

# ETC2.0 プローブ情報を活用したボトルネック 指数による渋滞状況把握の有効性検証

村野 祐太郎<sup>1</sup>・松田 奈緒子<sup>2</sup>・横地 和彦<sup>3</sup>・里内 俊介<sup>4</sup>  
田名部 淳<sup>5</sup>・前川 友宏<sup>6</sup>・福田 和輝<sup>7</sup>

<sup>1</sup> 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: murano-y92bg@mlit.go.jp

<sup>2</sup> 正会員 元国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究室 (現 国土技術研究センター)  
(〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-12-1)

E-mail: nao.matsuda@jice.or.jp

<sup>3</sup> 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: yokochi-k8810@mlit.go.jp

<sup>4</sup> 正会員 元国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究室 (現 国土交通省総合政策局)  
(〒105-8918 東京都千代田区霞が関 2-1-3)

E-mail: satouchi-s8310@mlit.go.jp

<sup>5</sup> 正会員 株式会社地域未来研究所 (〒530-0003 大阪市北区堂島 1-5-17)

E-mail: tanabe@refrec.jp

<sup>6</sup> 正会員 株式会社地域未来研究所 (同上)

E-mail: maekawa@refrec.jp

<sup>7</sup> 正会員 株式会社地域未来研究所 (同上)

E-mail: fukuda@refrec.jp

我が国では道路の移動時間の約 4 割が渋滞損失であり、生産性向上のため、渋滞箇所の把握やその発生要因を分析し、効果的な渋滞対策を講じていくことが求められている。国土技術政策総合研究所（以下、国総研）では、ETC2.0 プローブ情報をはじめとする道路交通データを利用した道路交通課題の把握と対策効果の計測手法の開発を行っている。その一つとして、調査対象の道路を等間隔で区間割りし、各区間における渋滞発生頻度で評価するボトルネック指数を開発している。

本稿では、渋滞発生状況が異なる複数の路線についてボトルネック指数を算定し、各道路管理者へのヒアリングやタイムスペース図との比較により、現地で把握されるボトルネック箇所と一致するか確認を行った。また、既往のボトルネック箇所の把握手法である速度コンター図と比べた本手法の有効性の確認を行った結果を述べる。

**Key Words:** ETC2.0 probe data, bottleneck point, frequency of road congestion

## 1. はじめに

### (1) 研究の目的

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<sup>1)</sup>の1つとして、ピンポイント渋滞対策が選定された。また、社会資本整備審議会道路分科会建議（平成 29 年 8 月）<sup>2)</sup>においても「局所的な渋滞要因の特定を更に高度化しながら、効果的なピンポイント対策を積極的に導入する必要がある」とされている。ピンポイントに渋滞対策を実施するためには、渋滞のボトルネック箇所を正確に把握する必要があり、国総研では ETC2.0 プローブ情報をはじめと

する道路交通データを活用し、ピンポイントでボトルネック箇所を把握・分析する手法の研究を進めている。その一つとして、道路の渋滞発生頻度等を等延長区間単位で評価するボトルネック指数<sup>3)4)5)</sup>を用いた手法を開発している。ボトルネック指数は、日々の渋滞発生状況を日別・時間帯別に積み上げて日数で除することで渋滞発生頻度として表現するものであり、この点がボトルネック指数の特徴である。

従来からのボトルネック把握手法である速度コンター図は、簡易で有効的な手法ではあるが、分析期間の平均速度を扱うことが一般的であり、速度低下の頻度が比較的低い道路区間では、分析期間のわずかな渋滞時の速度

低下の影響を捉えることができず、適切なボトルネック箇所が把握できない場合がある。また、前方からの渋滞影響の有無を区別できないことから、低速度が連続する交差点区間では、どの交差点がボトルネックかを判断することが困難である。

本研究では、速度コンター図ではボトルネック箇所の把握が比較的難しいと考えられる低頻度の渋滞発生区間や渋滞が慢性化した低速連続交差点区間でボトルネック指数による渋滞把握の有効性を検証した結果を述べる。

