

ETC2.0プローブ情報から得るボトルネック指数の有効性検証

村野祐太郎・松岡禎典・横地和彦

1. はじめに

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、ピンポイント渋滞対策が選定された。ピンポイントで渋滞対策を実施するには、渋滞のボトルネック箇所を正確に把握する必要がある。国土技術政策総合研究所ではETC2.0プローブ情報等の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特定する手法として、道路の渋滞発生頻度を評価するボトルネック指数^{2),3),4)}を開発している。ボトルネック指数は、時間帯別に渋滞が発生したかを日々判定し、時間帯別に渋滞発生日数を分析対象期間の日数で除したものである（例えばある区間で7時台のボトルネック指数が0.5であれば、その区間では2日に1度の割合で7時台に渋滞が発生することを示す）。

本研究では、従来からの一般的なボトルネック箇所の把握手法である速度カウンター図とボトルネック指数の比較を行い、ボトルネック指数の有効性を検証した結果を述べる。

2. 既往研究と本研究の位置づけ

2.1 既往研究

観測データに基づきボトルネック箇所を把握する手法の嚆矢として、割田ら⁵⁾の研究がある。割田らは首都高速道路を対象に、ある道路断面の通過交通量（ Q ）と平均速度（ V ）の関係を示す QV 図について、ボトルネック箇所では非渋滞域と臨界域（非渋滞域と渋滞域の間）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箇所を把握する手法を提案した。この方法は車両感知器が密な都市高速道路に適した手法だが、地方の高速道路や一般道への適用は難しい。

一般道におけるボトルネック箇所の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⁶⁾の研

究がある。これを受けて、橋本ら⁷⁾はETC2.0プローブ情報を用いてボトルネック箇所と影響範囲の把握を試みているが、この研究ではデジタル道路地図（DRM）の道路区間単位のデータが用いられており、区間長の長短の影響を受ける点が課題であった。加藤ら²⁾は従来のDRMの道路区間単位の評価に代わり、道路を等間隔で分割して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^{3),4)}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「分割区間長」の適正値の検証を行うとともに、ボトルネック指数と、分析期間の平均速度を扱う速度カウンター図とを比較し、ボトルネック指数の有効性の基礎検証を行った。中田らの基礎検証は、両手法が示すボトルネック箇所が一致することを確認し、ボトルネック指数の妥当性を示したものであるが、速度カウンター図では速度低下の度合いが小さくボトルネック箇所の把握が難しい「高速道路の低頻度渋滞発生区間」、低速度の区間が連続しておりボトルネック箇所が把握しづらい「一般道路の低速連続交差点区間」での速度カウンター図と比較したボトルネック指数の有効性は論じられていない。

2.2 本研究の位置づけ

本研究ではボトルネック指数の特性を踏まえた有効性検証を行うこととした。

速度カウンター図は、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、分析期間内のわずかな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、前方からの渋滞の影響の有無を区別できないことから、低速交差点が連続する区間では、どの交差点がボトルネック箇所かを判断することが困難である。

本研究では、「高速道路の低頻度渋滞発生区間」や渋滞が慢性化した「一般道路の低速連続交差点区間」で速度カウンター図と比較したボトルネック指数による渋滞把握の有効性を述べる。

3. ボトルネック指数による渋滞把握手法

3.1 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「渋滞の先頭のなりやすさ」を評価する渋滞先頭値（Bottleneck(BN)値）と「前方側の渋滞からの影響の受けやすさ」を評価する渋滞影響値（Affected Queue(AQ)値）からなる指標である。まず、分析対象路線を等間隔の区間に分割し、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、分析対象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）。分析対象区間が「渋滞」、前方区間が「非渋滞」であれば分析対象区間が渋滞先頭であると判断し「BNポイント+1」を、分析対象区間と前方区間がともに「渋滞」であれば分析対象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」を時間帯別に合算し、データ取得日数で除して算定する。AQ値もBN値と同様に算定し、ボトルネック指数としてBN値とAQ値を得る。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、合算はしない。

分割区間長は100m間隔とし、「渋滞」と「非渋滞」を判定する速度閾値は、高速道路では時速40km/h、一般道路では時速20km/hと設定した。これらの分割区間長と速度閾値の設定値は既往研究⁴⁾にて妥当であることを確認している。

