

# 都市間高速道路における対面通行規制時の 交通容量変動要因分析

山本 隆<sup>1</sup>・上水 一路<sup>2</sup>・花田 大輝<sup>1</sup>・鶴 元史<sup>3</sup>・中林 悠<sup>4</sup>・下川 澄雄<sup>5</sup>

<sup>1</sup>正会員 中日本高速道路株式会社 (〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦2-18-19)  
E-mail: t.yamamoto.ae@c-nexco.co.jp, h.hanada.aa@c-nexco.co.jp

<sup>2</sup>非会員 中日本高速道路株式会社 (〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦2-18-19)  
E-mail: k.uemizu.aa@c-nexco.co.jp

<sup>3</sup>非会員 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社  
(〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦1-8-11 DPスクエア錦)

<sup>4</sup>正会員 株式会社道路計画 (〒170-0013 東京都豊島区東池袋2-13-14 マルヤス機械ビル5F)  
E-mail: nakabayashi@doro.co.jp

<sup>5</sup>正会員 日本大学 理工学部 交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)  
E-mail: shimokawa.sumio@nihon-u.ac.jp

中日本高速道路(株)では、高速道路リニューアルプロジェクトを各地で進めている。都市間高速道路を対象とした筆者らの先行研究では、対面通行規制時の渋滞先頭地点や交通容量を把握した。ただし、渋滞先頭地点が定まる条件や交通容量の変動要因は明らかになっていない。

本研究では、渋滞先頭地点が定まる条件や交通容量の変動要因を考察することを目的として、対象規制区間のサンプル数を追加したうえで、ボトルネックが定着する箇所の特徴を分析するとともに、対面通行規制時の交通容量推定モデルを構築した。分析の結果、渋滞先頭地点になる条件として合流割合やサグ順位、車線シフト状況が影響している可能性があること、交通容量推定モデルより渋滞先頭地点や規制区間延長、大型車混入率、縦断勾配が交通容量に影響することを明らかにした。

**Key Words :** *Inter-urban Expressway, Construction Regulation, Queue discharge flow rate*

## 1. はじめに

わが国の高速道路は、供用開始から 50 年以上を経過する区間も増えてきており、構造体の老朽化に伴う保全工事が最盛期を迎えようとしている。中日本高速道路(株) (以下、NEXCO 中日本)においても、高速道路リニューアルプロジェクト(大規模更新・修繕事業)を鋭意推進中である。

一方で、戦略的な工事規制計画の立案にあたっては、工事による車線規制に伴って生起する交通現象をより確度高く予測することが必要であり、そのためには、工事規制時において、渋滞が発生するボトルネックやその交通容量を把握することが重要である。しかしながら、近年の工事規制時における渋滞発生現象や交通容量に関する研究事例は少なく、特に大規模更新工事の対面通行規制時に関する知見はほとんどない現状である。

NEXCO 中日本では、これまで高速道路リニューアル

プロジェクトを実施する中で、工事による渋滞実績が一定程度蓄積されてきていることから、様々な規制時における渋滞発生状況とその特徴を整理し、今後の工事規制計画の立案に役立てていくことが重要であると考え。

筆者らの都市間高速道路を対象とした先行研究<sup>1)</sup>では、対面通行規制時の渋滞先頭地点が「規制始端部」や「規制区間内(合流部、単路部、車線シフト部)」に定着することと、地点ごとに交通容量が異なることを把握した。ただし、渋滞先頭地点が定まる条件や交通容量の変動要因は明らかになっていない。

本研究では、渋滞先頭地点が定まる条件や交通容量の変動要因を考察することを目的として、先行研究<sup>1)</sup>の 24 規制区間に 10 規制区間を新たに追加したうえで、規制方法や道路条件等よりボトルネックが定着する箇所の特徴を分析するとともに、気象条件や交通条件などに加えて対面通行規制時の交通容量推定モデルを構築することでその変動要因を分析した。

## 2. 既往文献整理と本研究の位置づけ

### (1) 工事規制時の渋滞現象

工事規制時の渋滞現象に関する知見として、都市高速道路では、菅野ら<sup>2)</sup>と古賀ら<sup>3)</sup>が首都高速4号新宿線と首都高速3号渋谷線の集中工事期間における渋滞発生状況を分析しており、両路線ともに渋滞先頭地点が規制始端部であったことを示している。一方、都市間高速道路をみると、高橋ら<sup>4)</sup>は東名集中工事期間の渋滞先頭地点を分類しており、主な渋滞先頭地点が規制始端部、規制区間内の合流部（IC および SA）とサグ部であることを示している。

筆者らの先行研究<sup>1)</sup>でも、東名と中央道の大規模更新工事による対面通行規制を対象として、渋滞発生状況分析を行い、渋滞先頭地点が「規制始端部」や「規制区間内（合流部、単路部、車線シフト部）」といった箇所に着定することを示している。また、渋滞先頭地点と規制区間延長の関係を分析し、渋滞先頭地点が規制始端部や合流部の場合は規制区間の長さ依存しないこと、単路部を先頭とする渋滞は、規制区間長が長いほど渋滞が発生しやすい可能性があることを示している。

### (2) 工事規制時の交通容量

工事規制時の交通容量に関する知見として、都市高速道路をみると、前述の古賀ら<sup>3)</sup>は片側2車線区間の1車線規制時における渋滞中交通流率が1,200~1,500pcu/時であり、規制車線別では追越車線規制よりも走行車線規制の方が高くなる傾向を示している。山下ら<sup>5)</sup>は渋滞中交通流率とその影響要因（規制方法や幾何構造、走行環境、交通特性）の関係を分析し、渋滞中交通流率が960~1,860台/時の範囲にあること、夜間と規制車線、最大縦断上り勾配の3つの影響が大きいことを述べている。

一方、都市間高速道路では、土方ら<sup>6)</sup>が片側2車線区間の1車線規制時を対象にしており、渋滞中交通流率が1,500~2,050pcu/時であることと、規制区間延長が長くなるほど渋滞中交通流率が低くなることを示している。前述の高橋ら<sup>4)</sup>は渋滞先頭地点と規制車線に着目し、片側2車線区間の1車線規制時では、渋滞中交通流率が1,085~1,304pcu/時であることを示したうえで、渋滞先頭地点別では規制始端部と合流部が同程度であり、サグ部が最も低い傾向であること、規制車線別では走行車線規制よりも追越車線規制の方が高くなる傾向であることを述べている。さらに、近田ら<sup>7)</sup>は工事規制区間を短縮し、規制始端部からボトルネックまでの距離を短くすることで、渋滞中交通流率が増加すると述べている。

筆者らの先行研究<sup>1)</sup>では、規制始端部の渋滞中交通流率が1,153~1,362台/時、規制区間内の合流部が1,223~1,263台/時、規制区間内の単路部が1,136~1,212台/時、規

制区間内の車線シフト部が1,036~1,103台/時であり、規制始端部の渋滞中交通流率が最も高く、規制区間内の合流部、規制区間内の単路部、規制区間内の車線シフト部の順に低くなっていることを示している。

### (3) 本研究の位置づけ

これら既往文献のうち筆者らの先行研究<sup>1)</sup>を除いたものは、分析時点においてプローブデータが普及していないことから、渋滞先頭地点の特定にあたっては車両感知器の速度データを使用していたものと考えられ、車両挙動データを用いて渋滞先頭地点を精緻に分析した事例はない。また、既往文献で対象とした工事規制は、通常の短期的な工事や集中工事等の車線規制時を対象としており、大規模更新工事のような上下線同時の工事で、車線シフトが伴う対面通行規制時を対象とした文献は見当たらない。さらに、近年では交通容量の経年的な低下が報告されていること<sup>8),9)</sup>から、最新の交通容量を把握することが重要であると考えられる。

具体的な分析結果をみても、車線規制時の渋滞先頭地点で挙げられている箇所は同様であるが、筆者らの先行研究<sup>1)</sup>も含めて渋滞先頭地点が定まる条件は明示されていない。また、交通容量の変動要因も幾つか示されており、規制区間延長が影響していることに言及しているものの、渋滞先頭地点別には明確になっていない。

本研究では、大規模更新工事における対面通行規制時を対象に、先行研究<sup>1)</sup>の24規制区間に10規制区間を新たに追加して、ETC2.0プローブ情報を用いた渋滞発生状況分析を行い、規制方法や道路条件等よりボトルネックが定着する箇所の特徴を分析する。さらに、交通容量の変動要因分析として、気象条件や交通条件などに加えて対面通行規制時の交通容量推定モデルを構築することでその変動要因を考察する。

