

ETC2.0 プローブ情報を活用した渋滞状況の 把握手法の効率化・高度化に関する研究

加藤 哲¹・田中 良寛²・橋本 浩良²・瀬戸下 伸介²・立川 太一³

¹ 非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)
E-mail:katou-s924a@mlit.go.jp

² 正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)
E-mail: tanaka-y92gf@mlit.go.jp, hashimoto-h22ab@mlit.go.jp, setoshita-s2n9@mlit.go.jp

³ 非会員 元国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

渋滞等による損失時間が移動時間に占める割合は約 4 割と推定されており、効率的な渋滞対策の検討が進められている。渋滞対策を検討する上で渋滞状況の把握は必要不可欠であり、従来から実施されている人手・目視による現地観測調査に加え、プローブ情報を活用した検討が進められている。

本研究では、ETC2.0 プローブ情報を活用することで DRM 区間単位より細かい粒度で渋滞状況を把握する手法について分析結果への影響と有用性について、商用車プローブデータによる分析結果及び実測による渋滞調査結果との比較を通じて検証した。その結果、50m 区間単位で分析をした場合においても特に低速度帯では分析結果への影響は小さいことが明らかとなった。また、渋滞状況を把握・分析・評価する新たな客観的指標としての可能性が示された。

Key Words: ITS, ETC2.0, probe car data, traffic congestion, congestion suevey

1. はじめに

(1) 背景と目的

平成 28 年 3 月に設置された「国土交通省生産性革命本部」において、生産性革命プロジェクト¹⁾の 1 つとして高速道路でのピンポイントの渋滞対策が掲げられている。一般道路においても、首都圏渋滞ボトルネック対策協議会²⁾などが設置され、都道府県単位あるいは都市圏単位で渋滞対策が検討されている。

近年、様々な場面で検討が進められているプローブデータの活用により、渋滞調査³⁾⁴⁾においてこれまで人手・目視に頼ってきた調査項目を代替・効率化できる可能性、これまで把握が困難であった渋滞状況を把握できる可能性がある。特に、国土交通省が収集している ETC2.0 プローブ情報は、車両ごとの走行履歴を分析することが可能であり、この活用により、渋滞状況の効率的かつ効果的な把握が期待されている(プライバシー配慮の観点から、個々の車両は特定できないよう加工されている。)

本稿では、ETC2.0 プローブ情報を利用して渋滞状況の把握・分析を高度化・効率化することを目的とし、従

来までのプローブデータの分析単位であるデジタル道路地図(以下「DRM」という。)の区間単位をより細かい粒度で分析することによる分析結果への影響・有用性について、商用車プローブデータによる分析結果及び実測による渋滞調査結果との比較を通じて検討を行った。

(2) 既往研究のレビューと本研究の位置づけ

プローブデータを用いた渋滞状況の分析については、橋本ら⁵⁾が民間プローブデータを利用する調査の利点と課題を整理している。時間的・空間的に大量のデータを取得できること、日々変化する渋滞状況を把握できることを民間プローブデータを利用する調査の利点として述べている。一方で、橋本らが利用している民間プローブデータは、DRM の区間単位で集約された平均旅行時間データであることから、課題把握や要因分析に必要な交差点の右左折直進車両の区別ができないことが課題であると指摘している。この課題に対して、橋本ら⁷⁾は右左折直進車両の区別が可能なプローブデータを用いて個別車両のデータから右折、左折、直進の方向別の旅行時間の差異を確認している。また、太田⁸⁾は全国を対象とした携帯カーナビプローブを用いて右左折方向別の交差点

