

高速道路における車種別車頭時間分布 と追従確率の推定

近田 博之¹・中村 英樹²

¹正会員 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋 (株)
(〒460-0003 名古屋市中区錦1-8-11)

E-mail: h.konda.a@c-nexco-hen.jp

²フェロー会員 名古屋大学大学院教授 環境学研究科 都市環境学専攻
(〒464-8603 名古屋市中種区不老町C1-2(651))

E-mail: nakamura@genv.nagoya-u.ac.jp

本研究では、追従確率を高速道路の交通サービスの質を評価する指標と捉え、都市間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使い、車線運用別に車頭時間分布と追従割合を推定することを目的とするものである。推定した車頭時間分布は、追従車頭時間成分と非追従車頭時間成分で構成される合成車頭時間分布を前提とした上で、追従車頭時間成分と非追従車頭時間成分はガンマ分布を仮定し、最尤推定法によるパラメータ推定を行った。推定結果は、実測値と概ね良く合致しており、さらに推定したパラメータの重回帰分析では、車線運用、車線、車種構成、交通量が影響要因であることがわかった。また、追従車と非追従車の比である追従割合は、同一交通量の場合に大型車よりも小型車の方が高いことや、混雑時の追従割合は 8 割程度になることがわかった。

Key Words : time headway distributions, car-following probability, intercity expressway

1. はじめに

(1) 研究の目的

わが国の高速道路は渋滞対策が喫緊の課題であるため、サービス水準に関する検討事例は少なく、計画・設計や運用段階での評価に際して、これまで十分考慮されてこなかった。近年では旅行時間や旅行速度を代表指標とする道路のサービスの質に関する研究がなされているが¹⁾、実務では依然として残る渋滞への対応が中心となっている。しかし、渋滞には至らないまでも混雑時の交通実態をみると、ドライバーは周辺車両に注意を払いながら速度調整や車線変更を行い、ストレスを感じながら走行している状態にある。また、高速道路の交通状況が交通事故リスクに深い関わりがあることは、以前より指摘されている²⁾。このような混雑時をはじめとして、高速道路の交通サービスの質の改善を図ることが、今後いっそう求められる課題といえる。

そこで本研究では、追従確率を高速道路の交通サービスの質を評価する指標と捉え、都市間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使い、追従車頭時間成分と非追従車頭時間成分で構成される合成車頭時間

分布モデルを推定し、これより追従割合を求めることを目的とする。

(2) 既往研究

車頭時間は、道路のある横断面を通過する先行車の最前部からその後続車の最前部までの時間間隔であり、その特性については古くからさまざまな研究がなされてきた。たとえば、交通量の増加に伴い短い車頭時間の頻度が増えることや³⁾、トンネル部は明かり部に比べ車頭時間が大きくなること⁴⁾など、車頭時間に与える影響要因に関する研究がなされている。車頭時間分布モデルに関する研究では、佐川ら⁵⁾が、多車線の高速道路において、先頭車の車頭時間分布と追従車の車頭時間分布についてそれぞれ別のアーラン分布を仮定し、それらを車群率(追従車の割合)で合成した車頭時間分布モデルを提示した。また、田村ら⁶⁾は、往復 2 車線道路の一般国道において、同様の研究を行っている。追従確率に関する研究については、中村ら⁷⁾が、車頭時間と速度の組合せに基づく追従判定手法による追従車密度をサービスの質を評価する指標として、往復 2 車線の高速道路の付加追越車線の最小区間長と最大の設置間隔の最適な組合せを示し

ている。

このように、車頭時間に関してさまざまな視点で研究がなされているが、多車線高速道路の付加車線を含む車線運用について車頭時間分布と追従確率を推定し、道路交通サービスの質について考察した研究事例はなく、本研究ではこの点に着目する。

2. 分析概要

(1) 分析データ

a) 車両感知器パルスデータ

本研究では、車両感知器のパルスデータを使う。これは、車両一台毎の通過時刻、地点速度、車種、車頭時間などが記録されているものであり、車線別の交通量や速度が任意の時間単位で集計される一般的な車両感知器データとは異なる。なお、本研究で使用するパルスデータを検出した車両感知器は、いずれも路面に埋設されたループコイルで車両を感知する仕組みである。

b) データクレンジング

分析にあたっては、その精度を高めるため、データのクレンジングが不可欠である。本研究では、車両感知器の誤検知や、管制イベントデータを用い事故や故障車などのインシデント、工事に伴う路肩や車線規制、雨や雪などの気象事象発生等の情報を使い、データのクレンジ

