

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

日本大学 学生会員 ○齋藤 義政 日本大学 正会員 下川 澄雄
日本大学 正会員 吉岡 慶祐

1. はじめに

高速道路の交通容量は一定ではなく、確率的に変動することが知られており、既往研究では雨天時や夜間などの外的な要因によって交通容量が低下することが明らかにされている。一方で、運転意欲の違いといった運転挙動の差異が交通容量の変動要因の一つにあるという指摘もある。

そこで本研究は、ボトルネック（以下、「BN」という）に到達するまでに渋滞に巻き込まれることで運転意欲が低下するのではないかと仮説を立て、BN上流における渋滞巻き込まれ時間の長さが渋滞発生時交通量（Breakdown Flow, 以下、「BDF」という）に与える影響について明らかにすることを目的とする。

2. 既往研究のレビューと本研究の位置づけ

交通容量の変動に関する既往研究として、例えば岡村ら¹⁾は全国19箇所の車両感知器5分間データから、BDFや渋滞発生後捌け交通量（Discharge Flow, 以下、「DCF」という）は平日よりも休日の方が少ないことを明らかにした。また、永山ら²⁾や永島ら³⁾は、上り・下りの道路構造が類似している関越自動車道高坂サグの上り・下りおよび平日・休日の比較から、休日の行楽地から帰るドライバーは運転意欲が低くなることでBDFやDCFが低下している可能性を示している。

さらに越ら⁴⁾は、東名高速道路秦野サグにおける分析から、BNでの渋滞経過時間が長くなるほどDCFが減少することを明らかにした。この要因の一つとして、渋滞の経過時間が長くなるほど前方車への追従が緩慢になることが考えられる。

ただし、これら知見は単に1地点のBNでの渋滞だけではなく、上流側で異なる渋滞に巻き込まれていたとすれば、下流側BNの交通容量が低下する要因にもなり得るものと考えられる。以上のような仮説を踏まえ、本研究ではBN上流における渋滞巻き込まれ時間と下流側BNの交通容量の関係に着目するものである。

3. 分析対象箇所と渋滞発生状況の整理

3. 1 分析対象箇所と使用データ

対象地点はわが国の高速道路の代表的なBNである関越自動車道上りの高坂サグ(33.49KPおよび35.68KP)とし、そこから上流側の藤岡JCT(79KP付近)までの区間において巻き込まれた渋滞を集計対象とする。分析には、車両感知器5分間の交通量及び平均速度データを使用し、大型車はPCE=2.0として乗用車換算した。また、対象期間は坂戸西スマートIC供用後の2014年～2017年とした。BNでの渋滞発生回数は表1のとおりである。

表1 渋滞発生パターン毎の渋滞発生回数

渋滞発生パターン	渋滞発生回数(回)
①高坂のみor高坂で先に渋滞発生	519
②高坂サグの上流で先に渋滞発生	285
③②のうち花園サグで渋滞発生	113

3. 2 渋滞巻き込まれ時間とBDFの定義

本研究では、永山ら²⁾の研究と同様に、60km/h以下が15分以上続いた状態を渋滞と定義し、さらに渋滞が開始する直前5分間交通量をBDFと定義した。

渋滞巻き込まれ時間は、BNに到達するまでに速度60km/h以下で走行した時間の合計として定義し、車両感知器の5分集計データによる平均速度と影響圏距離から式(1)のように算出した。なお、分析に用いる感知器*i*の位置と時刻は、遠藤ら⁵⁾の研究と同様にタイムスライス法の考え方を採用し、高坂サグから遡って速度と距離を計算し特定した。

$$T = \sum \sigma_i \frac{l_i}{v_i} \times 60 \quad (1)$$

ここで、*T*: 渋滞巻き込まれ時間(min), *l_i*: 感知器*i*の影響圏距離(km), *v_i*: 感知器*i*の速度(km/h), *σ_i*: 渋滞ダミー (1: *v_i* ≤ 60, 0: *v_i* > 60)

3. 3 渋滞巻き込まれ時間とBDFの関係

図-1は上流での渋滞巻き込まれ時間と高坂サグのBDFの関係を示したものである。なお、既往研究にあるような明暗や天候の影響を考慮し、日没後および雨天時の渋滞は除外している。これによると、ばらつきはみられるものの、渋滞巻き込まれ時間が長いほど全体的にBDFが減少している傾向がみられる。

4. 渋滞発生確率の比較

4. 1 渋滞発生確率の推定方法

次に、高坂サグ上流での渋滞巻き込まれ時間の影響を渋滞発生確率で比較する。渋滞発生確率は稲野ら⁶⁾の研究にもとづき式(2)を用いてワイブル分布を仮定し、最尤推定法によりパラメータを推定する。

$$F(q) = 1 - e^{-\left(\frac{q}{\beta}\right)^\alpha} \quad (2)$$

ここで、 $F(q)$: 渋滞発生確率 α, β : 分布形状を示すパラメータ q : 5分間交通量(pcu/5min)

