

ボトルネック指数による渋滞発生箇所の把握手法の有効性検証

中田寛臣・松田奈緒子・里内俊介・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、道路交通におけるピンポイント渋滞対策が選定された。また、道路分科会建議（平成29年8月）²⁾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。ピンポイントに対策を実施するためには、道路の線形等に起因して渋滞が発生する箇所（以下「ボトルネック箇所」という。）を正確に把握する必要があり、そのための分析手法の開発が求められている。国土交通省国土技術政策総合研究所では、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たボトルネック箇所の把握手法の研究を行っている。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^{3),4),5),6)}を用いた手法を開発している。

本報ではボトルネック指数を用いた渋滞把握手法について、高速道路や一般道を対象にケーススタディを行い、手法の有効性検証を行った結果を報告する。

2. 先行研究と本研究の位置づけ

2.1 VICS・DRM区間単位のプローブデータを用いたボトルネック把握の研究

船橋ら³⁾は、警察や道路管理者が収集した渋滞情報や所要時間等をカーナビゲーションに提供する道路交通情報通信システム（以下「VICS」という。）のデータを用いた旅行時間の短期予測手法に関する研究において、VICSで定められている道路リンク区間（以下「VICS区間」という。）毎に分析対象区間と前方区間との渋滞・非渋滞の関係をポイント換算し、ボトルネックやその影響範囲を特定する方法を提案している。橋本ら⁴⁾は

民間プローブデータを用いたボトルネック把握研究において、船橋ら³⁾の手法を改良し、デジタル道路地図の交差点間単位で区切られた道路リンク区間（以下「DRM区間」という。）毎に「渋滞の起点へのなりやすさ」と「前方の渋滞影響の受けやすさ」を別々に指数化する手法として「ボトルネック指数」を提案している。

これらの先行研究においては、いずれもVICSやDRM区間単位の旅行時間（速度）データが用いられている。VICS区間は複数のDRM区間を一単位とした区間情報であり、民間プローブデータはDRM区間単位で集計されたデータであることから、DRM区間より細かな渋滞状況の把握はできていない。DRM区間は長くて数kmの区間長を有しており、DRM等の区間単位のプローブデータによるボトルネック指数手法では、ピンポイントでボトルネックを把握する上で空間解像度の低さが課題となる。また、VICSやDRM区間単位の分析は、評価対象ごとに区間延長が異なることから、区間延長の大小によって適正な評価がなされていないことが課題である。

2.2 ETC2.0プローブデータを用いたボトルネック把握の研究

加藤ら⁵⁾はこれらの課題を踏まえ、個車の走行履歴データを扱うことができるETC2.0プローブ情報より、100m間隔の等延長区間単位でボトルネック指数を算定し、ボトルネックや渋滞影響を評価することを提案している。研究では区間延長の大小に影響を受けない有効な評価手法であることが示された。しかしながら、先行研究は、一般道路1路線を対象に、プローブ情報から得られた低速度区間（平均旅行速度20km/h未満）との一致についての確認に留まっており、現地で道路管理者が実際に把握しているボトルネック箇所との比較や、高速道路における検証は行われていない。

2.3 本研究の位置づけ

以上を踏まえて、本研究では一般道路や高速道路においてケーススタディを実施し、現地のボトルネック箇所との比較を行うとともに、従来の渋

滞把握手法である速度コンター図、タイムスペース図（3.3で詳述）との比較により、「ボトルネック指数」を用いた渋滞把握手法の有効性確認を行った。

3. ボトルネック指数を用いた渋滞把握手法

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（以下「BN指数」という。）は、ある道路区間における「渋滞の起点のなりやすさ」をBN指数(+)として、「前方の渋滞影響の受けやすさ」をBN指数(-)として表す指標である。まず、分析対象路線を等延長の区間に分割し、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、分析区間とその前方に隣接する区間の「渋滞」と「非渋滞」の組み合わ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「+1」、分析区間と前方区間とも「渋滞」であれば分析区間は前方の渋滞の影響を受けていると判断し「-1」のポイントを付与する。そして、BN指数(+)は分析期間内の「+1」を、BN指数(-)は分析期間内の「-1」を合算（(+)と(-)のポイントは合算せず、それぞれで計算）し、データ取得日数で除して算定する。BN指数の絶対値により、渋滞発生頻度を示すことができる。区間分割は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。なお、区間分割延長と速度閾値の設定値は既往研究⁶⁾において妥当であることを確認している。