## 3. 工事規制概要と分析方法

### (1) 工事規制概要

本研究で対象とする大規模更新工事における対面通行規制の工事規制状況を表-1に示す。大規模更新工事は、数時間から数日の車線規制工事に異なり、対面通行規制を採用することが多い。この場合、車線シフトを伴うことになり、規制が長期間（1ヶ月以上）に亘るという特徴がある。また、中央分離帯として剛性構造物等を設置し往復分離している。

対象とする対面通行規制は、NEXCO 中日本管内の都市間高速道路である中央道と東名において、2017~2021年までの5年間に大規模更新工事が行われた34規制区間（上下線別）とする。工事規制状況は、規制区間や規

表-1 大規模更新工事における対面通行規制の工事規制状況

No.	工事基本情報					規制条件							
	路線	方向	工事規制区間	管轄支社	工事規制期間	規制区間(kp)	規制区間延長(km)	片側車線数	規制始端部の絞り込み車線	対面通行の規制形態			
										利用方向	利用車線	順向対向の分類	対面通行区間延長(km)
1	中央道	上	伊那→岡谷JCT	八王子	2017年6~7月	196.6→186.9	9.7	1	追越車線	下り線	追越車線	対向	0.4
										上り線	走行車線	順向	3.2
2	中央道	下	岡谷JCT→伊北	八王子	2017年6~7月	185.4→195.4	10.0	1	追越車線	上り線	追越車線	対向	3.2
										下り線	走行車線	順向	0.4
3	中央道	上	伊北→岡谷JCT	八王子	2017年10~11月	193.2→186.7	6.5	1	追越車線	下り線	追越車線	対向	3.9
4	中央道	下	岡谷JCT→伊北	八王子	2017年10~11月	185.2→191.6	6.4	1	追越車線	下り線	走行車線	順向	3.9
5	東名	上	富士→裾野	東京	2019年1~3月	106.7→100.9	5.8	1	追越車線	下り線	追越車線	対向	2.5
6	東名	下	裾野→愛鷹スマート	東京	2019年1~3月	100.4→104.4	4.1	1	追越車線	下り線	走行車線	順向	2.5
7	東名	上	愛鷹スマート→裾野	東京	2020年1~3月	105.1→100.9	4.2	1	追越車線	上り線	走行車線	順向	2.5
8	東名	下	裾野→愛鷹スマート	東京	2020年1~3月	98.9→105.0	6.1	1	追越車線	上り線	追越車線	対向	2.5
9	東名	上	沼津→裾野	東京	2020年10~12月	102.1→96.4	5.7	1	追越車線	上り線	走行車線	順向	4.5
10	東名	下	裾野→沼津	東京	2020年10~12月	94.1→101.5	7.4	1	追越車線	上り線	追越車線	対向	4.5
11	東名	上	富士→愛鷹スマート	東京	2019年10~12月	116.3→108.8	7.5	1	追越車線	下り線	追越車線	対向	4.6
12	東名	下	愛鷹スマート→富士	東京	2019年10~12月	108.0→114.7	6.7	1	追越車線	下り線	走行車線	順向	4.6
13	東名	上	富士→愛鷹スマート	東京	2020年9~12月	116.3→109.1	7.2	1	追越車線	上り線	走行車線	順向	4.6
14	東名	下	愛鷹スマート→富士	東京	2020年9~12月	108.0→115.4	7.4	1	追越車線	上り線	追越車線	対向	4.6
15	東名	上	清水JCT→富士川スマート	東京	2019年10~12月	136.2→128.9	7.3	1	追越車線	上り線	走行車線	順向	5.9
16	東名	下	富士→清水JCT	東京	2019年10~12月	126.7→136.1	9.4	1	追越車線	上り線	追越車線	対向	5.9
17	東名	上	清水JCT→富士川スマート	東京	2020年9~12月	141.6→128.9	12.7	1	追越車線	上り線	走行車線	順向	5.9
18	東名	下	富士→清水JCT	東京	2020年9~12月	126.7→136.1	9.4	1	追越車線	上り線	追越車線	対向	5.9
19	東名	上	春日井→守山スマート	名古屋	2020年1~3月	336.4→334.1	2.3	1	追越車線	上り線	走行車線	順向	1.2
20	東名	下	名古屋→春日井	名古屋	2020年1~3月	330.9→332.7	1.8	2	追越車線	上り線	追越車線	対向	1.2
						332.7→336.1	3.4	1	付加車線				
21	東名	上	春日井→名古屋	名古屋	2020年5~7月	336.9→333.7	3.2	1	追越車線	下り線	追越車線	対向	1.2
22	東名	下	名古屋→春日井	名古屋	2020年5~7月	330.3→332.7	2.4	2	追越車線	下り線	走行車線	順向	1.2
						332.7→336.1	3.4	1	付加車線				
23	中央道	下	園原→中津川	名古屋	2018年5~7月	278.0→282.4	4.4	1	追越車線	上り線	追越車線	対向	3.0
24	中央道	上	中津川→園原	名古屋	2018年10~12月	282.6→278.7	3.9	1	追越車線	上り線	走行車線	順向	3.0
25	中央道	下	園原→中津川	名古屋	2018年10~12月	278.0→282.3	4.3	1	追越車線	上り線	追越車線	対向	3.0
26	中央道	上	中津川→園原	名古屋	2019年5~7月	282.6→278.0	4.6	1	追越車線	上り線	走行車線	順向	3.7
27	中央道	下	園原→中津川	名古屋	2019年5~7月	277.2→282.3	5.1	1	追越車線	上り線	追越車線	対向	3.7
28	中央道	上	中津川→園原	名古屋	2019年10~12月	282.6→278.0	4.6	1	追越車線	上り線	走行車線	順向	3.7
29	中央道	下	園原→中津川	名古屋	2019年10~12月	277.2→282.3	5.1	1	追越車線	上り線	追越車線	対向	3.7
30	中央道	上	中津川→園原	名古屋	2020年9~12月	284.0→277.4	6.6	1	走行車線	下り線	追越車線	対向	3.7
31	中央道	下	園原→中津川	名古屋	2020年9~12月	277.5→282.3	4.8	1	追越車線	下り線	走行車線	順向	3.7
32	中央道	下	園原→中津川	名古屋	2021年5~8月	275.9→277.8	1.9	1	追越車線	上り線	追越車線	対向	0.9
33	中央道	上	中津川→園原	名古屋	2021年5~8月	287.3→285.4	1.9	1	追越車線	下り線	追越車線	対向	0.8
34	中央道	下	園原→中津川	名古屋	2021年5~8月	285.2→287.0	1.8	1	追越車線	下り線	走行車線	順向	0.8

※No. 1, 2の対面通行区間は、順向と対向の連続規制  
 ※No. 20, 22の規制区間は、片側3車線→片側2車線、片側2車線→片側1車線の連続規制

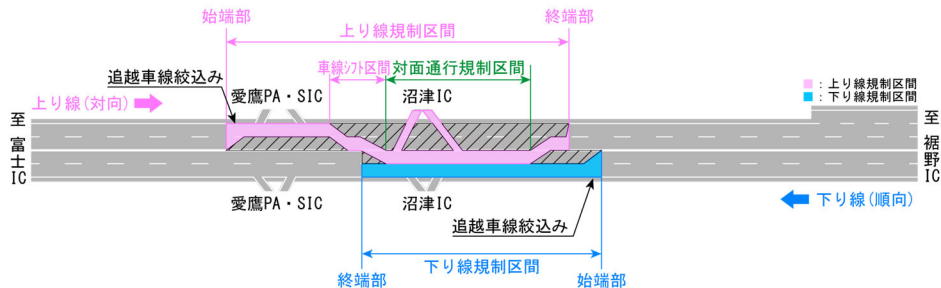


図-1 対面通行規制形態の一例 (No.5 東名(上) 富士→裾野とNo.6 東名(下) 裾野→愛鷹スマート)

制始端部、車線シフト部の絞り込み位置等が記載されている工事規制図をもとに整理している。

各工事規制区間の規制条件をみると、規制区間延長は2~13kmと幅を持っており、絞り込み後の片側車線数はNo.20と22の東名(下)名古屋IC→春日井ICにおける規制始端部付近が2車線(始端部から2km下流で1車線

