

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

Analysis of the Influence of Queuing Time at Upstream Bottleneck on the Capacity

○鳥海航太¹, 下川澄雄², 吉岡慶祐²

*Kota Toriumi¹, Sumio Shimokawa², Keisuke Yoshioka²

This study analyzed the influence of queuing time at upstream bottleneck on the breakdown flow of the downstream bottleneck by using the vehicle detector data on Kanetsu and Tohoku Expressway. As a result, it was found that the breakdown flow decreased by about 10% when the queuing time have reached about 60 minutes in both Kanetsu and Tohoku Expressway.

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りの研究で挙げられている。その他の要因として齋藤ら²⁾の先行研究では、渋滞に巻き込まれたことによる運転意欲の低下の影響も指摘しており、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:以降「BDF」と呼ぶ）の関係を明らかにしている。

本研究は齋藤ら²⁾の先行研究に加えて、東北自動車道においても渋滞巻き込まれ時間と BDF の関係を分析し、両路線の比較を踏まえながら考察を加えるものである。

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（以降 BN と呼ぶ）は齋藤ら²⁾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（以降高坂サグと呼ぶ）に加え、東北自動車道上り利根川橋付近のサグ（以降利根川橋サグと呼ぶ）とした。

分析に用いるデータは車両感知器 5 分間集計データとし、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²⁾の先行研究の対象期間(2014～2017 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

渋滞の定義は、Figure1・2 に示す断面交通量-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類されることから、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。

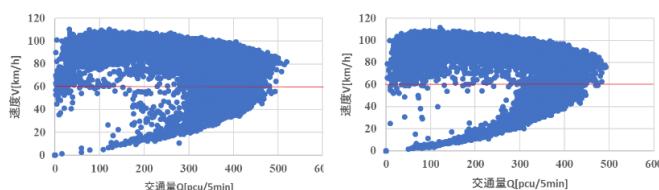


Figure1 .Q-Vdiagram (Kanetsu-expressway)

Figure2. Q-V diagram (Tohoku-expressway)

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³⁾のように「渋滞直前 15 分間の交通量」とした例や、稲野ら⁴⁾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、渋滞直前の 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。

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

ここで、 T_{jam} :渋滞巻き込まれ時間[分], l_i :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], σ_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である。

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

巻き込まれ時間の計算においては、対象 BN を通過する車両は、対象路線の最上流の BN から走行していることを前提としているが、実際には途中の IC 等で流

1 : 日大理工・学部・交通, 2 : 日大理工・教員・交通

入した車両も存在するはずである。したがって通過する車両の何割かは、ここで計算される巻き込まれ時間よりも短いことに注意が必要である。これについては、インター間ペアの OD データなどで検証が必要である。

3. 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。

Figure3 は高坂サグ，Figure4 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。

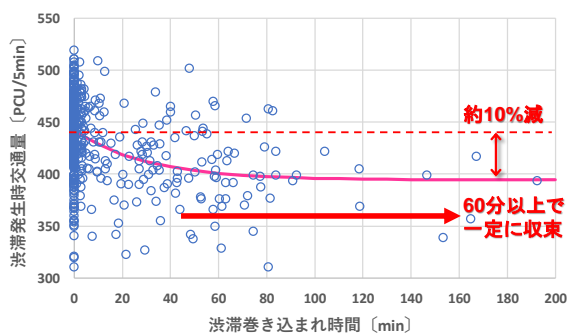


Figure3. Relationship between BDF and queuing time (Kanetsu)

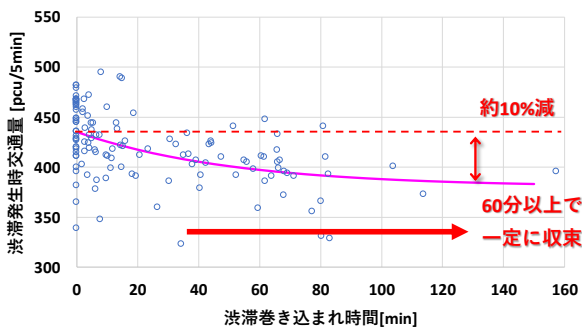


Figure4. Relationship between BDF and queuing time (Tohoku)

これによると、ばらつきはみられるもの渋滞巻き込まれ時間が長いほどある一定の水準まで BDF が減少している傾向がみられる。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 2 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(min), a, b, c : パラメータである。

その結果、Table1 に示すパラメータの推定結果となり、それぞれ Figure3.4 中の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下げ止まりとなった。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

Table1. Estimation result of parameters

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

間のみで BDF の関係をモデル化することには課題が残る。例えば、同程度の渋滞巻き込まれ時間であっても、渋滞に巻き込まれた距離や渋滞中の速度、巻き込まれた回数、渋滞に巻き込まれた直近上流 BN との距離などによって、対象 BN に到達した際の運転意欲の低下の程度は異なると考えられるため、モデル式にこれらの説明変数を加えるなどの改善の余地もある。

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、BN 上流での渋滞巻き込まれ時間が下流側に位置する BN の BDF に与える影響について分析を行った。その結果、渋滞巻き込まれ時間が 60 分程度で BDF は約 10% 低下することが明らかとなった。今後は、インター間 OD ペアの考慮、直近上流の BN との距離や渋滞に巻き込まれた距離などの影響についても加味することが必要である。

5. 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] 齊藤義政, 下川澄雄: 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(上), 高速道路と自動車, 第 44 巻, 第 2 号, 2001.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.