

交通量調査のための人工知能を用いた 車両認識手法に関する研究

今井 龍一¹・神谷 大介²・山本 雄平³・田中 成典⁴・
中原 匡哉⁵・中畑 光貴⁶・高野 精久⁷・山中 亮⁸

¹正会員 法政大学准教授 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

²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番地)

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

³非会員 大阪工業大学特任講師 情報科学部 (〒573-0196 大阪府枚方市北山1-79-1)

E-mail: yuhei.yamamo@oit.ac.jp

⁴正会員 関西大学教授 総合情報学部 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2丁目1番1号)

E-mail: tanaka@res.kutc.kansai-u.ac.jp

⁵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丁目1番1号) /
国土交通省国土技術政策総合研究所 社会資本マネジメント研究センター 社会資本情報基盤研究室

E-mail: k732803@kansai-u.ac.jp

⁶非会員 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丁目1番1号)

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

⁷正会員 株式会社サーベイリサーチセンター (〒116-8581 東京都荒川区西日暮里2丁目40番10号)

E-mail: takano_k@surece.co.jp

⁸正会員 琉球大学大学院 理工学研究科 (〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原1番地)

E-mail: k188673@eve.u-ryukyu.ac.jp

我が国では、道路の計画や設計、維持管理を目的として、道路交通状況を把握するための交通量調査が実施されている。この調査は、車両の通過台数を調査員が目視で計数する方法が一般的であるが、多地点に多数の調査員を配置して長時間実施されることから省力化が求められている。昨今、車両感知器などの機器による調査方法も採用されているが、進展が目覚ましいAIやIoTを用いると、さらなる生産性の向上が期待される。本研究では、容易に設置・撤去が可能であるビデオカメラで撮影した動画像から人工知能を用いて車両の通過台数を自動認識(計数)する手法を考案した。そして、同手法に準じたプロトタイプを開発し、実際の交通量調査で撮影された動画像を用いたケーススタディを実施し、人工知能を用いた交通量調査の実現可能性を明らかにした。

Key Words : traffic census, deep learning, object detection, vehicle recognition

1. はじめに

我が国では、道路の利用実態を把握し、道路の計画や設計、維持管理の方向性を策定するために交通量調査¹⁾が実施されている。この調査は、道路の調査箇所(断面)を通過した車両の台数を調査員が目視で計数する方法が一般的であるが、多地点に多数の調査員を配置して長時間実施されている。昨今は、車両感知器(トラフィックカウンタ)などの機器を用いた機械式調査も導入されているが、機器の設置・撤去時に交通規制を要することがある。また、ビデオカメラで撮影した動画像を用いた目視調査の方法も導入されているが、劇的な省人

化には至っていない。

このような課題への改善策として、道路交通分野では、人工知能を用いた車両の自動認識(計数)技術が注目されている²⁾。当該技術は、ビデオカメラで撮影した動画像から自動車、バスや自動二輪車などの様々な車両を認識できるため、交通量調査への適用が期待されている。そこで著者らは、実際の交通量調査時に撮影した動画像に人工知能の汎用的な学習済モデルを適用し、実現場における適用可能性とその課題を整理した³⁾。その結果、人工知能を交通量調査に適用するには、車両の認識・識別や位置同定の技術に関する課題があることがわかった。本研究では、既存研究の成果を踏まえ、容易に設置・

撤去が可能である汎用型のビデオカメラで撮影した動画画像から人工知能を用いて車両を認識する手法を考案する。そして、同手法に則したプロトタイプを開発し、実際の交通量調査時に撮影された動画画像を用いてケーススタディを実施し、人工知能を活用した交通量調査の実現可能性を検証する。

2. 人工知能を用いた車両認識手法の開発

(1) 車両認識手法の開発要件の整理

著者らは、既存研究にて人工知能の汎用的な学習済モデルに実際の交通量調査時に撮影した動画画像に適用し、実現場における適用可能性を整理している⁹⁾。その結果として、人工知能を用いた交通量調査を実施するには、以下に示す3項目の技術が必要であることを明らかにしている。

a) 断面通過時の車両の位置予測・補間技術

交通量調査では、道路上に設定した断面（以下、調査断面）を通過した台数を計数する。人工知能は車両を必ず認識できるわけではない。このため、調査断面付近にて車両の認識に失敗すると、計数ができなくなる。