ングを行った。

(2) 分析対象箇所と期間

本研究では、図-1 に示す 4 つの横断面を分析対象とする。これらの 4 横断面の車線運用は、図の上段に示す東名高速道路(下り線)の 299.58kp が「片側 3 車線運用」、図の中段に示す中央自動車道(下り線)の 330.22kp が「登坂車線運用」、同 334.48kp が「片側 2 車線運用」、図の下段に示す同 330.22kp が「付加追越車線運用」となっている。

分析に使用するデータの期間は「片側 3 車線運用」が 2015.10.29 ~ 2016.4.21(176 日間)、「片側 2 車線運用」と「登坂車線運用」が 2014.9.19 ~ 2015.10.8(385 日間)、「付加追越車線運用」は 2016.3.29 ~ 2016.9.30(186 日間)である。なお、図の上段に示す東名高速道路は、本来片側 2 車線であった道路構造を、渋滞対策として時限的・暫定的に狭幅員採用による車線増を行い、片側 3 車線の道路構造に運用変更した箇所である。現在は渋滞対策としての役目を終え、2016 年 10 月に片側 2 車線の道路構造に戻されている。また、下段の中央自動車道(下り線)は、もともと図の中段に示す登坂車線運用区間であったが、2016 年 3 月 28 日より付加追越車線運用を試行的に実施している区間である。なお、本研究では便宜上、これら 4 横断面を「片側 3 車線運用」、「片側 2 車線運用」、

