ETC2.0 プローブデータと AI による ナンバープレート解析技術を組み合わせた レンタカーOD 表の作成手法の検討

江田　裕貴[1]・村上　悠馬[2]・北村　清州[3]・屋我　直樹[4]・川間　重一[5]・森山　正三[6]・今西　大輔[7]

[1]正会員　一般財団法人 計量計画研究所（〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町 2-9）
E-mail: yeda@ibs.or.jp

[2]非会員　一般財団法人 計量計画研究所（〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町 2-9）
E-mail: ymurakami@ibs.or.jp

[3]正会員　一般財団法人 計量計画研究所（〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町 2-9）
E-mail: skitamura@ibs.or.jp

[4]非会員　内閣府 沖縄総合事務局 開発建設部 道路建設課（〒900-0006 沖縄県那覇市おもろまち 2-1-1 那覇第 2 地方合同庁舎 2 号館） E-mail: naoki.yaga.h4q@ogb.cao.go.jp

[5]非会員　内閣府 沖縄総合事務局 開発建設部 道路建設課（〒900-0006 沖縄県那覇市おもろまち 2-1-1 那覇第 2 地方合同庁舎 2 号館） E-mail:shigeichi.kawama.n6z@ogb.cao.go.jp

[6]非会員　内閣府 沖縄総合事務局 開発建設部 道路建設課（〒900-0006 沖縄県那覇市おもろまち 2-1-1 那覇第 2 地方合同庁舎 2 号館） E-mail: masami.moriyama.f8v@ogb.cao.go.jp

[7]非会員　富士通株式会社（〒105-7123 東京都港区東新橋 1-5-2 汐留シティセンター）
E-mail: d.imanishi@fujitsu.com

現在の OD 調査では，レンタカーやカーシェアリングが調査対象外となっていることから，レンタカーの OD 分布は道路整備効果の分析や事業評価に活用される OD 表に反映されていない．そのため，観光産業の比率が高い沖縄県では，特にレンタカー混入率の高い北部地域の OD が過小となることで，便益も過小評価されている可能性がある．したがって，観光客の流動が県内の交通に与える影響を適切に評価するためには，観光客のレンタカー移動を含めた OD 表を作成する必要がある．

レンタカーOD 表の作成方法として， ETC2.0 プローブデータと断面の観測交通量データを組み合わせる OD 逆推計手法の適用が考えられる．ただし，そのインプットデータとなるレンタカーの観測交通量を調査するためには多額の費用が必要となることから，今後の調査の効率化に向けて AI によるナンバープレート画像解析の適用可能性を精度の観点から併せて検証した．

以上を踏まえ， ETC2.0 プローブデータと AI によるナンバープレート解析技術を組み合わせたレンタカーOD 表の作成手法に関する知見を取りまとめた．

Key Words: *Origin-Destination Flow, Rental car, ETC2.0, Image Processing Analysis, AI*

1. はじめに

我が国の代表的な道路交通調査としては，自動車の動きに着目して，国土交通省が概ね昭和 3 年から 5 年毎に実施している「全国道路・街路交通情勢調査」が挙げられ，自動車の 1 日の利用実態や交通量，旅行速度等を調査し，幹線道路ネットワーク計画や事業評価等に活用されている．

全国道路・街路交通情勢調査は，道路の状況と断面交通量及び旅行速度の調査を行う「一般交通量調査」と，自動車の運行状況などを調査する「自動車起終点調査（OD 調査）」の 2 つに大別されるが，このうち OD 調査では，自動車の所有者又は保有者を対象に，秋季の平

日 1 日における自動車交通の出発地，目的地，移動目的，1 日の移動状況等を尋ねるオーナーインタビュー調査を実施している．しかし，自動車の保有者（事業者）と運転者（借り手）が異なるレンタカーに対し，オーナーインタビュー調査を実施することは難しかったことから，現在レンタカーはオーナーインタビュー調査の調査対象から除外されている．そのため，OD 調査の活用目的の 1 つである OD 表を作成する過程において，レンタカーの OD 分布は含まれていない．

一方，観光産業の比率が高い沖縄県において，来訪する観光客はコロナ禍以前は年々増加しており，新型コロナウィルスの影響で停滞したものの，今後増加していくことが想定される．また，県外からの観光客が選択する交通手段としては，レンタカーの割合が 62.1%と最も高くなっており [1]，レンタカーの登録台数が自動車保有台数に占める割合も，2023 年 3 月の時点で 3.7%と全国よりも高い（図-1）．したがって，レンタカーが県内の交通に与える影響は比較的高いと想定され，県内の精確な OD を把握するためには，レンタカーの OD 表の作成が必要不可欠だと考えられる．したがって，本稿では，ETC2.0 プローブデータと断面の観測交通量データを用いて，交通工学分野において開発されてきた OD 逆推計の技術を適用することで，沖縄県におけるレンタカー OD 表を作成し，その影響を検証するものである．OD 逆推計によるレンタカーOD 表の有用性が確認できると，レンタカーが県内交通に与える影響の経年変化や季節変動（繁忙期・閑散期）の分析が可能となる．

OD 逆推計に必要なインプットデータのうち，OD 分布に関しては，ETC2.0 や民間プローブなどの各種プローブデータの整備が進んでいる．一方，断面の観測交通量を取得するためには，ある程度の規模の交通量調査を実施する必要があり，特にレンタカーの判別はナンバープレートの読み取り調査となるため，現地での人手観測が主であり，通常の交通量調査よりも多くの調査員の確保すなわち予算の確保が必要となる．したがって，実務的にレンタカー需要の変化を整理することが難しい．

そのような問題に対し，近年技術開発が進んでいる AI による画像解析技術を交通量調査に適用することで，今後の交通量調査の低コスト化や効率化，常時モニタリングへの活用が期待できると考える．そこで，AI によるナンバープレート画像解析の適用可能性を精度の観点から検証した．

