

# AI カメラを用いた道路空間における 通行量の常時観測に関する基礎的研究

味戸 正徳<sup>1</sup>・日下田 伸<sup>2</sup>・長田 哲平<sup>3</sup>・  
大森 宣暁<sup>4</sup>・森田 哲夫<sup>5</sup>・野原 魁人<sup>6</sup>

<sup>1</sup>学生会員 宇都宮大学大学院 地域創生科学研究科 (〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2)  
E-mail: dc217301@cc.utsunomiya-u.ac.jp

<sup>2</sup>学生会員 宇都宮大学大学院 地域創生科学研究科 (〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2)  
E-mail: dc217313@cc.utsunomiya-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 宇都宮大学准教授 地域デザイン科学部 (〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2)  
E-mail: osada-teppe@cc.utsunomiya-u.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 宇都宮大学教授 地域デザイン科学部 (〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2)  
E-mail: nobuaki@cc.utsunomiya-u.ac.jp

<sup>5</sup>正会員 前橋工科大学教授 環境・デザイン領域 (〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町 460 番地 1)  
E-mail: tmorita@maebashi-it.ac.jp

<sup>6</sup>学生会員 宇都宮大学大学院 地域創生科学研究科 (〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 8)  
E-mail: mc216259@cc.utsunomiya-u.ac.jp

中心市街地の歩行者通行量は、にぎわいの創出を測る指標などに挙げられている。しかし、計測方法等に基準はなく、都市独自の視点で調査を実施しており、横断的な比較には現状至っていない。加えて、昨今の ICT の発達により全国道路・街路交通調査は従来の調査員によるカウントから AI 解析に置き換わり、交通動態がビックデータとして保持されている。そこで、本研究では中心市街地の歩行者通行量調査の現状を調査し、通行量調査へ「AI カメラ」の活用を検討するための基礎的研究を行なった。その結果、調査員に置き換え計測することができる可能性を示した。今後は精度向上の課題として外的要因の影響を下げることの必要性がある。さらに、従来取得されていなかった速度データと合わせて解析することで、中心市街地の快適性や交通動態を可視化する。

**Key Words:** AI camera, central urban areas, pedestrian traffic, spatial comfort, traffic dynamics

## 1. 研究背景

まちの活性化を測る歩行者量調査のガイドラインにおいて、店舗数や床面積あたりの売上高、路線価などと歩行者量に相関がみられることから地域経済を間接的かつ定量的に測る指標として歩行者量が挙げられている<sup>1)</sup>。歩行者量として通行量や密度、滞留時間などが存在する。

一般的には、通行量が、にぎわいの創出を測る指標や中心市街地活性化基本計画等の施策の目標値となり、施策の効果検証に用いられている。ただし、従来の通行量の測定は調査員によるカウントであるため、計測できる期間は予算によって限られてしまう。そのため、毎年もしくは隔年で実施される通行量調査の計測では、当時の状況は反映されるが調査日にイベントなどが実施されていると定常時の計測結果とは言い難い。

2019 年冬ごろから発生した COVID-19 の感染抑制のために世界中で人流を抑制した取り組みがなされた。その結果、図 1 のように、2019 年を基準年とした場合、各年で減少している。2022 年にかけて、人流は回復傾向が見られるものの、依然として 2019 年に比べて少なく 2019 年以前に計測された通行量調査結果は現状と乖離しており、その値を現状の参考値として用いることは難しいと考えられる。

特に、COVID-19 の感染抑制のための新様式的生活スタイルは、ICT (Information and Communication Technology) が大きく進歩したことで図 2 に示す通り、テレワークの推進、オンライン講義などの実施が推奨されている。そのため、移動の必要が少なくなり、COVID-19 発生前に比べて外出機会は減少している。