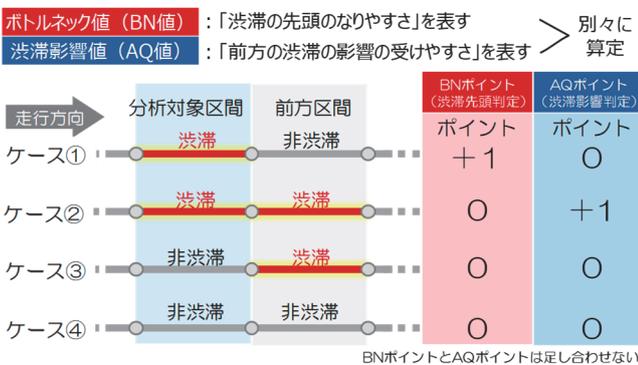


図-1 ボトルネック指数の考え方

3.2 旅行速度算定方法

ETC2.0プローブ情報の個々の車両の走行履歴データは、時刻・緯度・経度等のデータで、200m毎若しくは進行方向が45度以上変化する際にデータが記録される。なお、走行開始から

200m毎に記録されるため、個々の車両の200m毎の起終点は各々異なる。そのため、分割区間（100m間隔）の旅行速度は、個々の車両のデータ記録地点の位置に応じて、分割区間内に所要時間を按分する処理を全サンプル車両について行ったうえで算出を行った。

4. 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。

平均旅行速度を示す速度コンター図では、速度低下の度合いが小さくボトルネック箇所の把握が難しい「高速道路の低頻度渋滞発生区間」、低速速度の区間が連続しておりボトルネック箇所が把握しづらい「一般道路の低速連続交差点区間」（図-2、4の速度コンター図参照）を検討対象とし、各分析対象区間毎に2路線ずつ選定した。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るかを、道路管理者へのヒアリング調査で確認するとともに、高速道路での検証については、タイムスペース図（各走行車両の走行時刻と道路位置の軌跡を示したもの）との比較により確認した。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でボトルネック指数の有効性を検証する。

なお、本稿では高速道路、一般道路とも各1路線の結果を報告するが、残りの各1路線においても本稿と同様の知見を得ている。

5. 検証結果

5.1 低頻度渋滞発生区間における検証

低頻度渋滞発生区間における速度コンター図との比較について、高速道路で検証した結果を図-2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を検証した。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-3）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である。速度コンター図は平均値の評価であるため、低頻度の速度低下の情報が埋没し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箇所を適正に把握出来る。また、タイムスペース図は検証対象の範囲・日数分だけ

作図をした中から、渋滞のボトルネック箇所を確認する必要があることを考えると、ボトルネック指数は広い対象範囲の中から比較的簡易かつ効率的にボトルネック箇所を把握出来る点で有効な手法であると言える。

5.2 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、一般道路で検証した結果を図-4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（図中の緑色の矢印）、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・L」