図-2は高坂サグ上流での渋滞巻き込まれ時間が1～10分のときに渋滞が発生した頻度としなかった頻度の分布を5分間交通量ランク別に示すとともに、ここから推定された渋滞発生確率を表している。到着需要が増加するほど、渋滞の発生確率が高くなることが確認できる。

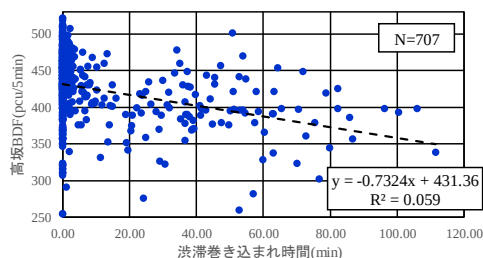


図-1 渋滞巻き込まれ時間と高坂 BDF の関係

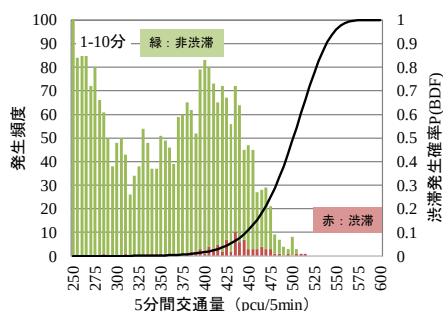


図-2 渋滞発生確率曲線

4. 2 渋滞巻き込まれ時間別渋滞発生確率

図-3は高坂サグ上流での渋滞巻き込まれ時間のランク別に、渋滞発生確率曲線を推定した結果を示している。この図によれば、渋滞巻き込まれ時間が長くなるほど渋滞発生確率曲線が左側にシフトしている。つ

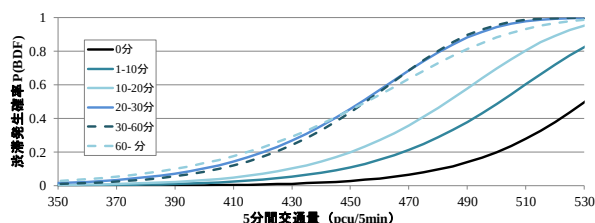


図-3 渋滞巻き込まれ時間別の渋滞発生確率

表-2 図-3における各種数値

渋滞巻き込まれ時間(min)	サンプル数		パラメータ	
	非渋滞	渋滞5分前	α	β
0	181516	319	19.3795	540.2888
1-10	2560	88	16.5419	512.4088
10-20	752	16	15.9499	494.4296
20-30	580	17	14.6931	465.3084
30-60	1214	51	16.1087	465.7407
60-	542	23	12.0914	469.5776

まり、上流 BN における渋滞巻き込まれ時間が長いほど、同じ交通量レベルであっても渋滞発生確率が高い。すなわち、渋滞しやすいことを示している。これは、BN に到達する前に渋滞に巻き込まれることで、前方車への追従が緩慢になり、交通容量が低下する一つの要因になっているためであると推察される。

5. おわりに

本研究では、関越自動車道の高坂サグを対象に、BN 上流での渋滞巻き込まれ時間が長いほど交通容量が低下するとともに、渋滞発生確率も高くなることを示した。この結果は、例えば複数の BN が連続して存在する場合に、上流側 BN のみの渋滞対策では単に渋滞先頭位置が下流に遷移するだけであるとの指摘に対して、下流側 BN の渋滞削減にも寄与していることの論拠になるものである。ただし、本研究はある特定の BN における分析にとどまっているため、今後は異なる路線や BN においても検証する必要がある。なお、本研究に当たり、NEXCO 東日本(株)関東支社よりデータの提供をいただいたことを申し添える。

参考文献

- 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.
- 永山和樹, 下川澄雄, 森田緯之: ドライバー特性の違いが高速道路の交通容量に及ぼす影響に関する一考察, 平成28年度土木学会関東支部技術研究発表会講演集, 2017.
- 永島潤也, 下川澄雄: ドライバーの運転特性が渋滞発生後の捌け交通量に及ぼす影響分析, 平成29年度土木学会関東支部技術研究発表会講演集, 2018.
- 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.
- 遠藤学史, 山口孝, 平生整: 首都高速道路における低速域の走行速度観測時所要時間情報提供の精度向上, 交通工学論文集, 第1巻, 第2号(特集号B), pp.B_90-B_98, 2015.
- 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.