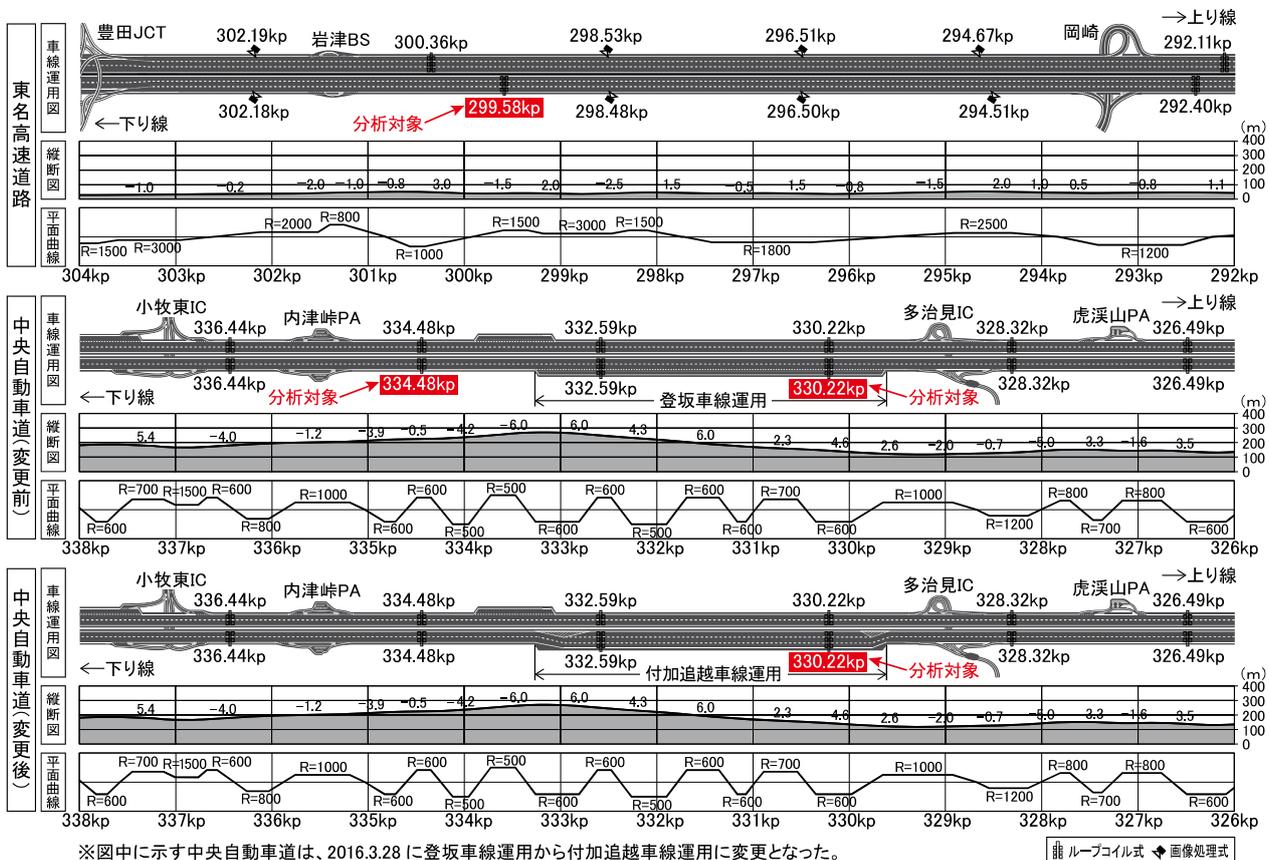


図-1 分析対象箇所

「登坂車線運用」, 「付加追越車線運用」と呼ぶ。また車線の呼称は, 外側車線から内側車線に向かって順に「第1車線」, 「第2車線」, 「第3車線」とする。

3. 車頭時間分布に与える影響要因分析

(1) 分析方法

本章では, 車頭時間分布に影響を与える要因について整理する。この整理にあたっては, 前述したデータクレンジング後のデータを使い, 交通量ランク, 大型車混入率ランク, 車種構成, 車線数, 車線運用別に分類し, サンプル数が 2,000 以上得られたカテゴリのみを分析の対象とした。なお, 1分間交通量は 5 台/分刻み, 大型車混入率は 10%刻みで分類した。追従状態の車種構成については, 自転車と先行車の車種の組合せを表現することを考える。たとえば, 自転車が小型車, 先行車が大型車であれば, 大型車-小型車と記し, さらに小型車を S, 大型車を H と置くことで, これを「HS」と呼ぶこととする。その他の車種構成は, それぞれ「SS」, 「SH」, 「HH」となり, 本研究では追従状態について, これら 4つの車種構成を考慮する。

(2) 交通要因

本節では, 片側 3 車線運用と片側 2 車線運用の車線別車頭時間分布について, 交通量ランク, 大型車混入率ランク, 車種構成の影響を確認する。

a) 交通量の影響

図-2 は, 交通量ランク別の車頭時間分布を整理した結果である。大型車混入率ランクが 10-20%の場合のものを示しており, 交通量ランクの大小は凡例に示す色の濃淡で表現している。これより, どの車線においても, 交通量の増加に伴い, 比較的小さい車頭時間(1~2 秒)の頻度が高くなっていることがわかる。また, 同じ交通量ランクでみると, 片側 3 車線運用, 片側 2 車線運用ともに, 内側車線であるほどその傾向が顕著であることがわかる。

b) 大型車混入率の影響

図-3 は, 大型車混入率ランク別の車頭時間分布を整理した結果である。交通量ランクは 11-15 台/分の場合のものを示しており, 大型車混入率ランクの大小は凡例に示す色の濃淡で表現している。これより, 片側 3 車線運用と片側 2 車線運用の第 1 車線では大型車混入率ランクの増加に伴い, 分布形の山が緩やかになっていることがわかるが, 第 2 車線と第 3 車線では大型車混入率による顕著な変化はみられない。