## (2) 既往研究

観測データに基づいてボトルネックを把握する手法の嚆矢として、割田らの研究がある。割田ら<sup>9)</sup>は首都高速道路を対象にボトルネックにおける QV 図では非渋滞域と臨界域にデータが分布する点に着目し、車両感知器データを用いて、ボトルネックを把握する手法を提案している。また、船岡ら<sup>7)</sup>は割田らの手法におけるボトルネック箇所の判定を QV 図の主観的な判断に頼らず、客観的に判断する手法を提案している。これらの方法は車両感知器の設置間隔が密な都市高速道路に適した手法ではあるが、そのまま地方部の高速道路や一般道へ適用することは難しい。

一般道におけるボトルネック把握を試みた例としては、VICS データを活用してボトルネック指数の基本的な概念を示した舟橋ら<sup>8)</sup>の研究がある。この研究を受けて、橋本ら<sup>9)</sup>は ETC2.0 プローブ情報を用いてボトルネックと影響範囲の把握を試みているが、この研究では DRM リンク単位のデータが用いられており、リンク長の影響を受ける点が課題であった。加藤ら<sup>3)</sup>は従来の DRM 区間単位の評価に代わり、等延長区間単位でボトルネック箇所を把握するボトルネック指数を提案した。中田ら<sup>4)</sup>はボトルネック指数の算定条件となる渋滞判定の「速度閾値」及び「等延長区間長」の適正値の検証を行うとともに、ボトルネック指数と従来からの手法である速度コンター図を比較することでボトルネック指数の有効性の基礎検証を行った。

速度コンター図は簡易な手法であるが、低頻度渋滞発生区間、低速連続交差点区間においてボトルネック箇所を正確に把握出来ない可能性があり、本稿では、ボトルネック指数と速度コンター図の比較を行い、ボトルネック指数の有効性を検証した結果を述べる。

## 2. ボトルネック指数によるボトルネックの把握手法

### (1) ボトルネック指数の概要と算定方法

ボトルネック指数は、ある道路区間における「渋滞の

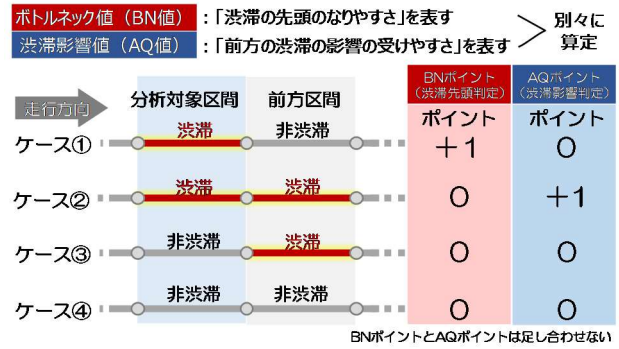


図-1 ボトルネック指数の考え方

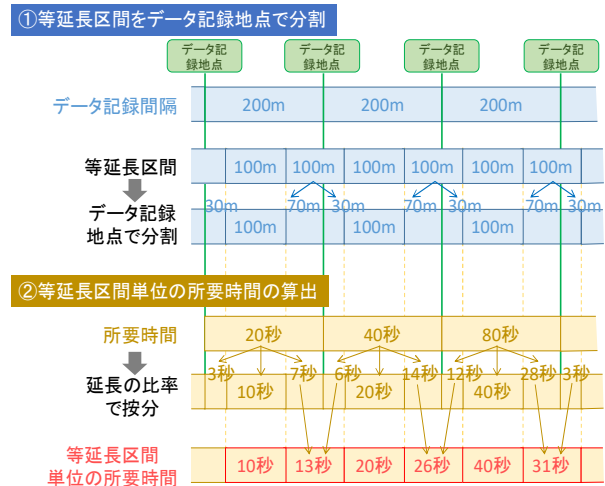


図-2 等延長区間単位の所要時間の算出イメージ

先頭のなりやすさ」を渋滞先頭値 (Bottleneck(BN)値) とし、「前方側の渋滞からの影響の受けやすさ」を渋滞影響値 (Affected Queue(AQ)値) として表す指標である。まず、分析対象路線を等延長区間単位に分割し、区間毎の日別時間帯別の旅行速度より「渋滞」、「非渋滞」を判定する。次に、分析区間とその前方に隣接する区間の「渋滞」と「非渋滞」の組合せからポイントを与える(図-1)。分析区間が「渋滞」、前方区間が「非渋滞」であれば分析区間が渋滞先頭であると判断し「BNポイント+1」を、分析区間と前方区間がともに「渋滞」であれば分析区間は前方側の渋滞の影響を受けていると判断し「AQポイント+1」を付与する。そして、BN値は分析期間中の「BNポイント+1」を合算し、データ取得日数で除して算定する。AQ値もBN値と同様に算定する。なお、BNポイントとAQポイントは異なる渋滞の状況を表すものであるため、合算しない。