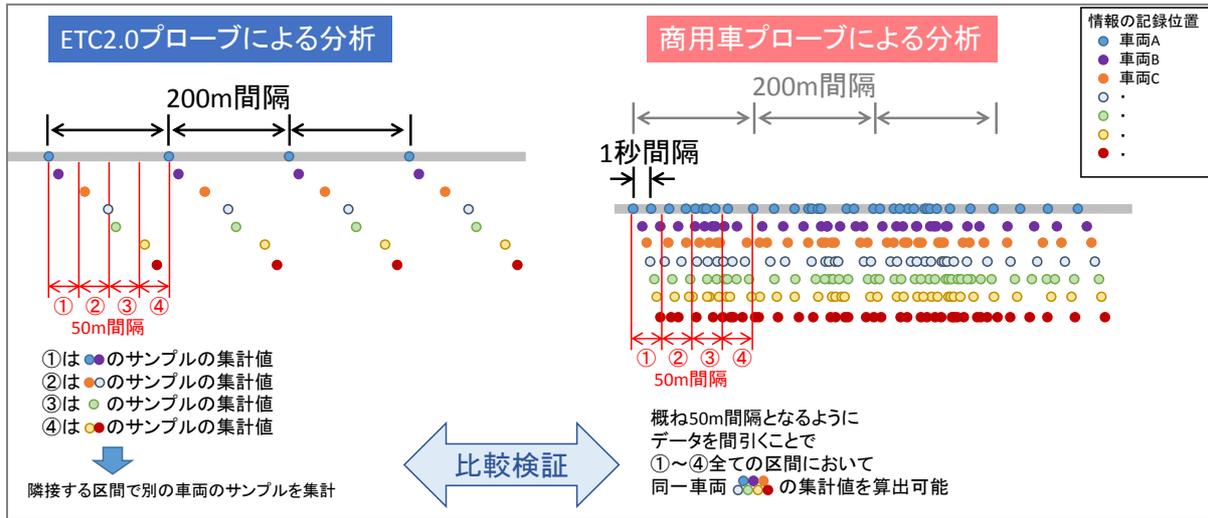


図-1 商用車プローブによる検証イメージ

通過時間データを生成して GIS による可視化を行っており、信号現示の変更等の対策検討の可能性を示している。しかしながらこれらの既往研究は、流出方向別という視点で粒度を高めているものの、いずれも DRM や 250m といった区間単位の旅行時間（旅行速度）の分析であり、数十メートルといった空間的に細かい粒度での速度状況や右折車による直進車の阻害状況などの把握についての検討には至っていない。

筆者ら⁹⁾は、個車の経路情報や地点単位の速度情報を扱うことができる ETC2.0 プローブ情報を用い、DRM 区間より細かい単位で交差点流入部における流出方向別の速度状況を分析する手法を提案している。この手法により 20m~50m 区間の単位で速度の低下状況を把握できる可能性が示されている。一方で、ETC2.0 プローブ情報のデータ記録間隔は 200m であるため、それより細かい区間で集計する場合には隣接区間で異なる車両サンプルを集計している点に留意が必要であり、適切に実態を把握できているのか検証が必要である。

また、プローブデータとビデオ観測及び人手・目視観測を組み合わせた渋滞要因分析について田中ら¹¹⁾が研究を行っている。プローブによって事前分析を行った上で現地観測を実施する方法を提案しており、低コストかつ効率的な渋滞要因の把握可能性を示している。しかしながら、ETC2.0 プローブ情報による分析結果と現地観測による調査結果を比較し、分析結果の有用性を検証するような研究は行われていない。

これらの既往研究を踏まえ、本研究では 1 秒間隔でデータが記録されている商用車プローブを用いて、ETC2.0 プローブ情報による分析と同様の分析を行った上で分析結果を比較することで ETC2.0 プローブ情報をデータ記録間隔（200m）より細かい粒度で分析した場合の影響について検証を行った。また、ETC2.0 プローブ情報による分析結果と現地観測による渋滞調査結果を比較し、

ETC2.0 プローブ情報を活用することの有用性について検討を行った（図-1）。

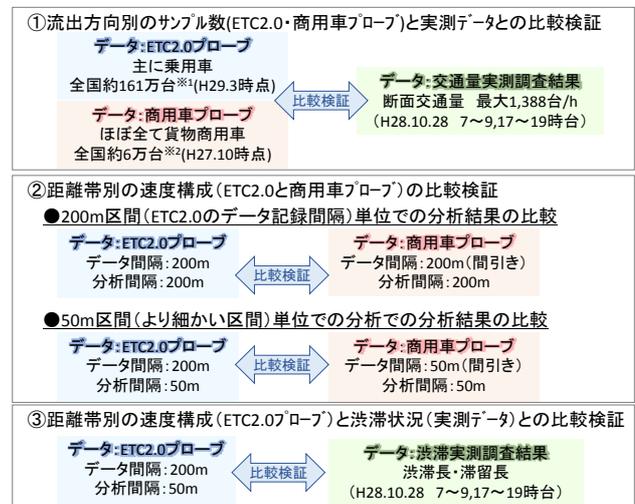
2. 分析手順

(1) 分析フロー

分析の流れを図-2に示す。

(2) 分析対象区間

分析対象は茨城県の主要渋滞箇所¹²⁾として選定されている西大通り入口交差点（国道 408 号、主要地方道つくば千代田線及び土浦つくば線が交差）における筑波山方面からの流入区間とした（図-3、図-4）。この交差点は、特に朝ピークにおいて全方向で混雑が発生している。H22 道路交通センサスにおける交通量は、筑波山方面から交差点への流入区間では約 1.2 万台/12h となっており、特に筑波山方面から牛久方面へ右折する交通においては需要が高く、右折車線から溢れて滞留している状況とな



※1: http://www.go-etc.jp/fukyu/pdf/etc2setup_h28.pdf
 ※2: <http://www.fujitsu.com/jp/group/fttd/documents/about/pamphlet-fttd.pdf>