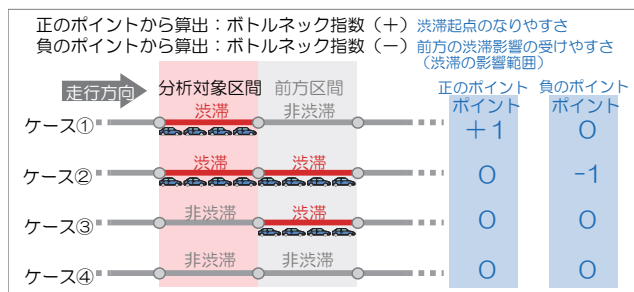


図-1 ボトルネック指数の考え方

3.2 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、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、個車の200mの起終点は各々異なる。

そのため、100m間隔の各分割区間の旅行速度は、データ記録地点と100m間隔の分割位置で所要時間を距離按分し、区間毎の個車サンプル数分の平均所要時間を整理した上で算出を行った。

3.3 他の渋滞把握手法の概要

本手法と比較を行う、従来の渋滞把握手法の速度コンター図、タイムスペース図（以下「TS図」という。）について概要を述べる。速度コンター図は、道路の区間別の平均旅行速度を速度値に応じて段階的に色分けして表現したコンター図である（例：図-2・図-3の各下段部）。道路区間の中で、速度が低下している区間を視覚的に容易に判断することが可能であり、作図も比較的容易である。一方で、分析期間の平均旅行速度を扱うことから、平均により速度値が平準化され、速度低下の頻度が比較的低い道路区間では、実際の渋滞時より速度が高めに評価される。また、BN指数とは異なり、前方の渋滞の影響有無を区別することはできない。TS図は、個々の車両の移動軌跡を道路位置と時刻の2次元グラフで表したものである。個車の移動軌跡の線に、車両速度を段階的に色分けして表現することで、道路位置上での詳細な車の動きや速度の変化を視覚的に容易に確認することが可能である（例：図-4）。一方で、個車毎の挙動を全て整理し図化するため膨大な作業を要するほか、個車挙動を示す図であることから、図内ではある1日の挙動のみを示すことが多く、長期期間における交通状況の傾向把握には適さない。

4. ボトルネック指数の有効性検証

分析対象区間は、交差点渋滞が発生している一般道路1路線及びサグ（勾配が上り坂へ緩やかに変化する区間）渋滞が発生している高速道路2路線を対象とし、平休日・時間帯別（7～18時台）のBN指数を算定した。また、各道路管理者へのヒアリングにより、現地で把握されているボトルネック箇所と一致するか確認を行った。さらに、速度コンター図及びTS図（高速のみ）との比較より、BN指数の有効性について確認した。分析期間は、平日は平成29年10月の21日分、休日は平成29年9月～11月の30日分とした。

4.1 一般道路の比較結果

都市中心部に位置する一般道路（平日上り線）

で実施した結果を図-2に示す。渋滞起点を示すBN指数(+)は交差点A～Gの7交差点で高い数値を示しており、渋滞影響を示すBN指数(-)は各交差点位置から後方にかけて伸びている。このことから、BN指数の渋滞把握手法で7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、交通集中による渋滞箇所「交差点A・D・E」、クランクによる渋滞箇所「交差点B・C」、右折レーンなしによる渋滞箇所「交差点F」、高速道路へのアクセス渋滞箇所「交差点G」であり、BN指数のボトルネック箇所と一致した。なお、休日は平日結果と同様の結果を示し、現地で把握されるボトルネック箇所と一致した。速度コンター図との比較では、速度コンター図は20km/h未満の低速度が主に交差点A～Gの7交差点において発生しており、BN指数が示すボトルネック箇所7交差点と一致した。

