

# スマートフォンを用いた車両の リアルタイム通過カウントに関する実証的研究

ほりいだいすけ すがわらひろあき きくちよしかず とたになほこ とうましようた  
堀井大輔<sup>1</sup>・菅原宏明<sup>1</sup>・菊池恵和<sup>1</sup>・戸谷奈穂子<sup>2</sup>・藤間 翔太<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 八千代エンジニアリング（株）技術開発研究所（〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8 CS タワー）

<sup>2</sup> 八千代エンジニアリング（株）事業開発本部（〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8 CS タワー）

交通量をリアルタイムに自動計測するシステムは常時観測への適用が一般的であるが、意思決定スピードが重視される民間企業のテンポラリーな調査等においても求められる技術である。ログデータのみを記録することで動画撮影に伴うプライバシー侵害のトラブルを防止できるほか、交通量調査の速報値としての利用等、多様な活用方法が想定される。本稿では、スマートフォン上で動作する交通量計測の AI アプリケーションを作成し、駐車場において連続 9 時間の交通量のリアルタイム計測の実証実験を行い、その有効性を示した。端末上で約 17fps の処理速度が確認できたため、走行速度が速い一般道への適用も期待できる。

**Key Words:** 交通量調査, リアルタイム, エッジデバイス, 深層学習, 駐車場

## 1. はじめに

### (1) 背景

令和 3 年度以降の国土交通省による「全国道路・街路交通情勢調査」の直轄国道区間では、人手計測が廃止され、AI 等による自動計測に置き換わった。今後、地方自治体や民間企業による道路やターミナル、駐車施設等を対象とする交通量調査においても自動計測化が進むと想定される。

自動計測システムは大きく 2 つに分類できる。撮影後に交通量を計測するシステムと、撮影と同時に交通量をリアルタイムに計測するシステムである。リアルタイム計測は、CCTV カメラをはじめとする定点観測等の常時観測への適用が一般的であるが、意思決定スピードが重視される民間企業のテンポラリーな調査のほか、ビデオ計測による交通量調査における調査直後の速報値としての利用等にも有効な技術である。また、リアルタイム計測では交通量のログデータのみを記録し、動画は保存しないことが可能であるため、動画撮影に伴うプライバシー侵害等のトラブルを防止できる。更に、動画を保存する必要がないため、動画を保存するために大容量のストレージを用意する必要がないという利点もある。

長期間継続的に実施する定点調査においては、リアルタイム計測のための撮影機材の設置にコストをかけるこ

とはできる。しかし、目的に応じて観測位置を設定するテンポラリーな調査の場合、現状では、人手計測の方がコストや機動性等の面で優位な状況である。テンポラリーな調査でリアルタイム計測を手軽に実現する場合、自動計測システムを利用するためのエッジデバイスとしてスマートフォンの活用が考えられる。ただし、著者らによって、汎用的なクラスの物体の通過計測が可能なスマートフォン向けアプリケーション<sup>1)</sup>は確認できたが、交通量計測に特化したアプリケーションは確認できていない。

### (2) 目的

著者らは、テンポラリーな交通量のリアルタイム計測において「手軽さ」は重要な要素であると考え、身近なスマートフォン上でこれらを実現することを目標としている。本稿では、Android OS を搭載したスマートフォン上で動作する AI アプリケーションを作成し、屋外の駐車場をフィールドとした実証実験を通じて、スマートフォンを用いたテンポラリーな交通量のリアルタイム計測の有効性を検証することを目的とした。

### (3) 本稿の構成

本論文の構成は次の通りである。第 2 章では、リアルタイム計測を行うための AI アプリケーションの構成及

び、検証内容について説明する。第3章では、屋外の駐車場をフィールドとしたリアルタイム計測の実証実験の内容を説明する。第4章では、実証実験の結果を踏まえたまとめ及び、今後の課題や展望について整理する。