図-2 分析フロー

っている。

3. 使用データの概要

(1) ETC2.0 プローブ情報

ETC2.0 プローブ情報とは、市販の ETC2.0 対応車載器を搭載した車両が高速道路の ITS スポットや直轄国道上の経路情報収集装置（以下「路側機」という。）を通過することで収集されるプローブデータであり、走行する車両の位置情報、時刻、加速度等の情報が含まれる。走行履歴情報は、時刻、緯度・経度、道路種別等のデータで、前回蓄積した地点から 200m(100m)走行した時点、進行方位が前回蓄積した時点から 45度(22.5 度)以上変化した時点で蓄積される。ただし、走行開始地点や走行終了地点などの個人情報に関わる情報は、収集されない。

（括弧内の数値は「電波ビーコン 5.8GHz 帯データ形式仕様書 アップリンク編 Rev.1.3」に準拠した対応カーナビの場合）

本研究では、平成 28 年 5 月 1 日～平成 10 月 31 日における平日の走行履歴情報を使用した。

(2) 商用車プローブデータ

使用した商用車プローブデータは株式会社富士通交通・道路データサービスが有償で提供しているものである。富士通製の運行記録計（ネットワーク型デジタルタコグラフ）を装着して日本全国の幹線道路を走行する貨物商用車から、リアルタイムに 1 秒毎の挙動情報（位置・速度・時間・加速度）を収集・蓄積している。

本研究では、平成 28 年 10 月 1 日～平成 28 年 10 月 31 日における平日のデータを使用した。

(3) 実測調査結果

本研究において分析の対象とした交差点において、平成 28 年 10 月 28 日（金）の朝・夕ピーク時間帯（7～9 時台、16～18 時台）に実測による交通量調査及び渋滞調査を実施し、プローブデータとの比較に用いた。

4. 分析結果

(1) 流出方向別のサンプル数(ETC2.0・商用車プローブ)と実測データとの比較検証

<流出方向の割合>(図- 5, 図- 6, 図- 7)

対象区間における流出方向別のサンプル数を比較した。商用車プローブでは 9 時台において左折車の割合が高くなっているものの、ETC2.0 プローブ情報及び実測による交通量調査結果ではそのような傾向は見られない。



図- 3 分析対象交差点

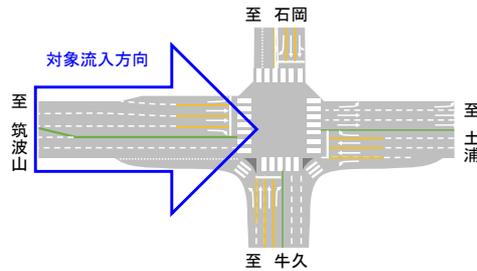


図- 4 分析対象交差点の道路構造

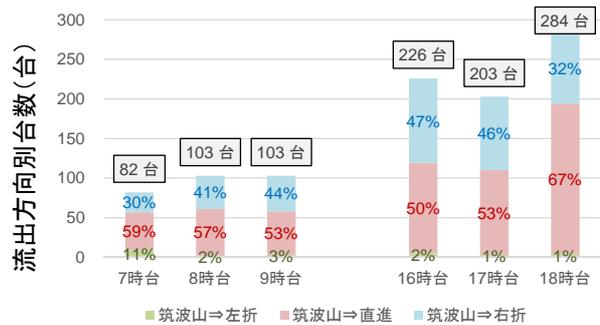


図- 5 ETC2.0 プローブ情報の流出方向別サンプル数

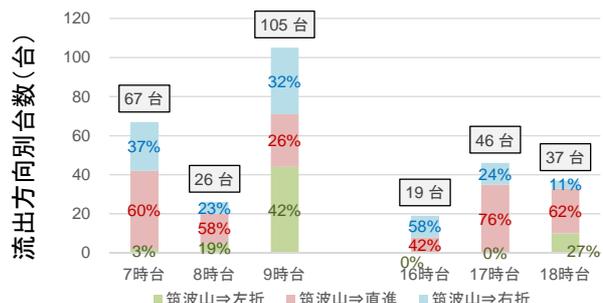


図- 6 商用車プローブの流出方向別サンプル数

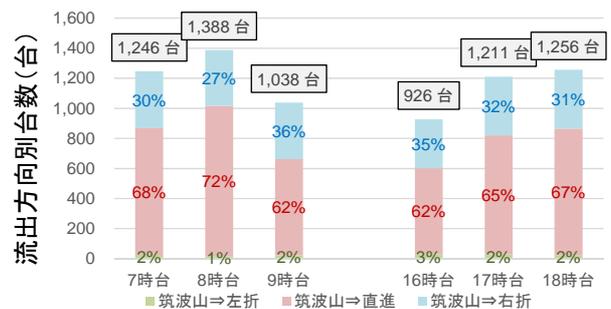


図- 7 交通量調査結果による流出方向別交通量

<時間帯別サンプル数>(図- 5, 図- 6, 図- 7)

