

渋滞状況の把握を目的としたETC2.0プローブ における地点情報の補間方法について

加藤 哲¹・松田 奈緒子²・瀬戸下 伸介²・瀧本 真理²・安居 秀政¹・中西 雅一³

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, yasui-s92ta@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: matsuda-n8310@mlit.go.jp, setoshita-s2n9@mlit.go.jp, takimoto-m92ta@mlit.go.jp

³ 正会員 株式会社地域未来研究所 (〒530-0003 大阪府大阪市北区堂島 1-5-17)
E-mail: nakanishi@refrec.jp

渋滞状況を把握する手法として、従来から人手・目視による現地観測調査が行われて来た。この方法は、ある 1 日の対象箇所・対象時間帯の実際の交通状況を把握することができる一方、空間的・時間的に広がりを持って渋滞状況を把握しようとする場合には、大きな労力を要するという課題があった。近年はプローブデータを活用して渋滞状況を効率的かつ効果的に把握する方法が実務の場面でも適用されている。本研究では、ETC2.0 プローブ情報を活用し、200m 間隔で記録されている地点情報を補間する手法を提案した。提案手法を用いることにより、サンプル数の偏りやバラツキに大きく左右されることなく「数十 m の粒度」で「ピーク時等に時間帯を絞った」渋滞状況を把握する事が出来る可能性を示した。

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

1. はじめに

(1) 背景

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。

こうした中、ICT 技術の進展に伴い 24 時間 365 日の道路交通状況を把握することができるプローブデータの活用が進められている。これにより、渋滞状況の現況把握、要因分析、対策の立案等に必要情報を得るためにこれまで行われてきた人手・目視による渋滞調査³⁾⁴⁾の調査項目を代替・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。

これまでの渋滞等の交通状況の分析で主に活用されてきた交通ビッグデータは、いわゆる民間プローブと呼ばれるデジタル道路地図(以下「DRM」という。)区間単位で集約された速度データであった。民間プローブは、渋滞状況の把握に有効な旅行速度等を面的かつ時系列で

入手することができるというメリットがあるものの、プライバシー保護のために経路情報などの個車の動きは分析利用されていない。また、個車の動きが把握可能なデータとしてプローブパーソン調査やドライブレコーダーから得られるデータが存在する。これらは、利用者の許諾を得た上で GPS による経路情報を取得しており速度と経路の把握が可能であるというメリットがあるものの、取得できるのは特定の協力者のデータのみであるというデメリットを有している。

こうした中、国土交通省が普及を進めている ETC2.0 は、地点単位の速度情報を面的かつ時系列で取得することが可能であり、さらにプライバシーに配慮された経路情報を紐付けて分析することが可能となっている。

(2) 既往研究のレビュー及び本研究の位置付け

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、これらの既往研究による方法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、DRM 区間延長より細かい（或いは 250m より細かい）渋滞状況の把握や右折車による直進車の阻害状況などの把握をすることができない。

そのため、筆者ら⁹⁾¹⁰⁾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渋滞状況の把握を試み、商用車プローブを用いた妥当性の検証を行った。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。この提案手法においては、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する区間で異なる車両サンプルを集計（例えば、50m 区間単位で分析した場合、ある区間とその隣接区間では全く異なる車両のサンプルを集計することになる。）しており、分析結果への影響が懸念される。この点について、1 秒間隔で地点情報が得られる商用車プローブを用いた検証を行っており、特に 20km/h 以下の低い速度帯においては 50m といった短い区間単位で分析をすることによる分析結果への影響が小さいことを示している¹¹⁾。しかしながら、サンプル数を確保するために昼 12 時間を集計対象とした検証となっており、要因分析や対策立案等に必要ないピーク時間帯における分析には至っていない。

そこで、本稿ではこれまで筆者らが提案してきた手法を用いてピーク時間帯の渋滞状況を把握することを目的とし、サンプル数が十分に確保できない場合の地点情報の補間方法について提案し、実測による渋滞調査結果と比較することで手法の妥当性について検証を行った。

2. 対象交差点及び使用データ

(1) 対象交差点の概要

茨城県の主要渋滞箇所として選定¹²⁾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-1、図-2）。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。H27 全国道路・街路交通情勢調査における交通量は、筑波山方面から交差点への流入区間では約 1.1 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っている。