4.2 高速道路の比較結果

検証した高速道路2路線の内、都市圏環状道路に位置する高速道路①（休日内回り方向）で実施した結果を図-3に示す。渋滞起点を示すBN指数(+)は164kpのサグ後上り坂途中からサグ付近にかけて集中しており、渋滞影響を示すBN指数(-)は164kp付近から後方にかけて伸びている。このことからサグ後上り坂164kp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。また、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もサグ後の上り坂（164kp付近）であり、BN指数で判定されたボトルネック箇所と一致した。なお、平日については休日より渋滞頻度は少ないものの、休日結果と同様にサグ後の上り坂（164kp付近）をボトルネック箇所と示しており、現地で把握されているボトルネック箇所と一致した。速度コンター図では40km/h未満の低速度がサグ手前の下り坂途中（165.8kp）から発生していると表現され、BN指数が示すサグ後上り坂のボトルネック位置（164kp付近）と異なる結果が得られた。これは、当該道路の渋滞発生頻度と、平均旅行速度を扱う速度コンター図の特性に要因があると考えられる。高速道路①は渋滞先頭となった頻度を示すBN指数(+)が0.25未満であることから、低頻度で発生する渋滞と判断できる（なお、低頻度で発生する渋滞であ

ることは道路管理者に確認している）。速度コンター図は、分析期間の平均旅行速度で示されるものであることから、渋滞頻度が低ければ非渋滞時の速度影響が強くなり、区間の平均旅行速度が高めに算出される。このことから、渋滞と非渋滞の境目である渋滞起点付近では平均旅行速度の低下が比較的小さいため、より速度低下の大きい渋滞後方を渋滞発生箇所と判定したと考えられる。

TS図（図-4）では、40km/h未満の低速度車両の先頭位置が16時前及び18時付近から20時付近にかけて164kp付近を示しており、ボトルネック位置は164kp付近と判断される。この結果は図-3のBN指数が示す、サグ後上り坂のボトルネック位置（164kp付近）と一致した。