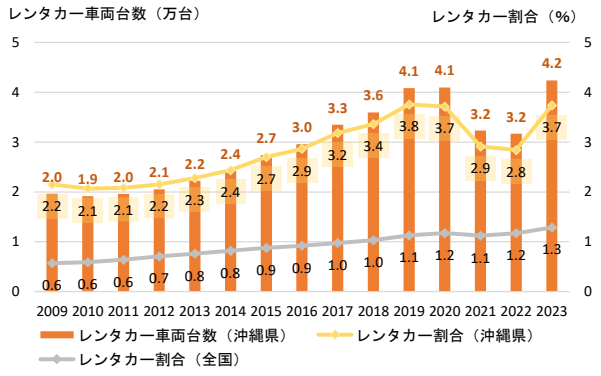


図-1　レンタカー車両台数と割合

※自検協 [2]，レンタカー協会 [3]の資料から作成

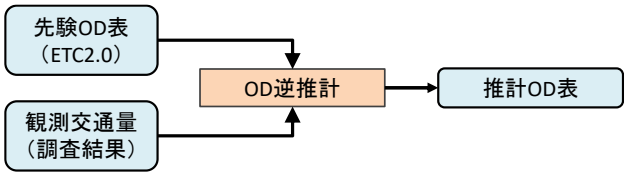


図-2　OD 逆推計のフロー

2.　OD 逆推計手法の整理

(1)　OD 逆推計とは

ETC2.0 プローブデータによる車両流動データと断面の観測交通量データを用いた OD 逆推計により，沖縄県内のレンタカー流動を推計する．OD 逆推計にはいくつかの手法が存在するが，ここでは，ETC2.0 プローブデータによって把握されるサンプル OD（OD 分布）を先験 OD 表として活用し，観測交通量データに整合するように OD 表を逆推計する方法を適用する．この方法では，特定の断面交通量に一致する OD 分布の中で，確率的に見て最も起こりやすい OD 交通量を推計するため，サンプルデータに偏りが生じている場合でも，その偏りをモデルにより補正することが可能である．

(2)　本稿で用いる OD 逆推計手法

OD 逆推計手法としては，残差平方和最小化モデルやエントロピー最大化モデル等が提案されている [4]が，本稿では，ETC2.0 プローブデータから作成するレンタカーのサンプル OD を先験 OD 表として活用するため，レンタカーの総交通量も推計する必要があることから，茂木 [5]が提案した「拡張型改良 Willumsen モデル」を適用する．拡張型改良 Willumsen モデルにおいて，解くべき問題は以下の非線形連立方程式となる．

$$1 = \sum_{rs\in\Omega}\left\{\left(\frac{\hat{q}_{rs}}{\hat{q}}\right)\prod_{a\in A}\Lambda_a^{p_{rs,a}}\right\} \tag{1}$$

$$\hat{x}_a\Lambda_a^{-\frac{1}{\gamma}} = q\sum_{rs\in\Omega}\left\{p_{rs,a}\left(\frac{\hat{q}_{rs}}{\hat{q}}\right)\prod_{a'\in A}\Lambda_{a'}^{p_{rs,a'}}\right\}\forall a\in A \tag{2}$$

観測地点数+1 の未知変数を持つ非線形連立方程式を

解き，求めたq, Λ_aを(3) (4)式に代入することで，それぞれ推計 OD 交通量q_{rs}，推計リンク交通量x_aを得る．

$$q_{rs} = q\left(\frac{\hat{q}_{rs}}{\hat{q}}\right)\prod_{a\in A}\Lambda_a^{p_{rs,a}} \qquad \forall rs \in \Omega \qquad (3)$$

$$x_a = \hat{x}_a\Lambda_a^{-\frac{1}{\gamma}} \qquad \forall a \in A \qquad (4)$$

ここに，

- $\hat{q}_{rs}$ ：OD ペアrsの先験 OD 交通量
- $\hat{q}$ ：先験 OD 交通量の全 OD ペアの合計（先験総交通量）
- q_{rs} ：OD ペアrsの推定 OD 交通量
- q ：推定 OD 交通量の全 OD ペアの合計（推定総交通量）
- $\hat{x}_a$ ：リンクaの観測リンク交通量
- $\hat{x}$ ：観測リンク交通量の全リンクの合計
- x_a ：リンクaの推定リンク交通量
- $p_{rs,a}$ ：OD ペアrsのトリップが，リンクaを通過する確率（リンク利用率）
- Ω ：OD ペア集合
- A ：リンク集合
- γ ：パラメータ
- Λ_a ：ラグランジュ乗数λ_aを$\Lambda_a = \exp(-\lambda_a)$にて変数変換したもの

3. ETC2.0 プローブデータと観測交通量データを用いたレンタカーOD 表の推計

(1) 先験 OD 交通量

OD 逆推計のための先験 OD 交通量として，ETC2.0 プローブデータを用いて，2022 年 9 月～11 月の 3 か月における沖縄本島内の B ゾーン間の OD 交通量を作成する．

ETC2.0 に付与されているトリップ情報にはデータ欠損によるトリップ分割等が含まれているため，以下に示す時間差，距離差に関する「基本ルール」を設定し，トリップ再判定を実施した．なお，時間差の閾値は平成 22 年度 OD 調査結果をもとに設定している[6]．

▼基本ルール
前点からの時間差が 60 分を超えるもの，かつ走行履歴間速度が 20km/h 以下の場合はトリップ分割を行う．それ以外の場合はトリップ分割を行わない．（トリップが分割されている場合は，トリップを統合する）

作成した先験 OD 表の発生集中量は 1 日あたり約 453 トリップ，発生集中量は約 906TE である（表-1）．

(2) 観測交通量

2022 年 11 月の平日に，図-3 に示した沖縄県内の移動を捕捉するための 5 つの交通量観測断面を設定し，交通量調査を実施した．逆推計にあたっては，調査で取得された昼間 12 時間合計の交通量を採用した．

(3) OD ペア毎の通過断面設定

OD 逆推計において，複数の移動経路を持つエリア間の OD 表を推計するためには，リンク利用率を設定する必要があるが，今回の推計では，対象の OD 間を移動する際の経路が限定されている．中村ら[7]は，対象とする OD 間の移動動線が限定される場合には，対象とする OD が必ず通過する断面上のリンク交通量を観測することで，経路選択率を考慮することなく逆推計手法を容易に適用可能であることを示した．そのため，本稿では OD のペア毎に通過断面を設定し，リンク利用率を 100%に設定した．