### (2) 等延長区間単位での旅行速度算定方法

ETC2.0 プローブ情報の個車の走行履歴データは、時刻・緯度・経度等のデータであり、200m 毎もしくは進行方向が 45 度以上変化する際にデータが記録される。等延長区間単位の旅行速度は、走行履歴データを用いて以下の方法より算定する(図-2)。

手順 1：等延長区間をデータ記録地点で分割  
データ記録間隔（基本的には 200m）のデータを等延長区間（図-2 では 100m と設定）ごとに分割する。

手順 2：等延長区間単位の所要時間の算出

車両ごとの連続する 2 つのデータ記録地点の時刻差より 2 点間の所要時間を算出し、データ記録地点間ごとに分割した区間延長の比率によって所要時間を按分する。按分した所要時間を等延長区間ごとに足し合わせる。

手順 3：等延長区間単位の平均旅行速度の算出

手順 2 で算出した車両ごとの等延長区間の所要時間を足し合わせ、各区間のサンプル数で除すことで平均所要時間を計算し、さらに等延長区間の延長を平均所要時間で除すことで各区間の平均旅行速度を算出する。

### 3. 検証方法

ボトルネック指数の有効性の検証方法を述べる。

速度コンター図ではボトルネックを正確に把握できない可能性がある低頻度渋滞発生区間、低速連続交差点区間、渋滞対策区間を検討対象とし、各分析対象区間毎に

表-1 評価対象路線

評価対象路線	低頻度渋滞発生区間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高速道路①</li> <li>・高速道路②</li> </ul> (平日:2018年10月、休日:2018年9-11月)
	低速連続交差点区間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一般道路①</li> <li>・一般道路②</li> </ul> (平日:2018年10月、休日:2018年9-11月)
	渋滞対策区間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高速道路③</li> </ul> (対策前 平日:2018年7月、休日:2018年7、9月) (対策後 平日:2019年7月、休日:2019年7、9月)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・一般道路③</li> </ul> (対策前 平日:2017年10月、休日:2017年9-11月) (対策前 休日:2018年10月、休日:2018年9-11月)

2 路線ずつ選定した(表-1)。まず、ボトルネック指数により適正にボトルネック箇所が把握されているか道路管理者へのヒアリング調査及び各車両の走行時刻と道路位置の軌跡を示すタイムスペース図(高速道路のみ)を真値として確認した。その上で、ボトルネック指数と速度コンター図による結果を比較することにより、ボトルネック指数の有効性を検証する。

### 4. 検証結果

#### (1) 低頻度渋滞発生区間における検証

低頻度渋滞区間における速度コンター図との比較について、高速道路①で実施した結果を図-3 に示す。低頻度渋滞発生区間では、主に渋滞起点のなりやすさを示す BN 値に着目することで、速度コンター図では見落としていたようなボトルネック箇所を確認出来るか検証した。

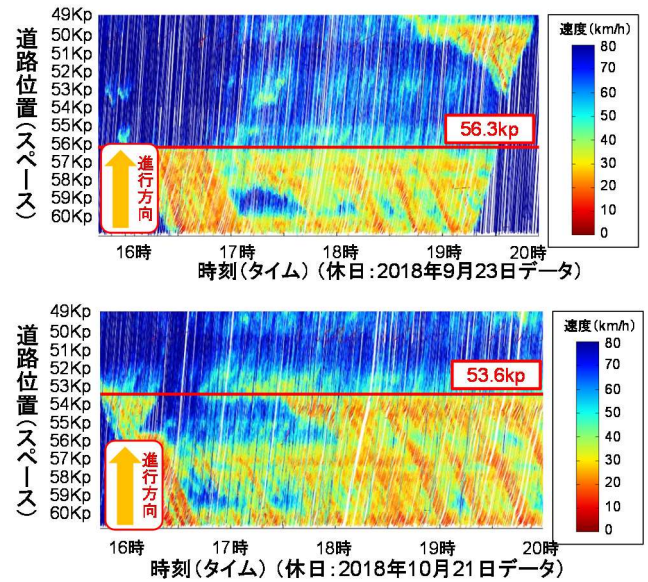


図-4 タイムスペース図 (高速道路①)

