

## (4) 動画像を用いた交通量調査技術の 夜間への適用に向けた基礎的研究

今井 龍一<sup>1</sup>・神谷 大介<sup>2</sup>・山本 雄平<sup>3</sup>・田中 成典<sup>4</sup>・  
中原 匡哉<sup>5</sup>・姜 文淵<sup>6</sup>・中畑 光貴<sup>7</sup>

<sup>1</sup>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

<sup>2</sup>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

<sup>3</sup>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3-3-35)  
E-mail: y\_yamamo@kansai-u.ac.jp

<sup>4</sup>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2-1-1)  
E-mail: tanaka@res.kutc.kansai-u.ac.jp

<sup>5</sup>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

<sup>6</sup>正会員 関西大学特別任命准教授 先端科学技術推進機構 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35)  
E-mail: b.kyo@kansai-u.ac.jp

<sup>7</sup>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、道路の交通状況を把握するために、全国各地で交通量調査が実施されている。本調査では、作業の効率化や省力化を目的として、動画像から交通量を自動で計数する技術の導入が検討されており、多数の技術やサービスが開発されている。これらの技術は、昼間に撮影された動画像に対しては実務で利用可能な精度で計数できる。しかし、夜間に撮影された動画像に対しては、十分な明るさを確保できず、車両の色や外形が不明瞭になるため、十分な精度で計数できない課題がある。そこで、本研究では、深層学習を用いて夜間に撮影した動画像を昼間に撮影した動画像のように変換することで、夜間においても適用可能な手法を開発し、その有用性を評価した。

**Key Words :** *traffic census, night traffic volume, image processing, deep learning*

### 1. はじめに

我が国では、全国道路・街路交通情勢調査（道路交通センサス）のような大規模な一斉調査に加え、全国各地で交通量調査<sup>1)</sup>が実施されている。本調査では、調査員が道路上の特定の断面（以下、調査断面）を通過した小型車、大型車ごとの台数を12時間や24時間計数する。現在、調査員不足の課題に直面しており、作業の効率化や省力化等の費用対効果の高い革新的な解決策が求められている。その解決策として、赤外線や音波を用いた機械観測<sup>2)</sup>による調査も実施されている。しかし、費用面の制約や設置箇所が限定される課題があるため、劇的な改善には至っていない。

こうした背景から、国土交通省では、人手観測による

調査を廃止し、ビデオカメラや全国に設置されている道路管理用の監視カメラ（CCTV : Closed-circuit Television）を用いた常時観測による調査が検討<sup>3) 4)</sup>されている。具体的には、深層学習を用いて動画像を解析し、車種（小型車、大型車）ごとの通過台数を自動で計数する技術やサービスが開発されている。これらの技術やサービスは、昼間に撮影された動画像に対しては実用に供する精度で計数できる。一方、日の入り後の夜間に撮影された動画像に同技術・サービスを適用すると、調査地点のうち約20~30%の地点しか国土交通省の定める要求仕様<sup>5)</sup>を満たしておらず、実用に供することができない<sup>6)</sup>。これは、夜間に撮影した動画像は、十分な明るさを確保できず、車両の色や外形が不明瞭になるので、車両領域を抽出したり、車種を分類したりする精度が低下するためである。

しかし、交通量調査は夜間も実施されるため、解決策を見出していくことは必要不可欠である。

著者らは、夜間に撮影した動画を昼間に撮影した動画のように変換（以下、夜昼変換）ができると、高精度に車両を計数できる可能性があるとして着想した。そこで、本研究では、深層学習を用いて交通量調査で撮影した夜間の動画を昼間の動画に変換する手法を考案する。そして、同手法に準じた学習モデルを構築し、実証実験を通して、その有用性を評価する。

## 2. 夜間の車両計数手法の考案

### (1) 処理の流れ

本研究で考案した夜間の車両計数手法のアルゴリズムの処理の流れを図-1に示す。提案手法は、学習モデルを構築するための学習機能と車種ごとの通過台数を計数するための推定機能の2つに大別される。

