

高速道路の渋滞発生確率に関する研究

建設工学専攻
土木計画研究

ME19006 池田 幸平
指導教員 岩倉 成志

1. はじめに

交通渋滞は、交通需要と交通容量の大小関係で生起する現象である。従来、高速道路の交通容量は、渋滞が発生する際の直前の交通流率の期待値として確定的に扱われることが多かった。しかし、実現象では渋滞発生時の交通量にはばらつきがあり、交通容量を確定値とする考え方では、渋滞現象を的確に表すことができない。これに対して近年では、渋滞の発生を確率的に捉える渋滞発生確率の研究が行われている。

既往研究において、集計間隔の異なるデータ毎に渋滞発生確率の分布型の比較は行われていない。また、都市間高速道路の追越車線のみを扱った渋滞発生確率の研究は存在しない。

そこで本研究では、5分間と15分間集計データで推定した渋滞発生確率を比較することで、集計分解能の違いによる渋滞発生確率分布の性能を把握するとともに、全車線と追越車線も比較する。

2. 対象ボトルネックとデータ概要

本研究では、関越自動車道下り東松山IC(41.540KP)付近を対象に分析を行う。東松山IC付近は休日の午前中に渋滞が発生するボトルネックであり、片側3車線の都市間高速道路である。分析データは、2018年と2019年の車両感知器データであり、車線毎5分間集計の交通量と平均速度が記録される。また、渋滞発生日数は全車線が40日、追越車線が37日である。容量分析サンプル数は全車線が51サンプル、追越車線が43サンプルである。

3. 渋滞発生の抽出

渋滞の判定には、非渋滞流と渋滞流の境界となる速度の閾値を用い、速度がこの閾値未満となった状態を渋滞流とすることとした。速度の閾値は、「高速道路の交通容量に関する調査検討委員会」¹⁾と同様に、40km/hとした。

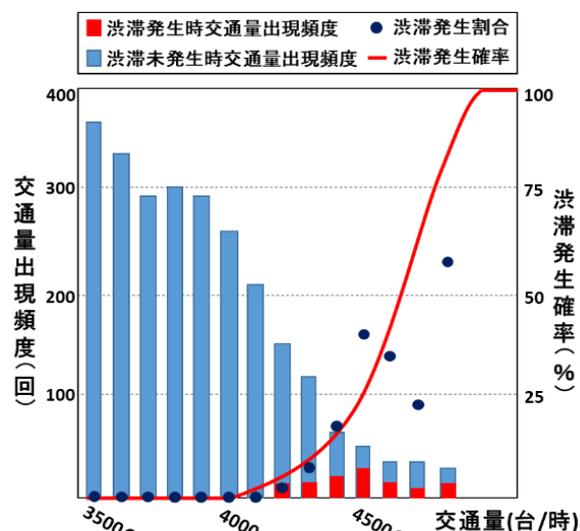


図1 交通量ランク別の出現頻度及び渋滞発生確率

渋滞の発生は、渋滞流が15分以上継続すること、渋滞発生前の15分間は非渋滞であることを条件として、渋滞発生を抽出した。交通容量は、40km/hに低下した最初の5分間を除いた直前の5分間と15分間フローレートとし算出した。

4. 渋滞発生確率の推定

4-1. 渋滞発生確率の推定方法

最尤推定法を用いて、渋滞発生確率の推定を行う。最尤推定法は、過去に観測された交通量ランク別の渋滞発生頻度と非渋滞発生頻度を用いて、事前に仮定した交通容量の確率分布関数のパラメータを推定するパラメトリック法である。式(1)に尤度関数を示す。

$$L = \prod_{i=1}^n f(q_i)^{\delta_i} \cdot [1 - F(q_i)]^{1-\delta_i} \quad (1)$$

ここで、 $f(q_i)$ を確率密度分布関数、 $F(q_i)$ を累積確率分布関数、 n を交通量ランク数、 q_i を交通量、 $\delta_i=1$ を(渋滞が発生した場合)、 $\delta_i=0$ を(渋滞が発生しない場合)とする。また、分布型は、既往研究²⁾で当てはまりがよいとされているワイブル分布を仮定する。

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

ここで、 α は形状パラメータ、 β はスケールパラメータとする。

4-2. 推定結果

表1に推定されたワイブル分布のパラメータを、図2に全車線、図3に追越車線で推定された渋滞発生確率の分布型(実線)と観測された交通容量の構成率(点線)を示す。赤色と青色の曲線はそれぞれ5分間と15分間フローレートのデータを用いて推定したものである。