c) 車種構成の影響

図-4 は, 車種構成別の車頭時間分布を整理した結果

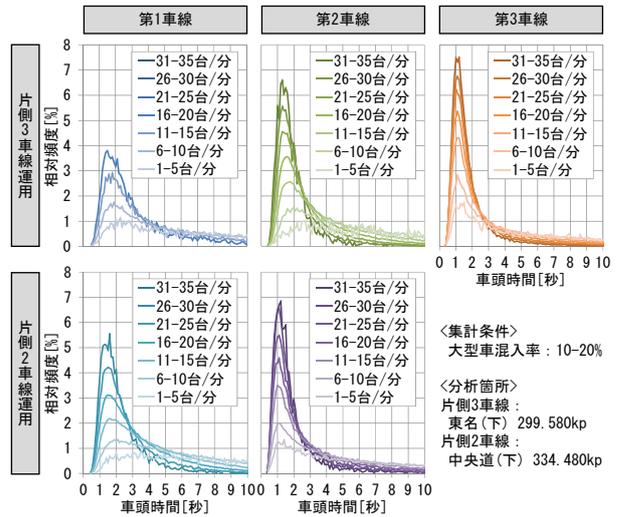


図-2 交通量の影響

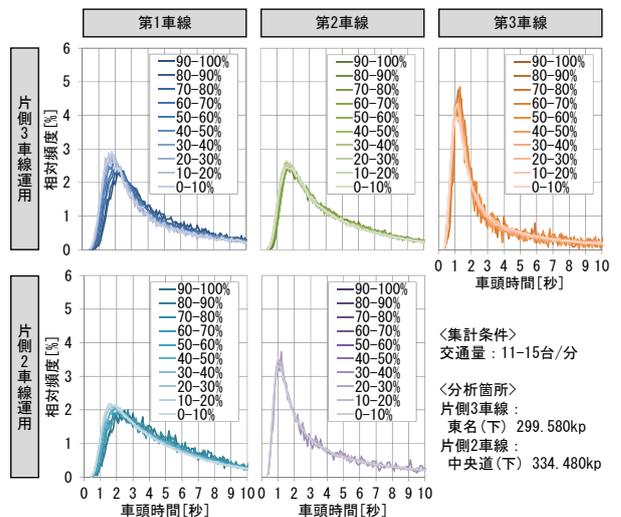


図-3 大型車混入率の影響

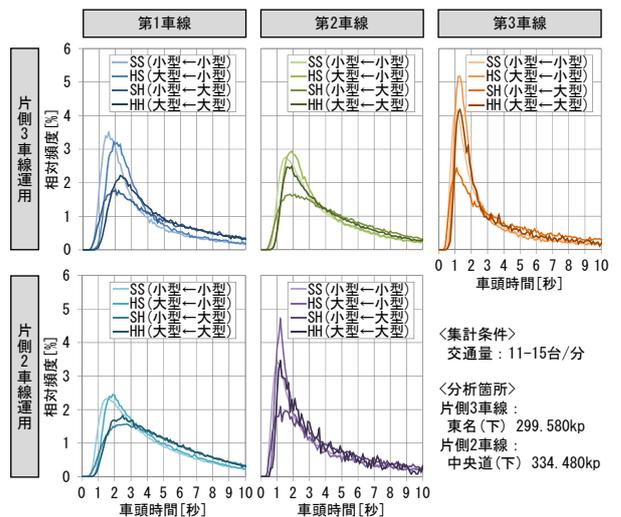


図-4 車種構成の影響

である。交通量ランクは 11-15 台/分の場合のものである。これより, 片側 3 車線運用と片側 2 車線運用の第 1 車線は, 自転車が小型車の場合(SS と HS)は, 比較的小さい車頭時間の頻度が高くなる傾向がみられる。第 2 車線と第 3 車線では, SH が他の車種構成に比べて, 分布形の山

が緩やかになっている。これは小型車が大型車に比べ速度が高いと考えると、自車と先行車の速度差が影響したものと推察される。

(3) 道路構造要因

本節では、交通量ランクが 11-15 台/分、大型車混入率ランクが 0-10%における車頭時間分布について、車線数および付加車線運用の影響を確認する。

a) 車線数

図-5 は、片側 3 車線運用と片側 2 車線運用の車線別車頭時間分布である。これより、片側 3 車線運用の第 3 車線(橙線)と片側 2 車線運用の第 2 車線(紫線)は、他の車線に比べて、比較的小さい車頭時間の頻度が高く、内側車線は小さい車頭時間で走行する車両が多い傾向があることがわかる。

b) 付加車線運用

図-6 は、登坂車線運用と付加追越車線運用の車線別車頭時間分布である。これより、車線数の結果と同様に、内側車線は比較的小さい車頭時間の頻度が高いことがわかる。また、付加追越車線運用は、第 1 車線(青線)、第 2 車線(緑線)、第 3 車線(橙線)の順に小さい車頭時間の頻度が段階的に増えていることがわかる。なお、登坂車線は、通常車線と異なり大型車などの低速車が利用する車線であるため、利用台数が少なく、車頭時間分布を描くための十分なデータが得られていない。