となる)であるものの、それ以外は1車線である。また、規制始端部の絞り込み車線は一部で付加車線規制や走行車線規制があるものの、大半が追越車線規制である。

次に、対面通行の規制形態をみる。図-1は、その一例としてNo.5の東名(上)富士→裾野とNo.6の東名(下)裾野→愛鷹スマートを取りあげる。同区間では、いずれ

も上り線で工事を実施しているため下り線を利用することとなる。ここで、No.6のように進行方向の車線をそのまま利用する方向を順向、No.5のように対面通行規制による車線シフトを経て反対方向の車線を利用する方向を対向と定義する。順向は、通常の車線規制と似たような規制状況であり、対向と比べて規制区間の延長が短くなるのが大半である。なお、対面通行区間延長は表-1のとおり1~6kmであり、この延長が長くなるほど規制区間延長も長くなる。

## (2) 分析方法

本研究では、34 規制区間を対象として、渋滞発生状況分析と交通容量の変動要因分析を行う。渋滞発生状況分析では、ETC2.0 プローブ情報より渋滞中の速度プロファイルを描画することで、工事規制時の渋滞先頭地点を把握し、規制方法や道路条件等よりボトルネックが定着する箇所の特徴を分析する。

また、交通容量の変動要因分析では、2021年8月に交通工学研究会より成果報告された「道路の交通容量とサービスの質に関する研究<sup>10)</sup>」に記載されている、渋滞中交通流率（渋滞発生直後から渋滞が解消する前の時間までに観測される平均交通流率）を対象とする。具体的には、交通量速度変動図より渋滞1件ごとの渋滞中交通流率を判読し、基礎分析として影響要因と渋滞中交通流率の相関関係を確認したうえで、対面通行規制時の交通容量推定モデルを構築することでその変動要因を分析する。

## 4. 渋滞発生状況分析

### (1) 渋滞先頭地点

大規模更新工事が行われた 34 規制区間において、ETC2.0 プローブ情報より渋滞中の速度プロファイルを描画し渋滞先頭地点を分析した結果、53 箇所のボトルネックを抽出できた。1つの工事規制区間（規制期間内）に対して、渋滞先頭地点が1箇所である単独ボトルネックは17規制区間であるのに対して、渋滞先頭地点が2箇所以上の複数ボトルネックは17 規制区間である。複数ボトルネックの場合は、規制区間番号の末尾に枝番号を付けて整理している。以降では、この 53 箇所のボトルネックを対象として渋滞発生地点の特徴を分析する。

渋滞先頭地点は図-2に示すとおり、4パターンに分類できる。具体的に、渋滞先頭地点は規制始端部と規制区間内があり、さらに規制区間内は合流部、単路部（サグ・TN）、車線シフト部の3箇所に区分できる。

また、表-2は渋滞先頭地点の方向別箇所数とその構成率を示したものである。規制始端部が23箇所（43%）、

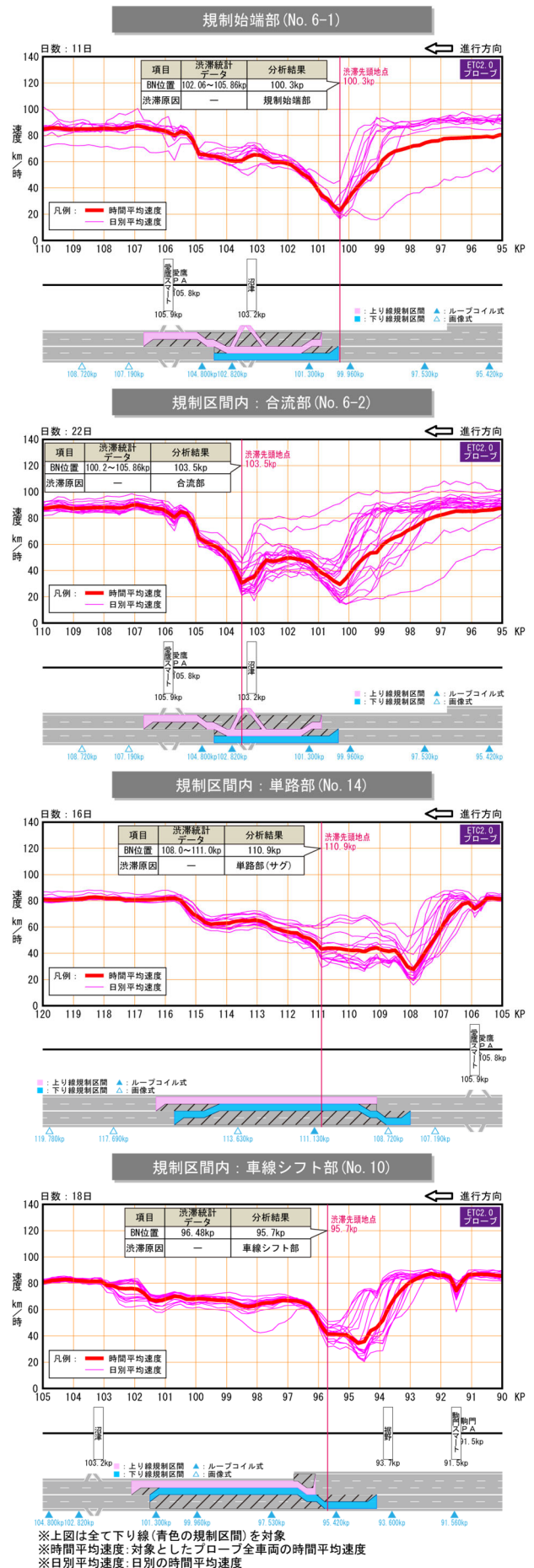
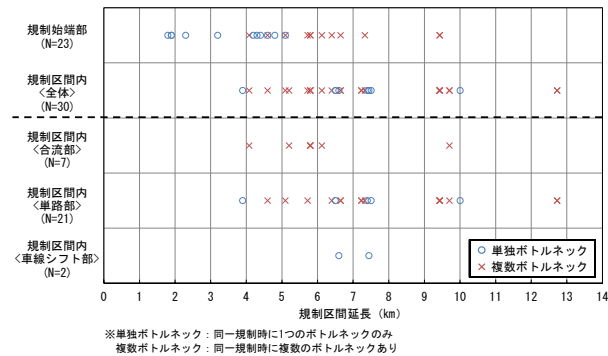


図-2 渋滞先頭地点別の速度プロファイル図例

表-2 渋滞先頭地点の方向別箇所数と構成率

渋滞先頭地点		箇所数			構成率(%)		
規制始端部	順向	12	23	順向	23	43	
	対向	11		対向	21		
規制区間内	合流部	順向	2	7	順向	4	13
		対向	5		対向	9	
	単路部	順向	11	21	順向	21	40
		対向	10		対向	19	
	車線シフト部	順向	0	2	順向	0	4
		対向	2		対向	4	
計		53		100			

※順対向は表-1を基に分類した



※単独ボトルネック：同一規制時に1つのボトルネックのみ  
複数ボトルネック：同一規制時に複数のボトルネックあり

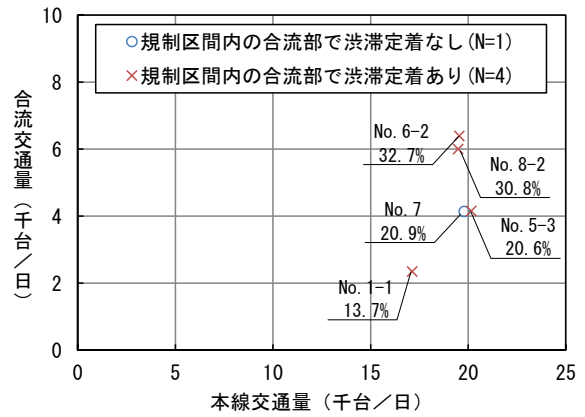
諸元	規制始端部	規制区間内			
		合流部	単路部	車線シフト部	
最小値	1.8	3.9	4.1	3.9	6.6
15%タイル値	2.6	5.4	5.1	5.7	6.7
平均値	5.0	7.4	6.1	7.9	7.0
85%タイル値	6.6	9.6	6.5	9.7	7.3
最大値	9.4	12.7	9.7	12.7	7.4
標準偏差	2.1	2.3	1.7	2.4	0.6
サンプル数	23	30	7	21	2

図-3 渋滞先頭地点と規制区間延長の関係

規制区間内が30箇所(57%)であり、規制区間内に渋滞先頭地点があることの方がやや多い。規制区間内を渋滞要因で分類すると、合流部が7箇所(13%)、単路部が21箇所(40%)、車線シフト部が2箇所(4%)である。なお、規制始端部と規制区間内の合流部、単路部では、順向と対向別で構成率に特筆すべき傾向はみられない。一方、規制区間内の車線シフト部は、規制形態により対向のみ存在する。

