中の最も右側に位置する外接矩形の座標値を出力する．

(3) 射影変換処理

本処理の流れを**図-5** の左に示す．本処理では，外接矩形の座標値とテンプレート画像を入力とし，元画像を射影変換させた画像を出力とする．テンプレート画像は，国土交通省が公開しているナンバープレートの規格 [9]を基に作成する．まず，回転後の外接矩形における頂点の座標とテンプレート画像における一連指定番号の 4 桁目の座標を用いて，テンプレート画像を射影変換する．ナンバープレートの 4 桁目の数字は，すべてのナンバープレートに含まれているという特性があり，手法の汎用性の向上も期待できる．そして，射影変換後のテンプレート画像におけるナンバープレートの頂点の座標を抽出し，その座標値を元画像に反映させることで，元画像を射影変換する．

(4) 文字の抽出処理

本処理の流れを**図-5** の右に示す．本処理では，射影変換後の画像を入力とし，ナンバープレートの文字画像を出力とする．まず，ナンバープレートの規格からそれぞれの文字が存在する位置の座標値を決定する．そして，座標値を用いて射影変換後の画像から文字を抽出する．

3. 考案手法を用いた実証実験

(1) 実験概要

本研究では，交通量調査用の動画像から抽出したナンバープレートの全体が映っている画像 500 枚に対して考案手法を適用することで，有用性を検証する．検証に使用する動画像は，既存研究 [9]と同様に地面からの高さが 4.0m，垂直角度が 20° 前後となるようにウェアラブルカメラを設置して撮影した．カメラの設定は，解像度を 5.3K，フレームレートを 60fps とした．

(2) 実験結果と考察

本実験の結果を**表-1** に示す．**表-1** を確認すると，500 枚中 402 枚の画像でナンバープレートの文字の抽出に成功し，正解率は 80.4%であった．この結果は，画像 1 枚に対する結果であるため，動画像の特性を活かし，1 台の車両の追跡中に得られる複数枚のナンバープレート画像を用いることで，画像 1 枚では抽出に失敗した場合でも，他のフレームでの抽出結果により補正できる可能性がある．

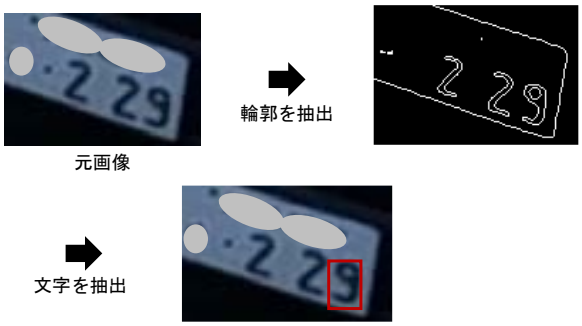


図-4 一連指定番号の抽出処理の流れ

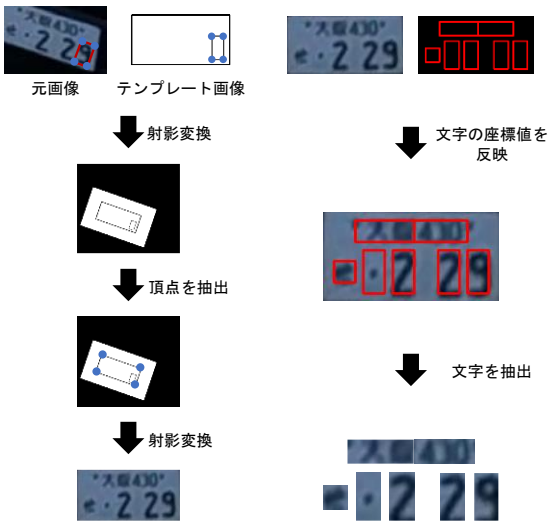


図-5 射影変換処理と文字抽出処理の流れ

表-1 文字の抽出結果

評価枚数（枚）	抽出成功枚数（枚）	正解率（%）
500	402	80.4



図-6 文字を正しく抽出できた画像

結果を詳細に確認すると，**図-6** に示すように，ナンバープレートの色に関わらず，傾きを補正して文字を抽出できていることがわかった．また，**図-6** の上に示すように元画像と射影変換後のテンプレート画像とを重畳させた時に，ナンバープレートのエッジに正しく重なっており，**図-6** の下に示すように元画像を正面向きに正しく補