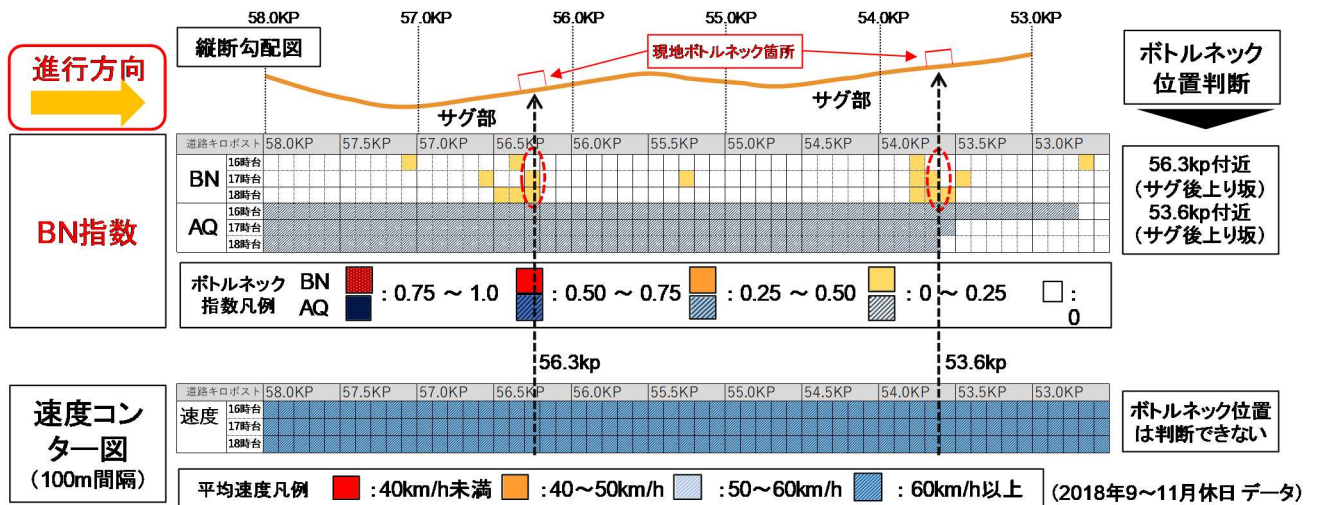


図-3 ボトルネック指数及び速度コンター図 (高速道路①)



BN 値は 53.6kp 付近および 56.3kp 付近のサグ後上り坂に集中しており、他の渋滞起点からの影響を示す AQ 値は 53.6kp 付近から後方にかけて伸びている時間帯も確認できる。このことから 53.6kp 付近および 56.3kp 付近をボトルネック先頭とした渋滞が発生していると判定される。道路管理者に確認した現地で把握されているボトルネック箇所とタイムスペース図の速度低下先頭位置 (図4) も同様に 53.6kp 付近および 56.3kp 付近の位置であり、ボトルネック指数が示すボトルネック位置と一致しており、ボトルネック指数によってボトルネック箇所を正しく把握出来たとと言える。

次に速度コンター図による結果と比較する。速度コンター図では 40km/h 未満の低速度が確認出来ず、ボトルネック箇所が判定できない結果であり、ボトルネック指数とは異なる結果が得られた。速度コンター図は平均値の評価であるため、分析対象区間のような低頻度の速度低下の情報が埋没してしまっていることが要因であり、速度コンター図による評価では低頻度渋滞発生区間を見落としてしまう可能性がある。

上記より、ボトルネック指数は、速度コンター図では把握することが難しい低頻度渋滞発生区間でもボトルネックを適正に把握することが出来ると言える。

## (2) 低速連続交差点区間における検証

低速連続交差点区間に着目した速度コンター図との比較について、一般道路①で実施した結果を図-5に示す。

同区間は鉄道駅周辺の市街地を通過する区間である。このうち、交差点 B が主要渋滞箇所、交差点 F ~ 交差点 P が主要渋滞区間に指定されており、日々速度低下していることが伺える。