(2) 使用データ

a) ETC2.0 プローブ情報について

ETC2.0 は料金収受や安全運転支援等の情報提供サービスに加え、ITS スポット及び経路情報収集装置を通して収集される経路情報を活用したサービスである。また、収集される経路情報はプライバシー保護や異常値除去等の処理が行われ、国道事務所等の道路管理者において利用されている。

b) 商用車プローブデータについて

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。



図-1 分析対象交差点

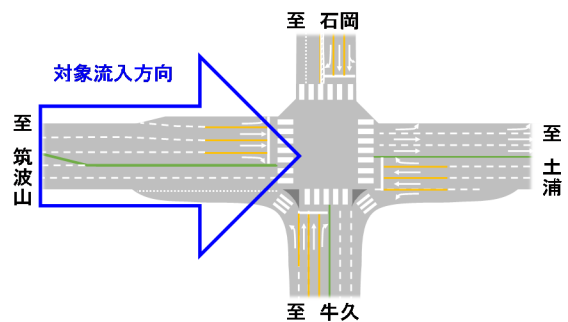


図-2 分析対象交差点の道路構造

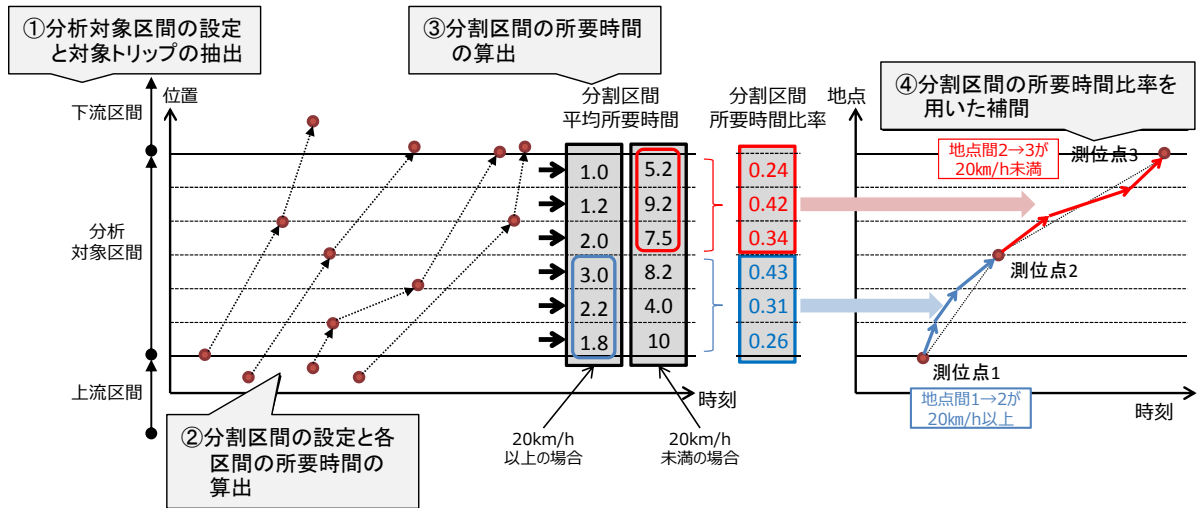


図-3 所要時間の補間方法の考え方

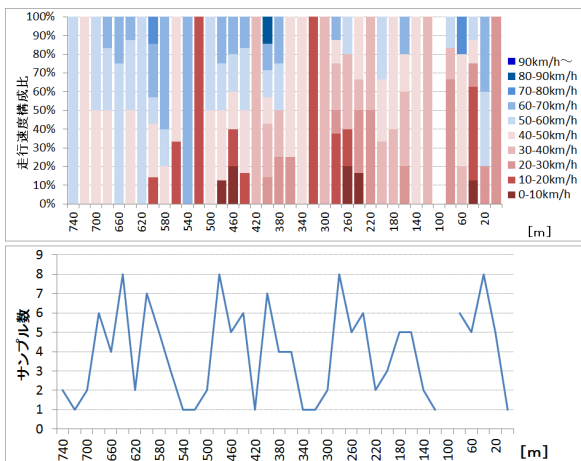


図-4 7～9時台の直接集計による直進車の速度構成（上段）及びサンプル数（下段）

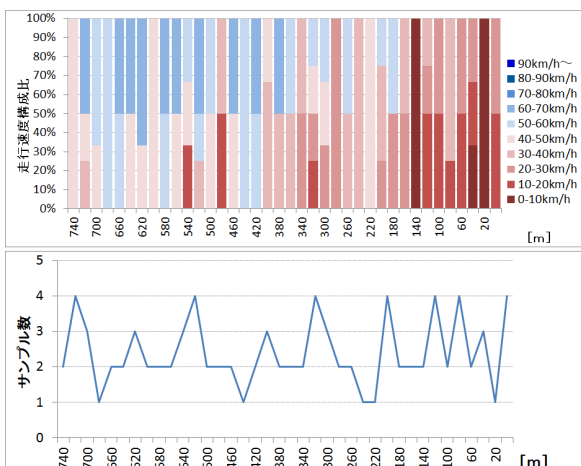


図-5 7～9時台の直接集計による右折車の速度構成（上段）及びサンプル数（下段）

c) 実測による渋滞調査結果について

プローブデータによる分析結果と比較を行うため、実測による渋滞調査結果（茨城県土木事務所より提供）を用いた。

d) データの集計期間

<プローブデータ>

平成 28 年 10 月の平日 7～9 時台（朝ピーク）、16～18 時台（夕ピーク）

