

ETC2.0 プローブ情報を活用した交通量非観リンクにおける交通量推定方法に関する研究

松岡 禎典¹・倉内 文孝²・横地 和彦³・村野 祐太郎⁴・河本 直志⁵
・難波 秀太郎⁶・丹下 真啓⁷・鴻 源空⁸

¹正会員 元・国土交通省 国土技術政策総合研究所（現・本州四国連絡高速道路株式会社）
（〒651-0088 兵庫県神戸市中央区小野柄通 4-1-22）

E-mail: sadanori-matsuoka@jb-honshi.co.jp

²正会員 岐阜大学 工学部社会基盤工学科（〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1）

E-mail: kurauchi@gifu-u.ac.jp

³正会員 元・国土交通省 国土技術政策総合研究所（現・独立行政法人都市再生機構）
（〒231-8315 神奈川県横浜市中区本町 6-50-1 横浜アイランドタワー）

Email: k-yokochi@ur-net.go.jp

⁴非会員 元・国土交通省 国土技術政策総合研究所（現・八千代エンジニアリング株式会社）
（〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8 CS タワー）

Email: yt-murano@yachiyo-eng.co.jp

⁵正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所（〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地）

Email: kawamoto-n92ta@mlit.go.jp

⁶非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所（〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地）

Email: namba-s924a@mlit.go.jp

⁷正会員 一般社団法人システム科学研究所（〒604-0013 京都府京都市中京区新町通夷川下る二条新町 717）

Email: tange@issr-kyoto.or.jp

⁸正会員 一般社団法人システム科学研究所（〒604-0013 京都府京都市中京区新町通夷川下る二条新町 717）

Email: bishago@issr-kyoto.or.jp

国土交通省では、概ね 5 年に 1 度、全国道路・街路交通情勢調査で道路の区間交通量を把握しているが、トラフィックカウンターや人手観測等による交通量調査が行なわれない区間の交通量は推定を行っており、平成 27 年度の調査では全区間の約 4 割が推定区間である。推定は、当該区間と交通動向の関連性が高いと考えられる位置または複数の区間における前回の調査からの交通量の伸び率を用いて行われる。一方、国土交通省では走行経路情報等を把握出来る ETC2.0 プローブ情報を収集しており、この情報とトラフィックカウンター等による交通量調査結果を適切に処理することで、調査時点における交通現象に、より整合的である交通量を推定出来る可能性がある。

本稿では、ETC2.0 プローブ情報における取得率の偏りを補正した上で、ETC2.0 プローブ情報から把握される経路情報を集計した OD 別区間利用率と観測区間交通量を用いて、非観測区間の交通量を推定する方法について述べる。

Key Words: ETC2.0 probe data, traffic volume estimation, traffic volume observation

1. はじめに

国土交通省では、概ね 5 年に 1 度、全国道路・街路交通情勢調査（以下「センサス」という）により、道路のリンク交通量を把握している。観測された交通量は、道路計画や建設等の基礎資料となるほか、各種の事業・施策の効果の把握や事業の優先順位の決定等の資料として活用されている。しかし、全ての道路区間で実査を行うことは非現実的であり、平成 27 年度センサスにおいては、全国に設定された約 43,000 の交通量調査単位区間のうち、約 4 割の区間で実査をせず、間接的に推定されている。

推定の方法は、推定対象区間と交通動向の関連性が高いと考えられる区間における前回調査からの伸び率を乗じる等の手法が用いられているが、過去 5 年間で道路の使われ方に変化があった場合などにおいては、必ずしも確からしい方法とはいえない。また、センサスの交通量調査は、複数の交通調査基本区間を束ねた交通量調査単位区間を設定し行われている。そのため、本来は異なる交通量を持つ複数の交通調査基本区間に同一の交通量が設定されている場合があり、実務で詳細な検討を行うためには、やや情報量が不足する場合がある。

