

ETC2.0プローブデータを用いた 高速道路単路部ボトルネック位置の特定手法

井坪 慎二¹・吉村 仁志²・牧野 浩志³・西井 禎克⁴
加納 英明⁵・金木 大輔⁶・山田 康右⁷

¹正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 高度道路交通システム研究室
(〒160-0004 305-0804 茨城県つくば市旭一番地) E-mail: itsubo-s257@nilim.go.jp

²非会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 高度道路交通システム研究室
(〒160-0004 305-0804 茨城県つくば市旭一番地) E-mail: yoshimura-h924a@nilim.go.jp

³正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 高度道路交通システム研究室
(〒160-0004 305-0804 茨城県つくば市旭一番地) E-mail: makino-h87bh@nilim.go.jp

⁴正会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 交通政策部
(〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目22番地) E-mail: sadayoshi.nishii@ss.pacific.co.jp

⁵非会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 交通政策部
(〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目22番地) E-mail: hideaki.kanou@ss.pacific.co.jp

⁶非会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 交通政策部
(〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目22番地) E-mail: daisuke.kaneki@ss.pacific.co.jp

⁷正会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 交通政策部
(〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目22番地) E-mail: kousuke.yamada@ss.pacific.co.jp

現在、わが国の高速道路で発生している渋滞の約3割がサグ部等のボトルネックにおいて発生しており、局所的な容量不足により、道路ネットワーク全体のパフォーマンスを十分に使い切れていない。国土交通省では、「道路を賢く使う」取組みの一環として、ETC2.0プローブデータをはじめとするビッグデータを活用し、詳細なボトルネック位置とその要因を把握し、適切な対策を講じていくことを推進している。本稿では、高速道路を対象として、ETC2.0プローブデータを用いて「ボトルネック位置の特定」の手法について検討し、映像データから得られたQV図と比較して両者がおおむね一致することを確認した。

Key Words : ETC2.0 probe data, Traffic bottleneck on expressway, Traffic congestion, Road traffic management

1. はじめに

全国の高速道路の1割の区間において渋滞損失時間の4割が発生しており、その原因の3割がサグ部及び上り坂（以下、「サグ部等」という）で発生している。そのような局所的な容量不足（以下、「ボトルネック」という）により、これまで整備されてきた道路ネットワークの能力を十分に使い切れていないという課題を抱えており、これらボトルネック箇所における渋滞対策が急務となっている¹⁾。

現在、国土交通省では、「道路を賢く使う」取組みの一環として、ビッグデータを活用して、ボトルネック箇所とその要因を把握し、適切な対策を講じていくことを推進している²⁾。また、国土技術政策総合研究所では、ビッグデータのひとつであるETC2.0プローブデータを活

用し、交通状況に応じた道路運用施策の実施によって運用効率の最大化を図る道路ネットワークマネジメント手法の確立に向けて、道路交通の実態を可視化・把握する手法と道路のパフォーマンス指標等について体系的な整理を行っている³⁾。

2. 本研究の目的

以上の背景を踏まえ、本研究は、高速道路単路部ボを対象として、ボトルネック位置の特定、原因把握、対策選定、対策実施、対策効果評価、新たな顕在化ボトルネックへの対策検討という一連の渋滞対策PDCAサイクルにおいて特に重要となる「ボトルネック位置の特定」についてその手法を確立するため、東名高速道路下り大和サグ部において、実際のETC2.0プローブデータを用いてボトルネック位置の特定を試行した。さらに、路側に設

置されたカメラの映像データから得られる交通量を用いて詳細なQ-V図を作成して同位置の検証を行った。なお、ボトルネック渋滞対策を検討するにあたっては、「渋滞発生の原因となる地点」, 「最初に速度低下が発生する地点」, 「渋滞が定着する地点(渋滞中の渋滞先頭地点)」をとらえて分析をすることが重要であるが⁴⁾, 本稿では, 上記の渋滞対策PDCAサイクルの確立に向けて, 適正な渋滞防止対策の検討に役立てることを目的とする観点から, 「最初に速度低下が発生する位置(以下, 「速度低下位置」という)」の特定手法に関する分析を行った。