<渋滞調査結果>

平成 28 年 10 月 28 日（金）の 7～9 時台（朝ピーク）、16～18 時台（夕ピーク）

3. 補間方法

地点情報の補間方法を図-3 及び以下に示す。

STEP1 分析対象区間の設定と対象トリップの抽出

分析対象とする任意の道路区間（DRM 区間単位）を設定する。また、隣接する上流側区間及び下流側区間（それぞれ 200m 以上となる区間）を設定し、これら 3 つの区間全てにデータが存在するトリップを抽出する。

STEP2 分割区間の設定と各区間の所要時間の算出

分析対象区間の下流端を 0m として任意の一定距離間隔で分割区間を設定する。（本稿では、20m 間隔とした。）また、ETC2.0 プローブ情報の地点情報から 2 地点間を等速走行したと仮定した各分割区間の個別車両ごとの所要時間を算出する。

STEP3 分割区間の所要時間の算出

各分割区間の平均所要時間を算定する。なお、平均所要時間は交通状況別（本稿では、一般財団法人道路交通情報通信システムセンターが提供する VICS において“混雑”の判定に用いられている「20km/h」以上か否

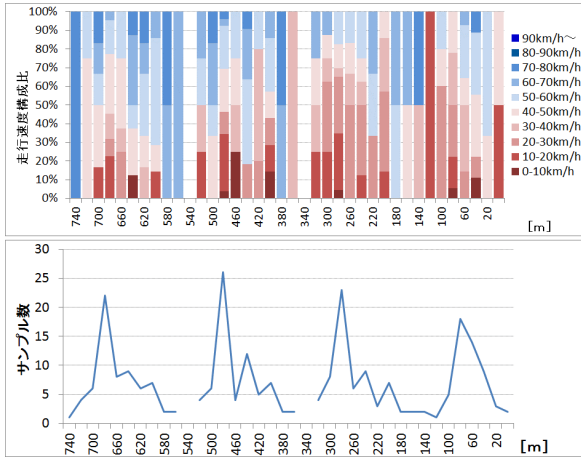


図-6 16～18 時台の直接集計による直進車の速度構成 (上段) 及びサンプル数 (下段)

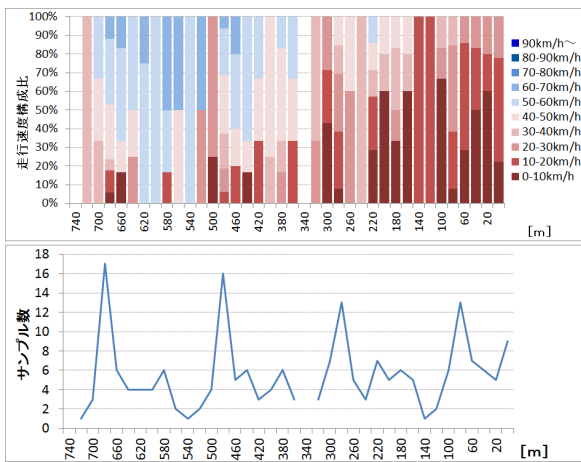


図-7 16～18 時台の直接集計による右折車の速度構成 (上段) 及びサンプル数 (下段)

