

ETC2.0 プローブデータを用いた 一般道の渋滞発生要因に関する統計分析

鈴木 丈昭¹・宇野 伸宏²
金崎 智也³・中野 総士⁴・安田 幸司⁵・中川 真治⁶

¹ 学生員 京都大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻
(〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-1-209 号室)
E-mail: suzuki.hiroaki.74r@st.kyoto-u.ac.jp

² 正会員 京都大学大学院教授 工学研究科 社会基盤工学専攻
(〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-1-205 号室)
E-mail: uno.nobuhiro.2v@kyoto-u.ac.jp

³ 正会員 一般社団法人 システム科学研究所
(〒604-8223 京都市中京区新町通四条上ル小結棚町 428 番地)
E-mail: kanasaki@issr-kyoto.or.jp

⁴ 非会員 一般社団法人 システム科学研究所 (同上)
E-mail: s-nakano@issr-kyoto.or.jp

⁵ 非会員 一般社団法人 システム科学研究所 (同上)
E-mail: yasuda@issr-kyoto.or.jp

⁶ 正会員 一般社団法人 システム科学研究所 (同上)
E-mail: nakagawa@issr-kyoto.or.jp

依然として渋滞は解決すべき重要な課題の一つである。一方で近年の ICT の発展に伴い、多種多様なビッグデータが蓄積され、その活用に注目が集まっている。特に交通の分野では従来の定点系の観測データに加えて、車両ごとに追跡する移動体系のデータが利用可能となった。本研究では、時空間的に連続なデータを有し、対応車載器の普及に伴いそのサンプル率が増加している ETC2.0 プローブデータを用いて、研究成果の蓄積が必ずしも十分ではない一般道を対象として、信号交差点に着目し、道路条件や交差点構造が渋滞発生に及ぼす影響について統計分析を行った。奈良県の国道 24 号を対象範囲とし、基礎分析では時間帯・曜日による交通状況の変化を把握するとともに、前後区間の交通状況に着目した渋滞発生箇所の抽出を行い、信号交差点ごとのボトルネック渋滞発生率を評価した。これを被説明変数として行った重回帰分析では、道路サービス水準が高いほど渋滞発生しにくい傾向にあること、右左折専用車線の設置が渋滞抑制に繋がる可能性、および、交差点近傍の土地利用の影響が示唆された。

Key Words: ETC2.0 Probe Data, bottleneck, factors of traffic congestion, regression analysis

1 はじめに

(1) 研究の背景

高度経済成長期のモータリゼーションにより我が国は自動車依存の傾向が強まり、結果として渋滞が頻発する事態に陥った。これまでも数々の渋滞対策が施されてきたが、依然として交通の分野における重要な課題の一つとなっている。渋滞によって、 unnecessary 旅行時間の増大、環境負荷、経済損失、事故リスクの増大といった様々な問題が引き起こされる¹⁾。これらのことから、渋

滞の発生要因を分析した上で、施策を立案・実施し、これを解消しようとする取り組みは意義が大きいと言える。

一方で、近年の ICT の発展に伴って、様々な種類のビッグデータが蓄積されてきている。しかし、その多くは必ずしも十分に活用されるに至っておらず、解析の余地が残されている。交通の分野においては、車両の経路情報を把握できる ETC2.0 プローブデータが利用可能となった²⁾。従来の交通観測手法は、最も原始的なものでは人の目によるもの、国が主体となって 5 年に一度行われる道路交通センサス、路側に設置された車両感知器を用

いたもの等が挙げられる。しかしこれらの手法は、調査地点における全交通を把握できるという利点を持つ一方で、分析対象区間のある代表点でしか観測されないため、その値は区間を代表するものとして記録される。また、人の目による観測手法や道路交通センサスは、ある一日の調査のみという時間的制約も抱えているため、季節や曜日による交通の変化を捉えることができない。近年では、プローブカーデータも利用されている。これは、車両に搭載された GNSS、カーナビ等を用いて車両の走行履歴を記録したものであるが、分析のためのデータ取得に時間を要するという課題を内包する。これに対し ETC2.0 プローブデータは、車両一台一台の走行履歴を主に 200m 進むごとに記録し、路側に設置された経路情報収集装置 (ITS スポット) の下を通過する度に情報がアップリンクされることから、時間的・空間的により連続なデータの収集が可能である。これにより、従来の観測手法では技術的・費用的に困難だった、渋滞の末尾位置等の詳細な交通状況が把握可能となった。本研究ではこの ETC2.0 プローブデータを活用して、渋滞発生に影響を及ぼす走行環境・道路構造要因を統計的に分析する。

(2) 既往研究のレビュー

一般道における速度低下の要因分析は、古くから行われてきた。塩見ら³⁾は、バスプローブデータと道路交通センサスデータを組み合わせることにより、一般道における走行環境が交通サービス水準に与える影響を分析した。その結果、代表信号交差点の青信号比や DID 地区割合による影響を明らかにした。下川ら⁴⁾は、道路交通センサスデータを用いて、50km/h~65km/h の旅行速度を有する中間速度を実現するための、道路構造条件について分析した。その結果、沿道条件、出入制限、信号交差点密度、代表信号交差点の青信号比、幅員構成、右折専用車線、中央分離帯による影響を明らかにした。杉本ら⁵⁾は、高速道路に設置された車両感知器によって得られたデータを用いて、走行速度に影響を与える要因を分析した。その結果、交通量やトンネルによる影響を明らかにした。