渋滞起点のなりやすさを示す BN 値は「交差点 B・F・L・P」の 4 交差点で高く、他の渋滞起点からの影響を示す AQ 値は各交差点位置から後方にかけて伸びており、後方交差点の速度低下要因となっていることが分かる。このことから、主に 4 交差点をボトルネック先頭とした渋滞が発生していると判定される。道路管理者に確認した現地で把握されているボトルネック箇所は交通量集中による渋滞箇所「交差点 B・F・P」および近隣駅からのバス交通の集中による渋滞箇所「交差点 L」であり、ボトルネック指数が示すボトルネック位置と一致しており、ボトルネック指数がボトルネック箇所を正しく把握出来たとと言える。

次に速度コンター図による結果と比較する。速度コンター図では 20km/h 未満の低速度が区間全体で広く発生しており、「交差点 B・P」は渋滞先頭と判定できるが、16・17 時台の「交差点 F」や「交差点 L」については渋滞先頭と判定できない結果となっており、ボトルネック箇所として見落とす懸念がある。

これらの結果より、低速度連続交差点区間において速度コンター図では正確に捉えられないボトルネック箇所が、ボトルネック指数では、渋滞の先頭である BN 値と渋滞の影響範囲である AQ 値を分けて評価することにより、正しく把握することが出来ると言える。

## (3) 渋滞対策事業における検証

一般道路③における交差点 C の交差点改良(左折レーン設置)前後のボトルネック指数と速度コンター図の結果を比較する。

図-6 に対策前後のボトルネック指数を示す。渋滞対策

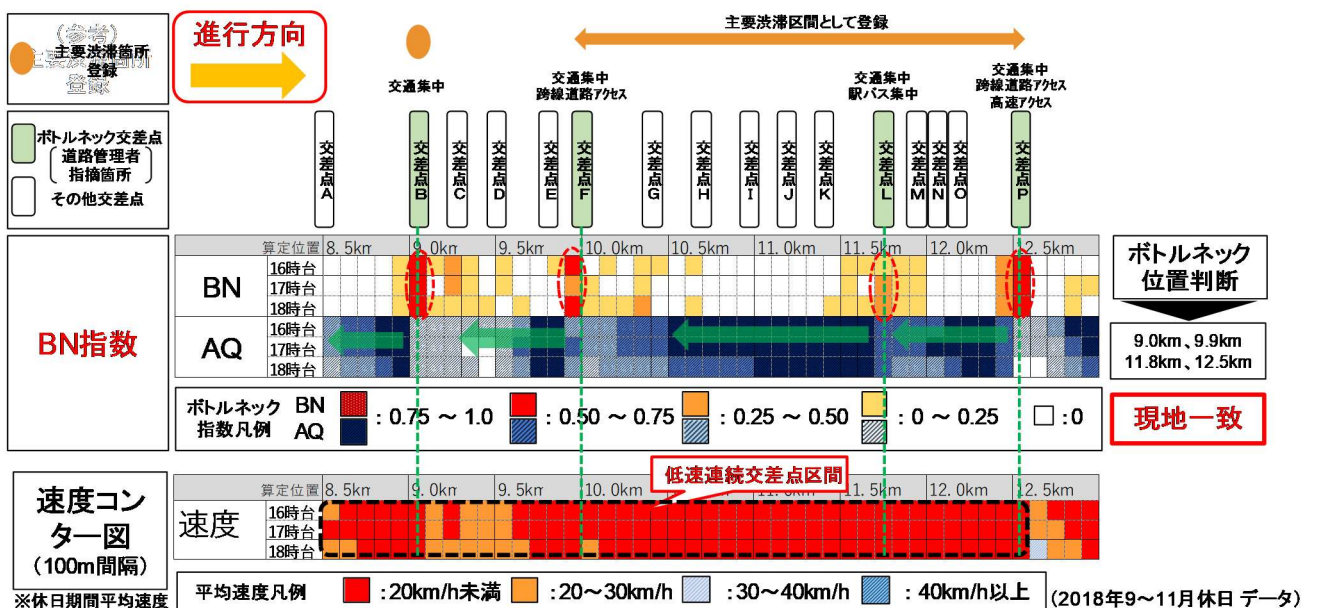


図-5 ボトルネック指数及び速度コンター図(一般道路①)