一方で、国土交通省では走行経路情報等を把握できる

ETC2.0 プローブ情報を収集しており、車両感知器等による交通量調査結果と ETC2.0 プローブ情報を適切に処理することで、調査時点における道路の使われ方を考慮した交通量を、交通量調査単位区間よりも短い区間を対象として推定できる可能性がある。プローブ情報を活用したネットワーク上の交通量非観測リンクの推定に関する既往研究として、川村・峪・内田¹⁾の研究がある。川村らは、道路ネットワークの不確実性を考慮した交通量配分モデルに基づく、均衡制約条件付きの最尤推定モデルから推定された交通状態の確率分布を事前分布として、車両感知器から得られる交通量データ及びプローブデータから得られる移動時間を尤度とするベイズ推定を行い、交通状態の事後分布を推定する手法を提案している。

本研究では、国土交通省が収集する ETC2.0 プローブ情報より得られる経路選択率を活用し、OD 交通量を経路上の各リンクに割り振ることにより、交通量非観測リンクの交通量を推定することを考える。ETC2.0 プローブ情報は、高速道路及び直轄国道に設置された経路情報収集装置を通じて、データをアップリンクするため、道路種別の違いによるデータの偏りに起因するリンク利用率のひずみがある。松田²⁾らは、国土技術政策総合研究所で研究を進めている OD 交通量逆推定手法の構築の中で、リンク利用率に ETC2.0 プローブ情報を適用するにあたり、リンク利用率のひずみを、OD ごと、リンクごとの取得率の違いに応じて、成長率法により補正する手法を提案した。松田らの補正手法では、補正されたリンク利用率とともに経路選択率を得ることが可能であり、本研究では、この経路選択率を用いて、交通量の非観測リンクの交通量を推定し、その精度を検証した結果を述べる。

2. 交通量非観測リンクにおける交通量推定方法

(1) ETC2.0 プローブ情報による経路選択率補正手法

経路選択率の補正手法は以下の 2つのステップよりなる。

ステップ 1: OD ごと、観測リンクごとの ETC2.0 プローブ情報の取得率の違いに応じた補正 (成長率法による補正) (図-1)

ステップ 2: 経路選択率の和を 1.0 とする処理 (図-2)

なお、リンク利用率は、OD 交通量のうち、特定のリンクを利用する交通の割合であり、経路を考慮しないものである。経路選択率は、OD 間の経路について、それぞれの経路交通量を OD 交通量で割った値である。

ステップ 1 において、ある OD ペア番号 n の OD 交通量のうち観測リンク a を利用する ETC2.0 プローブ情報のサンプル交通量 x_{en}^a に OD 拡大率 (センサス OD 交通量に対する ETC2.0 プローブ情報のサンプル数の比) を乗じた値

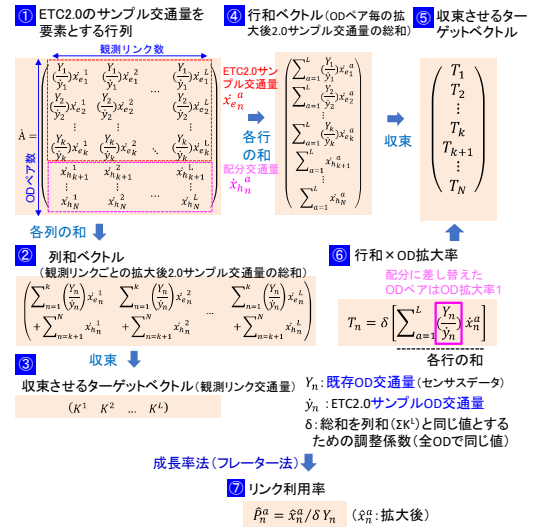


図-1 ETC2.0 経路選択率補正手法 (ステップ 1)