この改善策として、図-1に示すとおり、複数のフレームの認識結果を用いて、車両が通過する位置を予測し、補間する技術を開発する必要がある。

b) 異なる時点で認識した位置の同定技術

調査断面を通過した車両を計数するには、断面を通過する前後の時点の動画画像中の車両を同定する必要がある。しかし、人工知能の汎用的な学習済モデルでは、時系列を考慮して車両が認識されていないので、動画画像の各フレーム間で車両を同定できていない。

この改善策として、図-2に示すとおり、人工知能の認識結果から車両を同定し、調査断面を通過した車両を計数する技術を開発する必要がある。

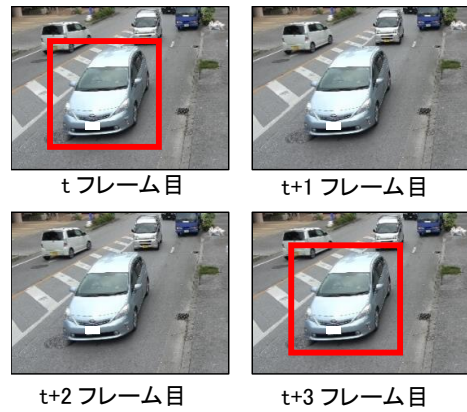
c) 車両種別の識別技術

人工知能の汎用的な学習済モデルを用いると、車両種別を誤って認識することがある。この改善策として、図-3に示すとおり、物体認識に特化した人工知能の学習モデルを用いて車両の領域を取得する。そして、その領域に対して画像分類に特化した人工知能の学習モデルを用いて車両種別を分類する。

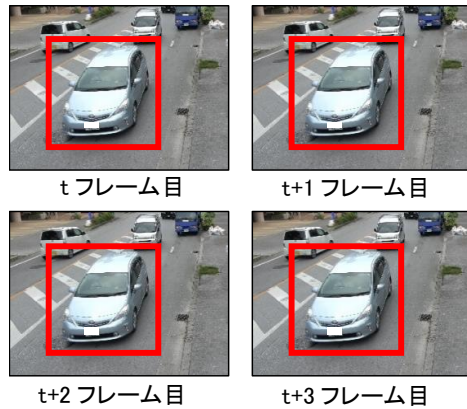
以上の処理を経て、車両の細かな特徴の検出が可能となり、車両種別の認識精度を向上できると考えられる。

(2) 車両認識手法の考案

本研究は、図-4に示す人工知能を用いて動画画像から車両を認識（計数）する手法を考案した。図に示すとおり本手法は、人工知能の学習モデルを構築する車両学習機

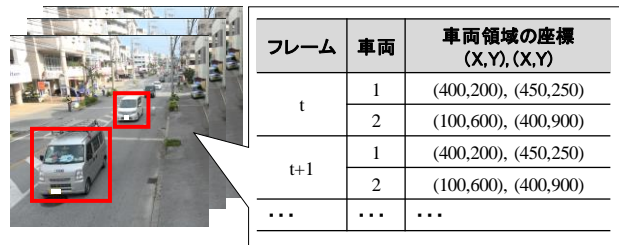


a) 補間前



b) 補完後

図-1 断面通過時の位置の予測・補間例



フレーム	車両	車両領域の座標 (X,Y), (X,Y)
t	1	(400,200), (450,250)
	2	(100,600), (400,900)
t+1	1	(400,200), (450,250)
	2	(100,600), (400,900)
...