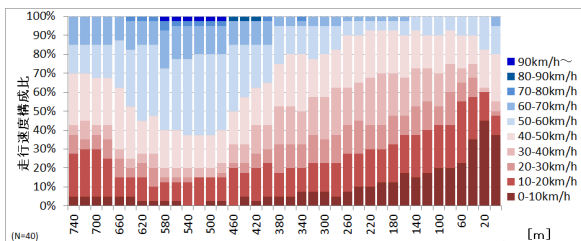


図-8 7～9 時台の補間後の集計結果 (直進)

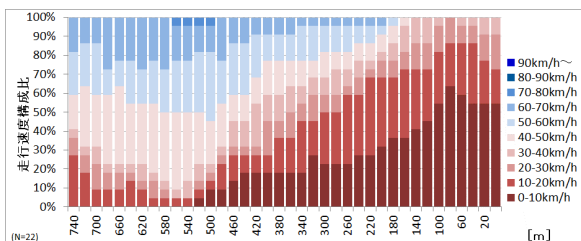


図-9 7～9 時台の補間後の集計結果 (右折)

かで区分) に算定し, 所要時間比率を算出する.

STEP4 分割区間の所要時間比率を用いた補間

各分割区間の平均所要時間の比率をもとに, 算定したい 2 地点間の車両の所要時間を按分し, 補間処理を行う. この際, 按分に用いる分割区間の平均所要時間の比率は, 2 地点間の速度が 20km/h 以上か否かに応じて STEP3 で算出したものを適用する.

4. 補間結果の検証

(1) ETC2.0 プローブ情報の直接集計

ETC2.0 プローブ情報における地点速度を直接集計した結果を示す (朝ピーク: 図-4~図-5, タピーク: 図-6~図-7). 車両ごとの地点情報は 200m(100m)間隔で記録されているため, サンプル数の山が概ね 200m 間隔で高くなっている. また, 7~9 時台や 16~18 時台と時間帯を絞った場合, 地点情報が全く記録されない区間も存在しており, データが空間的に偏在している状況である.

各速度帯の構成割合では, 隣接する区間での連続性はほとんど見受けられず, 連続して走行している実際の交通状況を表すことが出来ていないことは明らかである.

(2) 補間処理後の集計

補間処理後の集計結果を示す (朝ピーク: 図-8~図-9, タピーク: 図-10~図-11). 集計対象となる車両をトリップ単位で抽出して補間処理を行っているため, 対象区間の全分割区間においてサンプル数は同じ数 (7~9 時台 直進: n=40 右折: n=22, 16~18 時台 直進: n=64 右折: n=49) となっている. また, 隣接する区

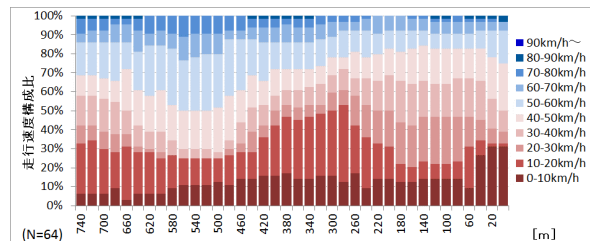


図-10 16～18 時台の補間後の集計結果 (直進)

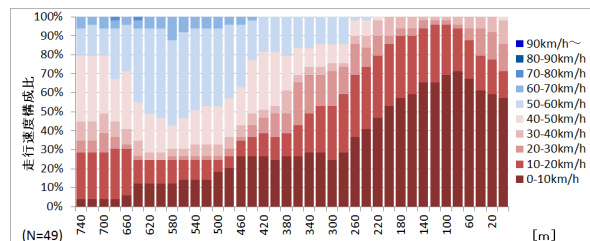


図-11 16～18 時台の補間後の集計結果 (右折)

間で速度帯の構成割合に連続性があることが分かる。サンプル数は決して多くないものの、混雑時においては常に前後の車両の影響を受けながら走行している状況であり、実際の交通状況に近い分析結果となっているものと推察する。一方で、600m 以降の区間において低速度の割合が増加している傾向となっているのは上流側の信号交差点による影響である可能性がある点に留意が必要であると考える。