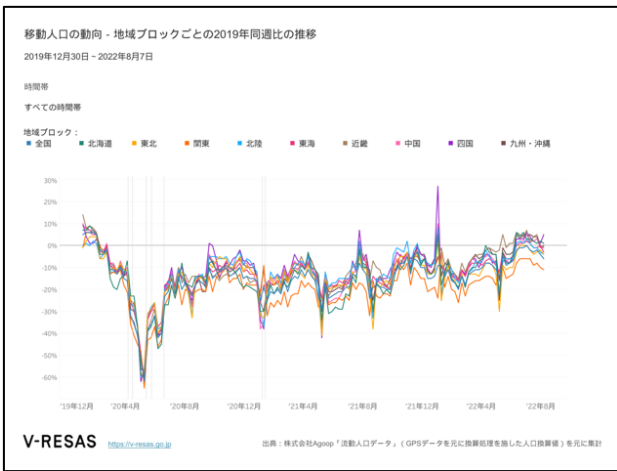


図 1 2019 年同週比 人流データ<sup>2)</sup>

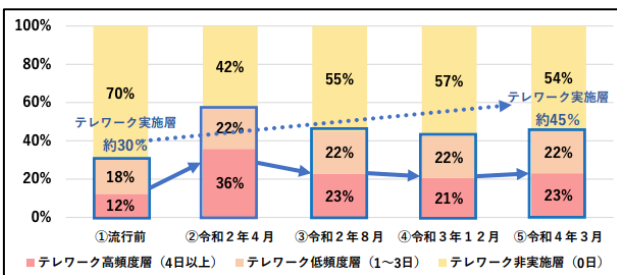


図 2 就業者におけるテレワーク実施者割合の推移<sup>3)</sup>

日本では1世帯あたりの自家用車保有台数が1.04台<sup>4)</sup>と高い値となっており、道路の計画、建設や維持修繕その他の管理などのインフラ設備に関して交通量データは非常に重要な指標となっている。

全国道路・街路交通情勢調査が2015年に実施された際には、一般交通量調査は人手観測もされていたが、2022年度からは人手観測が廃止されCCTV画像を活用したAI観測に置き換わっている<sup>5)</sup>。従来の人手観測に掛かる費用を削減することができる上に、調査期間は24時間となりデータ取得ができる。世界的潮流としてICTを活用して交通量や人流を計測する動きが見られる。

## 2. 本研究の位置付け

既存研究等を整理すると、各県庁所在地で通行量調査の報告書は作成されているが、一般公開している都市と公開していない都市が存在する。さらに、各都市間での通行量調査結果の比較は見られない。

併せて、ICTを活用した通行量データを用いた研究は、受動赤外線型自動計測器を用いて定量的に示した研究<sup>6)</sup>、モバイルデータを活用した昼間人口を用いた評価指標への活用を検討した研究<sup>7)</sup>、Wi-Fiパケットセンシングを用いた来訪観光客の滞在時間特性に関する研究<sup>8)</sup>、スマートフォンアプリを活用した市民の移動軌跡データを用い

た行動圏域に関する研究<sup>9)</sup>などがみられる。

ただし、通行量調査にAIカメラを導入した研究は見られない。そこで、本研究は全国の政令指定都市を除く各県庁所在地の中心市街地の通行量調査の実情を可視化し、新システム「AIカメラ」の導入に関する基礎的研究と位置付ける。

## 3. 全国の通行量調査の実態について

本研究では、政令指定都市を除く全国各県庁所在地の通行量調査の実態を把握するために表1の項目を調査した。調査日は、2022年7月～9月であり、調査フローは、以下の通りである。

1. webで各県庁所在地の通行量調査を検索
2. 報告書がある場合は、そのページを参照し、調査項目内容が記載されていない場合は市のHPから問い合わせを行う。
3. 報告書がない場合は、市のHPや電話にて問い合わせを行う。

表 1 調査項目

No.	内容
1	調査有無(報告書の有無)
2	調査年間隔
3	調査時期
4	調査時間帯
5	調査地点数
6	調査方法
7	調査対象

調査結果は表2の通りである。

対象地域の中で近畿地方の津市、大津市、和歌山市が中心市街地の通行量調査を2022年8月時点において、実施していない状況である。ただし、津市は2018年まで調査員によるカウントで実施し、現在はアンケート調査に代替し来街者の定性データを計測している。大津市は、赤外線自動計測器を用いて2021年3月まで計測を実施していた。