実測による交通量調査結果では朝 8 時台がピークとなっており、夕ピークも同程度の交通量となっている。しかしながら、ETC2.0 プローブ情報では夕方 18 時台がピークとなっており、朝の時間帯では夕方の半分程度のサンプル数となっている。また、商用車プローブについては朝 9 時台がピークとなっているものの、8 時台は 9 時台の 4分の 1 のサンプル数となっている。

(2) 距離帯別の速度構成 (ETC2.0 と商用車プローブ) の比較検証

a) 200m 区間単位での分析

ETC2.0 プローブ情報のデータ記録間隔である 200m 単位で速度状況を分析した結果を ETC2.0 プローブ (図-

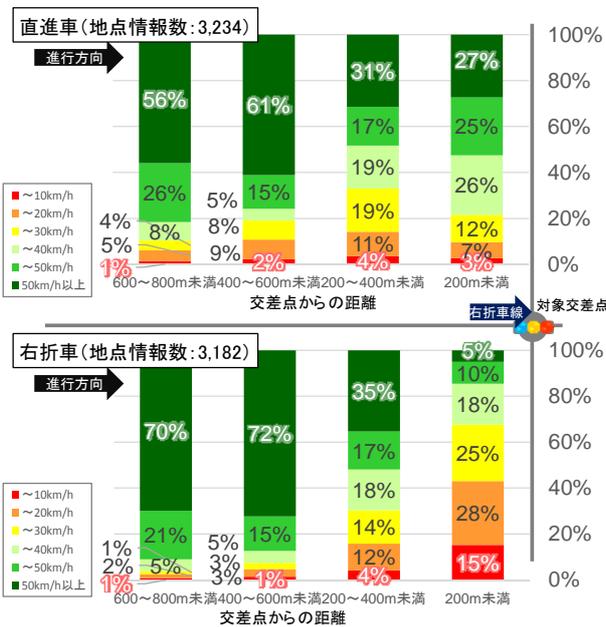


図- 8 ETC2.0 プローブ速度構成 (200m 間隔)

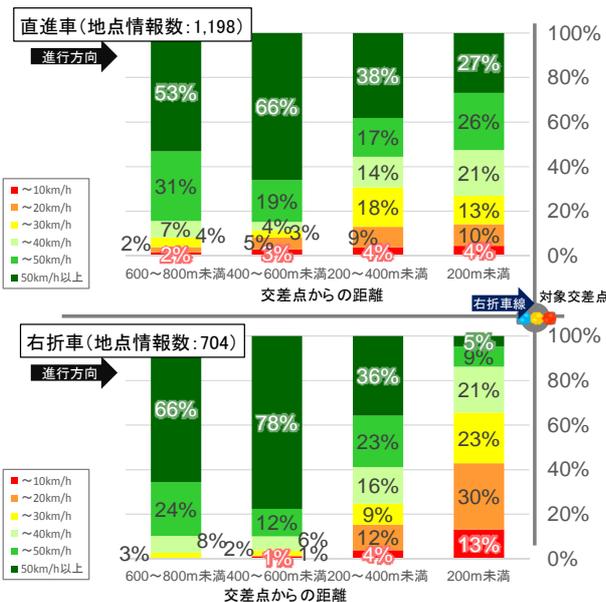


図- 9 商用車プローブ速度構成 (200m 間隔)

	交差点からの距離				
	~800m	~600m	~400m	~200m	
直進車	50km/h以上	3%	-5%	-7%	0%
	~50km/h	-6%	-4%	-1%	0%
	~40km/h	1%	1%	5%	5%
	~30km/h	0%	5%	1%	-1%
	~20km/h	2%	3%	1%	-3%
	~10km/h	0%	-1%	0%	-2%
ETC2.0 (n)	691	869	863	825	
商用車 (n)	256	315	315	312	
右折車	50km/h以上	4%	-5%	0%	0%
	~50km/h	-3%	3%	-7%	1%
	~40km/h	-3%	-1%	1%	-3%
	~30km/h	-1%	1%	5%	2%
	~20km/h	2%	3%	0%	-2%
	~10km/h	1%	0%	0%	2%
ETC2.0 (n)	635	802	809	954	
商用車 (n)	145	188	182	189	

図- 10 直進車・右折車の速度構成割合の差(ETC2.0-商用車)