3. ETC2.0プローブデータを用いたボトルネック位置の特定

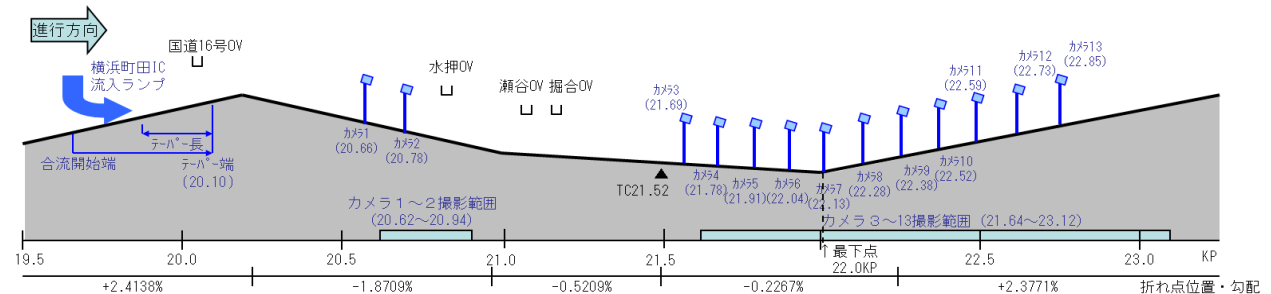


図-1 東名高速道路下り山とサグ部 (位置図, 縦断面図)

東名高速道路下り大和サグ部 (20.2KP~23.0KP, 図-1) を含む東京 IC~海老名 JCT を対象として, 2015 年 8 月から 11 月の土日祝の計 31 日間分の ETC2.0 プローブデータ (走行履歴情報) を収集し, 車両毎の速度プロファイルに基づき速度変動図 (速度分布の空間変動図) 作成し, いくつかの手法の試行により速度低下位置を特定した。

(1) 速度変動図の作成

詳細な速度低下位置を特定するためには, 車両感知器の設置間隔 (2km程度以上) よりも微小な区間における速度変動を把握する必要がある。

そこで, 東名高速下りに微小区間 (10m区間) を設定し, ETC2.0プローブデータの走行履歴情報に基づき, 微小区間における通過車両の5%ile速度, 25%ile速度, 50%ile速度 (中央値), 75%ile速度, 95%ile速度を算出し, 速度変動図 (速度分布の空間変動図) を作成した (図-2)。このように, ETC2.0プローブデータを用いることで, 道路延長方向の詳細な速度変動を比較的簡便なデータ処理によって把握することが可能となる。ここでは, まず, 渋滞中を除去した「非渋滞時」のETC2.0プローブデータのみを抽出し, 速度変動図を作成した。ここで, 「非渋滞時」の定義は以下のとおりとした。