実施報告書を作成している27地点全てが、調査員によるカウントを採用し、概ね一般的に推奨されている時間帯に計測が実施されている<sup>10)</sup>。

福井市と松山市は、カウントで計測しているが、短時間計測した値を1時間あたりの通行量に補正して公表している。

鳥取市は令和4年度からAI調査システムを通行量調査に導入予定であり、長野市は、試験的に少数地点でAI画像解析を用いているが、現状ICTに置き換える予定

はないとの回答を得ている。

前橋市は、通行量調査日に自動撮影カメラで映像を記録し、後日カウントしている<sup>1)</sup>。

宇都宮市は、調査報告書を隔年で実施しているが、カ

ウントの地点と赤外線型自動計測器の両地点の計測があり定常計測の結果は HP 上で確認することができる<sup>12)</sup>。

表 2 調査結果

対象地	調査																		
	方法		調査間隔	報告書有無	閲覧可否	月	時間帯	地点数	対象				条件				集計方法		
	カウント	ICT							歩行者	自転車	バイク	自動車	小学生	中学生	高校生	ALL	方向	性別	年代
青森県 - 青森市	○		毎	○	×	6,10	春7-19,秋9-19	41	○	○			○			○	○	○	
岩手県 - 盛岡市	○		毎	○	×	3	9-18	31	○	○	○	○	○				○		
秋田県 - 秋田市	○		毎	○	○	7	10-19	11	○	○			○						
山形県 - 山形市	○		毎	○	○	10	9-19	12	○					○			○	○	
福島県 - 福島市	○		毎	○	○	7	8-19	16	○	○	○	○		○			○	○	
茨城県 - 水戸市	○		毎	○	○	7	10-19	13	○				○				○	○	
栃木県 - 宇都宮市	○	○	隔	○	○	7/毎月	10-19/24	28	○	○			○				○	○	
群馬県 - 前橋市	○	○	隔	○	○	5,7	24	15	○	○	○	○	○					○	
富山県 - 富山市	○		毎	○	○	3,5,8,11	8-19	24	○	○			○				○	○	○
石川県 - 金沢市	○		毎	○	○	10	8-20	54	○				○				○	○	
福井県 - 福井市	○		毎	○	○	7,10	9-20	11	○	○			○				○	○	○
山梨県 - 甲府市	○		毎	○	○	11	10-20	21	○	○			○				○		
長野県 - 長野市	○		毎	○	○	9,10	8-20	17	○				○				○	○	
岐阜県 - 岐阜市	○		隔	○	○	8	10-19	84	○	○			○				○	○	
三重県 - 津市																			
滋賀県 - 大津市																			
奈良県 - 奈良市	○		毎	○	○	10	10-18	17	○					○			○		○
和歌山県 - 和歌山市																			
鳥取県 - 鳥取市	○		毎	○	○	11	9-19	62	○	○				○			○		
島根県 - 松江市	○		毎	○	×	10	11-18	9	○	○				○					
山口県 - 山口市	○		毎	○	○	10	10-19	13	○	○				○			○	○	
徳島県 - 徳島市	○		毎	○	○	10	10-19	17	○	○				○			○	○	
香川県 - 高松市		○	毎	×	○	毎月	10-19	15	○	○					○		○	○	
愛媛県 - 松山市	○		毎	○	○	11	10-20	9	○	○				○			○		
高知県 - 高知市	○		毎	○	○	12	10-18	15	○				○						
佐賀県 - 佐賀市	○		毎	○	○	7,8	9-18	12	○	○				○					
長崎県 - 長崎市	○		毎	○	○	10	10-18	27	○					○			○	○	○
大分県 - 大分市	○		毎	○	○	11	11-19	44	○					○			○	○	○
宮崎県 - 宮崎市	○		毎	○	×	10	9-19	66	○	○			○				○	○	
鹿児島県 - 鹿児島市	○		毎	○	○	5,7,10,12	8-1	36	○	○				○			○	○	
沖縄県 - 那覇市	○		毎	○	○	12	10-19	19	○					○			○	○	

同様に、高松市は他県のような報告書として掲載されていないが AI 画像解析のため定常計測を可能とし、結果は HP 上で確認することができる<sup>13)</sup>。

地方都市の ICT 導入は 2 都市と少ない現状である。ICT 活用の課題として、機器の精度や、コストがあげられる。宇都宮市では、宇都宮の中心市街地において、宇都宮大学と連携し受動赤外線型自動計測器を用いた通行量に関する研究が実施されている。