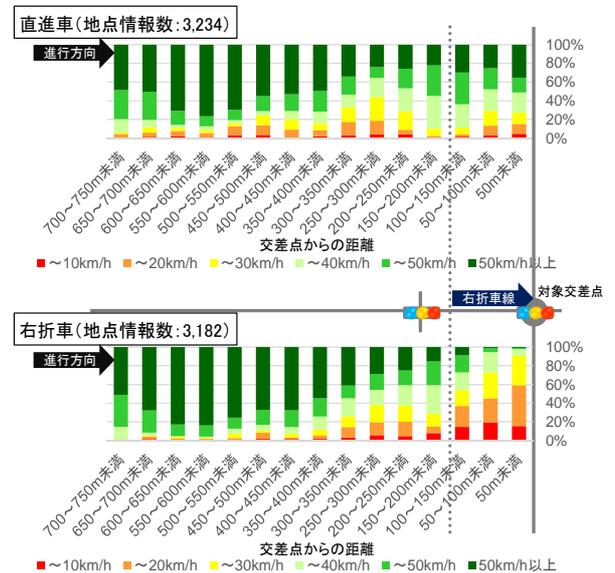


図- 11 ETC2.0 プローブ速度構成 (50m 間隔)

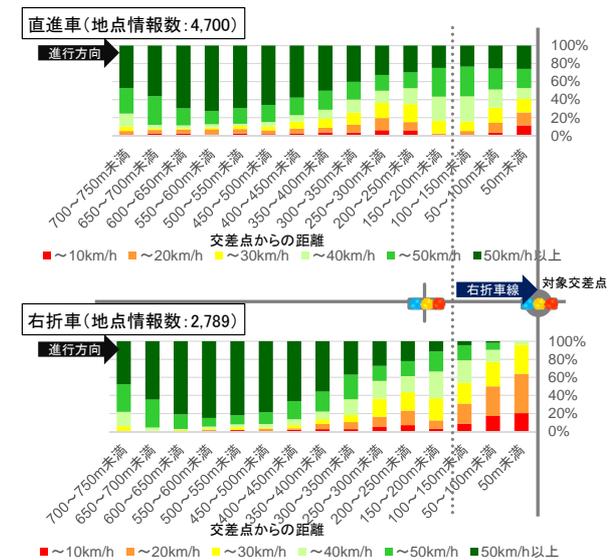


図- 12 商用車プローブ速度構成 (50m 間隔)

	~750m	~700m	~650m	~600m	~550m	~500m	~450m	~400m	~350m	~300m	~250m	~200m	~150m	~100m	~50m	交差点
	1%	-6%	1%	4%	0%	-1%	-5%	0%	-6%	-9%	-4%	-2%	6%	0%	9%	50km/h以上
	3%	-2%	-4%	-4%	-7%	-3%	-1%	1%	-1%	-6%	3%	1%	1%	-1%	-5%	~50km/h
	0%	4%	0%	0%	1%	0%	2%	3%	-1%	7%	7%	8%	-3%	3%	10%	~40km/h
	-3%	4%	2%	1%	0%	6%	3%	-3%	2%	8%	0%	-6%	-3%	0%	-3%	~30km/h
	1%	0%	1%	-1%	4%	6%	4%	1%	5%	1%	-5%	0%	-1%	-1%	-4%	~20km/h
	-2%	-1%	0%	0%	1%	2%	-2%	-2%	0%	-2%	-2%	0%	0%	0%	-7%	~10km/h
	113	353	211	183	119	361	206	189	120	363	191	198	124	333	170	ETC2.0 (n)
	320	314	309	307	309	313	319	319	309	328	303	308	316	324	302	商用車 (n)

図- 13 直進車の速度構成割合の差(ETC2.0-商用車)

	~750m	~700m	~650m	~600m	~550m	~500m	~450m	~400m	~350m	~300m	~250m	~200m	~150m	~100m	~50m	交差点
	4%	3%	2%	-1%	-7%	-11%	1%	-1%	4%	2%	3%	4%	5%	0%	1%	50km/h以上
	3%	-7%	-4%	2%	2%	3%	-2%	-2%	-13%	0%	-1%	3%	1%	-3%	1%	~50km/h
	-2%	0%	0%	-1%	2%	2%	0%	5%	2%	-4%	4%	1%	-6%	8%	3%	~40km/h
	-5%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	1%	3%	-1%	-3%	-1%	-6%	1%	-1%	~30km/h
	0%	3%	1%	1%	2%	3%	0%	-2%	3%	3%	-1%	-2%	0%	-7%	0%	~20km/h
	0%	2%	0%	0%	-1%	2%	0%	-1%	1%	0%	-3%	5%	6%	2%	-5%	~10km/h
	123	255	239	168	142	263	229	168	146	260	235	174	170	277	333	ETC2.0 (n)
	185	187	178	187	184	181	197	190	184	187	181	185	190	192	181	商用車 (n)

図- 14 右折車の速度構成割合の差(ETC2.0-商用車)