(3) 補間処理後の集計結果と商用車プローブによる集計結果の比較

補間処理後の集計結果について、1 秒間隔で情報が記録されている商用車プローブによる集計結果と比較した。商用車プローブは、概ね 20m 間隔のデータとなるように地点情報を間引いて集計を行った。集計結果を示す（朝ピーク：図-12～図-13、夕ピーク：図-14～図-15）。全体的に補間後の方が商用車プローブよりも低い速度帯の割合が高くなっている。これは、補間処理による集計では地点情報（位置と時刻）から区間の速度を算出しているため信号待ち等の「停車時間」も考慮されている一方で、商用車プローブによる集計では地点速度を集計しているため「停車時間」が全く考慮されていないためであると推察する。

<朝ピーク>

補間後の集計では、速度帯の構成割合が商用車プローブよりも滑らかになっており、補間によって細かい速度変化の状況が平準化されてしまっている可能性がうかが

える。しかしながら、「20km/h 以下の速度帯の構成割合が高い区間がどの程度まで延びているのか」、「右折車の滞留が右折車線長を超えて延伸しているか」、といった状況を把握することが可能であると考える。

<夕ピーク>

直進車については、0～100m の区間まで 20km/h 以下の構成割合が高く、200m の区間までその構成割合が低くなった後に再び高くなっているという特徴が商用車プローブと補間後の集計結果で一致している。これは、右折車線長を超えて直進車線に滞留している右折車両が直進車の進行を阻害している状況が表されているものと推察する。一方で、補間後の集計では 450m から再び 20km/h 以下の割合が低下しているにもかかわらず商用車プローブではその割合が高いままとなっており、両者で異なる傾向となっている。

(4) 実測による渋滞調査結果との比較

実測による渋滞調査結果を示す（図-16）。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。

補間後の集計結果と比較すると、朝ピークでは直進・右折ともに滞留長が 400m 前後となっており 20km/h 以下の速度帯が概ね 20% 程度の区間となっている。夕ピークについては 20km/h 以下の速度帯が比較的高い区間が 760m まで続いており、実測による調査結果における滞留長よりも長い区間で 20km/h 以下の割合が高くなって