### (2) 入出力データ

学習機能の入力データは、図-2に示すように、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、車両領域のラベルを付与した画像を用いる。夜昼変換モデル構築処理では、昼間と夜間に車両を撮影した画像を用いる。車種分類モデル構築処理では、車種のラベルを付与した画像を用いる。出力データは、各処理にて構築した学習モデルとする。

推定機能の入力データは、既存手法<sup>7)</sup>を参考にして撮影した動画とする。出力データは、小型車・大型車の車種ごとの通過台数とする。

### (3) 学習機能

本機能は、車両検出モデル構築処理、夜昼変換モデル構築処理と車種分類モデル構築処理により構成される。

#### a) 車両検出モデル構築処理

本処理では、物体検出手法であるYOLOv3<sup>8)</sup>を用いて、動画から車両領域を検出する学習モデルを構築する。具体的には、車両の写った画像に対して車両領域のラベルを付与し、YOLOv3を用いて学習させて車両検出モデルを構築する。

#### b) 夜昼変換モデル構築処理

本処理では、画像生成手法であるCycleGAN<sup>9)</sup>を用いて、夜間に撮影した画像から昼間に撮影した画像を生成することで、疑似的に画像の明るさを変換する学習モデルを構築する。具体的には、夜間と昼間に車両を撮影した動画から車両領域を切り出して、CycleGANを用いて学習させて夜昼変換モデルを構築する。