ETC2.0 プローブデータは近年になって種々の交通分析に利用されるようになってきた。増本ら⁶⁾は、ETC2.0 プローブデータを、高速道路における速度低下要因分析に適用した。その結果、上り勾配の大きさやその継続距離、また分合流地点における一時的な加速による影響を明らかにした。加藤ら⁷⁾は、ETC2.0 プローブデータを用いて、一般道におけるボトルネック位置とその影響範囲を特定するための指標を提案した。また、これを用いたケーススタディによりその有効性を確認している。

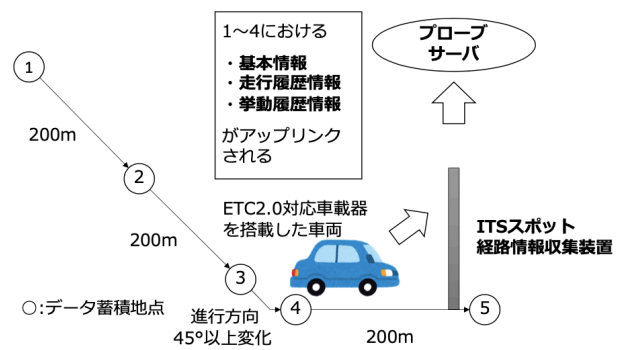


図1 ETC2.0 プローブデータの概要図

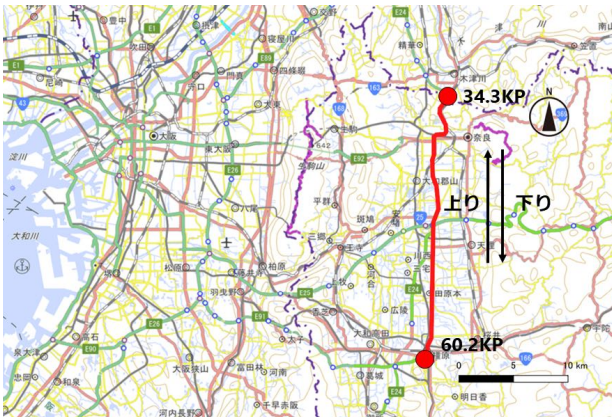
(3) 研究の目的と位置づけ

速度低下の要因分析は、高速道路・一般道ともにこれまで数多くされてきた。前節でまとめた既往研究から、交通量や沿道状況、勾配や幅員等の道路構造が速度低下に影響を及ぼすことが統計的にわかっている。しかしながら、ETC2.0 プローブデータを用いて、一般道における速度低下要因分析を統計的・体系的に行った例は未だ多くは見られない。そこで本研究では、ビッグデータの一つである ETC2.0 プローブデータを用いて道路交通状況を整理し、道路構造・走行環境に関する他種データと統合・利用することにより、一般道における渋滞の発生要因を統計的に分析することを目的とする。

渋滞発生に関する統計解析モデルの用途として、1) 実証分析に基づく渋滞対策のヒントの収集、2) 将来発生しそうな渋滞の予測が考えられる。すなわち、現況と将来の両方における渋滞対策に関する基礎資料としての活用が期待される。

(4) 研究の流れ

分析対象区間の ETC2.0 プローブデータを抽出し、これを 100m の等延長区間ごとの旅行速度を算出する。次に、この旅行速度を用いて平均速度コンター図を描き、区間の交通特性を視覚的に把握する。続いて、渋滞発生率・ボトルネック渋滞発生率を定義し、地点ごとの渋滞発生のしやすさ・ボトルネックのなりやすさを評価する。このとき、合わせて時間帯や曜日による変動を検証する。次に、道路交通センサス等の情報を用いて道路側のデータを整備し、車両側のデータである ETC2.0 プローブデータと統合する。そして、車線数・右折専用車線の有無等の走行環境・道路構造を表す指標を説明変数とし、先に定義した渋滞発生率・ボトルネック渋滞発生率を被説明変数としたモデルを推定し、渋滞発生に影響を及ぼす要因を検証・考察する。



国土地理院地図を加工して作成

図 2 分析対象範囲の地図

2 ETC2.0 プローブデータの整理

(1) ETC2.0 プローブデータの概要

ETC2.0 プローブデータは、ETC2.0 対応車載器を搭載した車両によって収集される走行履歴・挙動履歴データのことであり（図 1）。主に車両が 200m 進むごとに、あるいは 45 度以上進行方向が変化したときに、車両の基本情報、走行履歴、挙動履歴といったデータが車載器に記録される。蓄積されたデータは、高速道路と直轄道路に設置された路側機（ITS スポット）のもとを車両が通過した際に、プローブサーバーへとアップリンクされる。経路情報が収集できる点においてプローブデータは優れており、活用が期待されている。ただし、データの特性上、以下の点について留意が必要である。一点目として、個人情報保護の観点から起点・終点前後の約 500m の経路情報は収集されず、真の起終点との誤差を含むこと。二点目として、個人が特定されないよう、車両特定に活用できる ID は一定期間ごとにリセットされることが挙げられる。対応車載器の普及台数は着々と伸びており、令和二年三月末の時点でセットアップ件数は約 493 万件⁸⁾となっている。

(2) 分析対象範囲

本研究では、奈良県を走る国道 24 号の、34.3KP～60.2KP を分析対象区間とする（図 2）。国道 24 号は、北は京都市下京区の烏丸五条交差点を始点に、南は和歌山県和歌山市の県庁前交差点を終点に持つ、総延長約 235km の一般国道である。分析対象区間は、奈良県内の南北移動における重要路線で、東西を往く主要道路との交差点において渋滞が頻発している。以降の分析では、北から南に向かってキロポストの増加する方向を「下り」、南から北に向かってキロポストの減少する方向を「上り」と記述する。