## 2. AIアプリケーションの構築

本章では、最初に、リアルタイム計測を目的とした車両のカウンティングアルゴリズムについて説明する。次に、アルゴリズム単体の計測精度の検証結果を示し、最後に、リアルタイム計測を実現するためのスマートフォン端末の選定結果を整理する。

### (1) 車両のカウンティングアルゴリズム

小篠ら<sup>2)</sup>により、AIによる交通量の自動計測システムを用いた片側1車線の単路部の計測では、高い精度で通過車両の計測が可能であることが報告されている。今回作成するアプリケーションにおいても、手前の車両のみを対象としたカウンティングアルゴリズムの構築を行った。車両のカウンティングアルゴリズムは、「検出 (Detection)、追跡 (Tracking)、計測 (Counting)」を組み合わせたDTCのアプローチが一般的である<sup>3)</sup>。本アプリケーションにおいてもDTCを採用した。それぞれの要素の検討結果は、次に示す通りである。

#### a) 検出 (Detection)

DTCのアプローチにおいて、1秒間の処理フレーム数 (fps) が小さい場合、検出された矩形のフレーム間における移動距離が大きくなり、物体のトラッキングが困難になりやすい。特に、リアルタイム計測における処理フレーム数は、1フレームに対するDTCの処理速度に依存する。従って、物体検出のAIモデルは、精度と処理速度のバランスが良いMobileNetV1をバックボーンとしたSSD (Single Shot Multibox Detector) の公開AIモデルを採用した。本モデルは公開データセット Microsoft COCOで学習済みである。COCOの分類クラスの内、車両関係のクラスはcar, bus, truckの3種類が存在するが、全国道路・街路交通情勢調査等で採用されている車種区分と分類が異なることから、それら3クラスをまとめて1クラス (車両) として扱うこととした。

#### b) 追跡 (Tracking)

物体追跡法としては、大久保ら<sup>4)</sup>のセントロイドトラッキングをベースとした手法を採用した。リアルタイム解析では処理速度が重要になるため、検出矩形の位置情報のみを用いた追跡手法を採用し、フレーム間の検出矩形のマッチングの精度を高めるとされている物体の見た目情報は使用していない。

#### c) 計測 (Counting)

計測手法には、追跡中の車両の検出矩形の底辺が任意

に設定したエリア (カウンティングエリア) に含まれた時に車両を計測するロジックを採用した。

### (2) カウンティングアルゴリズム単体の精度検証

スマートフォンの性能の影響は除外し、カウンティングアルゴリズム単体の精度検証を行った。精度検証には、昼夜の一般道路の直線部の1車線及び、2車線の録画動画を用いた。使用した動画はそれぞれ10分間、フレームレートは30fpsである。

精度検証の結果を表-1に、検証の様子を図-1及び、図-2に示す。AIによる車両の通過計測数は、目視 (真値) と比較して、85%~129%の精度であった。手前の車両を計測対象に設計したカウンティングアルゴリズムではあったが、2車線の動画においてもオクルージョンの発生がない条件下では車両の通過計測が可能であった。なお、夜間でも車両の計測が可能な理由は、教師データのCOCOデータセットの中に夜間の車両の画像が含まれている可能性があるほか、沿道施設の照明や道路照明により撮影環境が明るい動画を用いたためと考えられる。AIモデルによる物体検出の精度と道路環境 (夜間の照度等) の関係性については、今後検証が必要である。

表-1 検証用動画の撮影条件及び精度検証結果一覧

ID	高さ	時間	車線数	撮影方向	AI/目視
1	高架橋	日中	2車線	正面5度	85% (181/214)
2	高架橋	夜間	2車線	正面5度	95% (201/211)
3	60 cm	日中	1車線	正面30度	100% (76/76)
4	60 cm	日中	2車線	正面30度	116% (168/145)
5	60 cm	夜間	1車線	正面30度	90% (19/21)
6	60 cm	夜間	2車線	正面30度	128% (304/237)
7	120 cm	日中	1車線	正面30度	107% (48/45)
8	120 cm	日中	2車線	正面30度	114% (96/84)
9	120 cm	夜間	1車線	正面30度	93% (38/41)
10	120 cm	夜間	2車線	正面30度	129% (115/89)
11	200 cm	日中	1車線	正面30度	118% (58/49)
12	200 cm	日中	2車線	正面30度	120% (125/104)
13	200 cm	夜間	1車線	正面30度	110% (55/50)
14	200 cm	夜間	2車線	正面30度	112% (96/86)
15	60 cm	日中	1車線	背後30度	91% (20/22)