表-1 先験 OD 表の発生集中量（日平均）

No	市町村名	発生量	集中量	発生集中量	No	市町村名	発生量	集中量	発生集中量
1	那覇市	128	131	259	14	中頭郡 北谷町	27	26	54
2	浦添市	15	14	29	15	中頭郡 北中城村	7	7	14
3	糸満市	18	18	37	16	中頭郡 中城村	2	5	7
4	豊見城市	41	38	79	17	中頭郡 西原町	2	3	6
5	南城市	8	8	16	18	名護市	32	34	67
6	島尻郡 与那原町	1	1	2	19	国頭郡 国頭村	3	3	5
7	島尻郡 南風原町	4	4	7	20	国頭郡 大宜味村	1	0	1
8	島尻郡 八重瀬町	5	4	9	21	国頭郡 東村	1	1	2
9	宜野湾市	15	14	29	22	国頭郡 今帰仁村	7	7	14
10	沖縄市	15	15	31	23	国頭郡 本部町	32	30	62
11	うるま市	16	16	33	24	国頭郡 恩納村	51	49	100
12	中頭郡 読谷村	16	16	32	25	国頭郡 宜野座村	1	2	3
13	中頭郡 嘉手納町	3	5	8	26	国頭郡 金武町	1	2	3
						合計	453	453	906

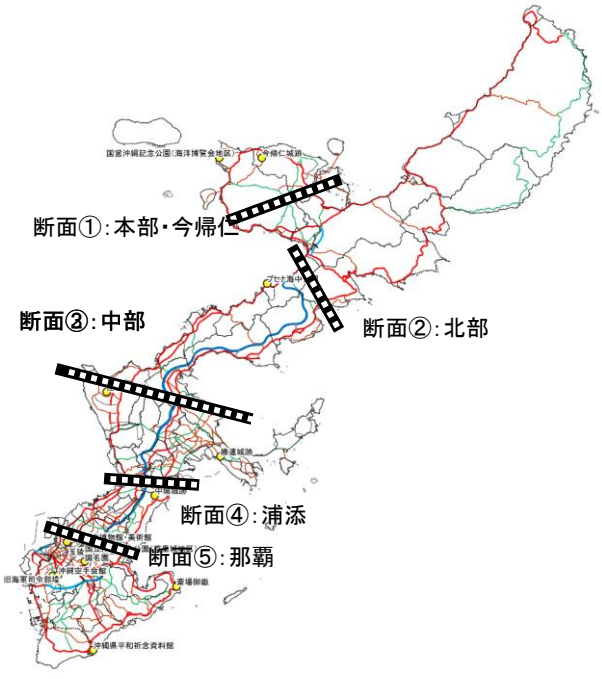


図-3 交通量観測断面

(4) OD 交通量の推計結果

(1)~(3)の設定に従い，OD 逆推計手法を用いて，沖縄県内の B ゾーン間のレンタカーの OD 推計を実施した．推計された OD 表を**表-2** に，交通量観測断面上の OD 交通量の補正結果を**図-4** に示す．

トリップ数は約 38,676 トリップ，発生集中量は約 77,352TE と推定された．また，OD 補正では，断面の交通量と整合するように OD 交通量を補正するため，観測交通量と補正後の OD 交通量を比較すると，各断面における推計交通量は断面交通量と一致していることが確認された．

(5) レンタカーOD 表を反映した交通量推計結果

現在の事業評価に活用している H27 現況 OD 表に本稿で推計したレンタカーOD 表を上乗せした観光 OD 表による交通量推計を行い，県内の交通に与える影響を確認する．沖縄本島全体の交通量の増減を整理したものを**図-5** に示す．レンタカーを考慮することで，那覇～本部にかけての交通量が増加している．特に，国道 58 号と沖縄自動車道，および名護～本部にかけてはいずれの路線の交通量も増加するという傾向となっている．

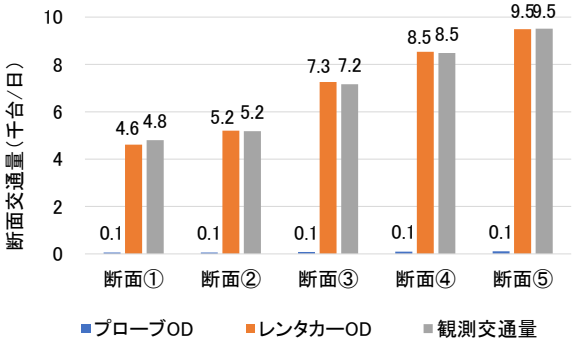


図-4 交通量観測断面上の通過 OD 交通量の補正結果

このことから，レンタカーを考慮することによる影響は，特に事業検討中の路線では，沖縄西海岸道路や名護東道路（本部延伸）に対応する区間で確認できる．

(6) 今後の展開

OD 逆推計手法を適用することで，観測交通量と整合するようなレンタカーOD 表を作成することができた．今回は，秋を対象とした OD 表を作成したが，観光客のレンタカー需要は，夏季や年末年始といった繁忙期とそれ以外の閑散期でばらつきがみられると想定されることから，レンタカー交通量の季節変動や，観光政策や景気によるレンタカー需要の変化が県内の交通に与える影響等を引き続き分析していきたい．