分析に使用するデータは ETC2.0 プローブデータ、2018

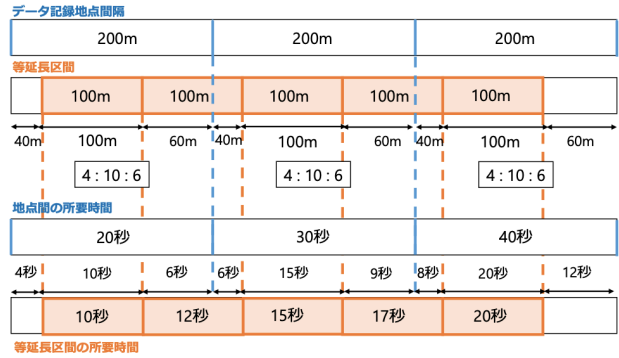


図 3 旅行速度の算出方法

スコア	着目する 等延長区間	100m下流の 等延長区間
-1	渋滞	渋滞
+1	渋滞	非渋滞
0	非渋滞	渋滞
0	非渋滞	非渋滞

図 4 ボトルネック渋滞発生率の考え方

年 10 月の一ヶ月分、約 320 万件とする。

(3) 評価指標の算出

a) 旅行速度

ETC2.0 プローブデータで記録されている速度は、それが記録された時点における瞬間速度であり、データ記録地点間における信号待ち等による停車時間を考慮することができない。そのため本研究では、ETC2.0 プローブデータの項目のうち、データ記録地点間隔と経過時間から旅行速度を算出し、これを用いて分析を行う。

旅行速度は、加藤ら⁷⁾の手法を参考にして算出する。分析対象区間を 100m ごとの等延長区間に分割し、これと ETC2.0 プローブデータの記録地点との兼ね合いに応じて、記録地点間の所要時間を分配する（図 3）。等延長区間距離をこの所要時間で除することにより、100m ごとの旅行速度を算出することができる。

b) 渋滞発生率

本研究では、着目する時間帯のうち「渋滞」している時間の割合を「渋滞発生率」として定義した。サンプル数との兼ね合いから時間の最小分割単位を 15 分とし、その時間における平均旅行速度を算出する。これが着目する時間帯において「渋滞」と判定された割合を「渋滞発生率」とし、100m の等延長区間ごとに算出する。なお本研究では、VICS における「混雑」に相当する平均

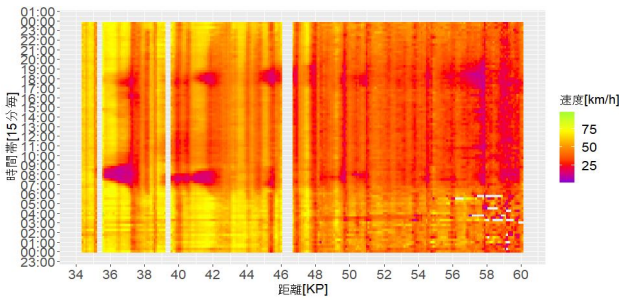


図5 平日下り線の平均速度コンター図

旅行速度 20km/h 以下を「渋滞」として判定している。

c) ボトルネック渋滞発生率

加藤ら⁷⁾の研究における「ボトルネック指数」を参考に、「ボトルネック渋滞発生率」を定義した。「渋滞発生率」の項で述べた最小分割単位が「渋滞」と判定されたとき、その 100m 下流の区間が「非渋滞」の場合は+1ポイント、「渋滞」の場合は-1ポイントを与え、プラス/マイナスそれぞれ着目する時間帯における平均を取ったものを「ボトルネック渋滞発生率+」「ボトルネック渋滞発生率-」として定義する(図4)。この指標は着目する等延長区間における渋滞特性を判別するものであり、「ボトルネック渋滞発生率+」の絶対値が大きいほどその地点はボトルネックになりやすく、「ボトルネック渋滞発生率-」の絶対値が大きいほどその地点は下流のボトルネックの影響を受けて渋滞しやすい、と解釈することができる。

3 ETC2.0 プローブデータを用いた基礎分析

(1) 平均速度コンター図

第2章で準備したデータを用いて、平均速度コンター図を描画した(図5)ここでは一例として、下り線の平日に着目して分析を行う。横軸がキロポスト、縦軸が時刻を表しており、それぞれ 0.1KP・15分毎に、その平均旅行速度に応じて色が塗り分けられている。

まず、この図から以下のような地点を先頭とした速度低下が頻発していることが読み取れる。

- ・ 37.4KP (法華寺東)
- ・ 40.7KP (柏木町東)
- ・ 42.0KP (杏町)
- ・ 45.5KP (発志院町西)
- ・ 49.8KP (嘉幡町)
- ・ 51.2KP (庵治町)
- ・ 55.0KP (千代北)
- ・ 58.0KP (葛本町)