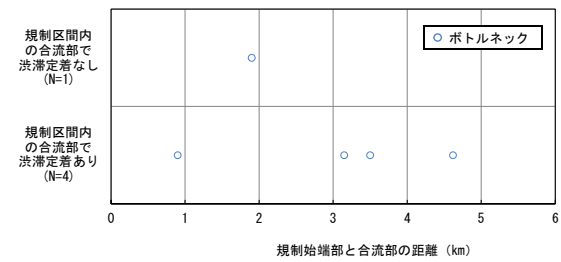
(2) 渋滞先頭地点と規制区間延長の関係

渋滞先頭地点と規制区間延長の関係を図-3に示す。渋滞先頭地点別の平均規制区間延長をみると、規制始端部が5.0km、規制区間内(全体)が7.4kmであり、規制区間内に渋滞先頭地点がある場合、規制区間延長が長い。規制区間内を渋滞要因で分類すると、合流部が6.1km、単路部が7.9km、車線シフト部が7.0kmであり、規制区間延長が影響すると考えられる単路部と、影響が小さいと考えられる合流部では差がみられる。



※旗揚げは渋滞先頭地点ごとの合流割合

図-4 規制区間内に合流部がある箇所の  
本線交通量と合流交通量の関係



諸元	規制区間内の合流部	
	渋滞定着なし	渋滞定着あり
最小値	1.9	0.9
15%タイル値	1.9	1.9
平均値	1.9	3.0
85%タイル値	1.9	4.1
最大値	1.9	4.6
標準偏差	-	1.6
サンプル数	1	4

図-5 規制区間内に合流部がある箇所の  
規制始端部と合流部の距離

また、同一規制時における単独と複数ボトルネックの違いに着目すると、単独ボトルネックの場合は、規制区間延長が短い場合に渋滞先頭が規制始端部になっている。一方で、複数ボトルネックの場合は、比較的長い規制区間であることが多く、組合せとしては、規制始端部と規制区間内の単路部が最も多いことを確認している。

(3) 渋滞先頭地点の特徴分析

a) 規制区間内(合流部)

渋滞先頭地点が規制区間内の合流部となる地点の特徴として、規制区間内に合流部がある箇所の本線交通量と合流交通量の関係を整理し、図-4に示す。この図の傾きが合流割合となる。本線交通量と合流交通量は、大規模更新工事実施日の平均日交通量としている。本線交通量は車両感知器データ、合流交通量はETC明細データより整理している(ETC利用率で全車交通量に補正)。また、スマートICの場合、ETC明細データではIC利用率のみしか把握できず、休憩施設への立寄り車両を考慮し

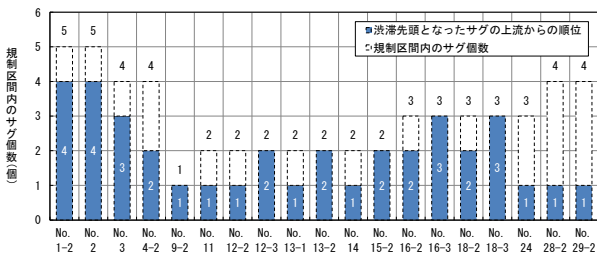


図-6 規制区間内（単路部）の場合におけるサグの個数と渋滞先頭地点サグの上流からの順位

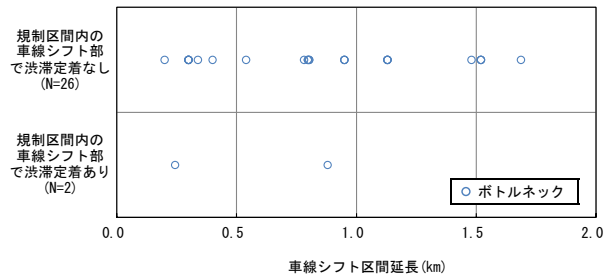
た真の合流交通量ではないことから対象外としている。規制区間内に合流部がある箇所のうち、渋滞先頭地点が合流部となる箇所は、本線交通量が17~21千台/日、合流交通量が2~7千台/日であった。多くの箇所は、合流交通量が4千台/日以上に位置している。また、合流割合（傾き）は、合流部となる箇所が14~33%であり、それ以外の地点の21%と比べて同程度かやや高い傾向にある。なお、規制始端部と合流部までの距離については、明確な傾向を把握できなかった（図-5）。

b) 規制区間内（単路部）

渋滞先頭地点が規制区間内（単路部）のサグとなる地点は、前述のとおり規制区間長が長いという特徴がある。その他の特徴を知るために、規制区間内のサグの個数と渋滞先頭地点となるサグの上流からの順位を図-6に示す。なお、規制始端部のサグはその個数として計上していない。渋滞先頭地点が単路部となる地点は、規制区間内にサグが3箇所以上存在する場合、上流から2番目以降のサグで渋滞が定着する傾向にある。つまり、規制区間長が長い場合に単路部で渋滞するという結果と整合している。なお、縦断勾配や縦断勾配差も確認したが、特段の特徴はみられない。

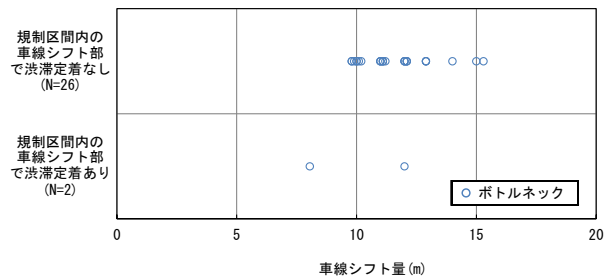
c) 規制区間内（車線シフト部）

後述するとおり、渋滞先頭地点が車線シフト部にある場合、交通容量が低い。そのため、渋滞先頭地点が規制区間内の車線シフト部となる地点の特徴を把握することは重要である。規制区間内に車線シフト部がある箇所の車線シフト区間延長を図-7に、車線シフト量（横断方向の距離）を図-8に示す。規制区間内に車線シフト部がある箇所のうち、渋滞先頭地点が車線シフト部となる地点は、車線シフト区間延長が相対的に短い傾向にある。ただし、車線シフト部にならない地点でも延長が短い地点も多い。また、車線シフト量をみると、渋滞先頭地点が車線シフト部となる地点は、短い傾向にある。車線シフト部での渋滞発生箇所数は限られるが、これらより車線シフト部で渋滞が定着する地点は、短い区間延長で短い車線シフト量の変化がある地点であると推察される。



諸元	規制区間内の車線シフト部で渋滞定着なし (N=26)	規制区間内の車線シフト部で渋滞定着あり (N=2)
最小値	0.2	0.2
15%タイル値	0.3	0.3
平均値	0.8	0.6
85%タイル値	1.5	0.8
最大値	1.7	0.9
標準偏差	0.5	0.4
サンプル数	26	2

図-7 規制区間内に車線シフト部がある箇所の車線シフト区間延長



諸元	規制区間内の車線シフト部で渋滞定着なし (N=26)	規制区間内の車線シフト部で渋滞定着あり (N=2)
最小値	9.8	8.1
15%タイル値	10.0	8.6
平均値	11.6	10.0
85%タイル値	12.9	11.4
最大値	15.3	12.0
標準偏差	1.5	2.8
サンプル数	26	2

図-8 規制区間内に車線シフト部がある箇所の車線シフト量

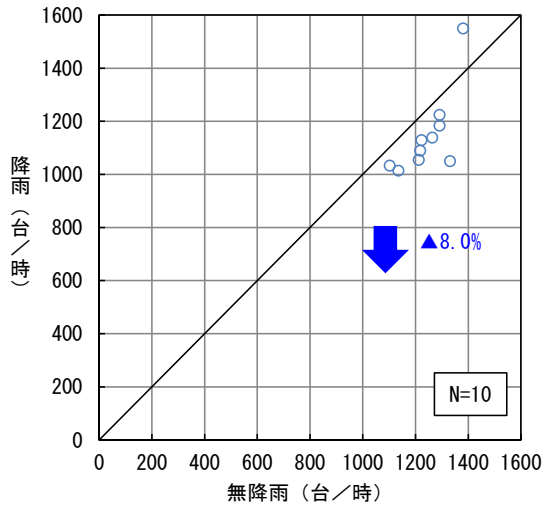
5. 交通容量の変動要因分析

前述の渋滞発生地点分析より得られたボトルネック別に、交通量速度変動図より渋滞中交通流率を判読した結果、53箇所のうち22箇所で渋滞中交通流率を取得できた。ここでは、この22箇所を対象に、交通容量の変動要因分析を行う。なお、判読できなかった31箇所は、渋滞がループコイル式車両感知器設置地点まで延伸していないものが大半である。

