

## F-4 ボトルネック上流における渋滞巻き込まれ状況が渋滞発生時交通量に与える影響分析 Analysis of the Influence of Queuing Situation at Upstream Bottleneck on the Breakdown Flow

指導教授 下川 澄雄 森田 綽之

6102 鳥海 航太

### 1. はじめに

高速道路の交通容量は変動することが知られており、その要因として天候や明暗などが越ら<sup>1)</sup>の研究で挙げられている。これに加えて齋藤ら<sup>2)</sup>の研究では、渋滞に巻き込まれたことによる運転意欲の低下も影響するものとしたうえで、関越自動車道における渋滞巻き込まれ時間と渋滞発生時交通量（Breakdown Flow：以下、「BDF」という）の関係を明らかにしている。

本研究は齋藤ら<sup>2)</sup>の先行研究に対して、東北自動車道も分析対象に加え、渋滞巻き込まれ時間をはじめとした渋滞巻き込まれ状況と BDF の関係を分析するとともに、その影響の程度を把握することを目的とする。

### 2. 分析対象と各種指標の定義

#### 2. 1 分析対象路線・ボトルネック

本研究の分析対象路線およびボトルネック（以下、「BN」という）は齋藤ら<sup>2)</sup>の先行研究で対象とした関越自動車道上り高坂 SA 付近のサグ（以下、「高坂サグ」という）に加え、東北自動車道上り利根川橋付近のサグ（以下、「利根川橋サグ」という）とした。

分析に用いるデータは車両感知器 5 分間データとし、交通量は大型車の乗用車換算係数 PCE=2.0 を用いて乗用車換算値（PCU）としている。また、分析対象期間は 2014 年～2018 年であり関越自動車道については、齋藤ら<sup>2)</sup>の先行研究の対象期間（2014 年～2017 年）に 2018 年の 1 年分を加え、さらに藤岡 JCT 以北のデータを追加している。

#### 2. 2 渋滞の定義

交通量－速度の関係（Q－V 関係）を確認し、全車線の平均速度が 60km/h 程度で概ね渋滞流と非渋滞流が分かれることから、臨界速度を 60km/h と一律に設定した。また、臨界速度を一時的に下回ってもすぐに自由流に回復することもあるため、臨界速度を下回る速度が 15 分以上継続した場合を渋滞と定義した。

#### 2. 3 BDF の定義

BDF は、渋滞が生じる直前の交通状況下において実現した最大捌け交通量であり、岡村ら<sup>3)</sup>のように「渋滞直前 15 分間の交通量」とした例や、稲野ら<sup>4)</sup>のように

「渋滞直前 5 分間の交通量」とした例がある。本研究の対象である高坂サグ、利根川橋サグの感知器においては、渋滞直前 5 分間に最大交通量を取るケースが多いことを踏まえ、「渋滞直前 5 分間の交通量」を一律に BDF と定義した。

### 2. 4 渋滞巻き込まれ時間の定義・算出方法

渋滞巻き込まれ時間は、ある車両が BN に到着するまでに臨界速度である 60km/h 以下で走行した時間の合計として定義し、以下の式(1)により算出する。

なお、車両感知器  $i$  の位置と時刻は中谷ら<sup>5)</sup>の研究と同様にタイムスライス法により推定した。

$$T_{jam} = \sum_i^n \sigma_i \frac{l_i}{v_i} \times 60 \quad (1)$$

ここで、 $T_{jam}$ ：渋滞巻き込まれ時間(分)、 $l_i$ ：車両感知器  $i$  の影響圏距離(km)、 $v_i$ ：感知器  $i$  の 5 分間平均速度(km/h)、 $\sigma_i$ ：渋滞ダミー（1：渋滞流( $v_i \leq 60$ )、0：非渋滞流( $v_i > 60$ )）、 $i$ ：車両軌跡上の対象感知器