各市によって、調査地点数、調査対象や条件、集計方法が異なるため横断的な比較は現状難しい<sup>14)</sup>。

図 3 に示す通り、中心市街地面積と通行量調査地点数の関係を、各平均値をもとに各象限に分類する。その結果、第 2 象限に位置する 7 都市は、中心市街地の面積あたりの通行量調査地点数が多いことから、人流実態把握に注力していると推察できる。一方で、第 4 象限に位置する 5 都市は中心市街地の面積あたりの通行量調査地点数が少なく、網羅的な人流把握につながっていないことが考えられる。

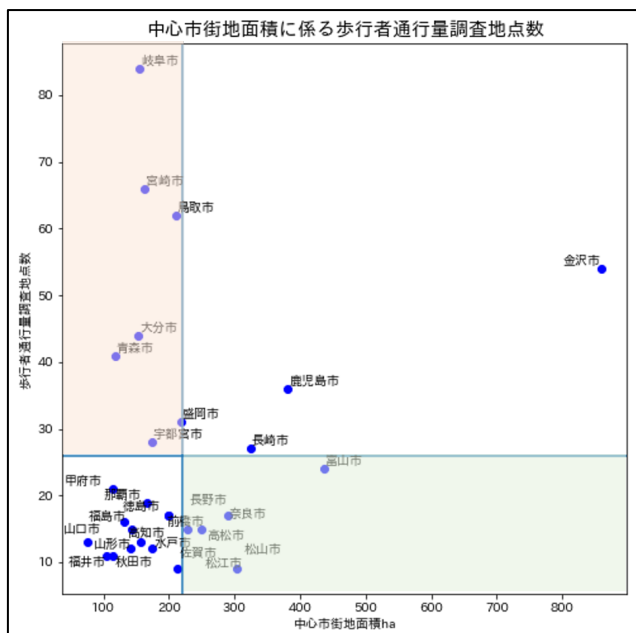


図 3 中心市街地面積と通行量調査地点数

#### 4. AI カメラについて

現在前橋市では都市再生推進法人である一般社団法人前橋デザインコミッションが日本初のまちづくり SIB(Social Impact Bond)事業を前橋市から受託し実施している。SIB 評価指標策定のために従来の調査員による通行量カウントを安価に作成した AI カメラに置き換え 24 時間シームレスに計測する AI 動態モニタリングを実施している。

作成した AI カメラを用いる背景として、既存の製品

ではコストが高く常時使用が難しいため、安価なものが必要となった。さらに今後、通行量だけではなく空間の快適性を示すような値を取得し、まちづくり分野における SIB 事業評価指標策定を目指す予定である。

図 4 に示す AI カメラは、Raspberry Pi 4B に AI アクセラレーター Intel Neural Compute Stick 2 を組み合わせ、Intel の AI フレームワーク OpenVINO により、モデル「MobileNet V2」を用いて、Raspberry Pi 用赤外線対応の 800 万画素カメラで撮影した画像から、人物・自動車を識別し、速度を検出する機能を備えている。これは令和 3 年度、4 年度を通して、計測結果から性能向上のために改修を継続して行いバージョンアップ予定である。



図 4 AI カメラ完成形態

位置情報を画像から取得する際には、個人特定の可能性があり、プライバシーへの配慮が必要となる。画像データは個人識別符号にあたるため画像を取得した場合に個人情報保護法の規制を受けることになるため、本機器は、データサーバに画像データを保存せず機器内で数値データに変換し、データサーバに保存する仕様の「エッジ AI 仕様」としている。AI カメラは PoE(Power over Ethernet)を用いて有線 LAN から通信と給電を行う。

交通系通行量調査の画像解析では YOLO(You Only Look Once)を用いた研究<sup>15)</sup>が見られるが、今回はエッジ AI の安価仕様で作製されているためデバイス側の処理負荷を小さくするために、YOLO を採用しなかった。