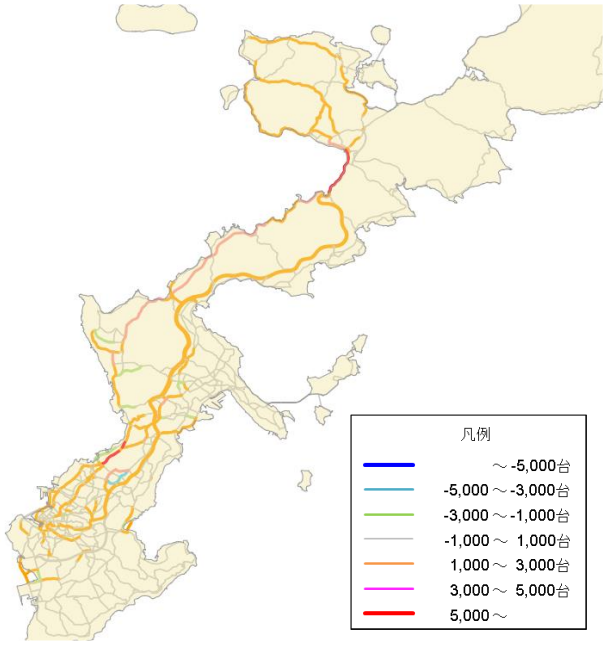


図-5 レンタカーを考慮した観光 OD 表と H27 現況 OD 表による交通量推計結果の比較（観光 OD - H27OD）

表-2 推計したレンタカーOD 表

全車	1 那覇市	2 浦添市	3 糸満市	4 豊見城市	5 南城市	6 島尻郡与那原町	7 島尻郡南風原町	8 島尻郡八重瀬町	9 宜野湾市	10 沖縄市	11 うるま市	12 中頭郡読谷村	13 中頭郡嘉手納町	14 中頭郡北谷町	15 中頭郡北中城村	16 中頭郡中城村	17 中頭郡西原町	18 名護市	19 国頭郡国頭村	20 国頭郡大宜味村	21 国頭郡東村	22 国頭郡今帰仁村	23 国頭郡本部町	24 国頭郡恩納村	25 国頭郡宜野座村	26 国頭郡金武町	合計
1 那覇市	5,359	466	499	947	214	32	82	115	287	207	140	140	47	485	85	73	105	303	19	6	2	59	407	581	33	16	10,709
2 浦添市	486	280	13	120	8	1	7	6	131	25	24	7	6	49	22	6	13	16	4	1	0	2	13	28	3	2	1,273
3 糸満市	480	13	499	246	45	2	17	43	18	5	29	3	1	34	12	20	4	18	4	0	1	5	39	31	2	2	1,573
4 豊見城市	1,094	117	273	1,060	62	37	42	46	66	36	32	35	6	109	39	12	26	81	6	0	1	13	83	167	5	3	3,451
5 南城市	258	13	36	61	116	4	11	20	11	9	5	9	0	37	10	4	3	9	2	1	0	2	18	38	1	0	678
6 島尻郡与那原町	26	6	3	45	4	2	4	0	1	0	0	0	0	9	0	0	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	105
7 島尻郡南風原町	65	5	19	41	6	15	61	11	8	6	9	2	1	17	4	6	7	8	0	0	0	0	7	8	1	0	307
8 島尻郡八重瀬町	135	6	43	55	22	1	9	71	4	6	3	1	0	11	2	1	4	4	1	0	0	0	3	6	0	0	388
9 宜野湾市	297	141	20	52	17	0	4	7	297	32	37	21	14	109	37	12	9	20	3	0	1	10	48	52	5	1	1,246
10 沖縄市	199	32	9	22	12	0	6	4	18	415	124	76	19	97	64	30	20	36	3	0	1	4	22	70	5	5	1,293
11 うるま市	145	25	19	30	7	0	7	2	16	128	542	83	11	39	24	38	6	28	1	0	0	5	23	160	4	13	1,356
12 中頭郡読谷村	142	12	6	38	7	1	3	0	22	70	88	451	39	92	17	7	3	45	5	0	3	23	91	167	1	0	1,333
13 中頭郡嘉手納町	38	4	2	5	2	1	1	1	7	14	6	17	117	34	1	3	0	8	1	0	0	7	9	13	0	0	291
14 中頭郡北谷町	572	42	34	95	40	3	14	4	109	80	35	120	44	371	116	14	10	94	4	0	2	30	140	261	5	4	2,243
15 中頭郡北中城村	94	22	10	30	8	0	1	1	31	71	16	12	4	115	74	8	7	13	0	0	1	6	7	36	2	2	571
16 中頭郡中城村	42	3	14	5	3	0	2	1	8	13	10	1	0	5	10	19	9	7	1	0	0	1	4	9	0	0	167
17 中頭郡西原町	64	17	6	19	1	0	5	0	10	13	11	2	2	6	5	8	26	6	0	0	0	1	3	13	0	0	218
18 名護市	294	10	6	50	12	1	6	6	13	44	27	46	12	98	18	40	5	1,039	31	8	19	156	458	325	24	25	2,773
19 国頭郡国頭村	21	0	0	5	0	0	2	1	3	3	4	4	1	2	1	2	0	33	73	3	6	7	35	22	3	1	232
20 国頭郡大宜味村	7	0	0	1	0	0	1	0	1	1	3	0	0	1	0	1	0	12	6	2	0	3	3	2	0	0	44
21 国頭郡東村	4	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	5	0	1	0	21	3	1	7	22	7	3	0	1	82
22 国頭郡今帰仁村	70	5	3	10	1	0	0	0	3	4	3	21	9	33	2	5	2	177	11	1	20	120	126	98	5	8	737
23 国頭郡本部町	404	12	14	59	12	0	6	3	38	31	19	71	6	141	15	22	9	635	23	5	8	170	903	524	10	27	3,167
24 国頭郡恩納村	601	21	36	158	60	0	5	8	42	66	166	168	55	238	31	41	11	336	25	0	6	90	562	1,425	20	20	4,191
25 国頭郡宜野座村	21	0	2	5	1	0	1	0	4	4	3	2	1	4	0	4	3	18	0	0	0	1	9	23	7	8	121
26 国頭郡金武町	15	0	0	1	0	0	0	0	3	3	13	0	2	6	1	5	1	20	2	0	0	5	14	18	1	17	127
合計	10,933	1,252	1,566	3,161	660	100	298	351	1,152	1,287	1,350	1,293	397	2,147	590	382	285	2,989	228	28	79	742	3,034	4,080	137	155	38,676

4. 画像解析によるナンバープレートの読み取り技術の適用可能性の検討

(1) 検証目的

観測交通量の取得に関して，レンタカー交通量を取得するためには，ナンバープレート情報（「わ・れ」ナンバー）からレンタカーを判別する必要がある．現在は，現地で調査員の目視による調査にて取得することが一般的であり，多額の調査コストが必要となる．一方，近年は AI カメラによる画像解析技術も進展していることから，AI カメラの活用により調査コストの削減・調査の効率化を図ることが期待できる．そのため，AI カメラによるナンバープレート調査を実施しその精度を確認することで，AI カメラによるナンバープレートの画像認識技術の適用可能性を検証する．

(2) 取得データ

ナンバープレートの文字情報からは，「①運輸支局，自動車検査登録事務所又は地域名」「②自動車の種別」「③かな文字」「④一連指定番号」を取得[8]することができる（図-6）ため，画像認識でも，それらの項目を取得する．また，併せて，画像を認識した時刻を出力する．