これらのキロポスト周辺にはいずれも、括弧書きで示し

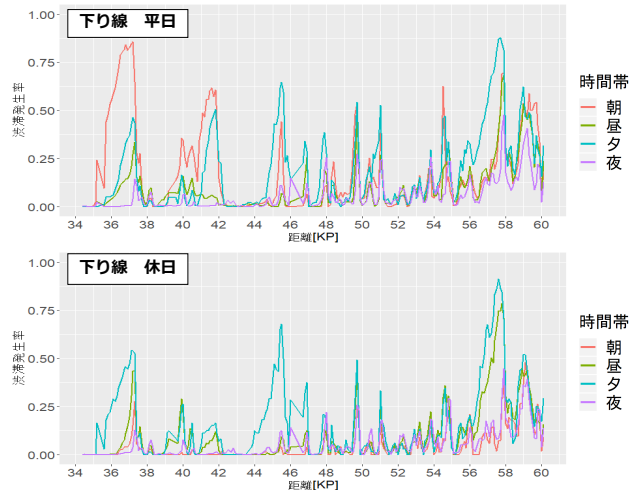


図6 平日下り線の渋滞発生率

た名称の信号交差点が存在しており、信号待ちによる渋滞が発生しているものと考えられる。次に時間帯に着目すると、朝と夕方に速度低下が頻発していることが読み取れる。これはそれぞれ、通勤ラッシュと帰宅ラッシュの時間帯に相当するものと考えられる。また、地点によって速度低下が最も顕著な時間帯は異なっており、例えば37.4KP周辺では朝の時間帯、45.5KP周辺では夕方の時間帯により混雑することが読み取れる。34.3KP~48.4KP周辺と比べて、48.4KP周辺~60.2KPは全体的に速度が低いことが読み取れる。これは、前者が片側二車線区間であるのに対し、後者が片側一車線区間であることが影響していると考えられる。58.0KP周辺~60.2KPは、時間帯を問わず速度が低いことが読み取れる。この区間には、近鉄大阪線の和八木駅や橿原市役所が位置しており、建物と道路が密集した地域となっている。交差点間の距離も非常に短く、また分析対象である国道24号が右左折することから、第4章の分析においてはこれら一部の区間を除外する対応をとっている。

(2) 渋滞発生率

続いて、第2章で定義した渋滞発生率を、時間帯毎に描画した(図6)。なお以降の分析では、前節で得られた知見を踏まえて、通勤ラッシュに相当する7:00~8:59を「朝」、9:00~16:59を「昼」、帰宅ラッシュに相当する17:00~18:59を「夕」、それ以外を「夜」として定義する。

平日の下り線に着目すると、前節で速度低下が顕著であるとして挙げた地点において、いずれも渋滞発生率の値が大きくなっていることが読み取れる。また、37.4KP周辺や42.0KP周辺のように、朝の時間帯に最も速度が低下する(渋滞発生しやすい)地点と、45.5KP周辺や58.0KP周辺のように夕の時間帯に最も速度が低下する(渋滞発生しやすい)地点とが混在することを、渋滞発

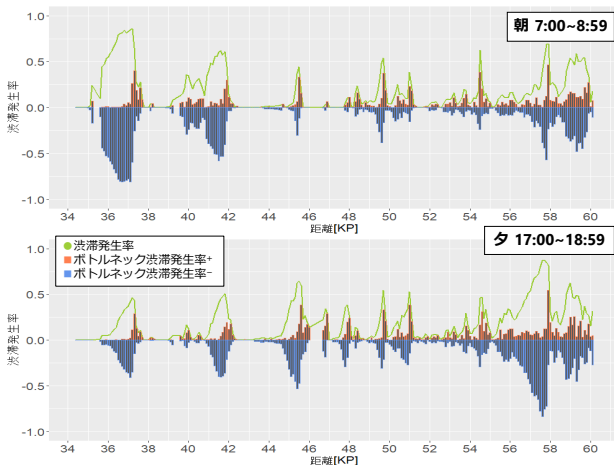


図7 平日下り線のボトルネック渋滞発生率

生率の図からも読み取ることができる。

続いて、休日の下り線に着目する。平日の場合、渋滞発生の顕著な時間帯は地点によって様々であったが、休日の場合、渋滞発生は主に夕の時間帯に発生していることがわかる。

- ・37.4KP (法華寺東)
- ・45.5KP (発志院町西)
- ・58.0KP (葛本町)

例えば上に挙げたような三つの地点では、朝、昼、と次第に渋滞発生率の値が大きくなり、夕の時間帯にピークを迎えることが読み取れる。これは、ショッピングや観光等に出かける人々の動きを反映していると考えられ、家を出発する時間帯はそれぞれであるが、帰宅する時間帯が夕に重なるため交通量が大きくなり、渋滞発生に繋がるものと推測される。

(3) ボトルネック渋滞発生率

第2章で定義したボトルネック渋滞発生率について、平日の下り線における、朝と夕の時間帯に着目して描画した(図7)。朝の時間帯について、37.4KP周辺を先頭とする渋滞に着目すると、37.3KPにおいてボトルネック渋滞発生率+がピークを迎え、その上流ではボトルネック渋滞発生率-の絶対値が大きくなっていることがわかる。これは、37.3KPのボトルネックの影響でその上流は渋滞発生しやすくなっている、と解釈することができる。夕の時間帯について、58.0KP周辺を先頭とする渋滞に着目すると、57.9KPにおいてボトルネック渋滞発生率+がピークを迎え、その上流ではボトルネック渋滞発生率-の絶対値が大きくなっていることがわかる。これについても前者の場合と同様の解釈ができるが、後者の場合はその上流において、ボトルネック渋滞発生率+の値も微量ながら検出されていることがわかる。これについて、前者の場合は渋滞区間に信号交差点が存在しない一方、

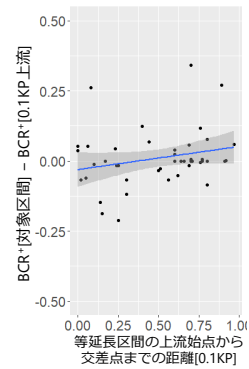


図8 BCR+の差異

後者の場合は複数の信号交差点が存在することによるものと考えられる。

4 他種データと統合した分析

(1) 分析の準備

本章では ETC2.0 プローブデータを用いて整理した車両側のデータに、道路交通センサス等の情報を用いて整理した道路側のデータを統合することにより、走行環境・道路構造が渋滞発生に与える影響を統計的に分析する。