(1) 気象条件・交通条件と交通容量の関係

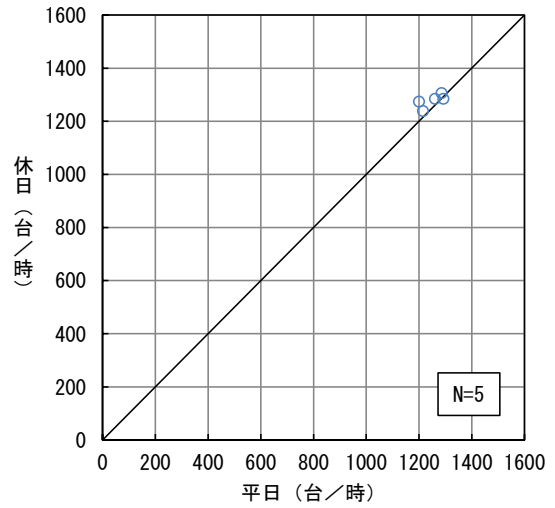
a) 気象条件

車線規制時における渋滞中交通流率のうち、気象条件としてボトルネック別に無降雨と降雨を比較した結果を図-9に、昼間と薄明、昼間と夜間を比較した結果を図-10に示す。図中の1プロットはボトルネック別にみた対象条件ごとの平均値である。なお、無降雨のみの地点や、



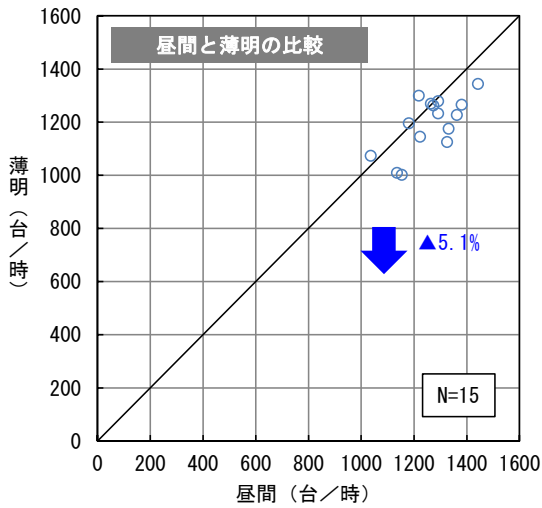
※昼間のみ

図-9 降雨と渋滞中交通流率の関係

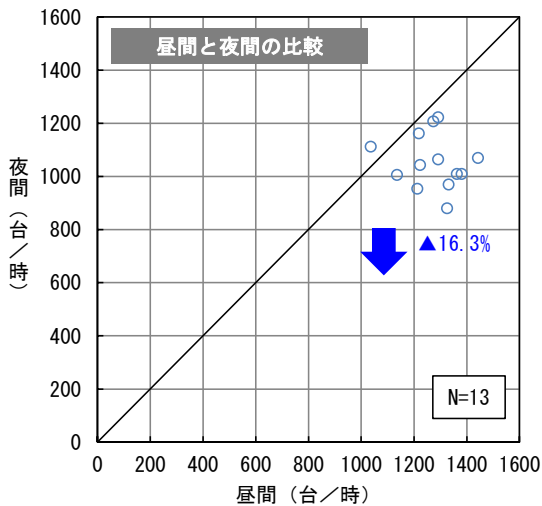


※無降雨のみ、昼間のみ

図-11 平休と渋滞中交通流率の関係

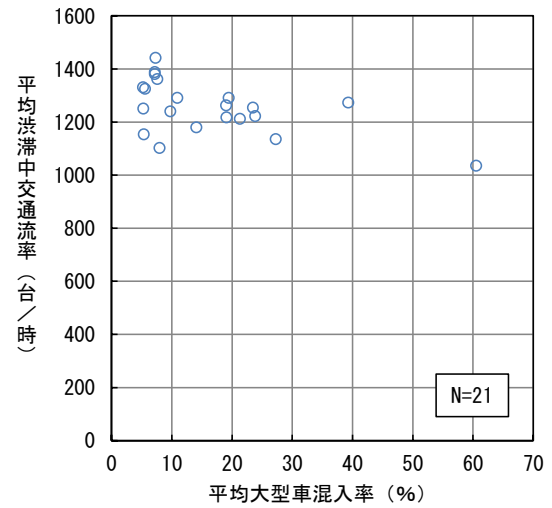


※無降雨のみ



※無降雨のみ

図-10 明暗と渋滞中交通流率の関係



※無降雨のみ、昼間のみ

図-12 大型車混入率と渋滞中交通流率の関係

昼間しか渋滞していない地点があるため、箇所数が 22 箇所より少なくなっている。

昼間を対象に無降雨と降雨の渋滞中交通流率を比較す

ると、いずれの地点も降雨は無降雨より低く、降雨が渋滞中交通流率に影響を与えていることがわかる。平均としては、降雨時が無降雨よりも 8%低い。なお、対象とした 10 地点では、昼間を対象に集計しているものの、サンプル数の制約から、地点特性（都市部/地方部・道路線形）や、渋滞時間帯（朝夕ピーク/オフピーク）は考慮していない。

同様に、無降雨を対象として明暗の影響をみると、薄明は昼間に対して 5%低く、夜間は昼間に対して 16%低い。なお、この比較においては夜間の大型車混入率が高くなることで、夜間の渋滞中交通流率が低くなっているということが考えられる。そのため、大型車混入率を確認したところ、夜間に渋滞が発生してもそれが深夜まで継続せず、夜間の渋滞中交通流率に深夜のデータが含まれないため、比較対象のサンプルにおいて大きな差はなかった。