「非渋滞時」: ETC2.0プローブデータに基づく大和サグ区間通過中の走行速度が60km/h以上の車両のみを抽出。

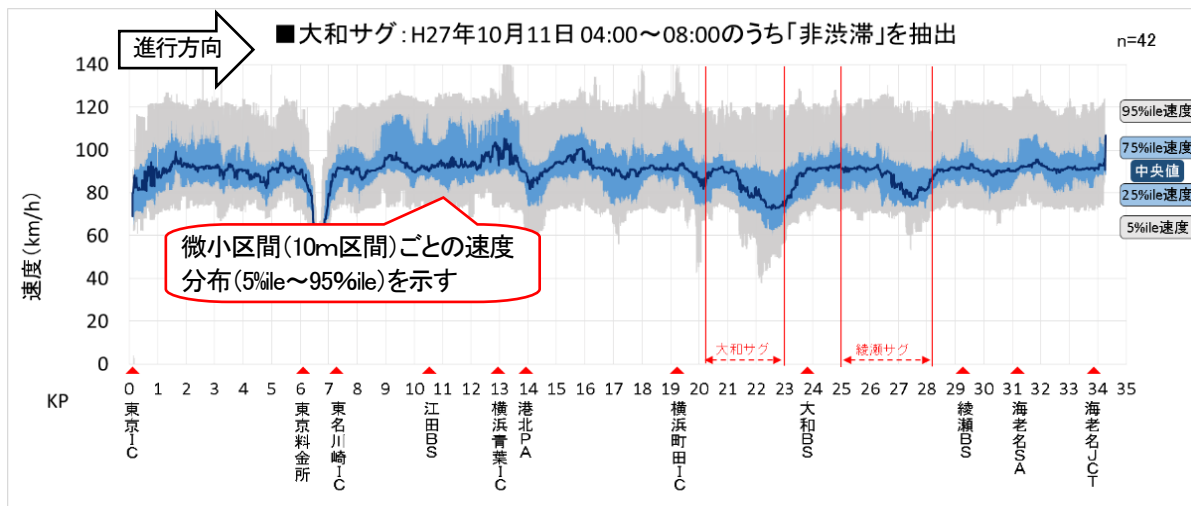


図-2 速度変動図 (速度分布の空間変動図) の作成例【H27年10月11日, 「非渋滞時」】

なお、走行履歴情報は200m毎に取得されるデータであるため、各微小区間（10m区間）内で記録された走行履歴情報のみを用いて集計を行った場合、データが取得されない区間が生じた。そこで、微小区間の5%ile, 25%ile, 50%ile, 75%ile, 95%ile速度の算出にあたっては、当該区間の上流側・下流側の各100m（合計210m）の範囲で記録された走行履歴情報を用いた（図-3）。ETC2.0プローブ走行履歴情報は、200m間隔でデータが記録される仕様となっていることから、各微小区間の速度算出対象となる210m区間には、各通過車両のデータが最低1点は取得される。したがって、この方法によって、各微小区間を通過したETC2.0プローブ車両（対応車載器搭載車両）のおおむねの速度分布を把握できるものと考えられる。

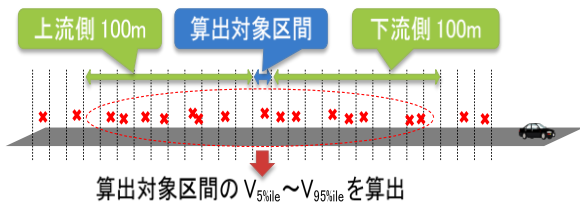


図-3 微小区間の速度分布（パーセンタイル速度）の算出方法

なお、対象区間の途中にあるICからの流入車両、SA/PAへの立ち寄り車両等に起因する異常値が混入することを回避するため、それらの車両のデータを除外する処理を行った。

(2) 速度低下位置の特定

速度変動図（速度分布の空間変動図）から速度低下位置を抽出する方法は以下の通りとした。

速度低下位置：「非渋滞時」の速度が最も低くなる地点、近接して複数の地点で速度低下が見られる場合は、それら地点のうち最も下流側の地点を速度低下位置として抽出。（図-4）

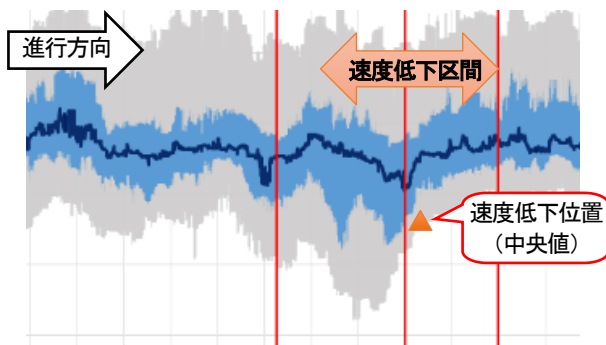


図-4 速度低下位置の特定方法

(3) ボトルネック位置の特定結果

分析対象日毎に「非渋滞時」の速度低下位置を特定し

た結果から作成した速度低下位置の分布（図-5）より、大和サグ部での速度低下位置はおおむね22.7KP~23.1KPに分布しており、最頻値は22.9KP~23.0KPと特定された。