【対策内容】交差点改良(H30.3)

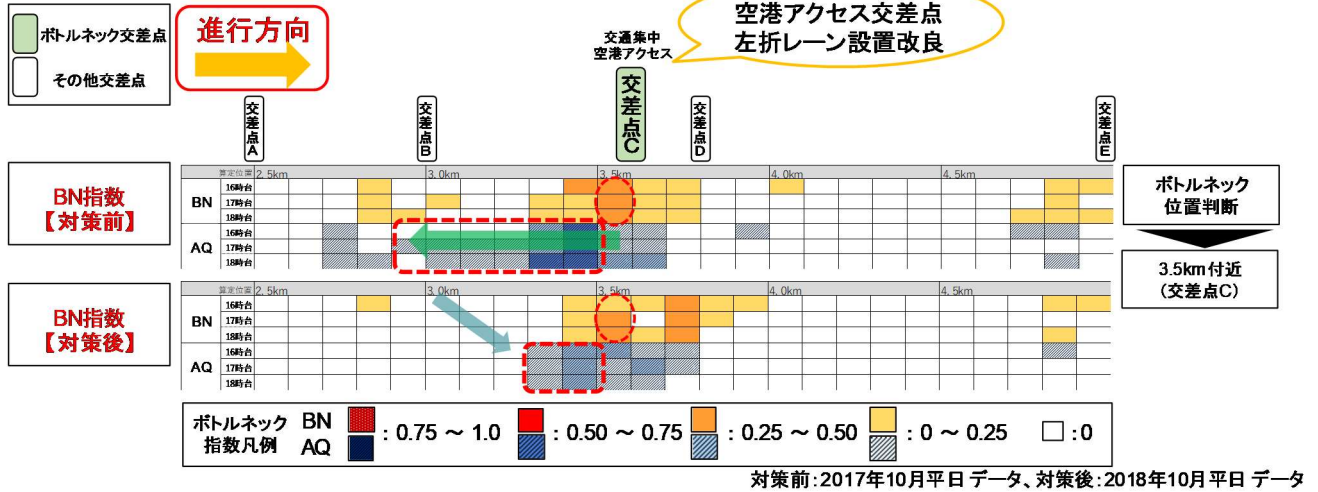


図-6 対策前後のボトルネック指数(一般道路③)

対策前後速度コンター図比較  
【対策内容】交差点改良(H30.3)

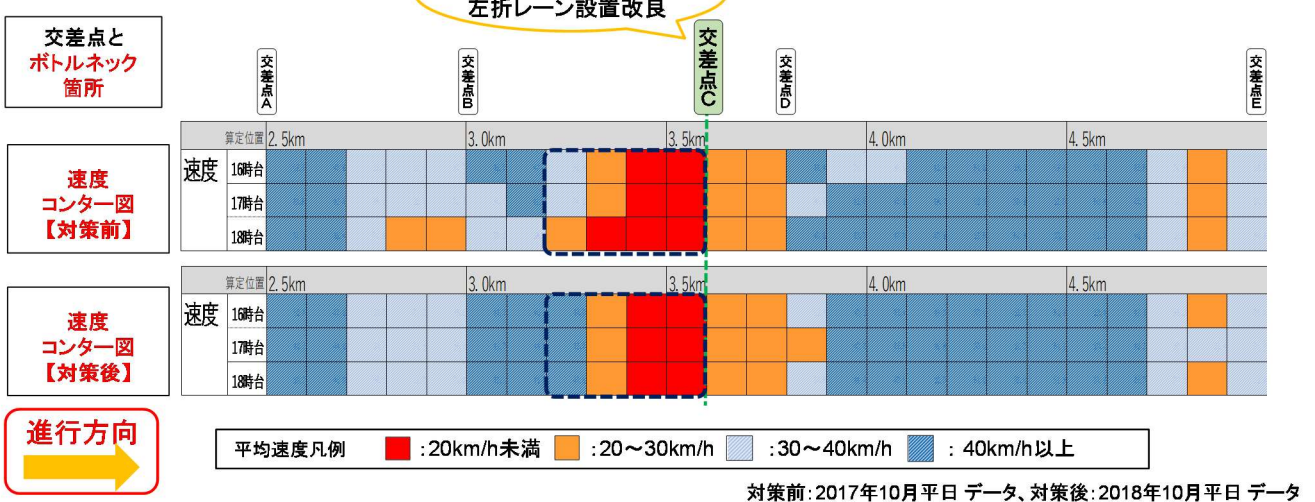


図-7 対策前後の速度コンター図(一般道路③)