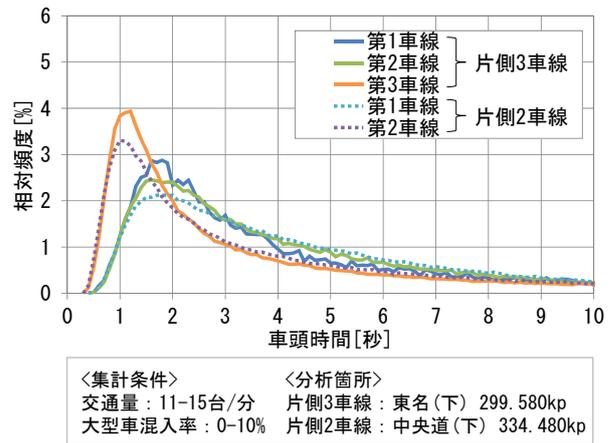


図-5 車線数の影響

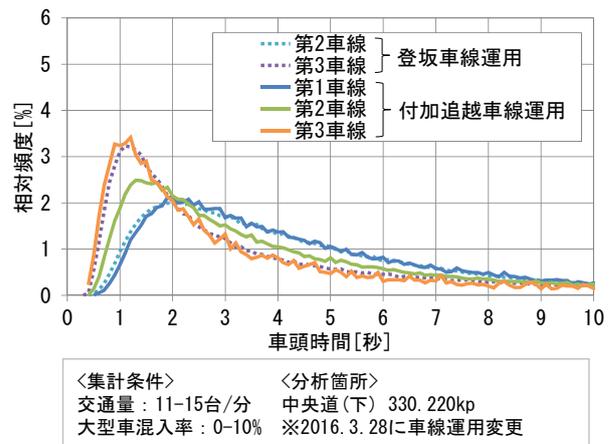


図-6 付加車線運用の影響

4. 車頭時間分布と追従割合の推定

(1) 推定方法

a) 前提条件

本章では、車線運用、交通量ランク、車種構成、車線別に車頭時間分布を推定する。図-7 の上段に示す様に、車頭時間を 0.1 秒刻みで相対頻度と累積頻度をカテゴリ毎に整理し、サンプル数 2,000 以上を分析対象とする。

本研究では既往研究⁵⁾に倣い、追従車頭時間成分と非追従車頭時間成分を追従割合 φ で合わせた合成車頭時間分布を考慮する。本研究で仮定する分布形は、式(1)に示すガンマ分布(確率密度関数)とする。既往研究⁵⁾ではアーラン分布を仮定しているが、アーラン分布では式(1)に示すガンマ分布の形状パラメータ k が整数であることが条件となる。これに対してガンマ分布は、形状パラメータ k が整数に限定されず自由度が高いため、高精度での近似が期待できると考えた。

$$f(x) = x^{k-1} \frac{e^{-x/\theta}}{\Gamma(k)\theta^k} \quad (1)$$

ここに、 k は形状パラメータ、 θ は尺度パラメータ、 $\Gamma(k)$ はガンマ関数である。

この式(1)を本研究に当てはめると、追従車頭時間成分 $g(t)$ が式(2)、非追従車頭時間成分 $h(t)$ が式(3)となる。

$$g(t) = (t - c_1)^{a_1-1} \frac{e^{-\frac{(t-c_1)}{b_1}}}{\Gamma(a_1)b_1^{a_1}} \quad (2)$$

$$h(t) = (t - c_2)^{a_2-1} \frac{e^{-\frac{(t-c_2)}{b_2}}}{\Gamma(a_2)b_2^{a_2}} \quad (3)$$

ここに、 t は車頭時間、 a_1 と a_2 は形状パラメータ、 b_1 と b_2 は尺度パラメータ、 c_1 と c_2 はオフセット量である。形状パラメータは、分布のバラツキを表す指標であり、この値の上昇に伴い分布のバラツキが小さくなる。また尺度パラメータは、分布の位置を表す指標であり、この値の上昇に伴い分布の平均的な位置が大きくなる。オフセット量 c_1 と c_2 は図-7 の下段に示す部分であり、 c_1 は実測値における最小車頭時間に相当する。

前述のとおり、追従車頭時間成分と非追従車頭時間成分を合成させた合成車頭時間分布は式(4)となる。

$$F(t) = \varphi \times g(t) + (1 - \varphi) \times h(t) \quad (4)$$

ここに、 $F(t)$ は合成車頭時間分布、 $g(t)$ は追従車頭時間成分、 $h(t)$ は非追従車頭時間成分、 φ は追従割合である。

b) 最尤推定法によるパラメータ推定

式(2)-式(4)に示す 7 つのパラメータ($a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2, \varphi$)を最尤推定法により推定する。本稿では式(5)に示す対数尤度関数を使い、この対数尤度関数を最大化することで、各パラメータを推定する。

$$\log L = \sum_{t=0.1}^T [N_t \times F(t)] \quad (5)$$

ここに、 $\log L$ は対数尤度関数、 t は車頭時間(0.1 秒刻みかつ上限 20 秒)、 T は本研究で車頭時間分布推定の上限值とした 20 秒、 N_t は任意の t におけるサンプル数、 $F(t)$ は合成車頭時間分布である。

図-7 の下段は、片側 3 車線運用の第 2 車線の交通量ランクが 16-20 台/分における SS の推定結果であるが、実測値 (灰色) と合成車頭時間分布 (赤色) は概ね良く近似できていることがわかる。その他の条件においても概ね同様の結果が得られており、最尤推定法によるパラメータ推定は良好な結果であった。なお、1 分間交通量が 10 台以下の交通状況は、交通量が少ない閑散時であり、多くの車両が自由に走行でき追従車が少ない状態にある。本研究は追従割合に着目した分析であるため、1 分間交通量が 10 台以下の閑散時については、パラメータ推定の対象から除外することとした。