都市間高速道路の交通集中渋滞を対象とした石田ら<sup>11)</sup>

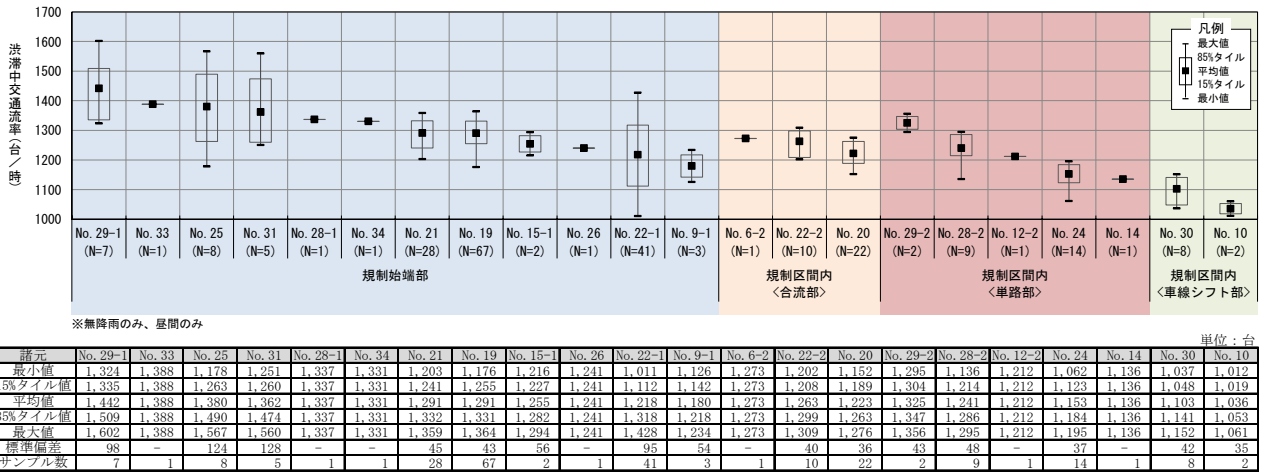


図-13 渋滞先頭地点別にみた規制区間別渋滞中交通流率

表-3 規制区間別渋滞中交通流率の諸元

No.	工事基本情報			規制条件				渋滞先頭地点情報			交通容量分析結果					
	路線	方向	工事規制区間	規制区間延長(km)	片側車線数	規制始端部の絞り込み車線	対面通行規制形態			渋滞先頭地点(kp)	渋滞先頭地点	縦断勾配(%)	渋滞中交通流率(台/時)	大型車混入率(%)	サンプル数	
							利用方向	利用車線	順向対向の分類							対面通行区間延長(km)
6-2	東名	下	裾野 → 愛鷹スマート	4.1	1	追越車線	下り線	走行車線	順向	2.5	103.5	合流部	-0.7	1273	39.3	1
9-1	東名	上	沼津 → 裾野	5.7	1	追越車線	上り線	走行車線	順向	4.5	101.7	規制始端部	1.3	1180	14.1	3
10	東名	下	裾野 → 沼津	7.4	1	追越車線	上り線	追越車線	対向	4.5	95.7	車線シフト部	-3.0	1036	60.5	2
12-2	東名	下	愛鷹スマート → 富士	6.7	1	追越車線	下り線	走行車線	順向	4.6	110.9	単路部	0.5	1212	21.3	1
14	東名	下	愛鷹スマート → 富士	7.4	1	追越車線	上り線	追越車線	対向	4.6	110.9	単路部	0.5	1136	27.2	1
15-1	東名	上	清水JCT → 富士川スマート	7.3	1	追越車線	上り線	走行車線	順向	5.9	136.1	規制始端部	0.0	1255	23.5	2
19	東名	上	春日井 → 守山スマート	2.3	1	追越車線	上り線	走行車線	順向	1.2	336.5	規制始端部	-2.0	1291	10.9	67
20-2	東名	下	名古屋 → 春日井	1.8	2	追越車線	上り線	追越車線	対向	1.2	333.9	合流部	-2.0	1223	23.9	22
				3.4	1	付加車線										
21	東名	上	春日井 → 守山スマート	3.2	1	追越車線	下り線	追越車線	対向	1.2	336.9	規制始端部	-2.0	1291	19.5	28
22-1	東名	下	名古屋 → 春日井	2.4	2	追越車線	下り線	走行車線	順向	1.2	330.1	規制始端部	3.0	1218	19.1	41
				3.4	1	付加車線										
22-2	東名	下	名古屋 → 春日井	2.4	2	追越車線	下り線	走行車線	順向	1.2	333.9	合流部	-2.0	1263	19.0	10
				3.4	1	付加車線										
24	中央道	上	中津川 → 園原	3.9	1	追越車線	上り線	走行車線	順向	3.0	281.9	単路部	4.1	1153	5.3	14
25	中央道	下	園原 → 中津川	4.3	1	追越車線	上り線	追越車線	対向	3.0	277.9	規制始端部	-5.0	1380	7.2	8
26	中央道	上	中津川 → 園原	4.6	1	追越車線	上り線	走行車線	順向	3.7	282.5	規制始端部	0.7	1241	9.7	1
28-1	中央道	上	中津川 → 園原	4.6	1	追越車線	上り線	走行車線	順向	3.7	282.7	規制始端部	0.7	1337	7.5	1
28-2	中央道	上	中津川 → 園原	4.6	1	追越車線	上り線	走行車線	順向	3.7	281.9	単路部	4.1	1241	5.0	9
29-1	中央道	下	園原 → 中津川	5.1	1	追越車線	上り線	追越車線	対向	3.7	277.1	規制始端部	-5.0	1442	7.3	7
29-2	中央道	下	園原 → 中津川	5.1	1	追越車線	上り線	追越車線	対向	3.7	279.9	単路部	-5.0	1325	5.6	2
30	中央道	上	中津川 → 園原	6.6	1	走行車線	下り線	追越車線	対向	3.7	282.1	車線シフト部	-1.0	1103	8.0	8
31	中央道	下	園原 → 中津川	4.8	1	追越車線	下り線	走行車線	順向	3.7	277.5	規制始端部	-5.0	1362	7.6	5
33	中央道	上	中津川 → 園原	1.9	1	追越車線	下り線	追越車線	対向	0.8	287.5	規制始端部	-0.6	1388	7.2	1
34	中央道	下	園原 → 中津川	1.8	1	追越車線	下り線	走行車線	順向	0.8	285.1	規制始端部	1.7	1331	5.2	1

※No. 20, 22の規制区間は、片側3車線→片側2車線、片側2車線→片側1車線の連続規制

の研究では、気象条件が渋滞中交通流率に影響を与えることを指摘し、降雨時が無降雨よりも7%低く、薄明が昼間に対して2%、夜間は昼間に対して7%低いことを示している。本研究で得られた規制時における気象条件別の渋滞中交通流率は、降雨が同様の傾向、明暗がこれより高い減少率であった。

気象条件のうち降雨時は渋滞中交通流率に大きな影響を与えるため、以降の交通条件・規制条件と交通容量の関係分析では「無降雨」のデータを対象とする。また、明暗の影響も大きいものの、薄明・夜間の渋滞が少なく、

十分な対象サンプル数が得られないことから、「昼間」を対象とする。

b) 交通条件

交通条件としてボトルネック別に平日と休日の渋滞中交通流率を比較した結果を図-11に示す。前述の交通集中渋滞を対象とした研究<sup>11)</sup>では、休日の渋滞中交通流率が平日より3%低いことを示している。車線規制時においても同様の傾向になることを想定したが、規制条件や道路交通条件等の影響が大きいいためか、そのような傾

向は確認できなかった。

また、大型車混入率と渋滞中交通流率の関係は図-12 に示すとおりであり、大型車混入率の大半が 30%未満であるものの、大型車混入率が高いほど、渋滞中交通流率が低くなる傾向がみられる。

## (2) 規制条件と交通容量の関係

### a) 渋滞先頭地点別

渋滞先頭地点の分類別にみた規制区間別渋滞中交通流率を図-13 に、規制区間別渋滞中交通流率の諸元を表 3 に示す。ここでは、「無降雨」かつ「昼間」のデータを対象とすることから、22 箇所のボトルネックを対象としている。

4 つの渋滞先頭地点別に平均渋滞中交通流率をみると、規制始端部は 1,180~1,442 台/時、規制区間内の合流部は 1,223~1,273 台/時、規制区間内の単路部は 1,136~1,325 台/時、規制区間内の車線シフト部は 1,036~1,103 台/時である。規制始端部の渋滞中交通流率が最も高く、規制区間内の合流部、規制区間内の単路部、規制区間内の車線シフト部の順に低くなっている。

なお、地点ごとの渋滞中交通流率にはばらつきがあり、特に規制始端部の No.29-1 と No.25, No.31, No.22-1 のばらつきが大きい。これは、大型車混入率や渋滞発生時間帯、渋滞継続時間が影響している可能性が考えられるため、今後詳細に分析する必要がある。

ここで、渋滞先頭地点別に平均渋滞中交通流率を集計すると(図-14)、規制始端部が 1,310 台/時であるのに対して規制区間内の全体が 1,195 台/時であり、115 台/時(9%)低い。規制区間内を渋滞要因別にみると、合流部は 1,253 台/時であり規制始端部より 57 台/時(4%)低く、単路部は 1,213 台/時で 97 台/時(7%)、車線シフト部は 1,069 台/時で 241 台/時(18%)低い。規制始端部や規制区間内の合流部といった車両の合流があるような地点で渋滞中交通流率が高く、それ以外の地点では低い傾向にある。特に、車線シフト部が低く、平面線形の影響が考えられる。

次に、渋滞先頭地点における縦断勾配と渋滞中交通流率の関係を見ると(図-15)、全体として下り勾配よりも上り勾配の方が、渋滞中交通流率が低い傾向にある。渋滞先頭地点別では、箇所数が比較的多い規制始端部でもこの傾向を確認できる。規制始端部であっても、縦断勾配の影響を受けることが確認された。

### b) 規制区間条件

規制区間延長と渋滞中交通流率の関係を図-16 に示す。規制区間延長が長くなるほど、渋滞中交通流率が低下する傾向にある。前述のとおり、渋滞先頭地点が規制区間内の単路部の場合、規制区間延長が長い傾向にあり、