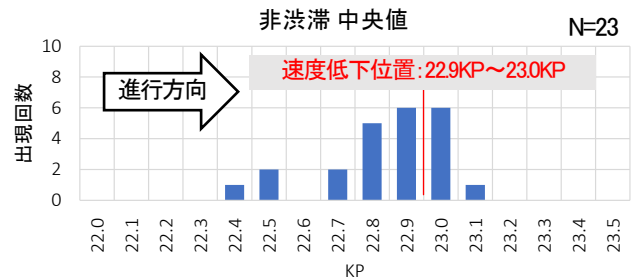


図-5 東名高速道路下り大和サグ部における速度低下位置の分布【「非渋滞時」】

一方、大和サグ部においては、渋滞緩和を目的として「車線利用適正化情報提供システム」が試行運用されており⁵⁾、そのデータを活用することで、非渋滞時のうち、特に交通密度が高く“渋滞発生直前”の状態である「臨界時」の交通状態を簡便に把握することが可能である。

「臨界時」：大和サグ部に設置された「車線利用適正化情報提供システム」における「交通状態判定処理装置」によって「臨界」と判定された時間帯に大和サグ区間を通過した車両を抽出。同装置では、当該区間の車両感知器（19.17KP, 21.52KP）データ（車線別1分間交通量, 車線別1分間平均速度）に基づき、各車線の交通量が所定の閾値以上であり、かつ速度が60km/h以上である場合に「臨界」と判定される（詳細は参考文献5）を参照）

渋滞発生直前に速度低下が最も顕在化する位置を的確に把握するため、このシステムを活用し、「臨界時」の交通状態におけるETC2.0プローブデータのみを抽出し、前述の「非渋滞時」と同様に速度変動図を作成し、それを用いて「臨界時」の速度低下位置の分布を把握した（図-6）。この結果によれば、「臨界時」の速度低下位置はおおむね22.5KP~23.0KPの範囲に分布しており、最頻値は22.8KPと特定された。

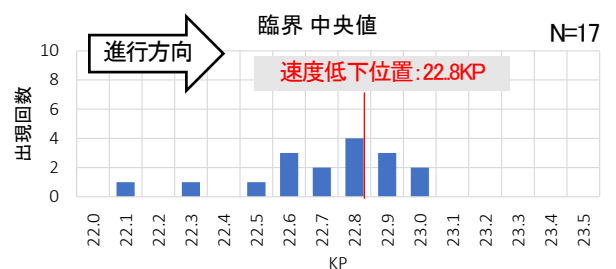


図-6 東名高速道路下り大和サグ部における速度低下位置の分布【「臨界時」】

さらに、図-5や図-6の集計には手間がかかることから、

最も簡便な速度低下位置特定手法として、全調査対象日の「非渋滞」時のETC2.0プローブデータに基づく速度プロファイルを集約して速度変動図を作成し(図-7)、これを用いて速度低下位置を把握した。その結果、速度低下位置は22.9KPと特定された。