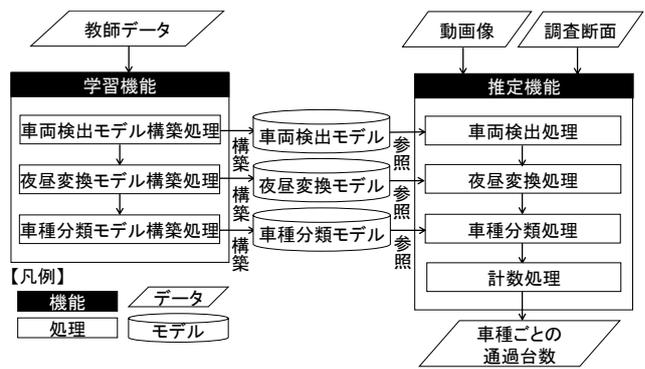


図-1 夜間の車両計数手法の処理の流れ

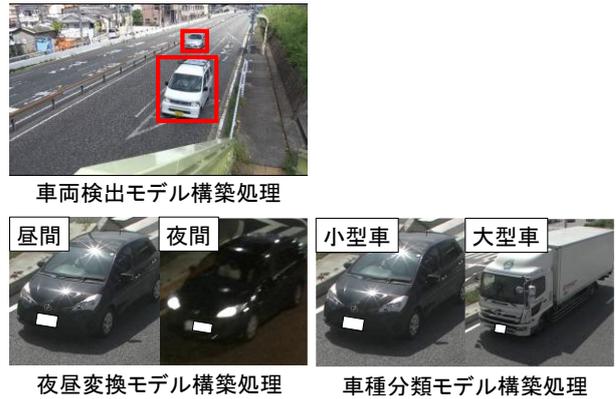


図-2 学習機能の入力データ

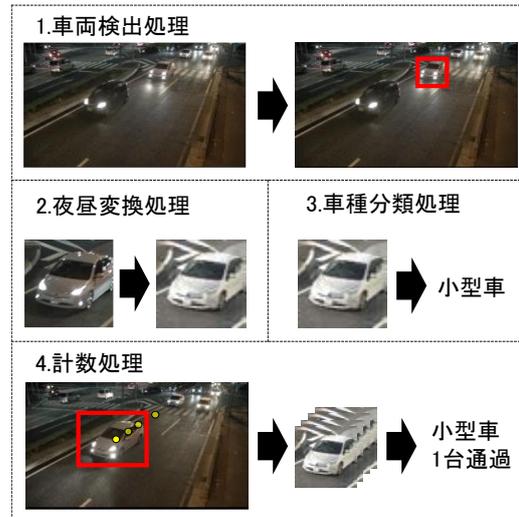


図-3 推定機能の処理イメージ

#### c) 車種分類モデル構築処理

本処理では、画像分類手法であるVGG19<sup>10)</sup>を用いて、車種のラベルを付与した車両画像と部位のラベルを保持した画像を併せて学習することで構築する。具体的には、車両の画像に車種のラベルを付与し、VGG19を用いて学習させて車種分類モデルを構築する。

### (4) 推定機能

本機能は、図-3に示すように、車両検出処理、夜昼変換処理、車種分類処理と計数処理により構成される。

#### a) 車両検出処理

本処理では、車両検出モデルを用いて動画像を解析することにより、車両の領域を取得する。そして、車両として検出された領域を車両画像として切り出す。

#### b) 夜昼変換処理

本処理では、夜昼変換モデルを用いて車両画像の明るさを変換することにより、夜間に撮影した画像を昼間に撮影したような画像に変換する。

#### c) 車種分類処理

本処理では、夜昼変換処理により画像の明るさを変換した画像を車種分類モデルにて解析し、車種を分類する。

#### d) 計数処理

本処理では、複数フレーム間において車両を追跡して車種ごとの通過台数を計数する。まず、車両検出処理にて取得した車両領域の重心を算出し、各フレーム間の最近傍の重心同士を結び付けて車両を追跡する。次に、調査断面を通過した時に通過車両とし、各フレームの車種の分類結果を多数決して車種ごとの通過台数を計数する。

### 3. 実証実験

#### (1) 実験概要

本実験では、提案手法を実際の交通量調査で撮影された動画像に適用し、提案手法の有用性を評価する。実験データは、撮影条件<sup>7)</sup>に基づいて沖縄県内の片側2車線の道路を撮影した動画像(図-4)を用いる。本現場は、12時間の交通量が約1.5万台、大型車混入率が約10%の道路である。撮影日の天候は晴れ、日の入り時刻は18時1分<sup>1)</sup>であり、夜間における精度を明らかにするため、18時台の1時間を評価対象とする。計数精度は、提案手法で計数した小型車と大型車ごとの通過台数と、目視で計数した正解値とを比較し、適合率、再現率とF値で評価する。

#### (2) 実験条件

本実験では、車両検出モデルとして、YOLOv3の既存モデル<sup>8)</sup>を用いる。夜昼変換モデルは、昼間と夜間に撮影した画像を600枚ずつ学習させて構築する。また、車種分類モデルは、小型車と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500枚の画像を学習させて構築する。

#### (3) 実験結果と考察

実験結果を表-1に示す。算出値は、提案手法により計数した台数、正解値は目視で計数した台数である。また、計数成功は、算出値のうち正しく車種を分類して計数できた台数、計数失敗は算出値のうち車両の計数や車種分類に失敗した台数を表す。

まず、通過台数の算出結果を確認すると、表-1の網掛け部に示すように、正解値は1,356台であるのに対して、算出値は1,600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-5に示すように、反対車線に車両が通過した場合や同一車両を誤って複数回計数していることが原因である。そのため、反対車線の車両を計数する場合に対しては、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、反対車線の車両を除去することで対応できると考えられる。また、同一車両を複数回計数する場合に対しては、一度計数した車両が再び調査断面を通過した場合に計数しないことで対応できると考えられる。

次に、車種の分類結果を確認すると、表-1に示すように、通過台数の総数のF値は0.90となっており、実用化の要件である自動車交通量±10%以内の観測精度<sup>9)</sup>を満足する。車種別に見ると、小型車のF値は0.90、大型車のF値は0.45であった。分類結果を詳細に確認すると、