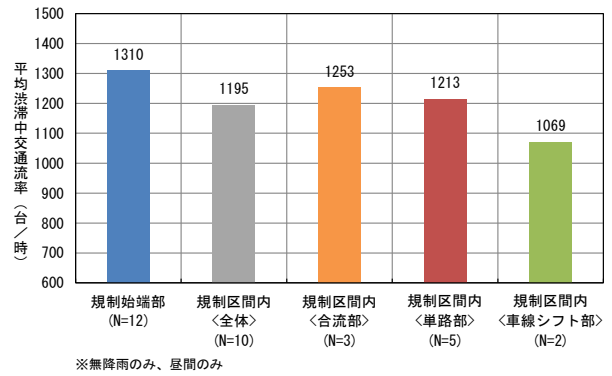


図-14 渋滞先頭地点別平均渋滞中交通流率

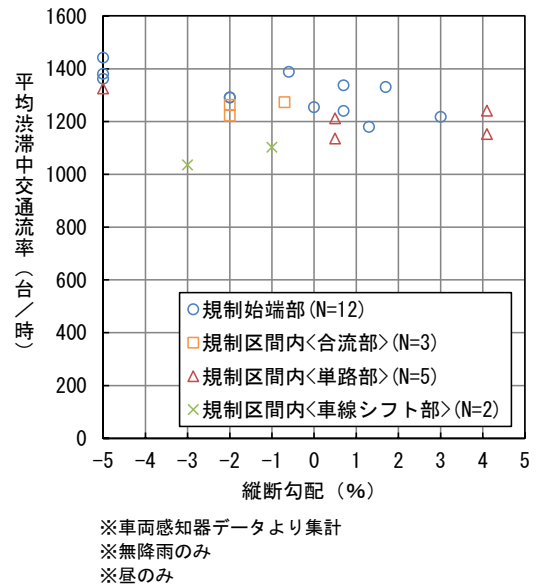


図-15 縦断勾配と渋滞中交通流率の関係

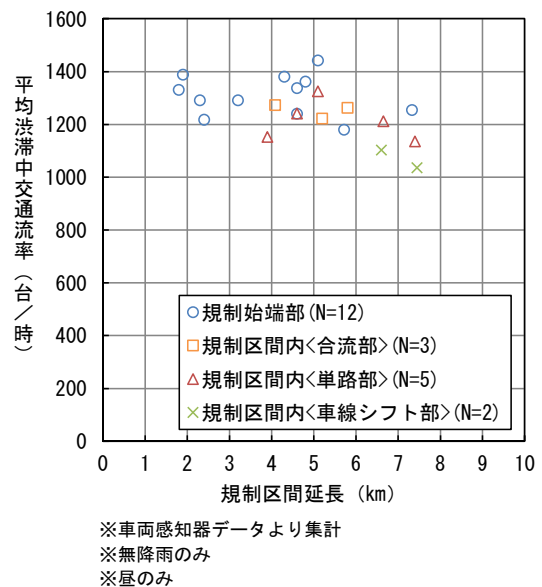


図-16 規制区間延長と渋滞中交通流率の関係

図-16 からこの時の渋滞中交通流率が相対的に低いことが確認できる。

(3) 交通容量推定モデルの構築による変動要因分析

a) 交通容量モデルの推定方法

交通容量推定モデルは、重回帰モデルとして構築する。設定した変数は表-4 のとおり、No.1~4 が各渋滞先頭地点のダミー変数、No.5~10 が全渋滞先頭地点でデータ取得可能な変数、No.11~12 が規制区間内（単路部）のみでデータ取得可能な変数である。このうち、No.1~4, 11~12 を変数とする場合は、渋滞先頭地点を事前に把握しておく必要がある。全ての変数の組合せとしてパラメータを推定し、符号条件や t 値、多重共線性を確認したうえで、各変数の組合せの中で説明しやすい変数を用いて交通容量モデルを推定した。

本稿で掲載する交通容量推定モデルは、全渋滞先頭地点を対象とするものとして、渋滞先頭地点ダミー変数有無別の 2 モデル、各渋滞先頭地点の特徴を把握するために、渋滞先頭地点別として、サンプル数が相対的に多い規制始端部と規制区間内（単路部）の 2 モデルを構築した。

b) 交通容量モデルの推定結果（全渋滞先頭地点）

全渋滞先頭地点を対象とした交通容量推定モデル推定結果を表-5 に示す。また、交通容量の実績値と推定値の比較を図-17 に示す。

全渋滞先頭地点の 22 箇所を対象とした交通容量推定モデル推定結果のうち、渋滞先頭地点ダミーがあるモデルをみると、自由度調整済み決定係数が高く、各変数の t 値の絶対値も高い。規制始端部の場合に交通容量が高くなり、車線シフト部の場合に低くなる。規制区間長が長くなるほど、大型車混入率が高くなるほど、縦断勾配がきつくなるほど交通容量が低くなることを表現している。前述までの交通容量の変動要因分析結果と一致しており、これらの影響を受けると想定される。また、交通容量の実績値と推定値の比較結果をみても、大きな誤差はない。

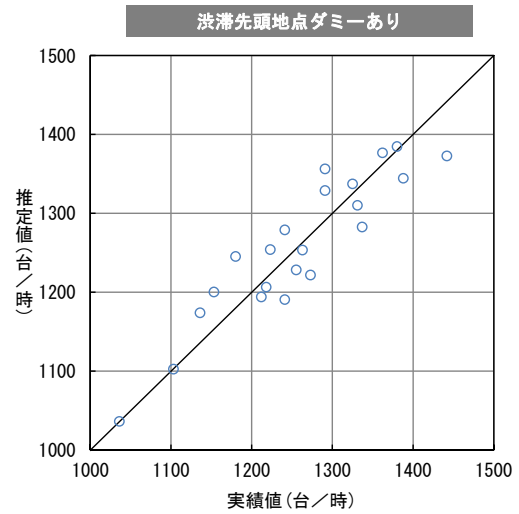
次に、渋滞先頭地点ダミーがないモデルは、ダミーがあるモデルより説明力が低下するものの、車線シフト部に代わり対向ダミーが導入される特徴がある。このモデ

表-4 交通容量推定モデルの変数一覧

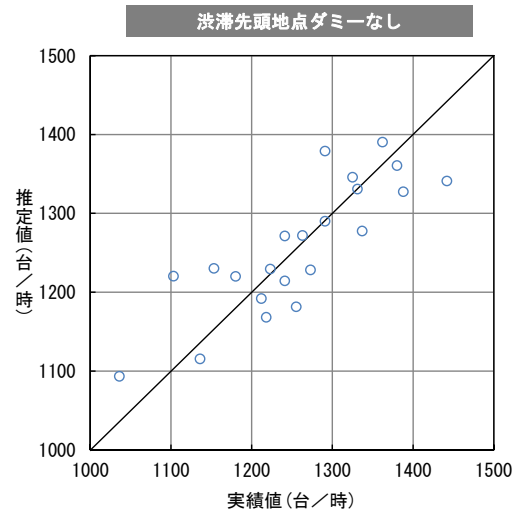
No.	変数名	備考
1	規制始端部ダミー	渋滞先頭地点ダミー
2	合流部ダミー	
3	単路部ダミー	
4	車線シフト部ダミー	
5	規制区間延長 (km)	
6	対面通行区間延長 (km)	
7	対向ダミー	
8	大型車混入率 (%)	
9	縦断勾配 (%)	
10	平面曲率 (1/km)	
11	勾配差 (%)	規制区間内 (単路部) モデルのみ使用
12	サグの数	

表-5 交通容量推定モデル推定結果（全渋滞先頭地点）

変数名	渋滞先頭地点 ダミーあり			渋滞先頭地点 ダミーなし		
	パラメータ	t値	p値	パラメータ	t値	p値
規制始端部ダミー	38.26	1.69	0.110	—	—	—
車線シフト部ダミー	-140.91	-3.57	0.003	—	—	—
規制区間延長 (km)	-14.53	-1.98	0.066	-24.07	-2.59	0.019
対向ダミー	—	—	—	-42.92	-1.33	0.200
大型車混入率 (%)	-1.69	-1.88	0.079	-2.84	-2.47	0.025
縦断勾配 (%)	-17.03	-4.66	0.000	-20.66	-3.58	0.002
定数項 (台/時)	1335.85	32.75	0.000	1424.07	33.36	0.000
重決定係数 R <sup>2</sup>	0.84			0.69		
自由度調整済み決定係数 R <sup>2</sup>	0.79			0.62		
サンプル数	22			22		



諸元	
サンプル数	22
相関係数	0.92
RMS誤差 (台/時)	39
平均誤差率 (%)	3



諸元	
サンプル数	22
相関係数	0.83
RMS誤差 (台/時)	54
平均誤差率 (%)	3

図-17 交通容量の実績値と推定値の比較（全渋滞先頭地点）

ルは、事前に渋滞先頭地点を把握する必要がないため、工事計画の事前検討に利用しやすいと想定される。今後、サンプル数を拡充し、より詳細に渋滞先頭地点や交通容

量の変動要因を把握したうえで、精緻化していく必要がある。

表-6 交通容量推定モデル推定結果 (渋滞先頭地点別)