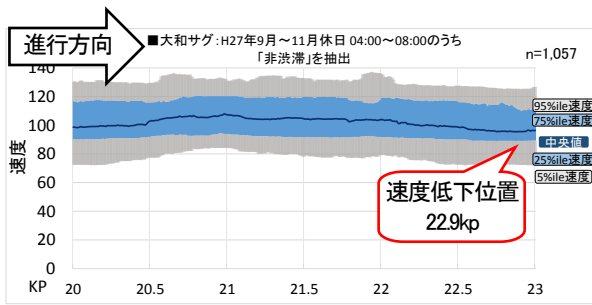


図-7 速度変動図(速度分布の空間変動図)の作成例【全対象期間、「非渋滞時」】

(4) ETC2.0 プローブデータを用いたボトルネック位置の特定手法に関する考察

各手法による速度低下位置の特定結果を比較すると、以下のことがいえる。

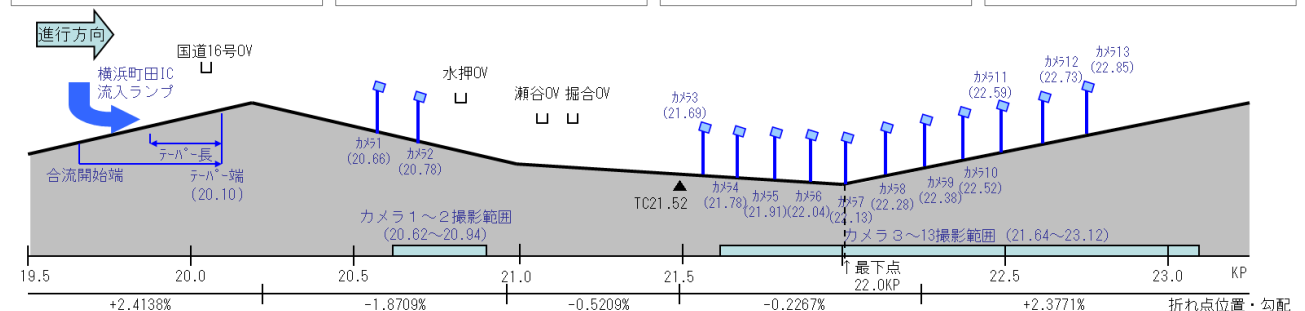
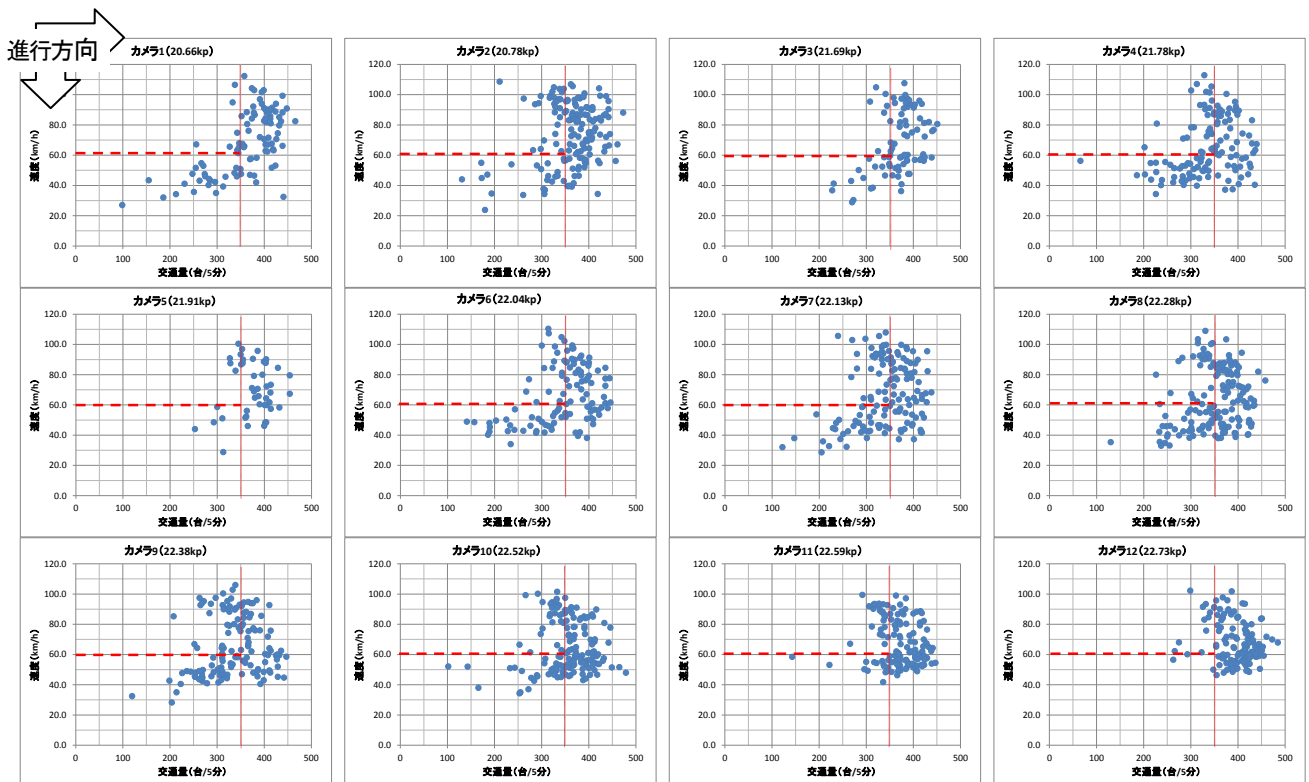