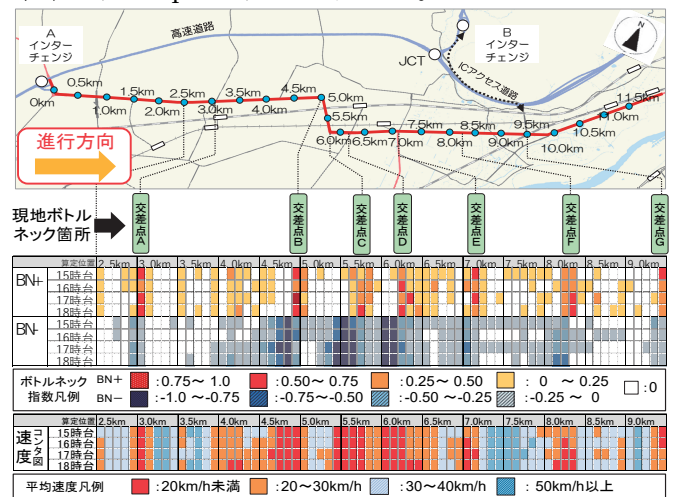


図-2 一般道路 平日 上り線 算出結果

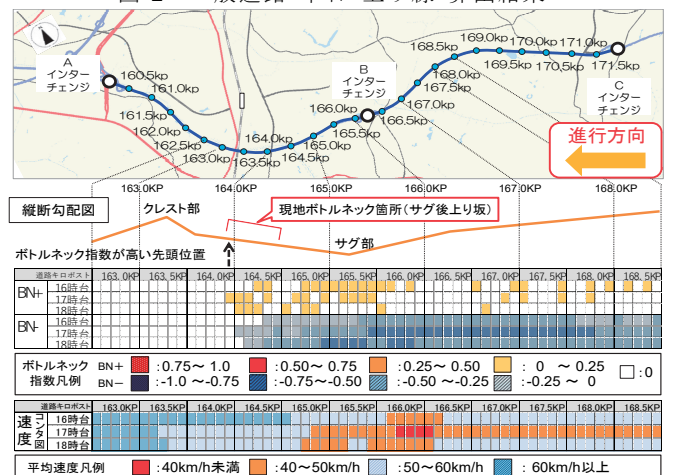


図-3 高速道路① 休日 内回り 算出結果

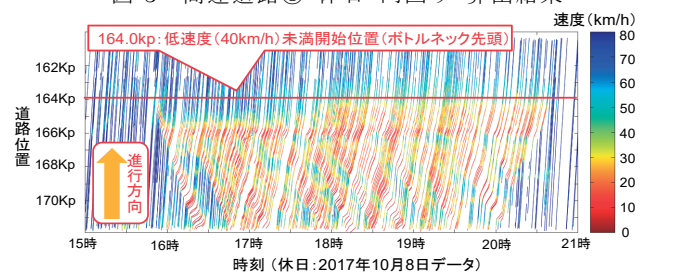


図-4 高速道路① 休日 内回り タイムスペース (TS) 図

なお、他の検証対象である高速道路②の検証結果では、平日休日ともにBN指数と速度コンター図、TS図が示すボトルネック位置と現地で把握されているボトルネック箇所が全て一致する結果が得られた。

4.3 ボトルネック指数の有効性

全ての分析対象区間において、現地で把握されているボトルネック箇所と、BN指数で判別したボトルネック箇所が一致した。このことから、BN指数は現地ボトルネックを適切に評価できているといえる。速度コンター図との比較では、一般道路と高速道路②において、速度コンター図とBN指数が示すボトルネック箇所は一致したが、高速道路①では一致しない結果が得られた。速度コンター図は、集計期間の平均旅行速度で示されるものであることから、渋滞頻度が低ければ平均旅行速度が高めに算出されるため、速度コンター図の渋滞箇所が現地ボトルネック箇所と一致しなかったと考えられる。加えて、BN指数では渋滞の起点のなりやすさをBN(+)として別途示すことができるため、渋滞の起点を把握しやすく、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、BN指数で把握できる可能性が確認された。高速道路の渋滞箇所を適切に把握可能なTS図との比較では、高速道路①②ともに、TS図とBN指数が示すボトルネック箇所が一致した。このことから、BN指数はボトルネック箇所を適切に評価できているといえる。TS図が個車毎の挙動を全て整理して図化することから膨大な作業を要するのに対し、BN指数は作業量がより少なく、効率的にボトルネックを把握することができる。これらの結果より、本手法はボトルネック箇所を比較的簡便に把握できる有効な手法となりうることが確認できた。

5. まとめ

ETC2.0プローブ情報を活用したBN指数によるボトルネック把握手法は、現地で把握されるボトルネック箇所を適切に特定できており、ボトルネック箇所をピンポイントで特定できる手法として有効と考えられる。また、本手法は一般道のみならず、高速道路においても活用可能であり、速度コンター図では捉えることができない低頻度で発生する渋滞ボトルネック位置も特定できる可能性を確認した。

今後は、速度コンター図では明確に見分けることが難しい、交差点密集区間の低速度連続区間におけるボトルネック箇所の把握等についてケーススタディを実施し、引き続き有効性の検証を実施する予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省HP：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HP：第16回道路分科会、
http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/road01_sg_000370.html
- 3) 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
- 4) 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
- 5) 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
- 6) 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、2019

中田寛臣



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
NAKATA Hiroomi

松田奈緒子



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
官
MATSUDA Naoko

里内俊介



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 研究官
SATOUCI Shunsuke

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