AI カメラは、図 5 に示すようにフレーム内で捉えたオブジェクトを判別し、属性情報や速度、通過経路に関するデータを時系列データとして保持し蓄積している。

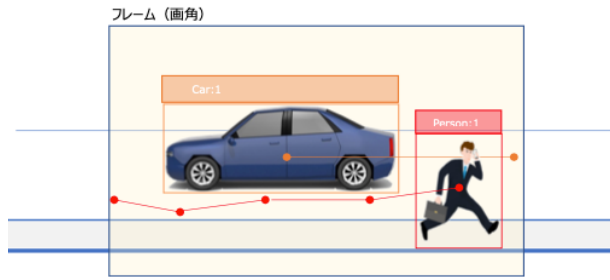


図5 フレーム内データ捕捉例

AI カメラの精度検証のために録画映像を用いた目視による断面交通量調査を実施し比較した。ただし、AI カメラは画角内のオブジェクトを捕捉しカウントするため断面交通量調査のカウント方法とは異なり、計測断面を横断しない場合に誤差が発生することが想定される。そのため誤差を小さくするために、AI カメラと断面交通量調査用のカメラ画角を近づけた。計測位置と計測風景は図6の通りであり、2022年5月28日(土)11時15分～15時に計測を実施した。



図6 計測位置と計測風景

結果を表3、図7、8、9、10、11に示す。時系列データを5分間隔の集計としている。

今回の検証の結果、AI カメラの精度は約30%となった。そのため、目視に比べて総カウント数が低い。

差分の要因として、画角縁を通過する歩行者をAIカメラが人と認識できていないことや、集団の通行者のように局所的に通過数が高まった場合の精度が低く、目視との差分が大きくなったと考えられる。さらに、日向と日陰の差が大きく目視用の映像に白飛びしている画面内面積が大きいため、AIカメラのオブジェクト認識に影響したと考えられる。

その中でも、車の測定と自転車の計測精度が特に低い傾向がみられる。車の通行量が低い要因として、カメラのフレームレート依存が考えられ、速度が約40km/h以上の場合、測定が困難になると想定される。

設置箇所は制限速度が20km/hの道路であり、理論上では車の測定は可能なロケーションであるが、交通動態として、順守している走行車が少ないことが考えられる。

自転車のAIカメラの測定値が低いのは、自転車と認識せず人の集計に加算されていた。

さらに全体数の差分として、日向と日陰の差が大きく

白飛びしてしまう時間は、AIカメラや画像解析において計測が困難になったと考えられる。

表3 目視とAIカメラ比較結果

項目	全体	人	車	自転車	バイク
カウント数					
目視	2,252	1,752	361	124	15
AIカメラ	636	597	39	0	0
精度割合					
目視					
AIカメラ	28%	34%	11%	0%	0%

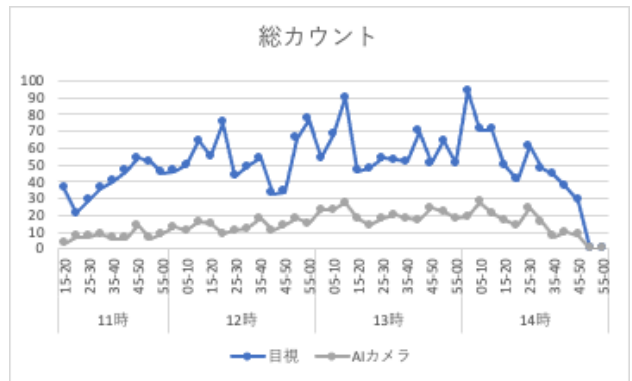


図7 5分毎の総通行量推移

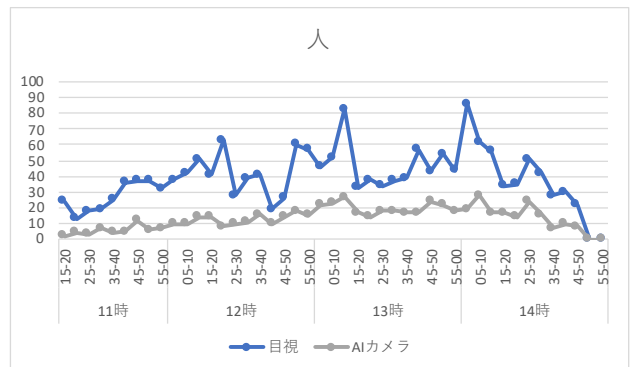


図8 5分毎の通行量推移(人)