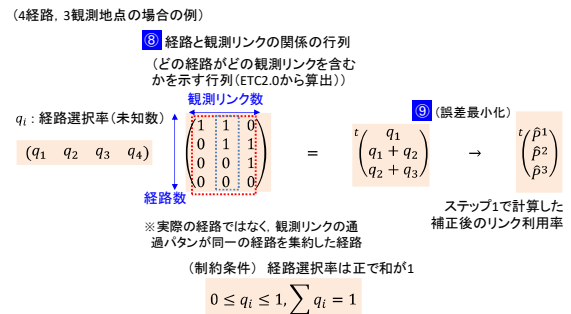
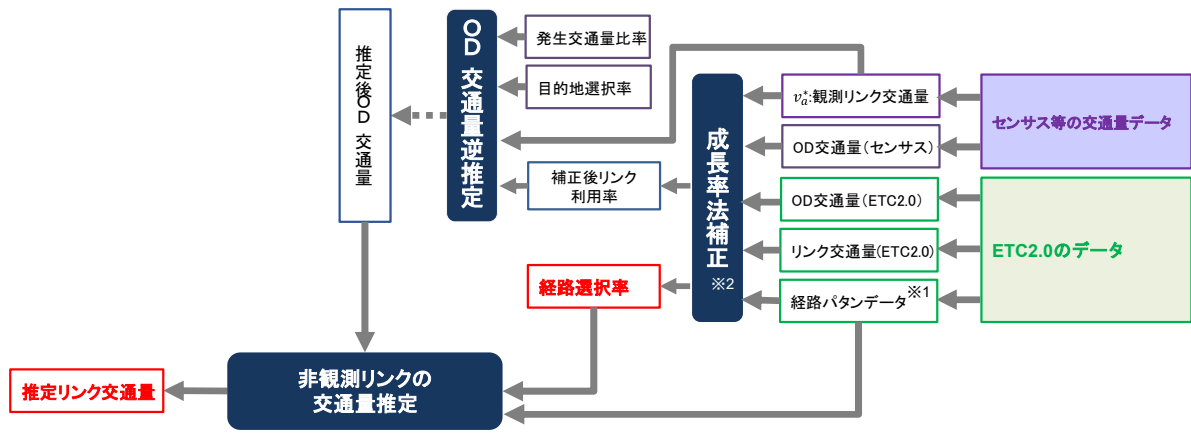


図-2 ETC2.0 経路選択率補正手法 (ステップ 2)

を要素とする行列 A を作る。このとき、ETC2.0 プローブ情報のサンプルを取得できなかった OD ペアについては、交通量配分を行い、行列の要素を補完する。次に、列和をセンサス等の既存の観測リンク交通量に収束させる。同時に、行和をターゲットベクトル (図-1 ⑤) に収束させる。ターゲットベクトルは、行和と列和が等しくなるように算定した調整係数を考慮して設定する。収束後の行列要素とセンサスの OD 交通量によりリンク利用率の暫定値を算出する。

続いて、ステップ 2 において、経路選択率の和を 1.0 とするために、経路-リンク接続行列 (経路 i が観測リンク a を含むかどうかを示す行列: 図-2 ⑧) を ETC2.0 プローブ情報から算出し、経路選択率の和が 1.0 という制約条件の下で、この行列と経路選択率ベクトルの積をステップ 1 で算出したリンク利用率の暫定値と整合させる。ここでは、制約条件付き最小二乗法を OD ペアごとに解く (図-2 ⑨) ことにより、未知変数である経路選択率を得る。さらに、推定された経路選択率に経路-リンク接続行列を乗じることで、リンク利用率を得ることができる。なお、図-2 は、4 経路 3 観測地点の例であり、この例においては経路 4 はどの観測リンクも通らないことを示し、経路 1 と経路 2 は観測リンク 2 を利用しているこ



※1 どの経路がどの観測・非観測リンクを通過するのかわかるデータ。通過するリンクの組合せ(順不同)になっている。
 ※2 観測リンクのみを用いて成長率法を実施。経路パターンデータから、非観測リンクを除くことにより、重複するものは集約して計算。

図-3 推定フロー

とを示す。経路4のように、どの観測リンクも通過しない経路が存在するODペアでは、経路1~3の選択率の和が1.0未満となる。

$$K_a = \sum_n \left(\sum_{i: \text{リンク}a \text{を通過}} od_n q_{n,i} \right) \quad (1)$$