変数名	規制始端部			規制区間内(単路部)		
	パラメータ	t値	p値	パラメータ	t値	p値
大型車混入率(%)	-5.96	-2.37	0.042	-4.27	-1.78	0.217
縦断勾配(%)	-15.36	-2.82	0.020	-14.37	-2.11	0.170
定数項(台/時)	1363.02	39.78	0.000	1280.51	32.70	0.001
重決定係数 $R^2$	0.69			0.78		
自由度調整済み決定係数 $R^2$	0.62			0.55		
サンプル数	12			5		

c) 交通容量モデルの推定結果 (渋滞先頭地点別)

渋滞先頭地点別の交通容量推定モデル推定結果を表-6に示す。また、交通容量の実績値と推定値の比較を図-18に示す。

渋滞先頭地点別の交通容量推定モデルは、規制始端部の12サンプルと、規制区間内(単路部)の5サンプルを用いた2モデルを構築した。規制始端部、規制区間内(単路部)とも、比較的説明力があるモデルとして、変数が大型車混入率と縦断勾配しか採用されなかった。また、全渋滞先頭地点のモデルと比べて自由度調整済み決定係数が高くなるということもない。サンプル数や設定できた変数に課題があると考えられる。

6. まとめと今後の課題

本研究では、大規模更新工事における対面交通規制時の渋滞先頭地点を精緻化し、渋滞要因を特定するとともに、車線規制時における交通容量の変動要因分析を行った。渋滞発生状況分析では、工事規制時の渋滞先頭地点が規制始端部と規制区間内(合流部、単路部、車線シフト部)の4つに区分できることと、規制区間延長が短い場合は規制始端部、長い場合は規制区間内が渋滞先頭地点になりやすい傾向であることを明らかにした。さらに、渋滞先頭地点になる条件として、合流割合やサグ順位、車線シフト形態(シフト区間延長、シフト量)が影響している可能性を考察した。

対面通行規制時の交通容量の変動分析では、気象条件として、降雨や明暗の影響があることと、大型車混入率が高いほど渋滞中交通流率が低下することを把握した。また、渋滞先頭地点の分類別にみると、規制始端部の渋滞中交通流率が最も高く、規制区間内の合流部、規制区間内の単路部、規制区間内の車線シフト部の順に低くなっていることを明らかにした。規制始端部や規制区間内の合流部といった車両の合流があるような地点で、渋滞中交通流率が高く、それ以外が低い傾向にあること、特に車線シフト部が低く平面線形の影響が考えられる。さらに、交通容量推定モデルを通して、渋滞先頭地点や規制区間延長、大型車混入率、縦断勾配が影響することを把握した。

対面通行規制時には、交通への影響を小さくするため、渋滞中交通流率が高い渋滞先頭地点として、規制始端部にコントロールできることが望まれ、その1つとして規制区間延長を短くすることが考えられる。一方、車線シフト部の渋滞中交通流率が低いものの、大規模更新工事においては、対面通行の規制形態としての対向で、

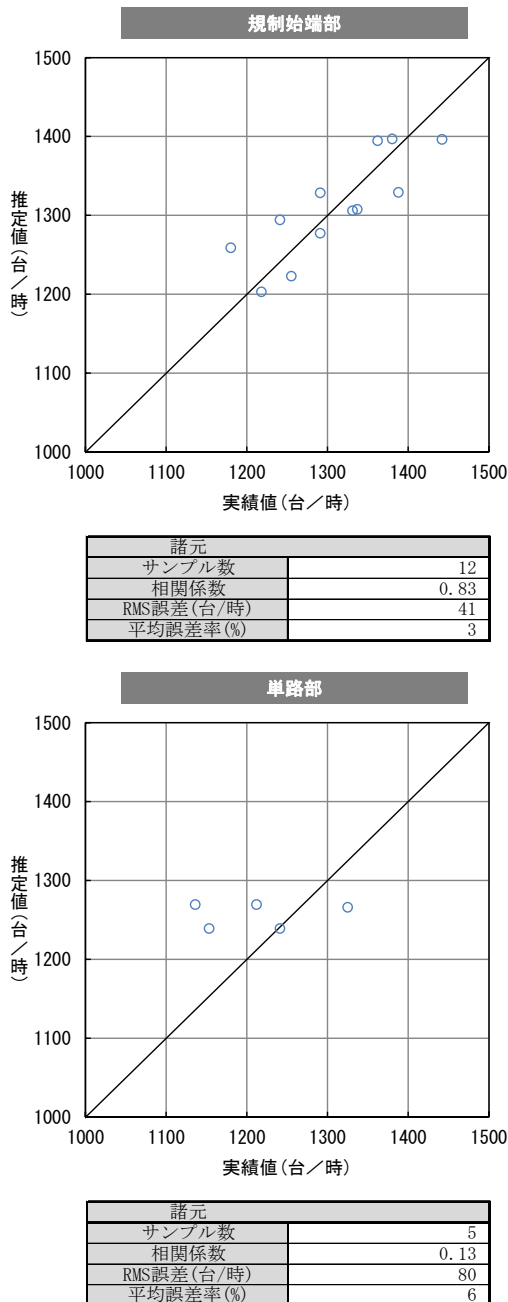


図-18 交通容量の実績値と推定値の比較(渋滞先頭地点別)

車線シフト部の出現は避けられない。渋滞先頭地点が車線シフト部にならないようにすること、車線シフト部になったとしても高い渋滞中交通流率が実現する条件として、今回簡易的な規制状況図を用いて分析したシフト区間延長やシフト量以外に、対面通行規制時の詳細な平面図より、車線すりつけ長、シフト率などと渋滞先頭地点や交通容量の関係を把握する必要がある。

今後は、さらにサンプル数を追加して、渋滞先頭地点が定まる条件や交通容量に影響を与える要因をより精緻に明らかにするとともに、渋滞発生と渋滞定着の遷移状況の分析を進めていくことが望まれる。また、対面通行規制時だけでなく、一般的な車線規制時も含めた交通容量推定モデルを構築することで、戦略的な工事規制計画の立案に役立てたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) 山本 隆, 上水一路, 花田大輝, 鶴元史, 中林悠, 下川澄雄: 都市間高速道路における対面通行規制時の交通容量に関する基礎分析, 交通工学研究発表会論文集, Vol. 42, pp.427-434, 2022.
- 2) 菅野寛政, 岡田知朗, 深井靖史: 首都高速 4 号新宿線集中工事時の交通容量分析, 交通工学研究発表会論文集, Vol.26, pp.53-56, 2006.
- 3) 古賀浩樹, 菅野寛政, 深井靖史: 首都高速 3 号渋谷線における集中工事時の交通容量分析, 交通工学研究発表会論文集, Vol.27, pp.37-40, 2007.
- 4) 高橋秀喜, Jian Xing, 伊東弘行, 飯田克弘: 東名高速道路集中工事区間のボトルネック交通容量分析, 交通工学研究発表会論文報告集, Vol.28, pp.97-100, 2008.
- 5) 山下賢一郎, 深井靖史, 遠藤学史, 渡辺剛史, 浅野靖: 首都高速道路における工事規制箇所の交通容量影響要因に関する基礎的分析, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol. 51, 2015.
- 6) 土方康裕, 大蔵泉: 工事区間における交通現象と運用に関する研究, 土木学会年次学術講演会講演概要集第 4 部, Vol. 50, pp.48-49, 1995.
- 7) 近田博之, 平井章一, Jian Xing, 高橋秀喜: 高速道路における工事規制区間の短縮化による渋滞対策効果検証, 交通工学研究発表会論文集, Vol.31, pp.163-166, 2011.
- 8) 後藤誠, 石田貴志, 野中康弘: 都市間高速道路における交通性能の経年変化に関する研究, 交通工学論文集, Vol. 5, No.2 (特集号 A), pp. A\_90-A\_98, 2019.
- 9) 石田貴志, 大口敬, 邢建, 後藤誠: 都市間高速道路における交通容量の経年変化に関する研究, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 77, No.5, pp.I\_925-I\_938, 2022.
- 10) (一社) 交通工学研究会: 道路の交通容量とサービスの質に関する研究成果報告書 (交通容量編), 2021.
- 11) 石田貴志, Jian XING: 都市間高速道路における交通容量の現状と課題, 土木計画学研究・講演集, Vol.47, 2013.

## VARIATION FACTORS OF TRAFFIC CAPACITY AT THE CONSTRUCTION REGULATION ON INTER-URBAN EXPRESSWAY

Takashi YAMAMOTO, Kazumichi UEMIZU, Hiroki HANADA, Motofumi TSURU, Yu NAKABAYASHI and Sumio SHIMOKAWA