図-8 東名高速道路下り大和サグ部における断面毎のQ-V関係図【渋滞発生日16日分】

- 調査対象日毎に特定された速度低下位置には、一定のばらつきがある。速度低下位置は、ブレーキ等のトリガーによってどこでショックウェーブが発生するかということであり、一定のばらつきがあると考えられる。
- 調査対象日毎に特定された速度低下位置の分布における最頻値(22.8~23.0KP)と、全調査対象日31日間のETC2.0プローブデータを集約して特定された速度低下位置(22.9KP)は、おおむね一致した。
→ この結果より、複数日のETC2.0プローブデータを集約して作成した速度変動図を用いて速度低下位置をおおむね特定することが可能と考えられる。したがって、ETC2.0プローブ車両の通過頻度が低い等の原因によって十分なサンプル数のデータが取得できない路線・区間では、この分析手法が有効と考えられる。
- 交通状態判定処理装置の判定結果に基づき抽出した「臨界時」のETC2.0プローブデータから特定された速度低下位置の分布は、「非渋滞時」のETC2.0プローブデータから特定された速度低下位置の分布とお

おおむね一致した。

→ この結果より、交通状態判定処理装置の備わっていない一般的な路線・区間におけるボトルネック位置を特定する場合においても、「非渋滞時」のETC2.0プローブデータを用いた手法により、速度低下位置をおおむね特定することが可能と考えられる。

4. 路側ビデオ映像を用いて特定したボトルネック位置との整合性の確認

以上に示した手法に基づき特定される速度低下位置が、交通容量上のボトルネック位置との関係を確認するため、大和サグ区間の約1km（サグ底部から上り坂、撮影区間21.70KP～22.72KP）にわたり連続的に設置された13台の路側ビデオ映像に基づき把握されるボトルネック位置との照合を行った。具体的には、今回の分析対象期間のうち、路側ビデオカメラによる映像を取得した渋滞発生日16日分を対象として、各カメラの観測区間毎の映像解析により求めた5分間交通量データと、同時帯に当該区間を通過したETC2.0プローブ車両の速度プロファイルから算出した5分間平均速度に基づき、サグ上り坂区間における各カメラの観測範囲毎（おおむね100m間隔）のQ-V関係図を作成した（図-8）。なお、図-8では、サンプルデータであるETC2.0プローブデータに基づく5分間平均速度における代表性の確保に留意し、5分間に各区間を通過したETC2.0プローブ車両が5サンプル以上得られた時間帯のみを有効データとしてプロットしている。