ただし、

K_a : リンクaの24時間交通量

od_n : ODペア番号nのOD交通量

$q_{n,i}$: ODペア番号nにおける経路iの経路選択率

(2) 交通量非観測リンクにおける交通量推定方法

ETC2.0プローブ情報による経路選択率補正手法により、算定された経路選択率や現況OD表等を用いて、図-3のフロー及び式(1)により、現況ODを非観測リンクに割り振り、全ODペアについて合計することで、推定リンク交通量を得る。

なお、ETC2.0プローブ情報による経路選択率補正手法で取り扱う経路情報は、交通量観測箇所の通過/非通過で整理されており、交通量の非観測リンクにおける交通量を推定するために、どの経路が観測・非観測リンクを通過するかを整理した経路パターンデータを合わせて利用する。具体的には、観測リンクの組み合わせと同一であるが、非観測リンクの組み合わせが異なる場合の経路選択率は、ETC2.0プローブ情報のサンプル数で按分し

3. 検証方法

(1) 検討条件

本研究における検討条件を表-1に示す。検証は近畿地方を対象として行うものとする。交通量データとして、平成27年度センサスにおける交通量調査結果(24時間観測)を用い、経路選択率は、前述のETC2.0プローブ情報による経路選択率補正手法を適用するものとし、ETC2.0プローブ情報は、令和2年1~3月(平日データ・発話型データなし)を適用する。

表-1 検討条件

《共通設定》	対象エリア	近畿地方(福井県、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県)	
	ゾーン数	域内: 896、域外: 40 (近畿外は県で集約)	
	H27センサス観測地点	境界リンク: 2,264 Bゾーン境界付近にあるH27センサス観測区間 内部リンク: 1,775 上記以外のH27センサス観測区間	
	経路選択確率(リンク利用率)	ETC2.0プローブ情報による経路選択率補正手法(ETC2.0プローブ情報(R2.1~3平日)発話型なし) ※リンク利用率について、H27センサスで出現ありETC2.0で出現なしのODペアは、交通量配分によるリンク利用率で補完	
	断面交通量	H27センサス	
《ケース設定》		ケース1 ゾーン境界リンクの推定	ケース2 ゾーン内リンクの推定
	観測リンク	1,133 (境界リンク: 1,133、内部リンク: 0)	3,160 (境界リンク: 2,264、内部リンク: 896)
	非観測リンク	1,131 (境界リンク: 1,131、内部リンク: 0)	879 (境界リンク: 0、内部リンク: 879)
	成長率法に用いる既存OD交通量	H27センサス(Bゾーン内内を除く)	H27センサス(Bゾーン内内を含む)
	経路選択率に乗ずるOD交通量	H27逆推定後OD(内外・外内・外外)	H27逆推定後OD(内外・外内・外外) + H27センサスOD(内内)

ETC2.0 プローブ情報が高速道路・直轄国道に設置された経路情報収集装置で収集されること、車載器内に保持される ETC2.0 プローブ情報の経路情報は、約 80km が上限であることを踏まえると、内々交通が含まれる Bゾーン内部の観測リンクについては推定が難しいと思われる。そのため、本研究では、比較的推定が容易と思われる推定対象を Bゾーン境界のリンク交通量のみを推定対象としたケース（ケース 1）と、推定対象のリンクを Bゾーン内部のリンク交通量のみとしたケース（ケース 2）について検討を行う。ケース 1 では、内々交通が通過しづらいゾーン境界を対象に検討することから、ETC2.0 プローブ情報による経路選択率補正手法において内々 OD を対象とせず算定し、経路選択率に乗じる OD 交通量からも内々 OD を除外して推定するものとする。また、高速道路においては、交通量の常時観測体制が整っていることから、一般道路のみを推定対象としている。

なお、経路選択率に乗じる OD 交通量について、本研究では、OD 交通量逆推定手法を適用した。OD 交通量逆推定手法には、ETC2.0 プローブ情報による経路選択率補正手法から得るリンク利用率と平成 27 年度センサスから得る発生交通量比率、目的地選択率、観測リンク交通量を入力した。