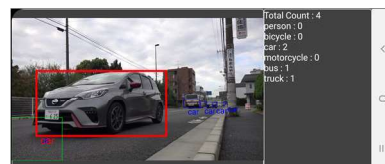


図-1 日中撮影動画を用いた検証 (動画はID 3)

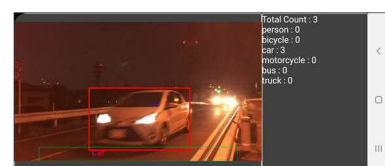


図-2 夜間撮影動画を用いた検証 (動画はID 9)

### (3) 推奨端末の検証

前節では、30fps の条件において車両の通過計測が比較的高い精度で行えることを示した。他方、菅原ら<sup>5)</sup>は、入力動画のフレームレートを30fpsから5fpsに変換し、DTCアプローチの自動計測システムにおける車両の計測漏れの発生状況を検証し、5fpsでは真値からの誤差が約18%増加したことを確認している。リアルタイム計測を行う場合、処理速度はスマートフォンの性能に依存する。従って、実証実験用の適切な端末を選定するため、性能が異なる複数の端末において処理速度の検証を行った。リアルタイム処理の場合、Snapdragon 800番台のプロセッサを有する端末では概ね15~20fps程度の処理速度を示し、それ以外の端末では処理速度が10fps前後またはそれ以下であった。よって、次章の実証実験においては、Snapdragon 800番台のプロセッサを搭載したスマートフォンを用いてリアルタイム計測を実施した。

## 3. 実証実験

### (1) 実験概要

前章で作成したAIアプリケーションをインストールしたスマートフォン2台(Samsung Galaxy S21 Ultra 5G及び、Motorola moto g100)を用いて、リアルタイム計測の実証実験を行った。

令和3年12月に大阪府の寺院の屋外の駐車場の入口及び、出口の計2か所において、連続約9時間(概ね7:30~16:30)の交通量のリアルタイム計測を実施した。調査日は平日と休日の計2日間とした。スマートフォンにはログデータのみが記録されるため、ビデオカメラによる撮影も同時に実施し、後日その動画を用いて交通量の真値を目視で読み取り、ログデータの精度検証を行った。スマートフォンは図-3に示す通り、市販の三脚を用いて設置し、転倒を防ぐため2リットルのペットボトルを用いて安定させた。また、9時間の連続計測を実現させるため、市販の外付けポータブルバッテリー(Anker PowerCore 20100)をスマートフォンに接続した。

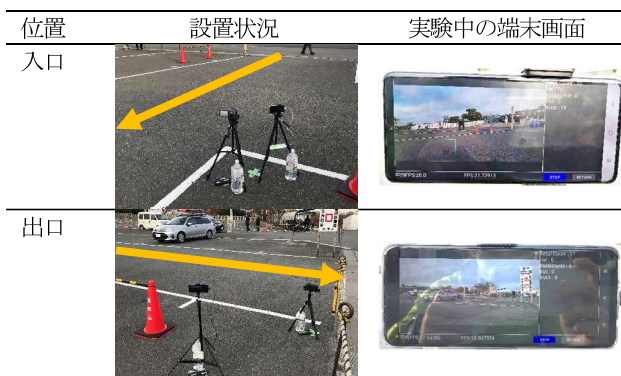


図-3 機材の設置状況(矢印は車両の順行方向)