(1)パラメータ推定結果

形状パラメータ α は、全車線・追越車線共に5分間フローレートの方が小さく、15分間フローレートに比べ分布の傾きが緩やかになった。5分間フローレートの方がデータの集計間隔が短いことで、交通容量が広い範囲に分布し、ばらつきが大きくなったことが要因であると考えられる。

スケールパラメータ β は、全車線・追越車線共に5分間フローレートの方が大きく、15分間フローレートに比べ分布が右側にシフトしている。渋滞は、15分間フローレート(交通容量の集計時間)でも、それらを構成する交通量は15分間で均一ではなく、大きな交通量と小さな交通量が混在していると考えられる。集計間隔の短いデータを分析したことで渋滞発生直前の大きな交通量のみを抽出することができ、交通容量の平均値が上がったことが要因であると考えられる。

(2)推定及び観測された累積分布の比較

推定された渋滞発生確率の分布形と観測された交通容量の累加構成率を比較すると、前者が明らかに右にシフトしていることが分かる。これは、後者は渋滞発生時のデータしか考慮していないのに対し、前者は非渋滞発生時のデータも取り入れているためである。

一方で、追越車線の渋滞発生確率は、観測容量の累加構成率よりも異常に右側に分布している。今回設定した渋滞判定の速度の閾値では追越車線の渋滞発生を抽出することが困難であり、交通量ランク別の渋滞発生割合が過少に算出されたことが考えられる。今後は全車線・追越車線別に閾値の速度を設定すること、また渋滞を判定する上で重要だと考えられる速度の低下量や交通量の増加量を考慮に入れた渋滞発生の定義を検討する必要がある。

表1 ワイブル分布のパラメータ推定結果

	サンプル数	フローレート	ワイブル分布パラメータ	
			α	β
全車線	51	5分間	18.75	5518.10
		15分間	19.91	5085.34
追越車線	43	5分間	7.96	3874.83
		15分間	8.60	3160.76

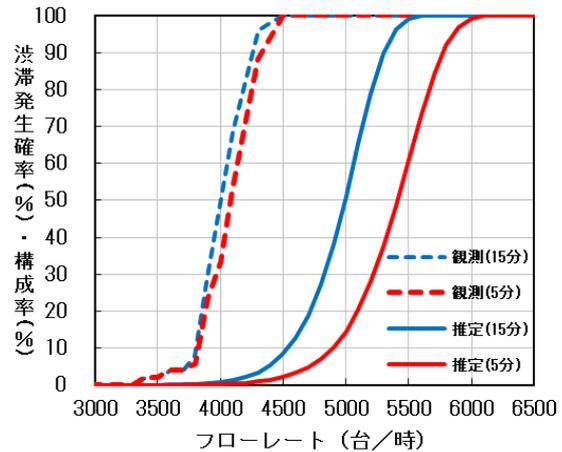


図2 (全車線)渋滞発生確率と観測容量の構成率

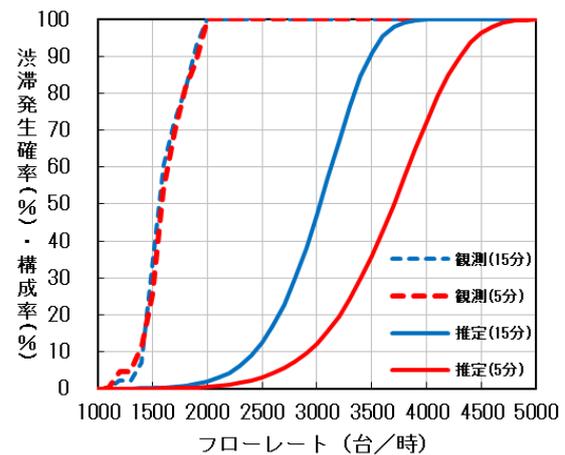


図3 (追越車線)渋滞発生確率と観測容量の構成率

5. まとめ

本研究では、集計分解能の違いが渋滞発生確率分布に与える影響を分析し、推定したパラメータと観測された交通容量から分布型の特性について検討した。今後は、渋滞判定方法を再考し、再度パラメータ推定を行う。

謝辞

本研究を進めるにあたり、株式会社道路計画の野中康弘客員教授に多大なるご指導をいただいた。また、東日本高速道路株式会社からデータの提供を受けた。ここに、心から感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 交通工学研究会：高速道路の交通容量に関する調査検討委員会(委員長：越正毅 日本大学理工学部教授)，平成7年度～10年度。
- 2) Jian XING, 佐藤久長, 高橋秀喜, 吉川良一：高速道路のボトルネック交通容量分布及び渋滞発生確率の推定，交通工学研究発表会論文報告集，Vol.26, pp.49-52, 2006。