(2) パラメータ推定結果

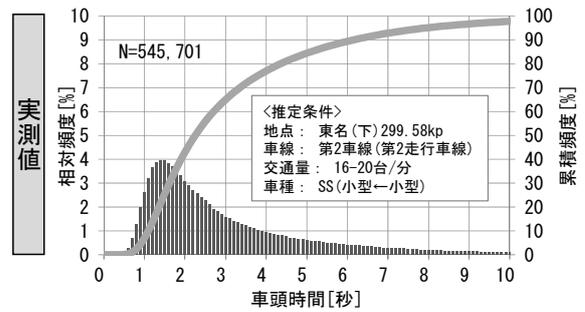
図-8 は、片側 3 車線運用で車種構成が SS の条件で、パラメータ推定した結果である。横軸は 1 分間交通量、縦軸は各パラメータの推定値である。着色の使い分けは、青が第 1 車線、緑が第 2 車線、橙が第 3 車線である。

a) 追従車頭時間成分の推定結果

a_1 の結果をみると、いずれの車線においても右上がりとなっており、追従車頭時間成分は交通量の増加に伴い、そのバラツキが小さくなることがわかる。 b_1 の結果をみると、いずれの車線においても右下がりとなっており、追従車頭時間分布の平均的な位置が、交通量の増加に伴い小さくなることがわかる。また、追従車頭時間分布の最小値である c_1 の結果をみると、いずれの車線においても 0.3-0.4 秒でほぼ横ばいとなっている。

b) 非追従車頭時間成分の推定結果

a_2 の結果をみると、いずれの車線においても僅かに右



最尤推定法

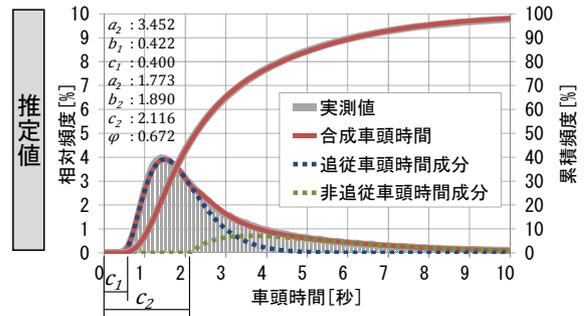


図-7 最尤推定法によるパラメータ推定 (イメージ)

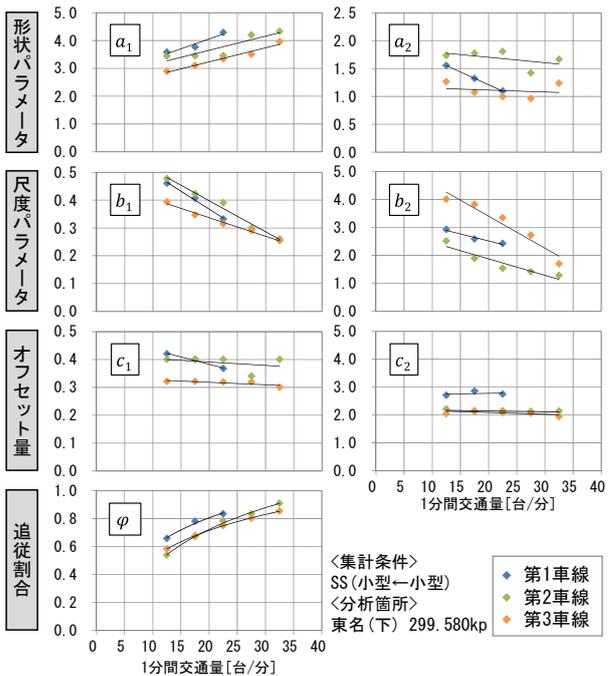


図-8 パラメータ推定結果(最尤推定法)

下がりの傾向となっており、非追従車頭時間成分は交通量の増加に伴い、そのバラツキが僅かに大きくなることがわかる。 b_2 の結果をみると、いずれの車線においても右下がりとなっており、非追従車頭時間分布の平均的な位置が、交通量の増加に伴い小さくなることがわかる。非追従車頭時間分布の最小値である c_2 の結果をみると、いずれの車線においても 2-3 秒でほぼ横ばいとなっている。これを解釈すると、2-3 秒未満は追従状態にあるとみることができ、車頭時間 3 秒未満を追従車両と判定する