(2) 推定結果の検証方法

経路選択率補正の目的は、道路種別毎に異なる ETC2.0 プローブ情報の偏りを補正することである。そのため、まず、経路選択率と合わせて得られるリンク利用率の補正前後の傾向を道路種別毎に比較する。

次に、交通量非観測リンクにおける交通量推定方法の基本性能の確認として、推定交通量と観測交通量の比較により推定精度を検証する。ケース 1 ではゾーン境界の観測リンクの交通量、ケース 2 ではゾーン内の観測リンクのうち、ランダムに 50% を疑似的な非観測リンクとして設定し、このリンクの交通量を推定する。推定交通量と観測交通量の %RMS を算定し、推定精度の評価を行う。なお、推定精度は都市部と地方部の道路ネットワーク密度の違いや経路情報収集装置の設置箇所数の違い等に影響を受けるものと思われることから、近畿地方全体のみでなく、都道府県別や道路種別毎についても %RMS を評価する。

最後に、本手法の実用性の検証として、ケース 2 の推定結果を用い複数の道路区間を対象とし、平成 27 年度センサスの結果との比較検証を行う。センサスでは交通量調査を効率的に行うため交通量に大きな差異がない範囲で交通調査基本区間を集約した交通量調査単位区間で結果を整理している。ただし、同一交通量調査単位区間内であっても、他の幹線道路と交差し交通量が異なる可能性がある箇所も存在し、実務で詳細な検討を行なうた

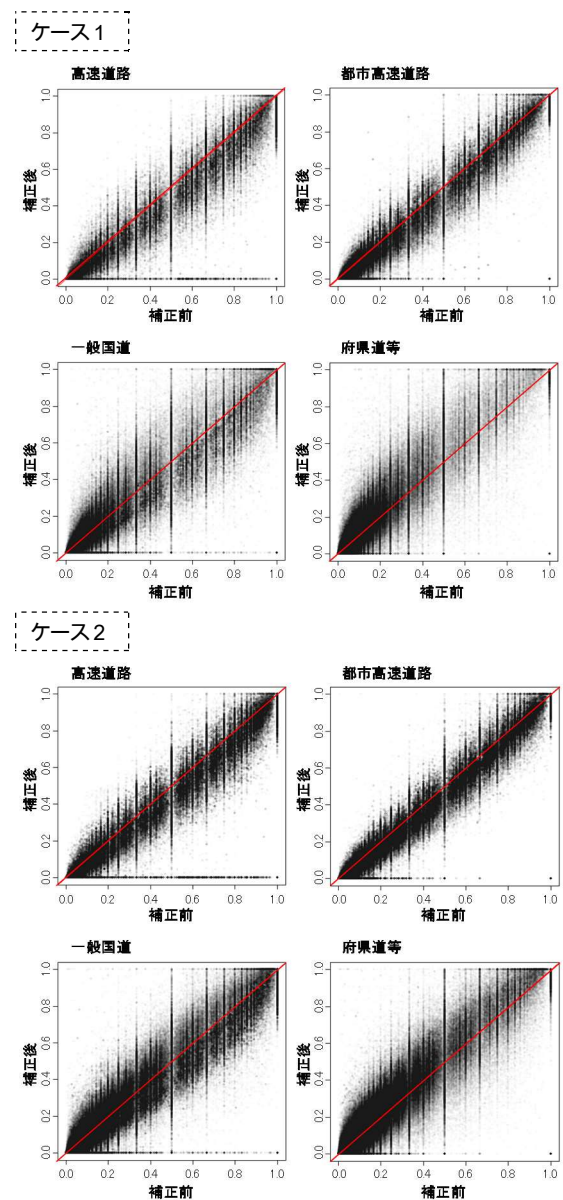


図4 リンク利用率の補正効果

めにはやや情報量が不足する場合がある。このような区間における本手法の推定結果の例を確認し、本手法を適用することで、より詳細な分析が可能になっているか検証する。

4. 検証結果

(1) ETC2.0 プローブ情報による経路選択率補正手法の効果確認

補正前（ETC2.0 プローブ情報より集計した場合）と補正後（補正手法を適用した場合）の道路種別毎のリンク利用率を図4に示す。ケース 1・2 とともに、補正後のリンク利用率は、高速道路で低下し主要地方道等で上昇した。これは、路側機が高速道路と直轄国道に設置され