第3章の基礎分析から、分析対象区間における渋滞は、幾つかの信号交差点をボトルネックとして発生していることが推測された。そこで以降の分析では、交差点ごとに走行環境・道路構造情報を整理し、その交差点が含まれる等延長区間の渋滞発生率と結びつけたデータを用いるものとする。なお、58.8KP~59.5KPの交差点密集区間を除いた、4つのリンクを有する交差点、全44箇所を分析対象とした。

交通側のデータに関して、「渋滞発生率」「BCR+」を用いたい。しかし、第3章で示した図を見ると、BCR+の山の頂点が、ボトルネックになっているであろう交差点が位置する等延長区間より、0.1KP上流にあるものが多いことがわかった(図8)。そこで、着目する交差点が含まれる等延長区間のBCR+と、その0.1KP上流の等延長区間におけるBCR+との平均を取った「BCR++」を定義した。以降の分析では「渋滞発生率」「BCR++」を交通側のデータとして、これを説明するモデル分析を目指すものとする。

道路側のデータに関しては、H27年度の道路交通センサスデータと、Google Mapを用いて手作業で収集したものとの二種を用いて整理した。なお、道路側の各指標に割り当てられた数字は交差点のリンクを示しており、1から順に北→東→南→西を表している。これは国道24号が基本的に北から南へと進む特性を利用したものであ

り、一部これに当てはまらない交差点については1を下り線の流入リンク, 3を上り線の流入リンクとしている。
道路交通センサスデータからは、「昼間 12 時間交通量」「指定最高速度」「代表沿道状況」を採用した。なお、道路交通センサスの基本単位である交通調査基本区間は複数の交差点を含むため、隣り合う交差点で同値に

表 1 説明変数の基礎統計量

説明変数	値	該当数	説明変数	値	該当数	説明変数	値	該当数	説明変数	値	該当数
指定最高速度1	40	2	車線数1	2	28	車線数3	2	28	歩道橋2	0	43
50	27	4	16	4	16	1	1	1			
60	15	0	右折車線数1	0	8	右折車線数3	0	9	歩道橋4	0	43
代表沿道状況1	1	13	1	36	1	34	1	1	1	1	
2	8	左折車線数1	0	39	2	1	合流1	0	43		
3	3	3	1	5	左折車線数3	0	39	1	1	1	1
4	20	車線数2	1	14	1	5	合流3	0	41		
指定最高速度3	40	2	2	27	車線数4	1	22	1	3		
50	27	4	3	2	21	角地利用12	0	31			
60	15	0	29	4	1	1	13				
代表沿道状況3	1	14	1	13	右折車線数4	0	27	角地利用23	0	36	
2	7	2	2	1	16	1	8				
3	3	左折車線数2	0	42	2	1	角地利用34	0	26		
4	20	1	2	43	1	1	1	18			
			1	1	角地利用41	0	25				
							1	19			
		平均値	最小値	最大値	中央値	標準偏差					
昼間12時間交通量1		23261	14370	39941	23587	7982					
昼間12時間交通量3		23231	12454	39941	23587	8257					

なっている箇所が複数存在する。

Google Mapからは、リンクごとの「車線数」「右折車線数」「左折車線数」、対象方向の「合流」部の有無、交差道路の「歩道橋」の有無、交差点近傍の施設における駐車場の有無を表す「角地利用」を抽出・整理した。なお、Google Mapは2019年末のバージョンを参照したため、ETC2.0 プローブデータの記録された当時とは異なる可能性が存在する。

(2) 基礎分析

前節で用意した道路側のデータに関して、まず、基礎統計量を算出した(表1)。このうち「左折車線数4」「歩道橋2」「歩道橋4」「合流1」を見ると、該当する構造を含む交差点はそれぞれ1箇所ずつしか存在しないことがわかる。これらの指標は、交差点そのものを表すダミー変数として捉えることができ、該当の構造のみならず、その交差点が有する他の要因が影響している可能性が考えられる。なお、各変数の末尾の数字は、4(1)で示した各交差点のリンクを表し、原則、1, 2, 3, 4 が