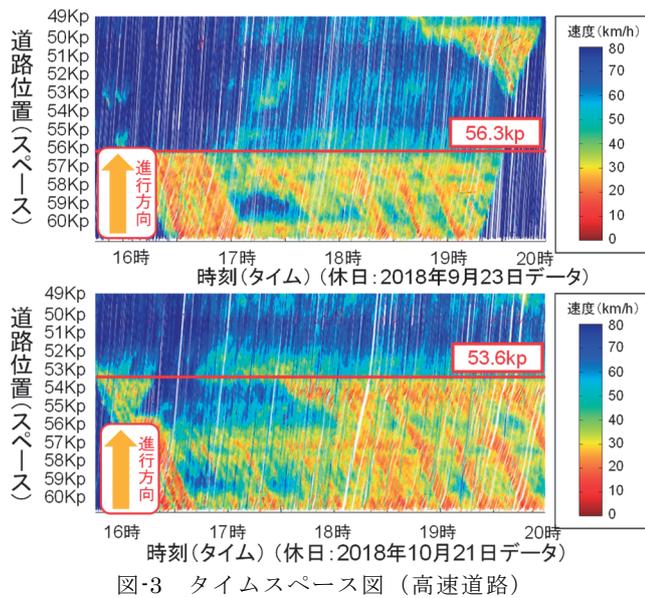


図-3 タイムスペース図（高速道路）

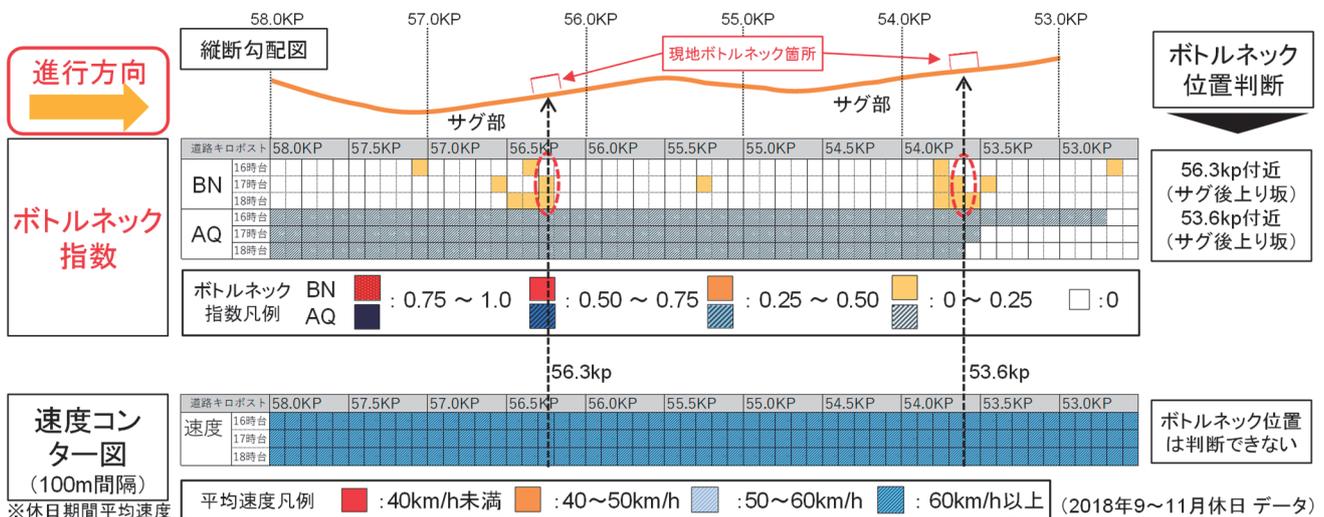


図-2 ボトルネック指数及び速度コンター図（高速道路）

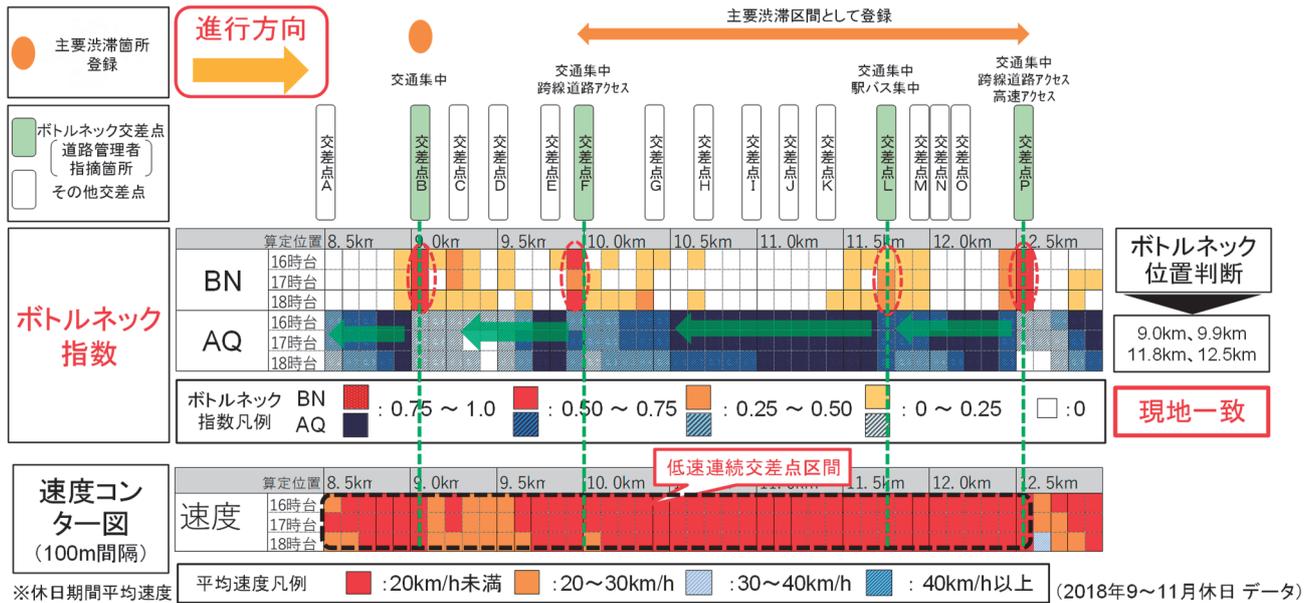


図-4 ボトルネック指数及び速度コンター図(一般道路)

は渋滞先頭と判定できない結果であり、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で、正しく把握出来る。

6. まとめ

本研究では、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ことを明らかにした。

謝 辞

本研究にご協力頂いた桑原教授（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/sosei_point_tk_000021.html、2016.8（閲覧 2020.12.16）
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 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
- 5) 割田博、赤羽弘和、船岡直樹、岡村寛明、森田純之：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
- 6) 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
- 7) 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

村野祐太郎



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部道路研究室 交流研究員
MURANO Yutaro

松岡禎典



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部道路研究室 主任研究員
MATSUOKA Sadanori

横地和彦



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部道路研究室長
YOKOCHI Kazuhiko