(3) 精度の検証条件



図-6 ナンバープレート情報

a) 検証地点の選定

精度検証にあたっては，現地（人手）観測によるレンタカー交通量調査と同地点に AI カメラを設置し，人手観測結果と AI カメラの画像認識結果との比較を行う．画像認識用の動画撮影箇所の設定にあたり，望ましい画角の条件を検証するため，それぞれ異なる車線数の地点を選定した．また，車両が比較的高速で画面内を通過すると解析精度が低下すると考えられることから，沖縄自動車道を対象に追加した．上記の条件を踏まえ，図-7 に示す国道 58 号，沖縄自動車道，県道 251 号，国道 330 号の 4 地点を検証地点とした．

b) 時間帯

精度を検証する時間帯は，昼間 12 時間（7:00～19:00）とし，10 分ごとに交通量を比較する．

c) 車種区分

精度検証にあたり，レンタカー（「わ・れ」ナンバー）および自動車類（全車）を対象とした．

(4) 検証結果（車線数別のナンバープレート読み取り状況）

画像解析にて車両として出力されたサンプルに対し，車線数別にナンバープレート情報の読み取り状況を確認する．表-4 に示すナンバープレートが完全に読み取れている車両（完全取得）と読み取れていない車両（一部不明あり）の割合（読み取り率）をみると，県道 251 号



図-7 画像認識用の動画撮影箇所

表-3 調査対象地点

路線		車線数（片側）	調査日時		カメラ解像度	カメラ設置箇所	選定理由
県道 251 号	宜野湾市向き	1	2022.11.16（水）	7～19 時	FHD_60p	照明柱	片側 1 車線では，ナンバープレートを最大限拡大した動画の画角を設定可能
国道 330 号	沖縄市向き	2	2022.11.16（水）	7～19 時	4K	横断歩道	一般道において，ナンバープレートの拡大度を落とした状況として，片側 2 車線道路を想定
国道 58 号	上り ※北向き	3	2022.11.15（火）	7～19 時	4K	照明柱	一般道において，ナンバープレートの拡大度を落とした状況として，片側 3 車線道路を想定
沖縄自動車道	下り ※北向き	2	2022.11.15（火）	7～19 時	4K	跨道橋	比較的高速で画面内を通過する車両の取得状況を検証．



図-8　県道 251 号（宜野湾市向き）の画角

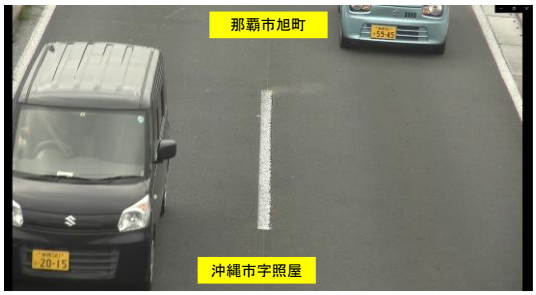


図-9　国道 330 号（沖縄市向き）の画角



図-10　国道 58 号（上り）の画角

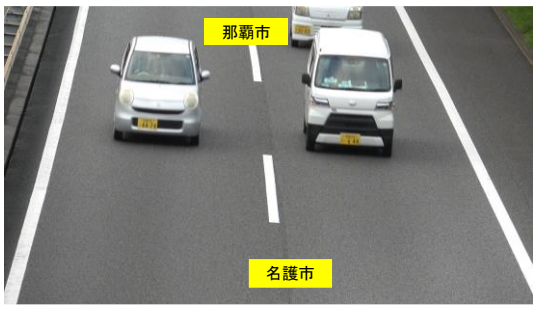


図-11　沖縄自動車道（下り）の画角

（片側 1 車線）では完全取得の割合が 90%を超えているが，国道 330 号（片側 2 車線）では約 70%となっている．また，国道 58 号（片側 3 車線）では，完全取得されている車両の割合が 40%以下となっている．今回は各地点とも 1 台のカメラで動画を撮影したため，1 画面内の車線数が増えるとナンバープレートの拡大度が低下したためだと考えられる．

また，レンタカーの判別を行うためには「ひらがな」がわかれば問題ないことから，ひらがなの読み取り率（表-5）を確認してみても，片側 2 車線以下である県道 251 号，国道 330 号，沖縄自動車道では，読み取り率が 80%以上であるのに対し，片側 3 車線の国道 58 号では約 60%となっている．

以上のことから，調査対象地点が片側 3 車線以上の場合，複数台のカメラ（1 車線につきカメラ 1 台，あるいは 2 車線ごとにカメラ 1 台）で撮影することが望ましいと考えられる．

表-4　ナンバープレート読み取り率

路線	車線数（片側）	サンプル数			読み取り率	
		完全取得	一部不明あり	総計	完全取得	一部不明あり
県道251号	1	6,162	564	6,726	91.6%	8.4%
国道330号	2	16,750	6,040	22,790	73.5%	26.5%
国道58号	3	8,007	12,829	20,836	38.4%	61.6%
沖縄自動車道	2	10,116	12,572	22,688	44.6%	55.4%

表-5　ナンバープレートのひらがな読み取り率

路線	車線数（片側）	サンプル数			読み取り率	
		ひらがな取得	ひらがな不明あり	総計	ひらがな取得	ひらがな不明あり
県道251号	1	6,351	375	6,726	94.4%	5.6%
国道330号	2	19,835	2,955	22,790	87.0%	13.0%
国道58号	3	12,533	8,303	20,836	60.2%	39.8%
沖縄自動車道	2	18,638	4,050	22,688	82.1%	17.9%

(5)　検証結果（車線数別の一致率）

a)　県道 251 号（宜野湾市向き）の一致率

図-12 に示す自動車類は，9～11 時台の一致率は概ね±10%以内に収まっている．また，12～17 時台の一致率は概ね±20%以内に収まっている．7，18 時台では一致率が±20%を超えている時間帯も一部見られるが，全体的に±20%の精度は確保できている．

しかし，県道 251 号はレンタカーの交通量が少なく，時間帯別の一致率が大きくぶれていたため，一定のレンタカー交通量が取得できている他地点で，一致率の確認を行うものとする．

b)　国道 330 号（沖縄市向き）

図-13 に示す自動車類は，7～17 時台の一致率は概ね±10%以内に収まっているものの，18 時台の一致率は大きく低下している．実際の解析画像（図-14）をみると，ナンバープレートを読み取れておらず，要因としては，明るさ不足とブレの影響が考えられる．

