

第IV部門 交通流パルスデータを用いた車頭時間分布の経年変化分析

立命館大学大学院 学生員 ○松ヶ谷玲弥

立命館大学 正会員 塩見康博

1. はじめに

2017 年の高速道路における渋滞損失時約 650（万台・時間）であり、2008 年の 400（万台・時間）と比較すると、大きく増加しており、高速道路での渋滞原因の分析と対策が必要である。

高速道路の交通容量は環境や季節の変動によって変化することは従来より知られているが、近年、各地の高速道路ボトルネックにおいて交通容量が経年減少の傾向にあることが明らかとされている⁽¹⁾。これは、同程度の交通需要であっても、交通渋滞が発生しやすい状況であるといえる。そのため、渋滞による経済損失を改善し、国全体の生産性の向上を図るためにも、交通容量の経年現象の原因を究明し、有効な対策を講じることが必要不可欠である。

そこで、本研究では高速道路に設置されている車両感知器のパルスデータを利用し、高速道路のボトルネック付近における車頭時間の経年変化について分析する。各対象地点において、4 秒以下の車頭時間分布について確認した後、EM アルゴリズムを用いた追従車頭時間分布の推定を行う。道路の混雑状況ごとに、交通量レベルを設け、車線別、車種別に経年変化を確認することで、交通容量減少の要因について考察する。

2. 分析対象データ概要

車頭時間分布の分析にはパルスデータと呼ばれる高速道路に設置されている車両感知器から収集できる個別車両のデータを利用する。パルスデータからは車両一台ごとの通過時間、通過車線、車速、車頭時間、車種、車長、相対速度などの情報を得ることができる。本研究での分析対象地点について表 1 に示す。分析に使用するパルスデータの対象期間について関越道は 2015 年 3 月 21 日と、2018 年 8 月 4 日、8 月 11 日、8 月 18 日、8 月 25 日、9 月 1 日、9 月 8 日の 6 日間を比較した。中国道宝塚トンネル付近は、2010 年 4 月 22 日から 2010 年 9 月 9 日の内データ収集が可能であった 30 日間と 2018 年 12 月 20 日から 2019 年 1 月 7 日までの 20 日間を比較した。このう

ち、車頭時間分布の分析において、ドライバーの属性を統一するために、地点 1-1、地点 1-2 は休日のデータ、地点 2 においては平日のデータを用いて経年変化を比較した。明るさによる運転への影響を考慮し、日が出ている 7 時～17 時のデータを用い、走行する全ての車両が追従車となる渋滞時のデータを除去し比較を行った。

表 1 分析対象箇所

略称	道路名	対象箇所	方向	車線数	KP
地点 1-1	関越自動車道	花園IC付近 サグ底後2.5km	上り	3	52.5
地点 1-2	関越自動車道	花園IC付近 サグ底前1.37km	上り	3	56.37
地点 2	中国自動車道	宝塚西トンネル手前、サグ底付近、ボトルネック	上り	3	20.32

3. 4 秒以下の車頭時間分布の経年変化傾向

本研究では車頭時間分布の経年変化について、交通流レベルを設定し、車線、車種ごとに変化を比較する。ここでは、多くの車両が追従状態にあると考えられる車頭時間 4 秒以下に限定して、比較を行った。表 2 は 4 秒以下の車頭時間の平均、分散の経年変化をまとめたものである。値の増減を 2 時点の値の差を取ることで示している。経年比較を行う際、平均については t 検定、分散については f 検定を行った。

平均値の比較について、全ての地点で交通量レベルによらず、1 パーセント水準において有意に増加傾向にあったが、地点 1-2 における交通量レベル 201～280[台/5 分]、281～360[台/5 分]の大型車のみ、平均値の変化に有意差が得られなかった。分散の変化について、地点によって増減傾向が異なる結果となったが、第 1 走行車線では全地点で減少傾向が確認でき、追い越し車線では増加傾向にあることが確認できた。

表 2 車頭時間 4 秒以下の平均・分散の増減値

		平均の増減[秒]			分散の増減[秒・秒]		
		地点 1-1	地点 1-2	地点 2	地点 1-1	地点 1-2	地点 2
121～200 [台/5分]	第1走行車線	0.063**	0.087**	0.054**	-0.021*	-0.034**	-0.020**
	第2走行車線	0.077**	0.093**	0.123**	0.000	0.000	0.008
	追い越し車線	0.107**	0.054**	0.082**	0.040**	0.006**	0.029**
	大型車	0.093**	0.034*	0.066**	-0.101**	0.013	-0.010**
	普通車	0.086**	0.057**	0.120**	0.011**	0.004	0.024**
201～280 [台/5分]	第1走行車線	0.070**	0.083**	0.040**	-0.018*	-0.047**	-0.007**
	第2走行車線	0.079**	0.088**	0.100**	0.001	-0.001	0.009**
	追い越し車線	0.108**	0.053**	0.033**	0.046**	0.000	0.014**
	大型車	0.092**	0.024	0.074**	-0.090**	0.047*	0.025**
	普通車	0.089**	0.055**	0.035**	0.015**	-0.002	-0.009**
281～360 [台/5分]	第1走行車線	0.074**	0.085**	0.025**	-0.022	-0.037	-0.014**
	第2走行車線	0.072**	0.101**	0.088**	-0.003	0.006	-0.004**
	追い越し車線	0.097**	0.094**	0.025**	0.033**	0.017	-0.013**
	大型車	0.104**	0.029	0.064**	-0.095**	0.083	-0.013**
	普通車	0.079**	0.087**	0.028**	0.008	0.007	0.004**