図-4 実験データ



反対車線の車両を計数 同一の車両を複数回計数

図-5 通過台数を過剰に計数した例

表-1 実験結果

区分	算出値 (台)	正解値 (台)	計数成功 (台)	計数失敗 (台)	適合率	再現率	F 値
小型車	1,536	1,328	1,303	25	0.84	0.98	0.90
大型車	64	28	21	7	0.32	0.75	0.45
通過台数	1,600	1,356	1,341	15	0.83	0.98	0.90

図-6に示すように、夜間においても車種を正しく分類できることが分かった。これは、図-7左に示すように、夜昼変換処理により画像の明るさを変換したことで、車両の外形を把握しやすくなったためと考えられる。しかし、大型車のF値は0.45であり、小型車より大型車の精度が低い傾向が見られた。これは、表-1に示すように、大型車の適合率が0.32、再現率が0.75であり、再現率よりも適合率が低いことから、小型車を大型車として誤分類したことが原因である。誤分類した例を確認すると、図-7右に示すように、黒色の車両の車種分類に失敗する傾向が見られた。これは、夜間に黒色の車両を撮影した場合は、車両の外形を把握することが困難であるため、夜昼変換処理に失敗して車両の形状が乱れたことで、誤分類したと考えられる。そのため、夜昼変換処理により車両の形状が乱れた画像を車種分類モデルの学習データに追加することで、対応できると考えられる。

#### 4. おわりに

本研究では、深層学習を用いて夜間に適用可能な交通量調査技術を開発し、その有用性を評価した。その結果、提案手法により、夜間においても車種ごとの通過台数を計数できることが分かった。しかし、反対車線を走行する車両や同一車両を誤って計数する課題が見られた。また、夜昼変換に失敗して車両の形状が乱れることで、車種分類に失敗する課題が見られた。今後は、これらの課題を解消して精度向上を図るとともに、既存手法との精度比較や照度が異なる様々な現場に適用した場合の精度評価を実施して、提案手法の実現場への適用可能性を検証する。

**謝辞：**本研究で利用した動画は、中央建設コンサルタント社より提供を賜った。また、本研究の遂行にあたり、元法政大学デザイン工学部都市環境デザイン工学科 藤原祐紀氏には多大なるご協力を頂いた。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 2021.6.14) .
- 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 2021.6.14) .
- 3) 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 2021.6.14) .



図-6 車種の分類結果



図-7 夜昼変換の結果

- 4) 国土交通省：AI を用いた交通量計測技術の動向調査、<<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/2019report/ar2019hp084.pdf>>, (入手 2021.6.14) .
- 5) 国土交通省：画像認識型交通量観測装置 機器仕様書 (案), <[https://www.mlit.go.jp/tec/it/denki/kikisiryou/toutusiryou\\_18gazoutorakanR0106.pdf](https://www.mlit.go.jp/tec/it/denki/kikisiryou/toutusiryou_18gazoutorakanR0106.pdf)>, (入手 2021.6.14) .
- 6) 松岡禎典, 里内秀介, 坂本一誠：AI を活用した画像認識型交通量観測の導入に関する研究, 交通工学, Vol.56, No.1, pp.24-27, 2021.
- 7) 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), Vol.75, No.2, pp.L150-L159, 2019.
- 8) Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R. and Farhadi, A.: You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection, *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Vol.29, No.2, pp.779-788, 2016.
- 9) Zhu, J., Park, T., Isola, P. and Efros, A.: Unpaired Image-to-Image Translation using Cycle-Consistent Adversarial Networks, <<https://arxiv.org/pdf/1703.10593.pdf>>, (入手 2021.6.14) .
- 10) Karen, S. and Andrew, Z.: Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition, *International Conference on Learning Representations*, 2015.
- 11) 国立天文台：日の出入り, <<https://eco.mtk.nao.ac.jp/kyomi/dni/2019/s4810.html>>, (入手 2021.6.14) .