表 2 説明変数間の相関関係

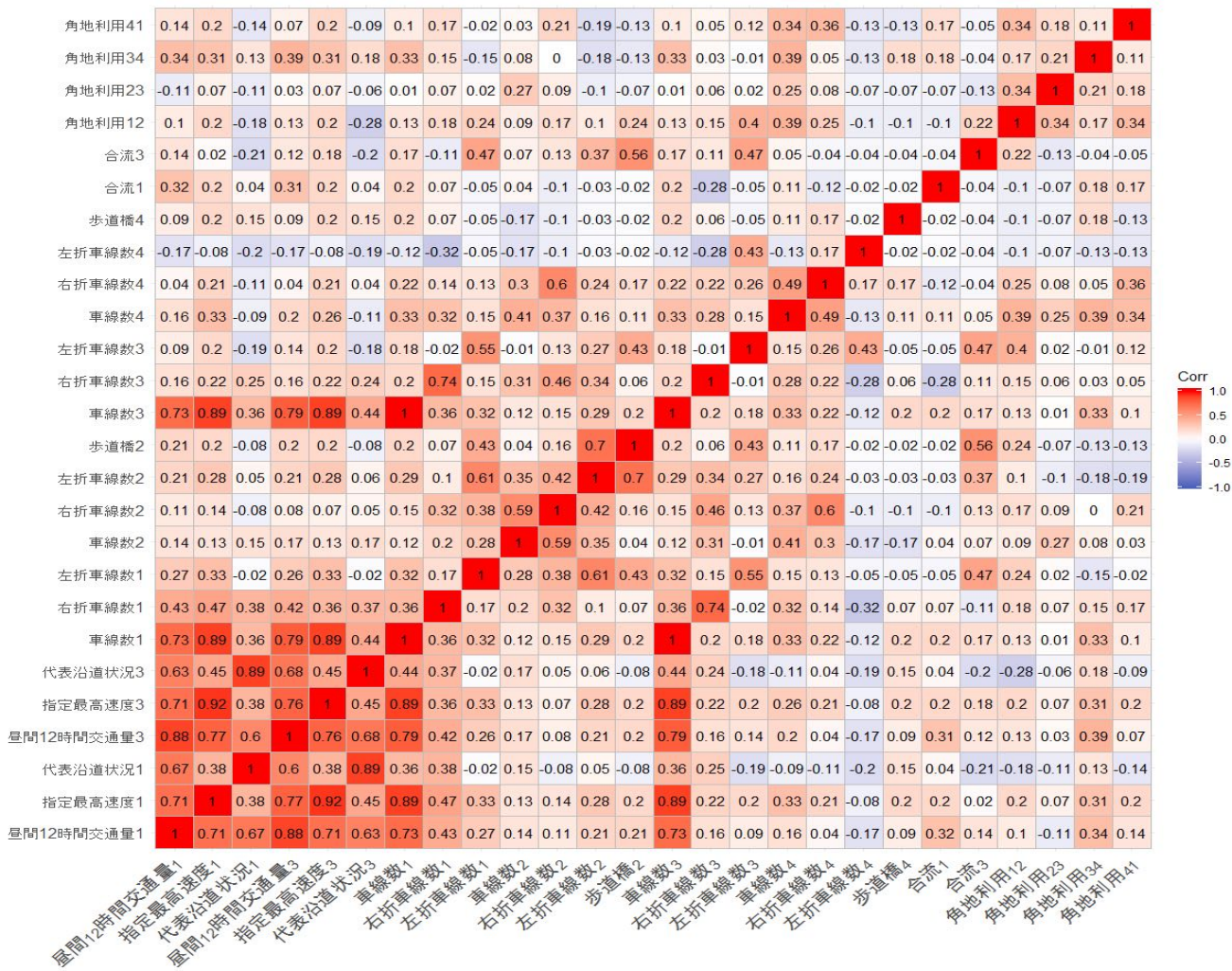
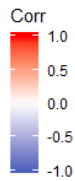


表 3 渋滞発生率との相関関係

	渋滞発生率 BCR++					
	朝		昼		夕	
	朝	昼	朝	昼	朝	夕
角地利用41	0.03	0.11	0.17	0.12	0.15	0.22
角地利用34	-0.01	-0.05	-0.15	0.08	0.03	0.05
角地利用23	0.06	0.18	0.13	0.03	0.12	0.1
角地利用12	0.13	0.27	0.08	0.24	0.4	0.42
合流3	0.2	0.12	-0.02	0.36	0.25	0.15
合流1	0.2	-0.13	0.09	0.26	-0.12	0.17
歩道橋4	-0.16	-0.16	-0.16	-0.15	-0.16	-0.17
左折車線数4	0.01	0.1	0.04	-0.07	0.03	-0.06
右折車線数4	0.02	0.2	0.01	0.11	0.29	0.24
車線数4	0.24	0.32	0.13	0.31	0.42	0.5
左折車線数3	0.04	0.21	0.03	0.06	0.24	0.16
右折車線数3	-0.25	-0.19	-0.28	-0.08	0.04	0
車線数3	-0.21	-0.45	-0.3	-0.08	-0.35	-0.08
歩道橋2	0.37	0.17	0.12	0.43	0.21	0.29
左折車線数2	0.14	0	-0.04	0.2	0.02	0.08
右折車線数2	0.08	0.14	0.02	0.14	0.23	0.19
車線数2	0.13	0.16	0.1	0.2	0.2	0.24
左折車線数1	-0.08	-0.04	-0.16	-0.01	-0.01	-0.04
右折車線数1	-0.25	-0.31	-0.28	-0.1	-0.1	0.03
車線数1	-0.21	-0.45	-0.3	-0.08	-0.35	-0.08
代表沿道状況3	-0.37	-0.55	-0.41	-0.24	-0.46	-0.31
指定最高速度3	-0.31	-0.5	-0.31	-0.13	-0.43	-0.18
昼間12時間交通量3	-0.19	-0.51	-0.44	-0.03	-0.37	-0.14
代表沿道状況1	-0.33	-0.49	-0.36	-0.18	-0.38	-0.2
指定最高速度1	-0.27	-0.47	-0.28	-0.19	-0.45	-0.18
昼間12時間交通量1	-0.23	-0.54	-0.42	-0.01	-0.39	-0.11



各々、北、東、南、西と対応している。

続いて、変数間の相関係数を算出した(表2)。道路交通センサスの指標に着目すると、「昼間12時間交通量」と「指定最高速度」の相関係数が大きくなっている。これらは値が大きいほど道路サービス水準が高いことを示す指標であると考えられる。また、センサス区間が100mの等延長区間と比べて距離の大きいことから、同一指標の上流側・下流側の相関係数が大きくなっていることがわかる。「昼間12時間交通量」「指定最高速度」はいずれも、「車線数」との相関係数が大きくなってい