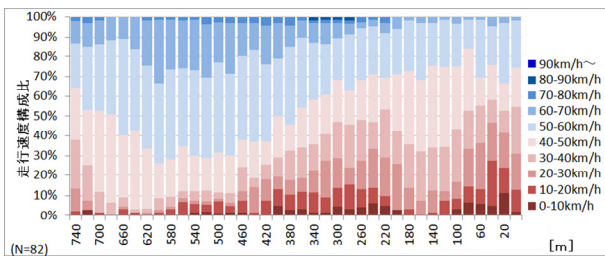


図-12 7～9時台の商用車プローブによる集計結果（直進）

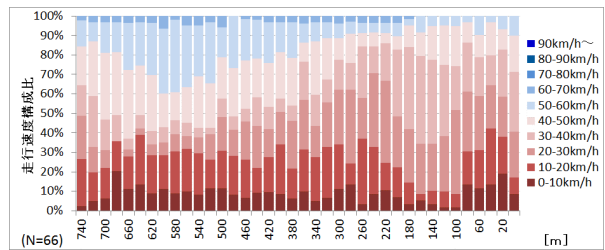


図-14 16～18時台の商用車プローブによる集計結果（直進）

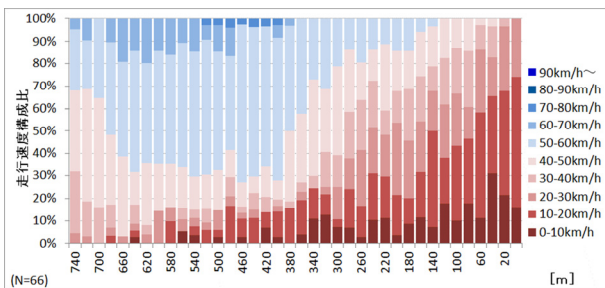


図-13 7～9時台の商用車プローブによる集計結果（右折）

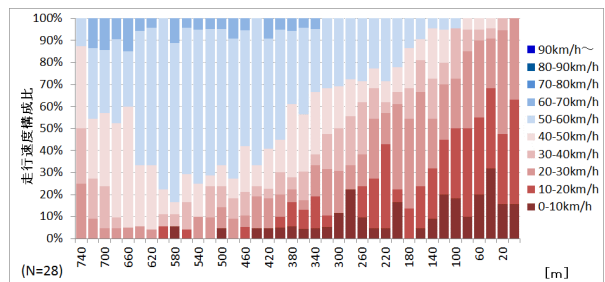


図-15 16～18時台の商用車プローブによる集計結果（右折）

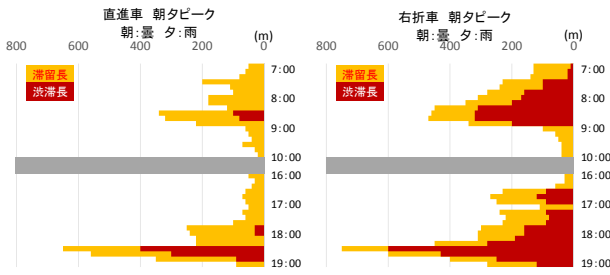


図-16 平成 28 年 10 月 28 日(金)の実測による渋滞調査結果

いる。これは、上流側の信号交差点による影響が含まれているものと推察する。上流側の信号交差点の影響を受ける範囲は 760m 地点から 200m 下流の 560m 地点までであり、少なくとも 560m の区間までは 20km/h 以下の低速度帯が 20%を超えていると考えられ、実測による渋滞調査結果に近い傾向を示しているものとする。

5. おわりに

本研究によって得られた知見を以下に示す。

- 補間を行う車両以外の車両の平均所要時間を 20km/h 未満・以上別に算出し、2 地点間の平均所要時間比率を距離按分した各分割区間の所要時間に乗じることによって地点情報を補間する方法を提案した。
- 提案した補間手法により商用車プローブによる集計結果や実測調査結果に近い傾向を把握することができることを確認した。
- 速度低下区間がどの程度延びているのか(右折車の滞留が右折車線長を超えているか)といった状況や右折車による直進車への阻害状況等について把握出来る可能性が示された。
- 一部、補間後の集計結果と商用車プローブによる集計結果の傾向が異なっている区間があったものの、提案した補間手法では信号等による停車時間も考慮した区間速度となっているため、地点情報による集計結果よりも実態に近い傾向を掴むことができる可能性がある。
- ETC2.0 プローブの「サンプル数の確保が難しい区間」や「GW・お盆、事前事後比較といった期間が限定されることによってサンプル数の確保が難しい場合」等において、本稿で提案した手法を用いることにより分析を行うことができるものとする。

また、今後の課題及び留意点を以下に示す。

- 本稿では茨城県の主要渋滞交差点を事例として補間後の集計結果の妥当性について検証を行っているものの、手法の信頼性を高めるために複数の交差点において検証を行う必要があると考える。

- 補間に用いた 20km/h の閾値について閾値を変化させた場合の感度分析や妥当性の検討が必要である。
- 本稿では補間結果の信頼性を確認するため商用車プローブ(車種はほとんど全て大型車)による検証を行っているものの、車種の違いによる影響を排除して検証を行うためにはサンプル数が十分に確保できる区間において「全サンプルの集計結果」と「間引いたサンプルに補間を実施したデータの集計結果」を比較する等の検証も併せて行うことが有効である。
- 提案した手法では、信号交差点を跨ぐ 200m の地点間の補間において、信号交差点の上流側での「信号待ち」の影響を信号交差点の下流側の区間にも距離按分してしまうため、特に分析対象リンクが短い場合には留意が必要である。

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木事務所及びつくば市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>(2017.7.27 入手)
- 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>>(2017.7.27 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.1.45，2012。
- 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.4 1, 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) 加藤哲，田中良寛，橋本浩良，瀬戸下伸介，立川太一：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，第 55 回土木計画学研究発表会論文集，CD-ROM，2017。
- 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>>(2017.7.27 入手)。

(2017.?? 受付)

STUDY ON INTERPOLATION METHOD OF POSITION INFORMATION
IN ETC 2.0 PROBE AIMED AT GRASPING CONGESTION SITUATION

Satoshi KATOH, Naoko MATSUDA, Shinsuke SETOSHITA,
Masamichi TAKIMOTO, Shusei YASUI, Masakazu NAKANISHI