図-2 異なる時点で認識した位置の同定例

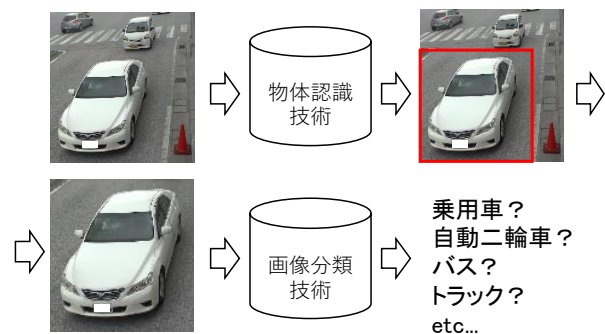


図-3 車両の識別例

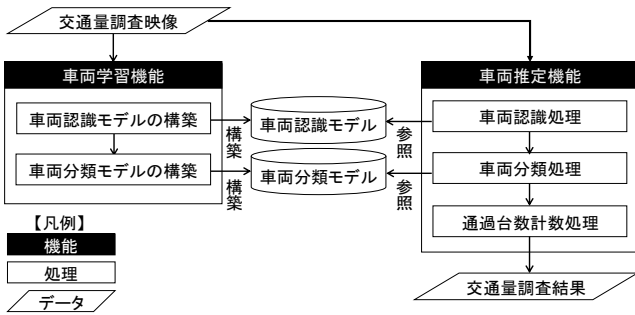


図-4 車両認識手法の構成・手順



図-5 実験現場

能および構築した学習モデルを用いて動画像から車両を認識する車両推定機能で構成している。また、本研究では、考案した手法に則したプロトタイプを開発した。

a) 車両学習機能

本機能は、動画像から車両を認識するモデル（以下、車両認識モデル）および車両の画像から車両種別を判定するモデル（以下、車両分類モデル）を構築する。そして、これらの2つのモデルを用いて段階的に処理することで、車両種別を正確に識別する。車両認識モデルは、交通量調査時に撮影した映像から車両領域の画像を切り取り、人工知能で学習することにより構築する。車両分類モデルは、車両領域を切り取った画像を目視にて確認し、車両種別の属性を付与した画像を学習することで構築する。

b) 車両推定機能

本機能は、車両学習機能にて構築した両モデルを用いて、動画像から車両の領域と車両種別を認識する。そして、複数フレーム間において車両を追跡することで、異なる時点で認識した車両の同定と調査断面通過時の車両位置を予測・補間する。

まず、車両認識処理では、車両認識モデルを用いて、入力データの動画像から車両領域を取得する。次に、車両分類処理では、車両分類モデルを用いて、前処理にて推定した車両の種別を判定する。最後に、通過台数計数処理では、車両認識処理にて取得した車両領域の重心を算出し、各フレーム間の重心同士を結び付けて車両を追跡することで、調査断面を通過した車両種別ごとの台数を計数する。車両の追跡に失敗した場合は、数フレーム先まで最近傍点を探索し、線形補間により車両の位置を補間する。

3. 実証実験（ケーススタディ）

本研究では、考案した手法に則したプロトタイプに実際の交通量調査中に撮影された車両を撮影した動画を適用し、人工知能を用いた交通量調査の実現可能性を検証する。



小型車の例

大型車の例

図-6 車両種別の例

表-1 実験結果

検証項目/車種	小型車	大型車	合計
算出値 (台)	147	31	178
正解値 (台)	120	42	162
計数に成功した値 (台)	101	26	127
適合率	0.68	0.84	0.71
再現率	0.84	0.62	0.78
F値	0.75	0.71	0.75



セダン
(小型車として認識)

トラック
(大型車として認識)

【凡例】—: 車両領域の認識結果, —: 調査断面

図-7 計数に成功した車両の例

(1) 実験条件

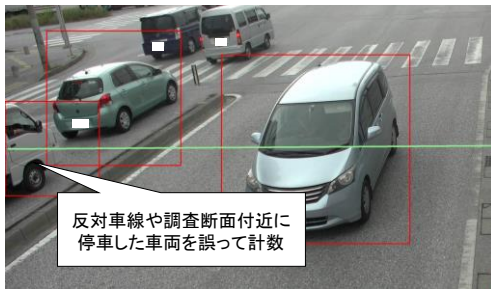
本実験では、片側2車線の道路で、交通量が約600台/h、大型車混入率が約25%の道路（以下、実験現場）を交通量調査の単位時間である15分間撮影した動画像を用いる。ビデオカメラは、4K画質（3,840×2,160pixel）、30fpsに設定し、図-5に示すとおり、車道脇の照明柱の高さ約4mの位置に固定して、片側の車線のみを対象に撮影した。また、本実験では、車両認識モデルにはYOLO⁷⁾、車両分類モデルにはVGG19⁹⁾を使用する。各モデルには、図-6に示すとおり、車両種別（小型車、大型車）ごとに本実験では使用しない動画像から切り出した1,000枚の画像を学習することで、小型車、大型車を識別可能な学習モデルを構築する。



ワゴン車
(大型車として誤認識) 軽トラック
(大型車として誤認識)