表 4 平日下り線の重回帰分析結果

下り線/平日	渋滞発生率			BCR++		
	朝	昼	夕	朝	昼	夕
	(定数)	-1.34E-15***	-4.98E-16***	-4.02E-16***	-1.14E-15***	-6.13E-16***
昼間12時間交通量1	-0.306*	-0.335*	-0.596***			
指定最高速度1		-0.382*		-0.472***	-0.718***	-0.495***
右折車線数1	-0.301*	-0.187				
左折車線数1	-0.293*					
右折車線数2	0.304.					
歩道橋2	0.542***	0.231*	0.278*	0.493***	0.225*	0.270*
車線数4	0.377*	0.471***		0.371**	0.521***	0.500***
右折車線数4	-0.311.					
合流1	0.268*		0.249.	0.323*		0.245*
角地利用12		0.171			0.282**	0.277*
角地利用41			0.248.			
R ²	0.5237	0.6588	0.3519	0.5007	0.6999	0.5278
自由度調整済みR ²	0.4148	0.6035	0.2855	0.4495	0.6691	0.5166
AIC	-163.66	-200.91	-140.52	-247.08	-295.52	-261.74

表 5 平日上り線の重回帰分析結果

上り線/平日	渋滞発生率			BCR++		
	朝	昼	夕	朝	昼	夕
	(定数)	9.46E-16***	6.72E-16***	1.18E-15***	8.70E-16	1.01E-15*
代表沿道状況3	0.61***	-0.268*	-0.188	0.244*		
指定最高速度3	-0.635***	-0.422**	-0.408**			
車線数2		0.202.				
右折車線数2				0.575**	0.263*	0.458**
左折車線数2	0.49*		0.424**			
歩道橋2	-0.672**	-0.385**	-0.749***	-0.364*	-0.396**	-0.323*
車線数3				-0.242	-0.461***	-0.432***
右折車線数3	-0.391**		-0.183	-0.265.		-0.178
左折車線数3		0.231*		0.317.	0.316*	0.215
車線数4	0.374**	0.3*	0.337**	0.368*	0.329**	0.370**
右折車線数4			0.211.	-0.378*		
合流3	0.625***	0.418**		0.635***	0.294*	0.310*
角地利用12					0.210.	
角地利用23	0.236.					
R ²	0.5147	0.6771	0.6745	0.458	0.6394	0.5811
自由度調整済みR ²	0.4037	0.6143	0.6001	0.314	0.5693	0.4996
AIC	-148.95	-192.95	-168.41	-228.17	-269.43	-189.99

る。分析対象区間は、48.4KP付近を境にその北側は片側二車線、南側は片側一車線区間となっており、同時に指定最高速度60km/h、50km/hの分かれ目にもなっていることが、要因の一つであると考えられる。

続いて、車両側のデータである「渋滞発生率」「BCR++」と、道路側データの各指標との間の相関係数を算出した(表3)。この結果から、道路サービス水準の向上や右左折専用車線の設置が渋滞抑制に、交差道路の規模や沿道利用・交差点近傍の駐車場が渋滞悪化に影響を及ぼしていると仮説を立てて、重回帰分析を行うものとする。

(3) 重回帰分析

平日の朝・昼・夕の時間帯について、渋滞発生率・BCR++を説明するモデルを重回帰分析により推定した。これには、BCR++によりボトルネックとなる交差点を抽出し、渋滞発生率により渋滞を悪化させる交差点を抽出する狙いがある。説明変数はステップワイズ法により選択した。加えて、前項で整理した説明変数間の相関係数を参考に、多重共線性が発生しないようVIF2.0以下を目安に変数を吟味した。以下、5%有意を満たしている変数に着目して考察していく。

まず、下り線の結果について着目する(表 4)。「昼間 12 時間交通量 1」「指定最高速度 1」は負の値を示している。これらは道路サービス水準を表す指標であると考えられ、これが大きいほどドライバーの快適な運転に繋がり、渋滞発生しにくくなるものと考えられる。「右折車線数 1」「左折車線数 1」は負の値を示している。右折(左折)専用車線が設置されることにより、滞留する曲進車が直進車の進行を妨害するケースが減り、渋滞発生しにくくなるものと考えられる。「歩道橋 2」は正の値を示しているが、前節で触れたように、ある交差点を代替するダミー変数であると考えられ、歩道橋以外の要因が影響している可能性が大きい。「車線数 4」は正の値を示している。交差道路の車線数が大きい、つまり交差道路の規模が大きいほど、渋滞発生しやすくなるものと考えられる。「角地利用 12」は、北側のリンクと東側のリンクに挟まれた土地に駐車場利用があるかを示すダミー変数で、正の値を示している。交差点近傍に駐車場がある場合、これに出入りする車両が交通流を妨げることにより、渋滞発生しやすくなるものと考えられる。本線に面した駐車場の出入りを無くすことや、本線から離れた場所に駐車場を設けることが、渋滞対策につながると推測される。

続いて、上り線の結果について着目する(表 5)。「代表沿道状況 3」は、数字が小さくなるほど建物や人口の集中する都市部であることを表す指標で、これが朝の時間帯は正の値を、昼の時間帯は負の値を示している。朝の時間帯は商業施設が開いておらず、始業する昼の時間帯以降に車両の出入りが多くなるため、渋滞発生しやすくなると考えられる。また、下り線の「角地利用 12」についても 5%有意となっているのは昼・夕の時間帯のみで、同様の解釈が成り立つ。「左折車線数 3」や「右折車線数 4」のように、仮説や下り線の結果とは異なる符号をとる指標も見られた。本研究は分析対象区間が小さく地域の交通特性を受けやすいため、より分析対象範囲を大きくすることで仮説に沿った結果が得られると期待される。「合流 3」は正の値を示している。これは、側道から合流する車両が本線の交通流を妨げることにより、渋滞発生しやすくなるものと考えられる。合流場所の見直しや信号等を用いた適切な制御が、対応策として挙げられる。