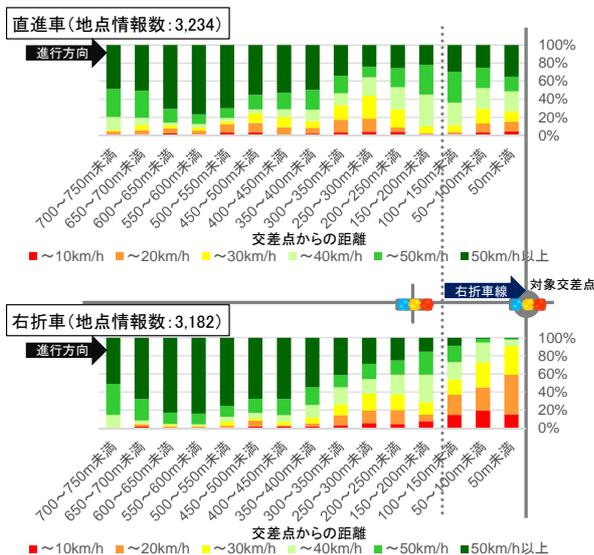


図- 15 ETC2.0プローブ速度構成(50m間隔) <※再掲>

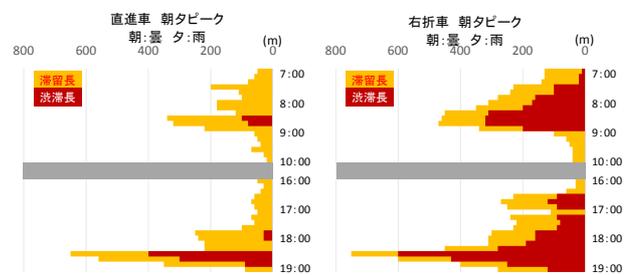


図- 16 平成 28 年 10 月 28 日(金)の実測による渋滞調査結果

8) 及び商用車プローブ(図- 9)で比較した。200m 区間単位で分析することにより、同一車両において 1 区間に少なくとも 1 サンプルが含まれている。商用車プローブについては、1 秒間隔で記録されているデータを 200m 間隔となるように間引いて分析を行った。また、両データの分析結果の違いを確認するため、構成割合の差(ETC2.0-商用車)を整理した(図- 10)。

ETC2.0 プローブのデータ記録間隔である 200m の区間単位での分析においては、直進車・右折車ともに概ね±5%以内の差に収まっており、最大の差で-7%になっている。さらに、低速度帯(20km/h 以下)ではいずれの区間においても±3%以内に収まっている。

b) 50m 区間単位での分析

1 秒間隔でデータを記録している商用車プローブをデータ分析間隔に間引いて ETC2.0 プローブ情報と比較す

ることにより、50m(データ記録間隔よりも短い単位区間)で分析することへの影響を確認した。50m 区間単位での分析結果を ETC2.0 プローブ及び商用車プローブで比較した(図- 11, 図- 12)。ETC2.0 プローブ情報は、隣接する区間で完全に別々の車両サンプルを集計したものである一方で、商用車プローブについてはおおよそ 50m 間隔にデータを間引くことで隣接区間で概ね同一車両を集計した結果となっている。

速度構成割合の差(図- 13, 図- 14)を見ると 50m 区間単位での分析では、概ね±10%以内に収まっており、最大の差は-13%であった。また、200m 区間での分析と同様に 20km/h 以下の速度帯では差が小さい傾向にあり、直進車・右折車ともに±7%以内に収まっている。

(3) 距離帯別の速度構成(ETC2.0 プローブ)と渋滞状況(実測データ)との比較検証

ETC2.0 プローブ情報による分析結果(再掲)と渋滞調査結果(実測データ)を比較した(図- 16, 図- 15)。

<直進車>

実測による渋滞調査結果は、夕方 18 時台に最大渋滞長 400m、最大滞留長 650m であり、朝夕ピーク時間帯では多くの時間帯で 100~200m の滞留長となっている。

ETC2.0 プローブ情報による分析結果では、交差点から 100m の区間まで 30km/h 以下が約 30% を占めているものの、オフセット制御された隣接の信号交差点のある 200m までの区間では 30km/h 以下の低速度割合は 10% 程度となっており、渋滞調査結果とは異なる傾向を示している。さらに、200~350m の区間では 30km/h 以下の割合が再び 30% 以上となっており、550m の区間まで 20% 近い割合が続いているものの、実測による渋滞調査結果からはそのような状況は読み取れない。

<右折車>

実測による渋滞調査結果は、直進車に比べて右折車の方が渋滞長が発生している時間帯が長くなっている。また、雨天であった夕ピークの 18 時台において最大渋滞長 600m、最大滞留長 750m となっており、朝夕ピーク時間帯には多くの時間帯で 200m~300m の滞留長となっている。