表-1 形状パラメータと尺度パラメータ(重回帰分析)

	説明変数	係数 ($\times 10^4$)	t 値	ρ 値	R ² ※
a_1	定数項	214.33	10.74	0.00	0.80 (0.79)
	片側 3 車線ダミー	82.87	7.70	0.00	
	片側 2 車線ダミー	35.70	2.94	0.00	
	登坂車線ダミー	-	-	-	
	外側車線ダミー	26.64	2.08	0.04	
	内側車線ダミー	-36.46	-3.00	0.00	
	SS ダミー	-43.57	-3.20	0.00	
	HS ダミー	77.47	5.49	0.00	
	SH ダミー	-142.74	-10.12	0.00	
1 分間交通量(台/分)	6.35	8.11	0.00		
b_1	定数項	90.62	23.09	0.00	0.77 (0.77)
	片側 3 車線ダミー	-15.29	-6.59	0.00	
	片側 2 車線ダミー	-	-	-	
	登坂車線ダミー	-	-	-	
	外側車線ダミー	-	-	-	
	内側車線ダミー	-7.51	-3.24	0.00	
	SS ダミー	-	-	-	
	HS ダミー	-11.91	-4.38	0.00	
	SH ダミー	32.20	11.84	0.00	
1 分間交通量(台/分)	-1.77	-9.38	0.00		
a_2	定数項	227.90	22.85	0.00	0.65 (0.63)
	片側 3 車線ダミー	-	-	-	
	片側 2 車線ダミー	-	-	-	
	登坂車線ダミー	-	-	-	
	外側車線ダミー	25.70	3.85	0.00	
	内側車線ダミー	-30.09	-4.61	0.00	
	SS ダミー	-30.09	-5.11	0.00	
	HS ダミー	-40.70	-6.46	0.00	
	SH ダミー	-	-	-	
1 分間交通量(台/分)	-2.32	-5.43	0.00		
b_2	定数項	348.53	35.24	0.00	0.83 (0.83)
	片側 3 車線ダミー	-	-	-	
	片側 2 車線ダミー	-31.01	-4.41	0.00	
	登坂車線ダミー	-42.33	-5.75	0.00	
	外側車線ダミー	-	-	-	
	内側車線ダミー	130.50	21.70	0.00	
	SS ダミー	-	-	-	
	HS ダミー	13.24	2.03	0.04	
	SH ダミー	-	-	-	
1 分間交通量(台/分)	-7.11	-14.93	0.00		

※R² は、重回帰分析の決定係数であり、表中の()内の数値は自由度調整済み決定係数である。

HCM の考え方とも概ね合致する。

c) 追従割合の推定結果

追従割合 φ の結果をみると、いずれの車線においても右上がりの傾向となっている。追従割合は交通量の増加に伴い、直線的ではなく非線形的に増加する傾向がみられる。この片側 3 車線運用の事例では、第 2 車線と第 3 車線がほぼ同じ傾向であるのに対し、第 1 車線はより高い位置にあり、第 1 車線は、第 2 車線と第 3 車線に比べ、同じ交通量レベルにおいて追従状態になり易い車線とみることができる。また、第 3 車線の追従割合をみると、交通量が 11~15 台/分のときは 60%程度、31~35 台/分のときは、80%程度の車両が追従状態とみることができる。なお、図-9 は、片側 3 車線の第 2 車線における SS と HS の追従割合を比較した結果であるが、SS は SH よ

表-2 オフセット量パラメータ(平均値)

	車線運用	車線	平均値			
			SS	HS	SH	HH
c_1	片側 3 車線	第 1 車線	0.40	0.53	0.45	0.68
		第 2 車線	0.39	0.47	0.38	0.47
		第 3 車線	0.32	0.41	0.37	0.45
	片側 2 車線	第 1 車線	0.38	0.48	0.40	0.45
		第 2 車線	0.36	0.38	0.39	0.50
	登坂車線	第 1 車線	-	-	-	-
		第 2 車線	0.35	0.46	0.46	0.70
		第 3 車線	0.33	0.39	0.39	0.48
	付加追越車線	第 1 車線	0.46	0.70	0.50	0.53
第 2 車線		0.38	0.51	0.36	0.47	
第 3 車線		0.35	-	-	-	
c_2	片側 3 車線	第 1 車線	2.77	2.93	2.86	2.86
		第 2 車線	2.14	2.43	2.24	2.39
		第 3 車線	2.07	2.12	2.08	2.37
	片側 2 車線	第 1 車線	2.32	2.77	2.00	2.42
		第 2 車線	2.20	2.52	1.93	2.07
	登坂車線	第 1 車線	-	-	-	-
		第 2 車線	2.11	2.49	2.31	2.66
		第 3 車線	2.05	2.01	2.50	2.38
	付加追越車線	第 1 車線	3.18	2.20	2.02	1.99
		第 2 車線	2.44	2.63	2.08	2.68
		第 3 車線	2.40	-	-	-