### 3. 渋滞巻き込まれ状況が BDF に与える影響

#### 3. 1 渋滞巻き込まれ時間と BDF の関係

前章で述べた定義・算出方法に基づき、分析対象データの抽出・渋滞巻き込まれ時間の算出を行った。なお、明暗や天候による影響を排除するため、日没後及び雨天時の渋滞を除外している。また、対象 BN での事故渋滞や先詰まりにより発生した渋滞も除外している。図－1 は高坂サグ、図－2 は利根川橋サグの渋滞巻き込まれ時間と BDF の関係を示したものである。

これによると、ばらつきは見られるが、いずれの路線でも渋滞巻き込まれ時間が長いほど BDF が低下し、ある一定の水準で下げ止まりとなる傾向がみられる。この関係を式(2)に示す一定値に収束する指数関数を仮定して最小二乗法により回帰式を推定した。

$$BDF = a \cdot \exp(-b \cdot T_{jam}) + c \quad (2)$$

ここで、 $T_{jam}$ ：渋滞巻き込まれ時間（分）、 $a, b, c$ ：パラメータ

その結果、表－1 に示すパラメータの推定結果となり、それぞれ図－1、図－2 に示す回帰曲線が得られた。いずれの路線においても、渋滞巻き込まれ時間が概ね

60分程度でBDFの低減率は約10%となり、それ以上の渋滞巻き込まれ時間では収束する結果となった。しかし、いずれの回帰モデルも決定係数が低く、渋滞巻き込まれ時間のみでBDFの関係をモデル化することには課題が残る。

表-1 各パラメータ推定結果

回帰 パラメータ	関越道		東北道	
	<i>a</i>	47.7	55.3	
	<i>b</i>	0.0331	0.0195	
	<i>c</i>	394	380	
RMSE		35.3	30.9	
決定係数R2		0.14	0.23	
サンプル数		532	134	

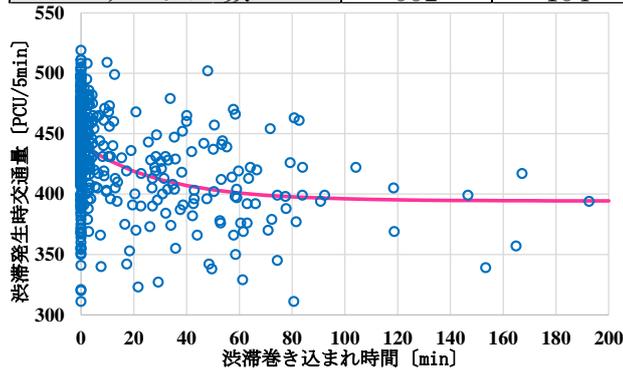


図-1 関越自動車道 高坂サグ

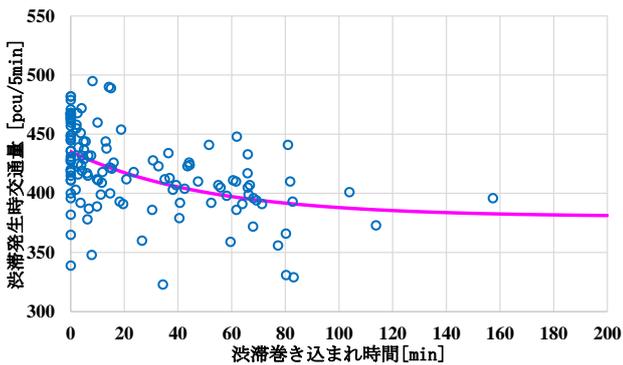


図-2 東北自動車道 利根川橋サグ

### 3. 2 BDFに与える影響の程度

BDFに影響を与える要因は、渋滞巻き込まれ時間のほか、これまでの既往研究で明らかにされている天候や明暗の違い、さらには渋滞巻き込まれ中の速度や直近上流の渋滞巻き込まれ位置からの距離、大型車混入率や車線の利用特性といった交通特性などの影響も考えられる。これらに対して渋滞巻き込まれ時間の影響の程度を把握するため、これら考え得る要因を説明変数とした重回帰分析を行った。