【凡例】—: 車両領域の認識結果, —: 調査断面

図-8 計数に失敗した車両の例



【凡例】—: 車両領域の認識結果, —: 調査断面

図-9 台数を過剰に計数した例

(2) 実験方法

本実験では、交通量調査中に撮影された動画像に対して、プロトタイプにより計数した車両種別（小型車、大型車）ごとの算出値と目視にて計数した正解値とを比較し、適合率、再現率およびF値により評価する。

(3) 実験結果と考察

実験結果を表-1に示す。実験結果を確認すると、表-1の網掛け部に示すとおり、小型車のF値は0.75、大型車のF値は0.71であり、小型車、大型車ともに7割程度を正しく計数できることがわかった。

計数に成功した事例を確認すると、図-7に示すとおり、セダンタイプの車両やトラック・バスは、認識に成功しやすい傾向が見られた。一方、図-8に示すとおり、計数に失敗した事例を確認すると、ワゴン車や軽トラックを大型車として誤認識する傾向が見られた。これは、車両分類モデルの構築に用いた学習データには、ワゴン車や軽トラックの画像枚数が少なかつたため、これらの車両の特徴を十分に学習できていなかったことが原因と考えられる。そのため、車両の形状を考慮して、より多くの画像を学習することで対応できると考えられる。

小型車と大型車を合計した車両の通過台数に着目すると、表-1の網掛け部に示すとおり、正解値は162台であるのに対して、システムの出力値は178台であり、実際の通過台数より車両を多く計数していることが分かる。これは、図-9に示すとおり、調査断面付近に車両が停車した場合や反対車線に車両が通過した場合に誤って車両

を計数していることが原因であることがわかった。そのため、通過台数計数処理において車両を追跡する時に、車両の進行方向を判定し、反対車線を走行している車両を除外する必要がある。

以上のことから、考案した手法を元にして学習データの拡充やプロトタイプの完成度を今後高めていくことで、人工知能を活用した交通量調査の実現可能性があることがわかった。

4. おわりに

本研究では、人工知能を用いた交通量調査の実現可能性を検証した。その結果、本研究で考案した車両識別手法を用いると、交通量調査に適用できる可能性が高いことがわかった。今回の実験で用いたプロトタイプは、十分な学習状況ではなかったが、小型車、大型車ともに7割程度の精度で計数ができていた。以上の研究成果に基づくと、人工知能を交通量調査の実務に適用できる可能性が高いと考えられる。

今後は、本実験で明らかとなった課題を解消して車両の計数精度の向上を図り、人工知能を用いた交通量調査の早期実用化を目指す。

参考文献

- 1) 国土交通省：道路交通センサスとは、<http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/06/060901_2/02.pdf>, (入手 2019.10.4) .
- 2) 瀧本真理, 中田寛臣, 松田奈緒子, 林泰士, 瀬戸下伸介: AI を用いた交通量調査技術の動向調査, 国総研レポート 2019, 国土技術政策総合研究所, No.18, p.125, 2019.
- 3) 国土交通省: カメラを活用したデータ収集の検討状況, <<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/ict/pdf01/04.pdf>>, (入手 2019.10.4) .
- 4) コンピュータビジョン社: 映像解析支援ソフト Trace Blade AI Suite / AI 交通量調査ソフトウェア Traffic Blade, <http://www.media-juggler.co.jp/doc/ComputerVision_productinfo.pdf>, (入手 2019.10.4) .
- 5) Yilmaz, A., Guzel, M., Askerbeyli, I. and Bostanci, E.: A Vehicle Detection Approach using Deep Learning Methodologies, *Computer Vision and Pattern Recognition*, IEEE, arXiv:1804.00429, 2018.
- 6) 今井龍一, 神谷大介, 山本雄平, 田中成典, 中原匡哉, 中畑光貴: 交通量調査の適用に向けた深層学習による移動体認識技術の調査研究, 土木情報学シンポジウム講演集, 土木学会, Vol.44, pp.173-176, 2019.
- 7) Joseph, R., Santosh, D., Ross, G. and Ali, F.: You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection, *Computer Vision and Pattern Recognition*, IEEE, pp.779-788, 2016.
- 8) Karen, S. and Andrew, Z.: Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition, *Computer Vision and Pattern Recognition*, IEEE, arXiv:1409.1556v6, 2015.