ていること、車載器内に保持される ETC2.0 プローブ情報の経路情報は、約 80km が上限であること等を原因とし、リンク利用率が高速道路で実際より高く、規格の低い道路で実際より低くなるという ETC2.0 プローブ情報が持つ偏りが補正手法により補正されていることを示す。

(2) 交通量非観測リンクにおける推定精度の検証

リンク交通量の推定精度の検証結果を表-2 に示す。ゾーン境界の非観測リンクのみを推定対象とするケース 1 の推定精度（推定交通量と観測交通量の%RMS）は、近畿全域の全道路で 27.2%，直轄国道で 20.4%，直轄国道以外で 28.0%と直轄国道で最も推定精度が高い。この理由として、経路情報収集装置が高速道路・都市高速道路・直轄国道に設置されており、直轄国道を通行する経路の経路選択率が、精度良く推定されるためと思われる。ゾーン内の非観測リンクを推定対象とするケース 2 の推定精度についても、ケース 1 と同様の傾向がみられ、近畿地方全域の全道路で 33.3%，直轄国道で 24.4%，直轄国道以外で 35.6%と直轄国道において最も推定精度が高い。なお、ケース 2 の推定精度は、ケース 1 よりも低下する傾向となる。ケース 2 は、ゾーン内々の経路選択率と OD を利用する点がケース 1 と異なる。経路情報収集装置が、内々交通において利用頻度が高いと想定される都道府県道に設置されていないこと、車載器内に保持される ETC2.0 プローブ情報の経路情報は、約 80km が上限であること等の理由により、ゾーン内の非観測リンクを通行する経路情報が十分に収集されず、経路選択率の推定精度が低下していることが想定される。

また、ケース 1・2 の推定結果を地域別に確認すると、京都府・大阪府・兵庫県といった大都市を抱える府県において推定精度が高い傾向であり、ケース 1・直轄国道の大阪府・兵庫県の%RMSは20%を下回る。これは、大