### (2) 実証実験の結果

実証実験における合計通過台数の結果を表-2に、10分毎の集計結果を図-4に示す。入庫車両の計測精度は、平日が95%、休日が102%と計測精度が高く、10分毎の集計結果においても、目視とAI計測は似た傾向を示した。一方、出庫車両においては、AIによる通過台数の合計は平日が85%、休日が73%であり、入庫車両と比較して誤差が大きかったほか、10分毎の集計結果においても全体的にAIの方が計測車両が少ない傾向を示した。なお、表-2に示す通りリアルタイム計測時の端末の処理速度は、実験時間の約9時間を通して両端末とも17fps程度で安定して動作したため、端末の違いによる計測精度への影響は少ないと言える。

表-2 目視(真値)とAI計測の合計通過台数の比較及び、端末の平均処理速度の結果(端末のGはSamsung Galaxy S21 Ultra 5G, MはMotorola moto g100を示す)

区分	目視	AI	AI/目視	端末	平均fps
入庫・平日	509台	485台	95%	G	17.9
入庫・休日	494台	501台	102%	G	17.1
出庫・平日	508台	432台	85%	M	16.8
出庫・休日	488台	357台	73%	M	16.6

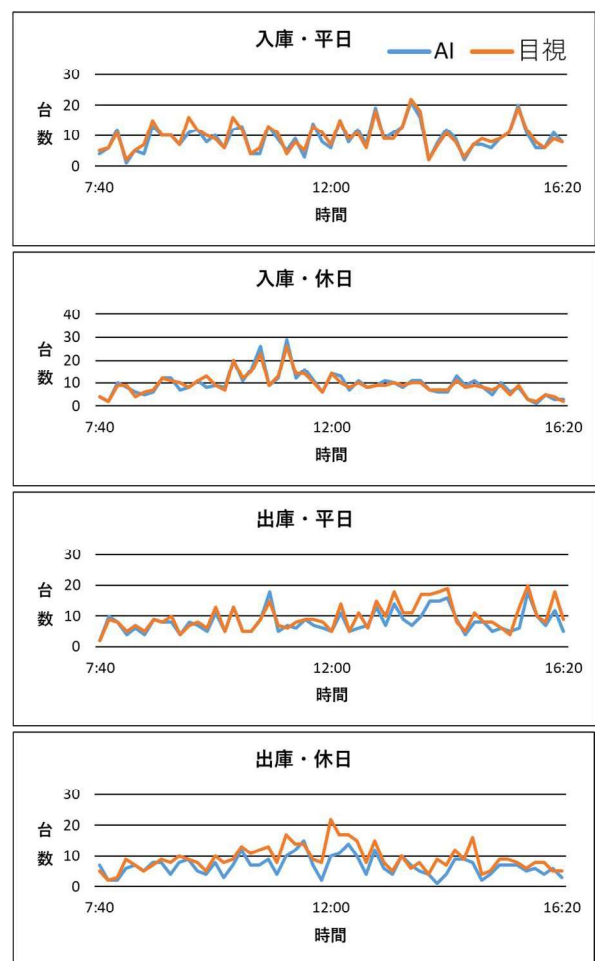


図-4 通過車両の10分毎の集計結果

### (3) 誤差要因の考察

入庫車両と出庫車両の計測精度に差が生じた要因として、カウンティングアルゴリズムと、撮影環境が考えられる。

#### a) 誤差要因1：カウンティングアルゴリズム

入庫車両は、カウンティングエリアを直進する車両が多かったが、出庫車両は、特に撮影地点の近くに駐車された車両は画面内で不規則な動きをする場合が多く、それに伴う計測漏れが一定数発生していた。今回のカウンティングアルゴリズムは直進車両を計測対象として構築していたため、実証実験を通じて直進以外の動きをする車両の計測には課題があることを改めて確認できた。なお、2-(2)において実施したカウンティングアルゴリズム単体の精度検証では、いずれの動画も車両は直進の動きをしていた。直進以外の車両も高い精度で計測するために、カウンティングアルゴリズムの改良が必要である。