ETC2.0 プローブ情報による分析結果では、20km/h 以下の構成割合が 300m の区間まで約 20% を占めており、実測による渋滞調査結果に近い傾向となっている。また、割合は低いが 650~700m の区間まで 20km/h 以下の車両が存在しており、豪雨のため著しく渋滞が発生していた渋滞調査日の 750m の最大滞留長と近い分析結果である。

5. 考察

(1) 流出方向別のサンプル数(ETC2.0・商用車プローブ)と実測データとの比較検証

流出方向別の分析を行うことができるのはプローブデータを活用することのメリットの 1 つである。しかしながら、流出方向別の割合や時間帯別のサンプルのボリュームについては ETC2.0 プローブ情報、商用車プローブともに実測による交通量調査結果とは大きくかけ離れた傾向であった。ETC2.0 プローブ情報については次の 2 つの要因によって流出方向割合が偏っているものと推察する。

①ETC2.0 対応車載器の地域的な普及の偏り

②路側機の設置密度の偏り

上記①については、例えば ETC2.0 対応車載器の普及率の高い A 市と隣接する普及率の低い B 市があり、A 市と B 市を結ぶ両方向の交通量が同じである道路を仮定した場合、サンプル数は朝の通勤時間帯では普及率の高い A 発のサンプルが多くなるため A→B のサンプルは B→A のサンプルよりも相対的に多くなると想定される。また、②については、例えばある交差点において右折した先には路側機が設置されており、左折方面には高速道路や直轄国道が無い場合、実際の流出方向割合と反して

路側機が設置されている右折車のサンプルが相対的に多くなる可能性があり得る。

(2) 距離帯別の速度構成(ETC2.0 と商用車プローブ)の比較検証

a) 200m 区間単位での分析

200m 区間単位での分析では、商用車プローブ、ETC2.0 プローブともにいずれの 200m 区間においても概ね同一の車両サンプルによる集計値となっており、両者の速度帯の構成比は概ね±5% 以内の差であった。この差は、サンプル数の差やデータ特性(商用車プローブは主に大型車のサンプルであるのに対し、ETC2.0 プローブ情報は主に乗用車)の違いが影響しているものと想定される。200m 区間単位での分析では、区間によっては従来の DRM 区間より細かい区間単位での分析が可能となるものの、右折車の滞留が右折専用車線から溢れている状況や右折車両による直進車両への阻害等の詳細な状況を把握することはできない。

b) 50m 区間単位での分析

50m 区間単位での分析では、全区間に概ね同一の車両のサンプルが含まれる商用車プローブと隣接区間で異なる車両のサンプルとなっている ETC2.0 プローブの分析結果を比較した結果、200m 区間単位の分析よりも両者の差は大きくなったが 20km/h 以下の低速度帯では±7% 以内の差に収まっている。この中にはデータ特性の違いによる差も含まれており、ETC2.0 プローブ情報のデータ記録間隔である 200m より細かい区間単位で分析を実施してもその影響は小さいものと考えられる。

(3) 距離帯別の速度構成(ETC2.0 プローブ)と渋滞状況(実測データ)との比較検証

プローブ情報による分析では、直進車はオフセット制御された隣接交差点を超えた 250m の区間から低速度の割合が増加しており 550m の区間まで比較的高い割合となっている。しかしながら、渋滞調査結果ではピーク時間帯の滞留長は 100~200m となっている時間帯が多くなっている。右折車が右折車線から溢れて滞留している状況も見受けられることから、1 車線を潰している右折車の滞留末尾付近をボトルネックとして 250m 付近から直進車の速度低下が発生している状況がプローブの分析結果から読み取れるものの、渋滞調査では対象交差点を先頭とする渋滞には見えないためプローブ情報による分析結果と渋滞調査結果が異なる傾向となっているものと推察する。

一方、右折車については渋滞調査結果から朝夕ピーク時間帯の多くの時間帯で 200~300m の滞留が発生しており、低速度帯の割合が 300m まで比較的高い割合となっているプローブ情報による分析結果とよく整合している。ETC2.0 プローブ情報から「渋滞長」や「滞留長」自体

を推定するためには分析事例を増やしていく必要があると考える。しかしながら、現地観測調査結果による分析を前提とした既存の渋滞指標である「渋滞長」「滞留長」に拘らずに新たな客観的指標として「20km/h 以下が〇%を超える区間長」等を用いて渋滞状況の把握・分析・評価等を行っていくことが効率的かつ効果的であると考える。