前は、AQ値が約600m後方に位置する交差点Bまで達していたが、渋滞対策後はその範囲が300mに縮小しており、渋滞の影響範囲が小さくなっていることが確認出来る。また、交差点Cの前方に位置する交差点Dに着目すると、渋滞対策前と比較し、渋滞対策後のBN値は増加しており、交差点Cの渋滞対策後に交差点Dを先頭とする速度低下の頻度が増えたことが伺える。

図-7に対策前後の速度コンター図を示す。速度コンター図では、交差点C周辺の平均旅行速度は、対策前後とも20km/h以下であるため、渋滞対策効果は分かりづらく、18時台で改善がみられるのみである。また、交差点Dにおける旅行速度は渋滞対策前後とも20~30km/hであり、交差点Cの改良後の変化も確認しづらい。

上記より、速度コンター図に対し、ボトルネック指数は渋滞対策による旅行速度の変化及び前方の交差点への影響を的確に表現出来る場合があると言える。

5. おわりに

本研究によって得られた知見を以下にまとめる。

- ボトルネック指数は渋滞発生状況を渋滞発生割合として表現し、BN値とAQ値を分けて評価することにより、低頻度渋滞発生区間、低速連続交差点区間に対して、速度コンター図では把握が困難なボトルネック箇所を把握することが可能となる。
- 同様に、渋滞対策区間に対して、渋滞対策の効果を的確に表現出来る場合がある。

今後は、ボトルネック指数を活用したボトルネック把握手法について実務に適用可能となるようマニュアル化等を進める予定である。

謝辞：本研究を進めるにあたり助言頂いた桑原教授（東北大学）、大口教授（東京大学）、塩見准教授（立命館大学）にこの場を借りてお礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 国土交通省,生産性革命プロジェクト,  
[http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/point/so-sei\\_point\\_tk\\_000021.html](http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/point/so-sei_point_tk_000021.html), 2016.8 (閲覧 2019.10.1) .
- 2) 国土交通省,第16回道路分科会,  
[http://www.mlit.go.jp/policy/shin-gikai/road01\\_sg\\_000370.html](http://www.mlit.go.jp/policy/shin-gikai/road01_sg_000370.html), 2017.8 (閲覧 2019.10.1) .
- 3) 加藤哲,橋本浩良,瀬戸下伸介,松田奈緒子:ボトルネックとその影響範囲を特定するためのETC2.0プローブ情報の活用に関する研究,土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.73, 2017
- 4) 中田寛臣,松田奈緒子,横地和彦,田名部淳,前川友宏:ETC2.0プローブ情報を活用したボトルネック指数によるボトルネック把握手法の有効性検証,第39回交通工学研究発表会論文集,2019
- 5) 中田寛臣,松田奈緒子,横地和彦,里内俊介,前川友宏,田名部淳:ETC2.0プローブ情報を活用したボトルネック指数に関する検証,第17回ITSシンポジウム2019,4-A-05,2019,CD-ROM
- 6) 割田博,赤羽弘和,船岡直樹,岡村寛明,森田緯之:首都高速道路におけるキャパシティボールの抽出とその特性分析,土木計画学研究・講演集, Vol. 29, 2004.
- 7) 船岡直樹,割田博,桑岡雅夫,佐藤光,岡田知朗:首都高速道路におけるボトルネック判定手法構築に関する一考察,土木計画学研究・講演集, Vol. 36, 2007.
- 8) 舟橋賢二,西村茂樹,堀口良太,赤羽弘和,桑原雅夫,小根山裕之:VICS蓄積データを用いた旅行時間短期予測手法に関する研究,土木計画学研究・講演集, Vol. 27, 2003.
- 9) 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.

(Received ?, 2020)  
(Accepted ?, 2020)

Validation of the effectiveness of the bottleneck point method using ETC 2.0 probe data through its application to various congestion situations

Yutaro Murano, Naoko Matsuda, Kazuhiko Yokochi, Syunsuke Satouchi,  
Jun Tanabe, Tomohiro Maekawa and Kazuki Fukuda