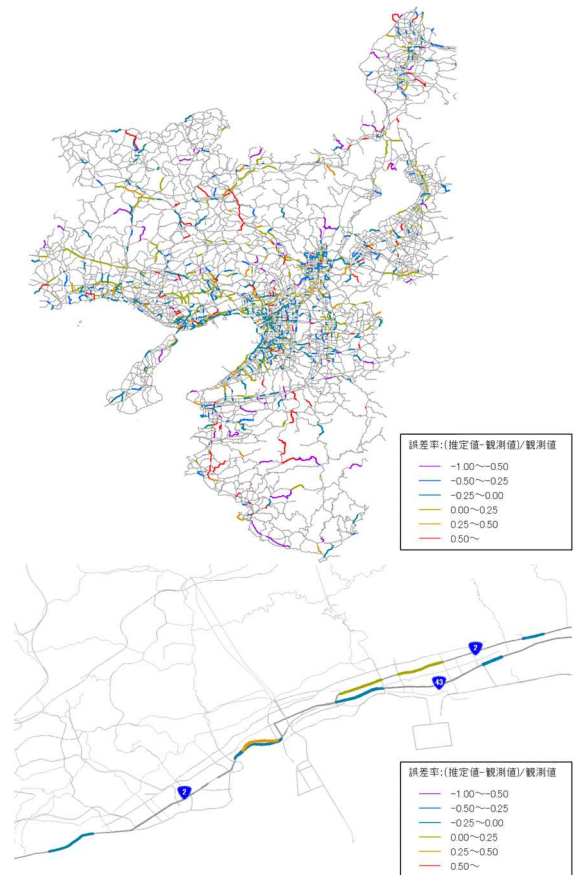


図-5 非観測リンクにおける推定交通量と観測交通量の相対誤差率の分布（ケース 1 の例）
（上段：近畿全域全道路，下段：神戸市中心部直轄国道）

都市部では経路情報収集装置が密に設置されていることが要因と考えられる（図-5）。

(3) 実用性の検証

各都道府県警察が車両感知器などの計測機器（以下、「警察トラカン」という）で収集した断面交通量を基準となる交通量として、推定交通量の検証を行った。期間

表-2 疑似的な非観測リンクにおける推定交通量と観測交通量の比較結果

	全道路				直轄国道				直轄国道以外				
	箇所数	相関係数	RMS	%RMS	箇所数	相関係数	RMS	%RMS	箇所数	相関係数	RMS	%RMS	
ケース1 (ゾーン境界を推定)	近畿全域	1,131	0.967	5.837	27.2%	99	0.958	5.093	20.4%	1,032	0.967	5.903	28.0%
	福井県	88	0.927	3.367	33.1%	4	0.721	4.134	53.1%	84	0.929	3.326	32.3%
	滋賀県	81	0.968	5.665	28.2%	13	0.952	7.646	30.2%	68	0.976	5.201	27.3%
	京都府	187	0.956	5.420	28.3%	23	0.924	5.637	20.3%	164	0.957	5.389	30.0%
	大阪府	299	0.960	8.362	23.6%	11	0.976	4.216	13.1%	288	0.960	8.480	23.9%
	兵庫県	312	0.974	4.262	22.9%	24	0.982	4.020	15.3%	288	0.973	4.282	23.9%
	奈良県	79	0.972	3.333	25.3%	10	0.946	4.777	21.0%	69	0.974	3.068	26.1%
	和歌山県	85	0.902	4.832	56.1%	14	0.946	3.751	20.3%	71	0.905	5.018	75.3%
ケース2 (ゾーン内を推定)	近畿全域	879	0.947	3.510	33.3%	122	0.938	4.979	24.4%	757	0.939	3.245	35.6%
	福井県	56	0.817	2.565	47.8%	8	0.860	2.068	16.1%	48	0.692	2.612	56.9%
	滋賀県	102	0.900	3.086	35.6%	16	0.842	5.657	28.9%	86	0.876	2.528	35.4%
	京都府	149	0.957	3.402	27.9%	25	0.947	5.335	20.2%	124	0.925	2.858	30.6%
	大阪府	99	0.948	5.249	29.1%	14	0.937	6.689	24.9%	85	0.949	4.993	29.9%
	兵庫県	260	0.955	3.206	29.5%	23	0.980	3.712	18.0%	237	0.939	3.157	31.6%
	奈良県	93	0.888	3.751	44.6%	15	0.843	4.998	31.4%	78	0.876	3.501	49.0%
	和歌山県	120	0.917	2.924	41.9%	21	0.829	4.380	32.3%	99	0.925	2.551	44.6%

は、平成27年度センサスと同時期の2017年9～11月（平日）とし、欠測日を除いた平均値を用いた。推定交通量は図-6の2つの交通量調査単位区間に含まれる交通調査基本区間をケース2の非観測リンクに追加し経路パターンを再集計することで算出した。

検証結果を図-7に示す。警察トラカンの交通量は断面aからbに向かい増加し、断面cからdに向かい減少している。本検証の推定交通量も同様に増減しており、警察トラカン交通量との正の相関が見られる。また、基準交通量との相対誤差は、+22.1%～-8.6%とケース2の直轄国道の%RMS 24.4%と概ね同程度の精度となった。

5. おわりに

本研究では、ETC2.0プローブ情報の経路情報収集装置が、高速道路と直轄国道上に設置することに起因して生じる ETC2.0 プローブ情報の偏りを成長率法により補正した上で、交通量の非観測リンクにおける交通量推定を試行し、その推定精度の検証を行なった。

その結果、ゾーン境界に非観測リンクを設定するケース1の推定精度は直轄国道で20.4%、ゾーン内に非観測リンクを設定するケース2の推定精度は直轄国道で24.4%と良好な結果を得た。また、地域別にみると、都市部において推定精度が高く、経路情報収集装置が設置されている高速道路・直轄国道の道路ネットワークが密な京都府・大阪府・兵庫県で特に推定精度が高いことを確認した。