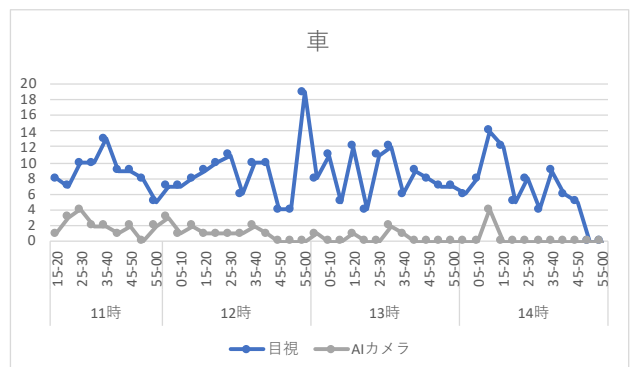


図9 5分毎の通行量推移(車)

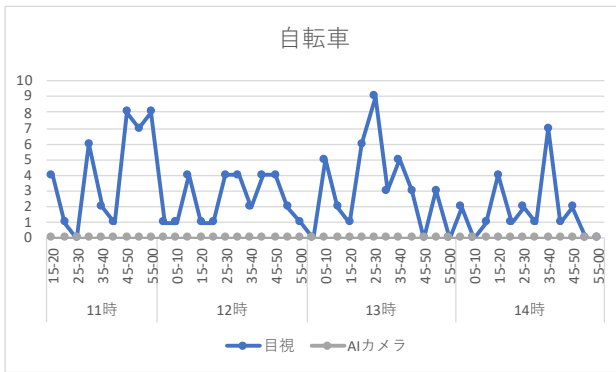


図 10 5分毎の通行量推移 (自転車)

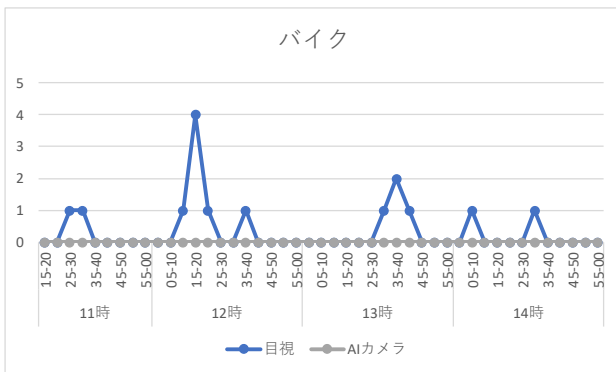


図 11 5分毎の通行量推移 (バイク)

## 5. まとめ・今後の課題

本研究で得られた知見として、中心市街地の通行量調査を横断的に比較すると、各市において実施形態に差があり、従来のカウント方法を採用している箇所が多く、現状 ICT を活用している県庁所在地数は少ない。今後導入予定や導入検討している市もあり、ICT を活用した通行量調査を実施する市は増加すると考えられる。

また、現状では AI カメラの精度は低い傾向にあるが、今回の結果を受けて、精度向上のための改修を行っている。本論文には間に合わなかったものの、このように検証と改修を繰り返し行い、AI カメラの精度をブラッシュアップする予定である。今回 AI カメラの精度が低いことから、人や車の速度についての言及は避けるが、人や車のカウントを速度データと併せて取得することで、中心市街地の快適性や交通動態の提言のエビデンスとして活用できる可能性を示せることが想定される。

今後の課題として、今回の検証は画角内環境が悪条件での精度となっているため、さらに雨天時や、日没後や他の地点での精度検証をすることが必要である。

一定の精度を担保し汎用性をもたせることで、街中全体に AI カメラを設置し、日々変化するまちづくりの動向と併せて面的な分析に広げることが重要である。

**謝辞：**本研究の遂行にあたり、各市役所職員、関連団体のみなさまには通行量調査の情報をご提供いただきましたことに深謝致します。併せて、本研究の一部は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 「IoT 社会のエネルギーシステム」 (管理法人: JST) によって実施されました。