図-15 に示すレンタカーは，日中の一致率は概ね±20%の範囲に収まっている．だだし，一致率は 100%を

超えており，画像解析によるレンタカー交通量はやや過大に取得される傾向にあると想定される．また，18 時台の一致率は全車と同じく，大きく低下している．

c) 国道 58 号（上り）

図-16 に示す自動車類は，7～9 時台で，交通量をとらえることができていない．この要因は，ナンバープレートを読み取るためには，比較的直角にとらえることができるような画角である必要があるが，車線が 3 車線と多いこともあり，すべての車線をとらえるため，当初画角がななめになっていた（図-17）．その影響で，画像の読み取り件数が減少していると想定される．また，照明柱にカメラを設置して映像撮影を行っており，14 時前後では風の影響で第 1 車線が映らない状況が生じていた．したがって，今後の展開にあたっては，歩道上または歩道橋上で三脚等により風で画角が変わってしまうことがないように留意して映像撮影を行うことが必要と考えられる．また，3 車線以上の場合，カメラを複数台に分けて設置するなどの工夫も必要と考えられる．

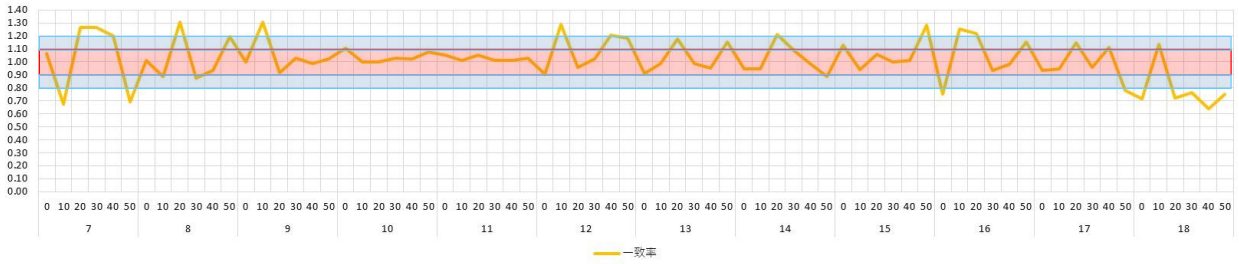


図-12　県道 251 号における一致率（自動車）

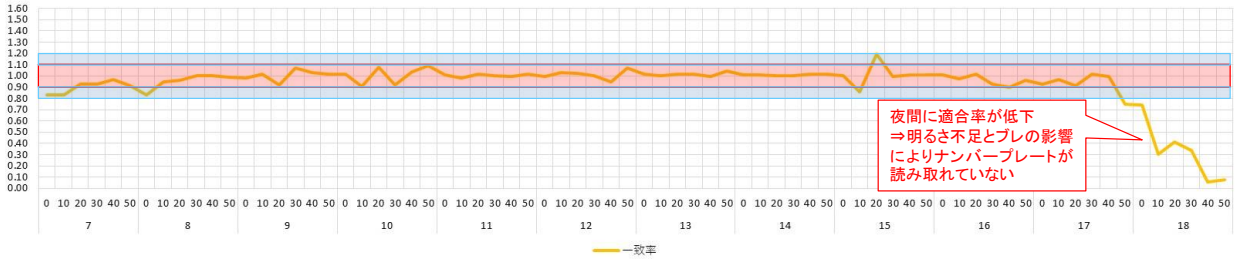


図-13　国道 330 号における一致率（自動車）



図-14　昼間と夜間におけるナンバープレート解析画像（左図：昼間，右図：夜間）

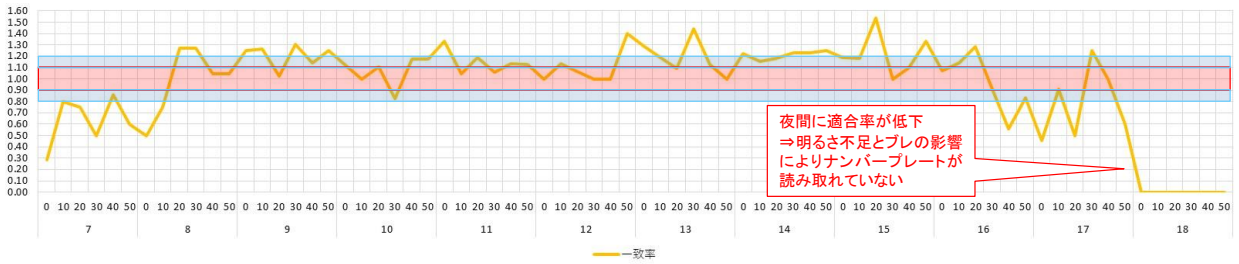


図-15　国道 330 号における一致率（レンタカー）

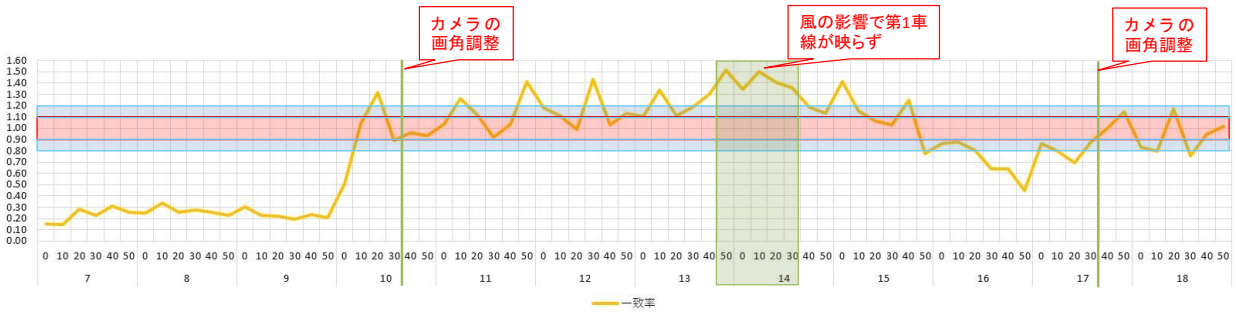


図-16　国道 58 号における一致率（自動車）



図-17　修正前後の画角（左図：修正前，右図：修正後）

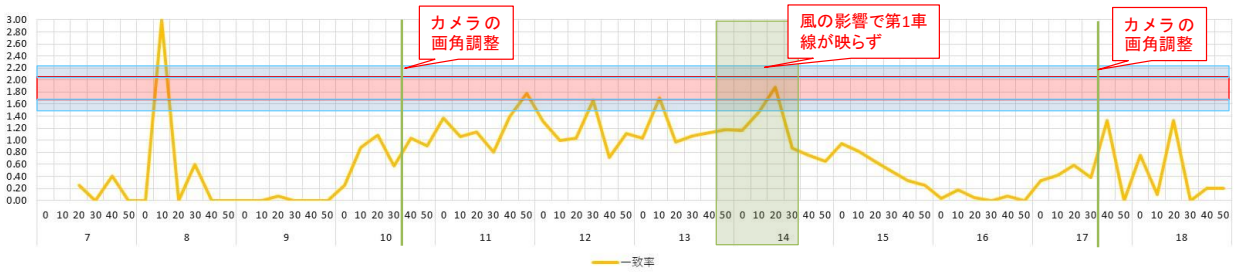


図-18　国道 58 号における一致率（レンタカー）

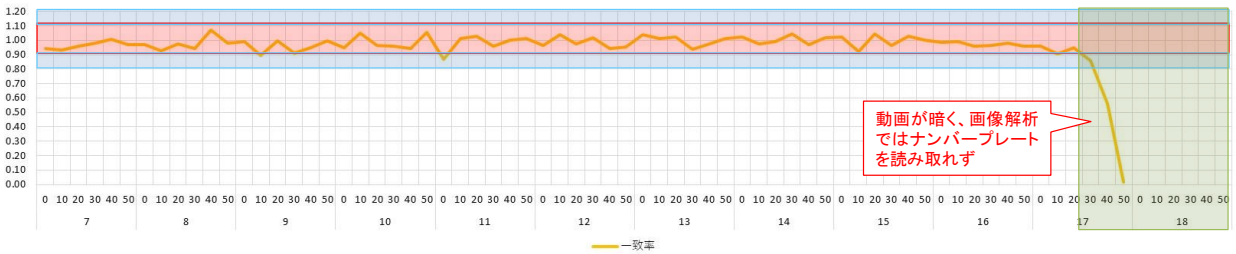


図-19　沖縄自動車道における一致率（自動車）

図-18 に示すレンタカーは，7～9 時台では交通量をとらえることができていない点は自動車類と同様であるが，取得されている交通量は現地観測結果より多い傾向にある．

d)　沖縄自動車道（上り）

図-19 に示す自動車類は，7～17時台の一致率は概ね±10%以内に収まっている．一方，18時台の一致率は大きく低下しており，明るさ不足とブレの影響によりナンバープレートを読み取れていない状況である．高速道路の沿道に建物が少ないことから，照明が少なく日没後の明るさが極端に低下してしまったと考えられる．そのため，調査時の留意点として，照明の下など，日没後でも比較的明るさが確保されている地点を選定する必要があると考えられる．