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

4. 追従車頭時間分布の比較

(1) EM アルゴリズムによる追従車頭時間分布の推定

車頭時間分布は車群内で先行車に影響されて走行している追従車と先行車の影響を受けずに走行している自由走行車で分布形が異なる⁽²⁾。本研究では、車頭時間分布を追従車頭時間分布と自由走行車頭時間分布による混合分布と捉え、EM アルゴリズムを用いて両分布を分離し、追従車頭時間分布の比較を行う。具体的には、追従車頭時間分布は式(1)に示す、対数正規分布に従い、自由走行車頭時間分布は式(2)に示す、最小車頭時間分布をシフトさせた指数分布に従う。各分布のパラメータについて、EM アルゴリズムを用いることで推定し、追従車頭時間分布を求めた。

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} \exp\left(-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad \text{式(1)}$$

x 車頭時間

μ, σ 追従車頭時間分布のパラメータ

$$g(x) = \lambda \exp\{-\lambda(x - \text{loc})\} \quad \text{式(2)}$$

x 車頭時間

λ, loc 自由走行車頭時間分布のパラメータ

(2) 追従車頭時間分布の経年変化傾向

表 3 は推定された追従車頭時間分布の平均、分散の経年変化をまとめたものである。4 秒以下の車頭時間の比較と同じく、増減を 2 時点の値の差を取ることで示しており、交通量レベルごとに車種別、車線別に分析を行った。平均値については、地点 1-1、地点 1-2 において全体的な増減を確認すると概ね増加傾向にあることがわかる。地点 2 では交通量レベルにより、車線別、車種別の増減が異なる結果となった。また、全地点で追い越し車線の平均値の増減について着目すると地点 2 の交通量レベル 201~280[台/5 分]以外の全ての条件で増加傾向にあることがわかる。分散値については、地点 1-1、地点 1-2 において全体的に増加傾向であり、地点 2 では全体的に減少傾向であることがわかる。全地点の追い越し車線に着目すると地点 1-2 の交通量レベル 121~200[台/5 分]以外の全ての地点で、交通量レベルによらず増加傾向であることがわかる。

表 3 追従車頭時間の平均・分散の増減値

		平均の増減[秒]			分散の増減[秒・秒]		
		地点 1-1	地点 1-2	地点 2	地点 1-1	地点 1-2	地点 2
121~200 [台/5分]	第1走行車線	-0.104	0.232	-0.682	-0.013	1.500	-3.105
	第2走行車線	0.445	-0.453	-0.488	0.929	-0.686	-1.078
	追い越し車線	0.155	0.067	0.571	0.248	-0.097	0.939
	大型車	0.216	0.348	0.203	0.691	2.434	-0.543
	普通車	0.625	-0.065	0.346	1.039	-0.329	0.244
201~280 [台/5分]	第1走行車線	0.211	-0.165	-0.081	1.592	-0.864	-0.366
	第2走行車線	0.098	0.080	0.051	0.113	-0.095	-0.105
	追い越し車線	0.466	0.300	-0.034	0.459	0.438	0.019
	大型車	-0.434	0.384	-0.222	-13.689	3.145	-0.441
	普通車	-0.176	0.399	-0.088	-1.296	0.444	-0.461
281~360 [台/5分]	第1走行車線	0.095	0.361	0.458	0.097	1.336	-0.149
	第2走行車線	-0.405	-0.256	0.212	-0.794	-1.162	-0.246
	追い越し車線	0.507	0.113	0.183	0.839	0.147	0.150
	大型車	-1.402	0.504	0.000	-7.483	0.291	0.263
	普通車	0.173	0.556	0.013	0.315	0.960	-0.382

5. おわりに

本研究では、高速道路の車両感知器パルスデータを用いて、都市間高速道路のボトルネック付近の地点を対象に、車頭時間分布の経年変化傾向を分析した。4 秒以下の車頭時間分布および追従車頭時間分布の平均値の経年変化から、車頭時間は全体的に経年的に増加傾向にあることが明らかになった。これは、車間距離を一定に保ち、定速走行を自動で行ってくれる装置である ACC を搭載した車両が増加した可能性が考えられる。

一方で、4 秒以下の車頭時間分布の平均値の経年比較において、地点 1-2 の大型車のみ、有意差が得られなかった。この結果に対する考察として、高速道路の大型車を運転するドライバーは普通車を運転するドライバーと比べ、運転に慣れているドライバーが多く、もともと適切な車間距離をとる車両が多い。そのため、経年的に運転の仕方が変わらず、変化に有意差が得られなかった可能性が考えられる。また、車頭時間の分散が追い越し車線において増加傾向にあったことから、追い越し車線における車頭時間のばらつきの増加が、交通容量の減少に影響している可能性が指摘される。今回は時間帯や、土日と平日、渋滞の有無などの条件を考慮し分析を行ったが、ドライバーの運転挙動という面では天候や前方車を走る車両の大きさなどの細かい条件においても個々に左右されるため、様々な条件を想定して交通流特性を分析する必要がある。また、今回の分析で得られた傾向が他の地点でも見られるのか、今後も分析を進める必要がある。

【参考文献】

- 1) 村上友基, 井料雅隆, 中田諒, 萩原武司: 車両検知器データによる交通量の長期変動モニタリング, 土木計画学研究・講演集, Vol.51, No232, 2015.
- 2) 田村洋一, 樗木武: 自由車・追従車構成に着目した車頭時間分布モデルに関する研究, 土木学会論文報告集 (336), p159-168, 1983-08