## 参考文献

- 1) 国土交通省：まちの活性化を測る歩行者量調査のガイドライン(ver1.1),<https://www.mlit.go.jp/common/001282666.pdf>, (参照 2022-08-19)
- 2) “移動人口の動向”, V-RESAS, [https://v-resas.go.jp/#\\_population](https://v-resas.go.jp/#_population), (参照 2022-08-19)
- 3) 国土交通省：報道発表資料「新型コロナウイルスの影響下における生活行動調査 (第二弾) ～テレワークや自宅周辺の活動が定着してきていることを確認～」, [https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi\\_tosiko\\_tk\\_000056.html](https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi_tosiko_tk_000056.html), (参照 2022-08-19)
- 4) 国土交通省：数字で見る自動車 2021「自動車普及状況」, [https://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha\\_fr1\\_000069.html](https://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_fr1_000069.html), (参照 2022-08-19)
- 5) 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>, (参照 2022-08-19)
- 6) 長田哲平, 加納壮貴, 大森宣暁, 古池弘隆「中心市街地における受動赤外線型自動計測器を用いた歩行者通行量の分析」, 交通工学論文集, 第 4 巻, 第 1 号(特集号 B), pp.B\_38-B\_45, 2018.2
- 7) 渋川剛史, 浅野周平, 十河考介, 森本章倫「携帯電話基地局データを用いた立地適正化計画の評価指標に関する研究」, 都市計画論文集, Vol.53, No.3, pp.247-254, 2017
- 8) 檀辻貴生, 杉下佳辰, 福田大輔, 浅野光行「Wi-Fi パケットデータを用いた観光客の滞在時間特性把握の可能性に関する研究」, 都市計画論文集, Vol.52, No.3, pp.408-415, 2018
- 9) 湯本耀大, 出水瑛, 藤生慎, 高山純一「スマートフォンアプリを活用した市民の移動軌跡データを用いた行動圏域分析—金沢市中心市街地を対象として—」, AI・データサイエンス論文集, 第 2 巻 J2 号, p.272-283, 2021
- 10) 交通量調査実務の手引き, 交通工学研究会, ISBN978-4-905990-90-1
- 11) “前橋市商店街通行量調査報告書(令和 3 年度)がまとまりました”, 前橋市 HP, <https://www.city.maebashi.gunma.jp/soshiki/sangyokeizai/nigiwaishogyo/gyomu/2/1/22859.html>, (参照 2022-08-19)
- 12) “中心市街地の通行量”, 宇都宮市 HP, <https://www.city.utsunomiya.tochigi.jp/shisei/machizukuri/chushin/1025217.html>, (参照 2022-08-19)
- 13) “商業機能調査事業について”, 高松市 HP, <http://www.city.takamatsu.kagawa.jp/kurashi/shinotorikumi/machidukuri/kasseika/chushin/shogyo.html>, (参照 2022-08-19)
- 14) 鈴木英之「中心市街地活性化指標の検討—通行量調査を代替もしくは補完する新しい方法について—」, 日本経営診断学会論集 15, 16-22(2015)

- 15) 今井龍一,山本雄平,姜文淵,神谷大介,中原匡哉,安藤祐輝「頭部に着目した歩行者交通量調査に関する研究」,土木学会論文集 F3(土木情報学),Vol.78,No.2,I\_8 2-I\_92,2022

## Basic research on constant observation of traffic volume in road space using AI cameras

Masanori Ajito, Shin Higeta, Teppei Osada, Nobuaki Ohmori, Tetsuo Morita and Kaito Nohara

Pedestrian traffic volume in central urban areas is used as an index for measuring the creation of liveliness and as a target value for urban area measures. However, there is no standard for the measurement method, etc., and the survey is being conducted from the city's own perspective. Therefore, cross-sectional comparisons have not yet been made. In addition, due to the recent development of ICT, national road and street traffic surveys have replaced conventional counts by surveyors with AI analysis, and traffic dynamics are stored as big data. Therefore, in this study, we clarified the current situation of pedestrian traffic volume surveys in central urban areas, and conducted basic research to verify the use of "AI cameras" for traffic volume surveys. As a result, We showed the possibility of seamlessly measuring by replacing the investigator. In the future, we clarified the need to reduce the influence of external factors as an issue for improving accuracy. Furthermore, by analyzing it together with speed data, which has not been acquired in the past, we can visualize the comfort and traffic dynamics of the city center.