図-20 に示すレンタカーは，明るさ不足により 17 時半以降の交通量が取得できていない状況である．一方，11～16時台のレンタカーの一致率は概ね±20%の範囲に収まっている．

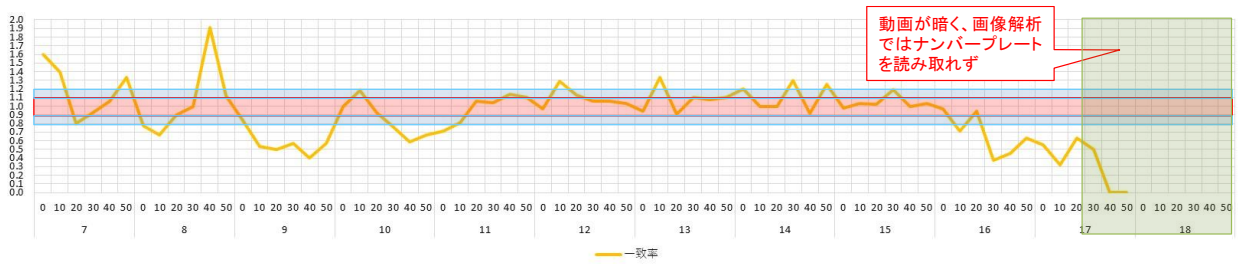


図-20　沖縄自動車道における一致率（レンタカー）

(6)　得られた知見

調査精度を確保するにあたって，得られた知見を以下に示す.

ナンバープレートの拡大度に関して，3 車線以上を 1 台のカメラでとらえようとすると，ナンバープレートを読み取りやすい画角になりにくい．また，車両と認識できても読み取ったナンバープレート情報が不明となる割合が，2 車線以下のケースと比較して高くなり，レンタカーを判別しにくい状況となっている．したがって，1 車線ごとに 1 台のカメラで撮影するなどの工夫も必要と考えられる.

また，時間帯による傾向としては，日中は概ね一定の精度が確保できている状況であるが，日没後は，明るさ不足とブレの影響により，ナンバープレートを読み取れていない状況である．そのため，日没後も継続して調査を行う場合には，照明の下や夜間でも明かりがついている建物の下など，日没後でも一定の明るさが確保されている地点で調査を行う必要がある.

設置箇所に関しては，照明柱にカメラを設置すると，風の影響によりカメラの画角が変わってしまった．そのため，歩道上または歩道橋上でカメラを固定するなど，風で画角が変わってしまうことがないように留意して映像撮影を行うことが必要と考えられる.

(7)　今後の展開

日没後や 1 台のカメラで撮影する車線数が増えると画像解析精度は低下するものの，それらの条件を満たせば，ナンバープレートの画像解析を人手観測の結果と±20%以内の精度で実施できることが分かった．今後もさらなる精度向上に向けて技術開発を進めていく予定である．また，画像解析でも一定の精度を確保できるため，画像解析の適用による交通量調査の低コスト化，効率化に向けて，画像解析に係る一連の費用の整理や調査マニュアル等，実務適用に向けた検討も行っていきたい.

5.　まとめ

本稿では，ETC2.0 プローブデータと断面の観測交通量データを組み合わせる OD 逆推計技術を用いたレンタカーOD 表の作成，および断面の観測交通量データを効率的に取得するために AI によるナンバープレート画像解析の適用可能性を検証した.

OD 逆推計手法を適用することで，観測交通量と整合するようなレンタカーOD 表を作成することができた．今後は，観光需要の繁忙期や閑散期におけるレンタカー需要や経年的なレンタカー流動の変化を分析して行く予定である.