その結果、表-2に示すとおり、渋滞巻き込まれ時間と上流渋滞地点からの距離が関越自動車道、東北自動車道で共通して有意な説明変数となった。また上流渋滞地点からの距離に対して回帰係数の符号条件が正であることから、特にBNに近い位置で巻き込まれる

渋滞ほど影響が大きいことがわかる。また、関越自動車道に関しては大型車混入率、明暗、平休が有意な説明変数であるが、t値を見ても渋滞巻き込まれ時間や上流渋滞地点からの距離は、既往研究で指摘されているような天候と明暗に匹敵する影響の大きさであり、BDFに与える影響の程度は小さくないことがわかる。

表-2 重回帰分析結果

	<関越道>				<東北道> ** : 1%有意 * : 5%有意			
	係数	標準誤差	t	P-値	係数	標準誤差	t	P-値
切片	462.31	16.95	27.28**	3.66 × 10 <sup>-64</sup>	395.27	16.76	23.59**	2.57 × 10 <sup>-51</sup>
渋滞巻き込まれ時間(分)	-0.29	0.10	-2.85**	0.005	-0.33	0.11	-3.07**	0.003
渋滞平均速度(km/h)	-0.03	0.25	-0.14	0.891	0.22	0.26	0.83	0.405
上流渋滞地点からの距離(km)	0.61	0.16	3.81**	1.67 × 10 <sup>-4</sup>	0.59	0.12	4.73**	5.32 × 10 <sup>-6</sup>
大型車混入率	-325.92	81.99	-3.98**	8.77 × 10 <sup>-5</sup>	52.94	97.87	0.54	0.589
天候ダミー(降水あり:1)	-39.72	14.99	-2.65**	0.008	-12.98	4.86	-2.67**	0.008
明暗ダミー(日没後:1)	-42.40	6.73	-6.30**	1.01 × 10 <sup>-9</sup>	-24.64	22.16	-1.11	0.268
平休ダミー(休日:1)	-24.89	8.12	-3.07**	0.002	-4.10	7.91	-0.52	0.605
補正R2	0.265				0.295			
サンプル数	316				152			

### 4. まとめ

本研究では、関越自動車道の高坂サグと東北自動車道の利根川橋サグを対象に渋滞巻き込まれ状況がBDFに与える影響について分析した。その結果、渋滞巻き込まれ時間が60分でBDFが10%程度低下すること、BNに近い位置で巻き込まれる渋滞ほど影響が大きいことが明らかとなった。またこれらの影響は、天候や明暗といった要因と比較しても影響の程度は小さくないことを明らかにした。

今後は、渋滞に巻き込まれたことによる運転挙動の変化などミクロな視点での分析が必要である。

### 参考文献

- 1) 越正毅, 桑原雅夫, 赤羽弘和: 高速道路のトンネル, サグにおける渋滞現象に関する研究, 土木学会論文集, No.458/IV-18, pp.65-71, 1993.
- 2) 齋藤義政, 下川澄雄, 吉岡慶祐: ボトルネック上流における渋滞巻き込まれ時間が交通容量に与える影響分析, 平成30年度土木学会関東支部技術研究発表会講演集, 2019.3.
- 3) 岡村秀樹, 渡辺修治, 泉正之: 高速道路単路部の交通容量に関する調査研究(下), 高速道路と自動車, 第44巻, 第3号, 2001.
- 4) 稲野晃, 中村英樹, 内海泰輔: 複数ボトルネックを含む高速道路区間における渋滞現象の確率的解析, 高速道路と自動車, 第52巻, 第1号, 2009.1.
- 5) 中谷了, 皆方忠雄, 佐藤久長, 市川昌: 渋滞巻き込まれ時間を考慮したLED標識による速度回復情報提供の効果検証, 第25回交通工学研究発表会論文集, pp.173-176, 2005.