断面毎のQ-V関係図を見ると、22.59KP（カメラ11）から22.73KP（カメラ12）の断面にかけて、渋滞域（速度60km/h以下、350台/5分以下）のプロットが少なくなっていく、臨界域（350台/5分以上）にプロットが集中していることが分かる（図-9は、カメラ1とカメラ12との比較）。このことから、この22.73KP断面付近がボトルネック位置であると考えられる。速度低下位置は、一定のばらつきがあり、22.5KPから分布するという図-5や図-6の結果とも整合する。この断面よりも下流側の状況は不明であるものの（カメラ13は故障のため映像を取得できず）、このビデオ映像に基づき特定したボトルネック位置と、前述のETC2.0プローブデータの速度プロファイルに基づき特定した速度低下位置はおおむね一致しているものと考えられることから、本稿で提案したETC2.0プローブデータに基づく手法により、詳細なボトルネック位置の特定がおおむね可能であると考えられる。図-5や図-6から速度低下位置は数百mの間で一定のばらつきが確認されており、また、情報提供など実務上の対策の実施位置を検討する際の情報を得るという本検討の

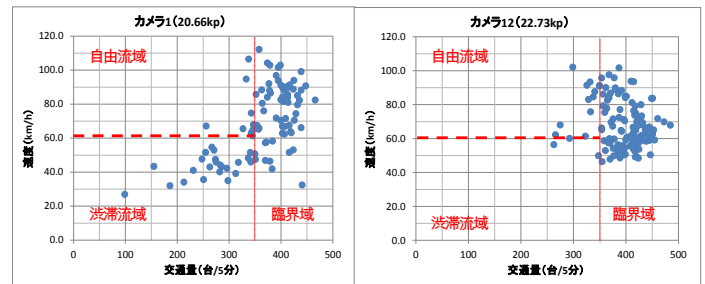


図-9 大和サグ部におけるQ-V関係図の比較
(カメラ1及びカメラ12)

目的を考えてもこれ以上細かい分析は不要であり、今回提案した手法の数百mという分解能は妥当な精度と考えられる。

4. おわりに

本研究では、高速道路単路部ボトルネックを対象として、ETC2.0プローブデータを用いてボトルネックの詳細な速度低下位置を特定する手法を提案した。映像データから得られる交通量を元にQ-V図を作成して、速度低下位置とQ-V図の結果がおおむね一致することを確かめた。今回はサグ部でのボトルネック位置の特定に本手法を適用したが、そのほかのボトルネック箇所への活用を検討していく必要がある。これらを踏まえて、さらなる渋滞対策PDCAサイクルの確立と実践を推進することが重要である。

謝辞：本研究の実施にあたっては中日本高速道路(株)の関係各位よりデータ提供等にご協力をいただいた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 社会資本整備審議会道路分科会第54回基本政策部会資料6最近の取り組みについて
http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/road01_sg_000301.html
- 2) 社会資本整備審議会道路分科会幹線道路部会 中間答申、高速道路を中心とした「道路を賢く使う取組」、2015.7.30.
- 3) 牧野浩志, 鹿野島秀行, 田中良寛, 佐治秀剛: ETC2.0プローブ情報の活用方法の体系化に関する研究, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.51, CDROM, 2015
- 4) 鹿野島秀行, 鈴木一史, 野中康弘, 牧野浩志: 第35回交通工学研究発表会論文集, ETC2.0プローブデータの高速道路単路部ボトルネック分析への適用, pp.215-221, 2015.
- 5) 金澤文彦, 坂井康一, 鈴木一史, 佐藤章博: 第30回交通工学研究発表会論文集, 高速道路サグ部における円滑化走行支援サービス実証実験の効果検証, pp.201-204, 2010

(2016.7.31 受付)

A STUDY ON IDENTIFYING THE BOTTLENECK LOCATION ON EXPRESSWAY USING ETC2.0 PROBE DATA

Currently in Japan, about 30% of the traffic congestions on expressways occur at sag sections and up-grade sections. Not all performance of the road network is used due to such a local lack of traffic capacity, namely bottleneck. The Ministry of Land, Infrastructure and Transport has been promoting to identify the bottleneck sections from the Big Data such as ETC2.0 probe data and to implement appropriate measures as efforts for smart use of the expressway.

This paper reports a study of the method for identifying bottleneck sections in expressway by using ETC2.0 probe data and examination that the location of these bottleneck section is consistent with outcome of Q-V figures made from monitoring video camera.