推定手法の実用性の検証として、同一交通量調査単位区間内での交通量が異なると考えられる箇所について、推定値と観測値の比較を行い、正の相関を確認した。

今後の課題として、地方部や直轄国道以外の道路における推定精度の向上があげられる。そのためには、多様な走行経路情報を収集することが必要であり、現状のETC2.0プローブ情報では収集されづらい、都道府県道等を通行する経路データ、ゾーン内々交通の経路データの収集を進めることが必要となる。ETC2.0プローブ情報の普及は日々向上していることから、今後、推定精度が向上される可能性がある。また、本研究では、ETC2.0プローブ情報による経路選択率補正手法により、経路選択率の補正を行なったが、地方部においては、成長率法に入力する平成27年度センサスの交通量観測点数が十

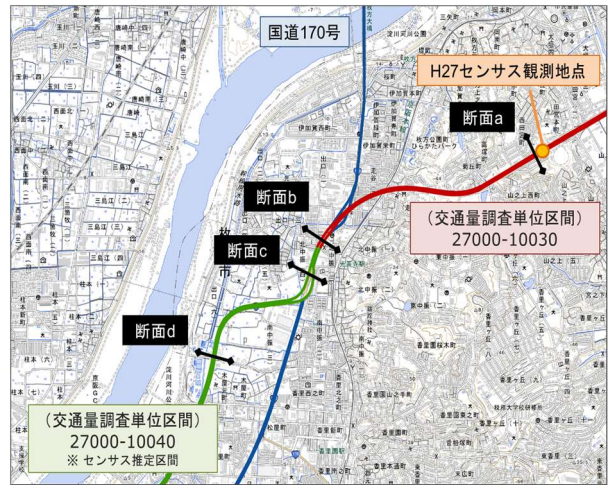


図-6 検証の交通量調査単位区間と断面位置

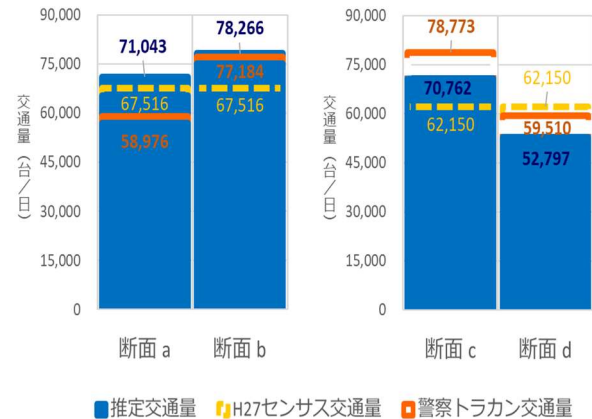


図-7 推定交通量と観測交通量の比較

分でなく、補正が十分に働かなかつた可能性があるため、必要に応じて警察トラカンデータ等を活用することで、経路選択率が正しく補正され、推定精度の向上に繋がる可能性がある。

参考文献

- 1) 川村雄斗, 峪龍一, 内田賢悦: 不完全交通データを活用した道路ネットワーク交通状態のリアルタイム更新, 土木計画学研究・講演集 Vol.64 CD-ROM, 2021
- 2) 松田奈緒子・倉内文孝・内田賢悦・円山琢也・杉浦聡志・丹下真啓・田中久光・横地和彦・村野祐太郎: ETC2.0プローブ情報を用いたOD交通量逆推定手法におけるリンク利用率の補正方法に関する検証, 土木計画学研究・講演集 Vol.62CD-ROM, 2020

(2022.9.30 受付)

STUDY ON TRAFFIC VOLUME ESTIMATION OF UNOBSERVED LINKS USING ETC2.0 PROBE DATA

Sadanori MATSUOKA, Fumitaka KURAUCHI, Kazuhiko YOKOCHI, Yutaro MURANO, Naoyuki KAWAMOTO, Shutaro NAMBA, Masahiro TANGE and Genku BISHAGO