#### b) 誤差要因2：撮影環境

出庫車両の計測精度について、平日（85%）と休日（73%）の間に12%の差が生じた。これは、調査毎に機材を設置するテンポラリーな調査への配慮が足りていなかったことが原因であったと推察する。実証実験では、出庫車両の計測を対象としたスマートフォンの画角内に駐車場外を走行する車両が映り込む撮影環境であったため、誤検出を極力少なくなるようにカウンティングエリアを細かく設定し、同じ設定で平日と休日の計測を行った。しかし、2日間の機材の設置位置は厳密には同じにならないため、同じカウンティングエリアの設定では計測ができない車両が2日目に発生したと考えられる。これらの防止策として、計測対象外の車両が画角内に映り込まない地点に機材を設置するほか、機材を設置する度に、短時間の検証を実施し、カウンティングエリアを再設定する等の対策を行うことが考えられる。

## 4. まとめ

### (1) 貢献

本稿では、スマートフォンを用いた交通量のリアルタイム計測の可能性を屋外の駐車場において実証し、その有効性を示した。今回のカウンティングアルゴリズムでは、計測対象とする車両の動きが直進である必要があるが、スマートフォン上でも17fps処理速度が出ることを確認し、駐車場の出入りや、テンポラリーな交通量調査の手軽な実施の実現に十分期待が持てる結果となった。

### (2) 今後の課題

今回の実証実験では、走行速度が遅い駐車場の車両を対象としたが、走行速度が速い一般道路の走行車両に対してもリアルタイム計測が高い精度で可能か検証を行う

必要がある。また、今回の実証実験は12月に実施し、外付けのモバイルバッテリーを用いることで9時間の連続撮影が可能であることは確認できたが、気温が高い季節ではスマートフォンが熱暴走する可能性も考えられる。端末の熱処理については端末本体の性能に依存するところが多いが、アプリケーションが適切に動作する環境及び、条件について調査が必要である。アプリケーションの汎用性を更に高めるために、夜間におけるリアルタイム計測の検証や、直進車両以外も高い精度で計測するためのカウンティングアルゴリズムの改良にも今後取り組む必要がある。

### (3) 今後の展望

今回のアプリケーションには、COCOで学習された汎用AIモデルを採用した。今後は、日本の車種区分に対応した画像データを用いてAIモデルを学習させることで、交通量調査で採用されること多い7車種区分毎（小型乗用、バス、小型貨物、普通貨物、自転車、その他二輪車、歩行者）の交通量計測をスマートフォン1台で実現したい。更に、スマートフォンの通信機能を用いることで、リアルタイム計測結果の遠隔利用を可能とし、より精緻かつ効率的な交通量データの観測及び、蓄積を実現し、将来の道路交通マネジメントへ貢献していきたい。

**謝辞：**パーク24株式会社様には、実証実験における準備や撮影等のご協力を受け賜りました。また、成田山大阪別院明王院様には、実証実験のフィールドを快くご提供頂きました。この場を借りて深く感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) Oguchi, N. *People Counter By AI*. Version 1.01, soroban, 2021. *Apple App Store*, <https://apps.apple.com/id/app/ai-カウント-ピープルカウンター/id1533749205>
- 2) 小篠 耕平, 菅原 宏明, 藤井 純一郎, 大久保 順一, 岡野 将大: 深層学習による路側撮影動画からの車種別交通量計測手法の提案およびロバスト性の検証, 第18回ITSシンポジウム, 2020.
- 3) J. Lu et al.: Robust and Online Vehicle Counting at Crowded Intersections, *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*, pp. 3997-4003, 2021.
- 4) 大久保 順一, 菅原 宏明, 藤井 純一郎, 小篠 耕平: 車種別交通量調査における物体追跡法の改良, *AI・データサイエンス論文集 1 (J1)*, 235-241, 2020
- 5) 菅原 宏明, 藤井 純一郎, 小篠 耕平, 堀井 大輔: 路側撮影動画による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解析データ仕様の影響検証, 第34回日本道路会議, 2021