6. おわりに

(1) 本研究により得られた成果

本研究により得られた成果は以下のとおりである。

- ・ETC2.0 プローブ情報のサンプル数の空間的・時間的大小関係は実交通量の大小関係と一致しない場合がある。
- ・ETC2.0 プローブ情報のサンプル車両の経路選択率は実交通における経路選択率と一致しない場合がある。
- 分析においては、上記の2点に留意する必要がある。
- また、プローブ情報は実際の道路利用者の走行履歴であり、事前事後の相対的な比較によって時間的・空間的な増減や経路変更等を把握することは可能であると考える。
- ・ETC2.0 プローブ情報のデータ記録間隔である 200m 区間単位で ETC2.0 プローブ情報と商用車プローブの分析を行った場合、分析結果の差は低速度帯では±3%以内。
- ・また、50m 区間単位で分析を行った場合、分析結果の差は低速度帯では±7%以内。
- データ記録間隔である 200m より細かい区間で分析をすることによる分析結果への影響は小さいと考える。特に渋滞状況を把握するために用いる低速度帯における影響は小さく、滞留が右折専用車線から溢れている状況や右折車両による直進車両への障害等の詳細な状況をピンポイントで把握するのに有効である。
- ・プローブ情報による分析結果から、右折車線から溢れて右折車が滞留し、その末尾付近から直進車の低速度の割合が増加している状況が読み取れるが、渋滞調査結果にはそのような状況は反映されていない。
- ・右折車については「実測による渋滞調査結果における滞留長」と「プローブ情報による分析結果における低速度の割合が高い区間長」に整合が見られる。
- 実測による渋滞調査では捉えられない速度低下の状況をプローブによって把握できる可能性が示された。また、右折車については本研究においてはプローブ情報による分析結果が渋滞調査結果によく整合しているように見受けられた。実測による渋滞調査結果は特定のある1日の実態ではあるものの、日変動がある中で必

ずしも調査日が年間を通じた代表的な渋滞状況となっているとは限らない。一方で、ETC2.0 プローブ情報による分析では任意の期間の渋滞状況を把握することができ、日変動等に左右されない客観的な評価指標としての分析結果の活用が期待される。

(2) 課題

渋滞状況を詳細に分析するためにはピーク時間帯だけのサンプルを用いた分析が有効である。しかしながら、サンプル数確保の観点から本研究では昼 12 時間のプローブ情報によって分析を行っている。今後、サンプル数の違いによる分析結果への影響等についても検証が必要である。

謝辞: 本研究に際し、貴重なご意見・ご協力を賜った茨城県土浦土木事務所に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省；国土交通省生産性革命プロジェクト、
<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/point/sosei_point_tk_000021.html>
- 2) 国土交通省関東地方整備局；首都圏渋滞ボトルネック対策協議会、<<http://www.ktr.mlit.go.jp/road/shihon/jutai.html>>(2016.7.24 入手)
- 3) 財団法人 国土開発技術研究センター；交通渋滞ボトルネック対策マニュアル(案)，1993。
- 4) 建設省 土木研究所；交通渋滞実態調査マニュアル(案)，1990。
- 5) 社団法人 交通工学研究会；交通調査実務の手引，2008。
- 6) 橋本浩良，水木智英，高宮進；プローブデータを利用したボトルネック交差点とその影響範囲の特定方法，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol.70, No.5 (土木計画学研究・論文集第 31 巻)，2014。
- 7) 橋本浩良，水木智英，門間俊幸，上坂克巳，田名部淳；プローブデータを用いた交差点における交通動向分析のケーススタディ，土木計画学研究・講演集，Vol.45，2012。
- 8) 太田恒平；全国を対象とした携帯カーナビプローブデータを用いた右左折方向別の交差点分析；第 34 回交通工学研究発表会論文集，CD-ROM，2014。
- 9) 加藤哲，田中良寛，橋本浩良，瀬戸下伸介；ETC2.0 プローブを利用した渋滞状況及び危険挙動発生状況の分析，第 41 回土木情報学シンポジウム講演集，Vol.41, pp.71-74，2016
- 10) 加藤哲，田中良寛，橋本浩良，瀬戸下伸介；ETC2.0 プローブを利用した主要渋滞交差点の渋滞状況と周辺の抜け道利用状況の把握，第 54 回土木計画学研究発表会論文集，CD-ROM，2016。
- 11) 田中良寛，橋本浩良，高宮進；プローブデータやビデオ観測データを組み合わせた渋滞要因分析，第 53 回土木計画学研究発表会論文集，CD-ROM，2016。
- 12) 常陸河川国道事務所；茨城県の主要渋滞個所の特定結果、<<http://www.ktr.mlit.go.jp/hitachi/hitachi00347.html>>。(2016.6.27 入手)。

(?????? 受付)

A STUDY ON EFFICIENT AND INTELLIGENT SURVEY METHOD
OF MEASURING TRAFFIC CONGESTION BASED ON ETC2.0 PROBE DATA

Satoshi KATOH, Yoshihiro TANAKA,
Hiroyoshi HASHIMOTO, Shinsuke SETOSHITA, Taichi TACHIKAWA