5 おわりに

本研究では、近年利用可能となったビッグデータの一つである ETC2.0 プローブデータを用いて、分析対象区間の交通流を可視化した。また、渋滞発生率をはじめとする種々の指標を定義し用いることにより、これを評価

した。さらには、道路交通センサス等の情報を用いて道路側のデータを整理し、車両側のデータである ETC2.0 プローブデータと統合することにより、渋滞発生に影響を与える走行環境・道路構造要因について分析した。以下、分析により得られた知見をまとめる。

分析対象区間における渋滞は、主に交差点を先頭として発生していることが推測された。平日における渋滞は朝の通勤ラッシュ、夕の帰宅ラッシュの時間帯に発生することが多く、最も混雑する時間帯は交差点によってまちまちであることがわかった。休日における渋滞は朝、昼と時刻が進むにつれて次第に発生しやすくなり、夕にピークを迎えることがわかった。これは、レジャー帰りの時間帯が重なることに起因すると考えられる。重回帰分析における結果から、道路サービス水準が高いほど、また右折専用車線・左折専用車線を設置することで渋滞抑制につながる可能性が示唆された。さらに、交差道路の規模が大きいほど、また合流部や交差点近傍に駐車場利用があるとき、渋滞発生しやすくなる可能性が示唆された。

今後の研究展開として、分析対象範囲を拡大することが挙げられる。本研究では国道 24 号の一部のみに着目して分析を行なったが、結果として交差点のサンプル数が少なくなり、地域の交通特性を受けやすい結果となってしまった。分析対象範囲を拡大すると同時に、ネットワークへと分析の枠組みを進展させることで、隣接交差点の影響を把握することにもつながる。

課題点として、交差点データの整備不足が挙げられる。本研究では道路交通センサスの情報に加え、Google Map を参考に手作業で整理したデータを道路側のデータとして用いた。今回の分析では交差点一つ一つをつぶさに見ていったため、範囲の広い交通調査基本区間では上流・下流で同値を取らざるを得なかった。また、分析対象範囲を拡大するとなった際に、手作業ではデータを整備しきれないため、道路構造や交差点形状の網羅されたデータの必要性が強く感じられた。

謝辞：本研究は「新都市社会融合創造研究会」(事務局：国土交通省近畿地方整備局)の受託研究の一部として実施したものである。頂戴したご支援に対して、謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局：道路交通の円滑化/TDM, 2020 年 9 月 25 日閲覧,
<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/tdm/Top03-01-01.html>
- 2) 伊藤正秀：ETC2.0 データを用いた道路交通の見える化, 2020 年 9 月 25 日閲覧,

http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/kouenkai/kou-enkai2015/pdf/151203_08.pdf

- 3) 塩見康博, 宇野伸宏, 森脇啓介: バスプローブデータを用いた都市道路網交通サービス水準変動要因分析, 第 29 回交通工学研究発表会論文集, 2009.
- 4) 下川澄雄, 小山田直弥, 吉岡慶祐, 森田綽之: 中間速度を実現するための道路構造条件の分析, 交通工学論文集, 2018.
- 5) 杉本鉄平, 山崎浩気, 宇野伸宏, 塩見康博: 都市間高速道路の走行速度変動要因に関する基礎的考察, 土木計画学研究・講演集, Vol.41, 2010.
- 6) 増本裕幸, 宇野伸宏, 山崎浩気, 亀岡弘之, 山本浩司, 山本隆: ETC2.0 プローブ情報を用いた都市間高速道路における速度低下に関する分析, 交通工学論文集, 3 巻, 4 号, pp.A_74-A_83, 2017.
- 7) 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 プローブ情報活用の有効性に関する研究, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), 73 巻, 2 号, pp. I_242-I_250, 2017.
- 8) 一般財団法人 ITS サービス高度化機構: ETC 総合情報ポータルサイト, 2020 年 9 月 25 日閲覧, <https://www.go-etc.jp/index.html>

(Received ????)
(Accepted ????)

STATISTICAL ANALYSIS OF TRAFFIC CONGESTION CAUSES
ON NATIONAL HIGHWAY USING ETC2.0 PROBE DATA
Hiroaki SUZUKI, Nobuhiro UNO, Tomoya KANASAKI, Soushi NAKANO,
Kouji YASUDA, and Shinji NAKAGAWA

Traffic Congestion is one of the most important issues to be solved. On the other hand, with the development of ICT in recent years, various kinds of big data have been accumulated, and their application is attracting attention. In the field of transportation, in addition to the conventional fixed-point observation data, it is now possible to use data on the movement system to track each vehicle. Using ETC2.0 probe data, which is characterized by its ability to determine spatio-temporal densities of traffic conditions, this study conducted a statistical analysis of the effects of road conditions and intersection structures on the occurrence of traffic congestion, focusing on signalized intersections on ordinary roads, where research results have not always been fully accumulated. In the basic analysis, changes in traffic conditions were identified by time of day and day of the week, and the rate of bottleneck congestion was evaluated at each signalized intersection. The multiple regression analysis of these results as the dependent variable suggested that the higher the level of road service, the less congestion tends to be generated, the installation of a dedicated right/left turn lane may lead to less congestion, and the influence of land use near the intersection.