正できたこともわかった．これは，一連指定番号の 4 桁目を正しく抽出でき，矩形の大きさや角度の補正値が適切であったためであると考えられる．さらに，図-6 の右上に示すように，ナンバープレートと車両がどちらも緑色の画像の場合でも正面向きに補正できている．このことから，考案手法はナンバープレートのエッジを抽出できない画像に対しても有用な手法であることが明らかになった．しかし，図-7 に示すように，一連指定番号の 4 桁目の抽出に失敗した画像では，異なる文字が射影変換の基準となる座標として用いられており，元画像とテンプレート画像の外枠のエッジが大きくずれ，文字の抽出に失敗した．これは，文字の輪郭がぼやけていることが原因で抽出できなかったためと考えられる．そのため，鮮鋭化処理を適用し，文字の輪郭を鮮明化させることで，文字の抽出精度を向上できる可能性がある．また，図-8 に示すように，矩形の大きさや角度の補正に失敗した場合，元画像とテンプレート画像の外枠のエッジにずれが発生し，文字の抽出に失敗する画像が散見された．画像を確認すると，テンプレート画像との大きなずれはなく，文字同士の境界が明確となっているため，垂直・水平方向に投影した濃度ヒストグラムに着目することでテンプレート画像とのずれを補正できる可能性がある．

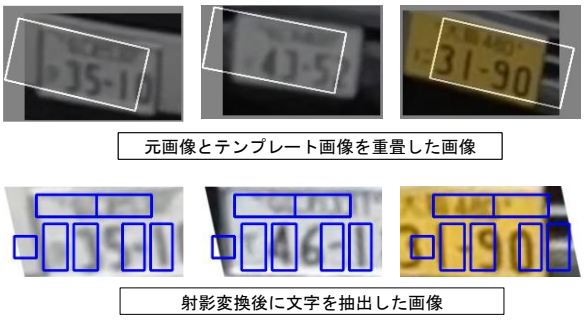


図-7　一連指定番号の 4 桁の文字の抽出に失敗した画像

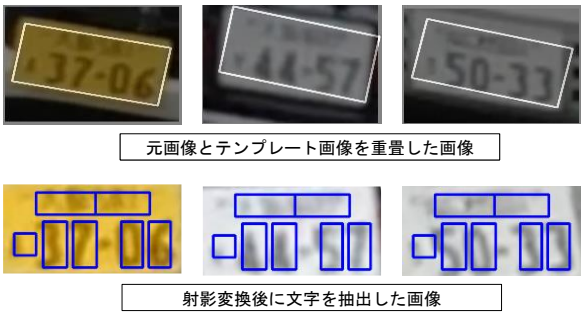


図-8　外接矩形の大きさや角度の補正に失敗した画像

4.　おわりに

本研究では，一連指定番号の 4 桁目を基準とし，テンプレート画像と元画像を射影変換することで，ナンバープレートの文字の抽出手法を考案した．実証実験の結果，考案手法を適用することで，8 割以上のナンバープレート画像ですべての文字の抽出に成功したため，考案手法の有用性を確認できた．

今後は，画像処理手法を用いて画像を鮮鋭化させることで，射影変換の基準となる一連指定番号の抽出精度の向上を目指す．また，濃度ヒストグラムに着目することで，テンプレート画像からずれている部分を補正する処理を実装する．そして，複数地点で撮影した動画像に対して考案手法を適用することで文字を抽出および認識し，その結果から動画像間で同一の車両を特定する手法の開発を目指す．

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：令和 3 年度全国道路・街路交通情勢調査の実施について，＜https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/ict/pdf05/01.pdf＞，（入手 2023.6.12）．
2) 中畑光貴，今井龍一，神谷大介，山本雄平，田中成典，中原匡哉，姜文渊：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），78 巻 2 号，pp.I_158-I_168，2022.
3) 株式会社フューチャースタンダード：Scorer，＜https://www.scorer.jp/products/scorer-traffic-counter＞，（入手 2023.6.12）．
4) 八千代エンジニアリング株式会社：TRAVIC，＜https://www.yachiyo-eng.co.jp/government/pickup/TRAVIC/＞，（入手 2023.6.12）．
5) 今井龍一，山本雄平，中原匡哉，神谷大介，姜文渊，中畑光貴，住吉諒：交通量調査の高度化に向けたナンバープレートの数字認識手法に関する研究，土木学会論文集 F3（土木情報学），79 巻 22 号，pp.1-11，2023.
6) Bochkovskiy, A., Wang, C. and Liao, H.: YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection, <https://arxiv.org/pdf/2004.10934.pdf>,（入手 2023.6.12）．
7) 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.
8) 国土交通省：ナンバープレートの現状について，＜https://www.mlit.go.jp/common/000169006.pdf＞，（入手 2023.6.12）．
9) 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），75 巻 2 号，pp.I_150-I_159，2019.