作成したレンタカーOD 表の活用に向けて，現行の事業評価の仕組みでは，国土交通省道路局より配布される現況/将来 OD 表を用いた交通量推計，および費用便益分

表-6　得られた知見一覧

留意点	調査結果	対応方針
ナンバープレートの拡大度	3 車線以上を 1 台のカメラでとらえようとすると，ナンバープレートを読み取りやすい画角になりにくい．また，読み取ったナンバープレート情報が不明となる割合が，2 車線以下のケースと比較して高い.	3 車線以上の道路では，1 車線ごとに 1 台のカメラで撮影するなどの工夫も必要である.
時間帯による傾向	日中は概ね一定の精度が確保できている状況である. 日没後は，明るさ不足とブレの影響によりナンバープレートを読み取れていない.	日没後も継続して調査を行う場合には，照明の下や夜間でも明かりがついている建物の下など，日没後でも一定の明るさが確保されている地点で調査を行う必要がある.
設置箇所	照明柱にカメラを設置すると，風の影響によりカメラの画角が変わってしまった.	歩道上または歩道橋上で三脚等でカメラを固定するなど，風で画角が変わってしまうことがないように留意して映像撮影を行うことが必要である.

析を行うこととなっていることから，レンタカーOD を加味した推計結果を示す場合は，参考値としての取り扱いとなる．現行の費用便益分析マニュアル [9]では，便益計算時に，**表-7** に示す条件（①休日の考慮，②災害等による通行止めの考慮，③冬期の交通状況の考慮）を考慮可能である旨が記載されている．そこで，将来のレンタカー需要や観光客向けの開発計画を考慮した OD 分布の補正方法を検討したうえで，休日や冬期道路と同様の扱いで，レンタカーOD を考慮した事業評価が可能であるか，今後，国土交通省道路局と協議を進めていきたい．また，OD 逆推計に際し，レンタカーの観測交通量を取得する際には，現地で調査員の目視による調査にて取得することが一般的であり，多額の調査コストが必要となることから，調査コストの削減や調査の効率化に向け，AI によるナンバープレート画像解析の適用可能性を精度の観点から検証した．日没後や 1 台のカメラで撮影する車線数が増えると画像解析精度は低下するものの，それらの条件を満たせば，ナンバープレートの画像解析を人手観測の結果と比較しても±20%以内と，一定の精度が確保できていることが分かった．したがって，今後は画像解析の実務適用による交通量調査の低コスト化，効率化に向けて，画像解析に係る一連の費用の整理や調査マニュアル等，実務適用に向けた検討を行っていきたい．また，画像解析を安価でかつ簡易に行うことができるようになると，常時観測のための機器設置や大規模で高コストな観測調査をせずに交通量の取得が可能となるほか，交通状況のモニタリング等への展開も期待される．

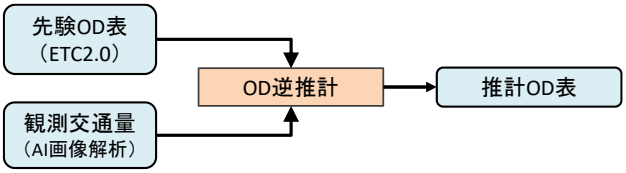


図-21　将来的な OD 逆推計のフロー（案）

表-7　費用便益分析時に考慮可能な条件

条件	内容
①休日の考慮	観光目的の交通量が増大するなど休日の交通状況が平日の交通状況と大きく異なる 道路については，平日の便益に休日と平日の交通量比（休日係数）又は休日と平日の走 行時間比を乗じることにより，便益を計算してよい．
②災害等による通行止めの考慮	災害等により通行止めが発生する区間を含む道路網において便益を算出する場合は， 通行止めの状況を再現した交通流推計を実施することにより，通常の期間と切り分けて 当該通行止め期間の便益を計算してよい． なお，通行止めの日数は，対象地域の実績値から設定することとする．また，整備無 において，通行止めに伴う迂回の所要時間が大きく，走行自体をとり止める交通が相当 程度ある場合には，これを考慮する必要がある．
③冬期の交通状況の考慮	冬期の積雪や凍結により走行速度や交通容量が低下する地域の道路網において便益 を算出する場合は，冬期の状況を再現した交通流推計を実施することにより，通常の期 間と切り分けて冬期の便益を計算してよい． なお，冬期日数や当該期間の走行速度と交通容量の関係については，当該地域や道路 に応じて設定することとする．

REFERENCES

1) 令和 3 年度観光統計実態調査報告書，沖縄県
2) 自動車保有台数，一般財団法人自動車検査登録情報協会
3) 運輸支局別レンタカー車両数について，一般社団法人全国レンタカー協会
4) 土木学会（編）：交通ネットワークの均衡分析－最新の理論と解法－，丸善，1998.
5) 茂木渉：OD 逆推定におけるエントロピー最大化モデルのホモトピー法による解法，土木計画学研究・論文集，Vol. 76, No. 5, pp. I_837-846，2021.
6) 第 4 回　ICT を活用した新道路交通調査体系検討会，資料 5　ETC2.0 プローブデータ等を活用した OD 表構築に向けた検討，国土交通省
7) 中村俊之，北村清州，桑原昌広，絹田裕一，茂木渉，大野沙知子，西田純二：Wi-Fi パケットセンサと観測交通量データを用いた OD 逆推計手法の適用，第 64 回土木計画学研究発表会・講演集， 2021.
8) 自動車のナンバープレートの見方，国土交通省東北運輸局
9) 費用便益マニュアル，国土交通省　道路局　都市局，R4.2.

（2023. 10. 13 受付）

Study on Estimation Method of Origin-Destination Flow of Rental Car using ETC2.0 Probe Data and AI-based License Plate Analysis Technology

Yuki EDA, Yuma MURAKAMI, Seishu KITAMURA, Naoki YAGA, Shigeichi KAWAMA, Masami MORIYAMA, Daisuke IMANISHI

Rental cars and car sharing are not included in the sampling list in the current Origin-Destination (OD) surveys. Therefore, the OD distribution of rental cars is not reflected in the OD flow used for analyzing the effects of road maintenance and cost-benefit analysis of projects. This omission is particularly significant in the northern regions with a high rental car mixing rate, where underestimating OD flow could potentially undervalue benefits, especially in tourism-driven Okinawa Prefecture. Accordingly, to accurately assess how tourist movement impacts local transportation, it is essential to develop OD flow that includes the movement of tourists using rental cars.

In order to estimate the OD flow of rental cars, the method involving the use of ETC 2.0 probe data and observed traffic counts data is being considered. However, obtaining observed traffic counts data for rental cars entails substantial expenses. Therefore, to streamline future surveys, we are exploring the feasibility of applying AI-based license plate image processing analysis to survey rental car traffic counts from an accuracy perspective.

Based on the above, we summarize knowledge about the method of estimating OD flow of rental cars using that the OD distribution of ETC 2.0 probe data and surveying rental car traffic counts wth AI-based license plate analysis technology.