表-3 追従割合パラメータ(対数回帰分析)

	車線運用	車線	$a \log(t) + \beta$			
			SS	HS	SH	HH
α	片側 3 車線	第 1 車線	0.30	0.22	0.51	0.35
		第 2 車線	0.38	0.32	0.40	0.33
		第 3 車線	0.28	0.23	0.18	0.17
	片側 2 車線	第 1 車線	0.42	0.44	0.16	0.11
		第 2 車線	0.28	0.21	0.21	
	登坂車線	第 1 車線				
		第 2 車線	0.51	0.24	0.29	0.47
		第 3 車線	0.28	0.25	0.19	
	付加追越車線	第 1 車線	0.36	0.21	0.15	0.23
第 2 車線		0.29	0.30	0.20	0.16	
第 3 車線		0.19				
β	片側 3 車線	第 1 車線	-0.10	0.09	-0.76	-0.32
		第 2 車線	-0.43	-0.28	-0.54	-0.41
		第 3 車線	-0.13	0.03	0.07	0.13
	片側 2 車線	第 1 車線	-0.57	-0.68	0.18	0.38
		第 2 車線	-0.14	-0.02	0.04	
	登坂車線	第 1 車線				
		第 2 車線	-0.81	-0.03	-0.21	-0.73
		第 3 車線	-0.09	-0.01	0.08	
	付加追越車線	第 1 車線	-0.24	0.05	0.11	-0.09
		第 2 車線	-0.11	-0.16	0.05	0.23
		第 3 車線	0.14			

りも高くなっており、同じ交通量レベルにおいて、小型車は大型車に比べ追従状態になりやすいことがわかる。

(3) 推定パラメータの回帰分析

本節では、最尤推定法によって得られたパラメータの影響要因について考察するため、形状パラメータ(a_1 , a_2)と尺度パラメータ(b_1 , b_2)は重回帰分析、オフセット量(c_1 , c_2)は平均値、追従割合 φ は対数回帰分析を行う。

a) 形状パラメータと尺度パラメータ

形状パラメータと尺度パラメータについては、1 分間

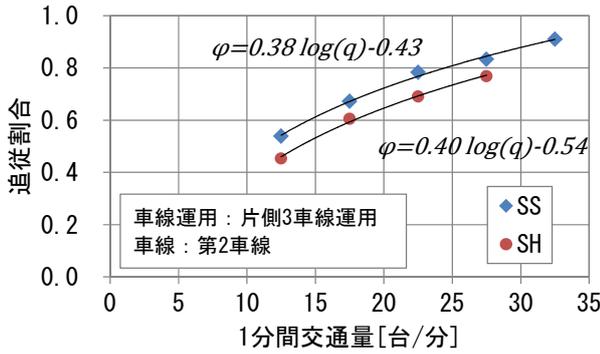


図-9 小型車と大型車の追従割合の違い

交通量に対して直線的な影響がみられたため、車線運用、車線、車種構成、1 分間交通量を説明変数とする重回帰分析を行う。表-1 はその重回帰分析(変数増減法)の結果であり、各パラメータの決定係数 R^2 値をみると、概ね良好な結果であることがわかる。

追従車頭時間成分の分布形のバラツキを表す a_1 の結果をみると、SH(小型車に追従する大型車)はマイナス値であり、分布形の山が緩やかになることを意味し、これは図-4 に示す結果と合致する。

追従車頭時間成分の分布形的位置を表す b_1 の結果をみると、SH (小型車に追従する大型車) がプラス値であり、分布形的位置が大きくなることを意味し、図-4 に示す結果と合致する。

非追従車頭時間成分の分布形のバラツキを表す a_2 の結果をみると、片側 3 車線、片側 2 車線、登坂車線といった車線運用に関する説明変数は採用されず、車種構成や車線が影響していることがわかる。

非追従車頭時間成分の分布形的位置を表す b_2 の結果をみると、内側車線がプラス値であり、内側車線を走行する非追従車両(自由走行車両)の車頭時間は大きくなる結果であった。

b) オフセット量

オフセット量は、図-8 に示すとおり 1 分間交通量の影響がみられなかったため、各カテゴリの推定値を平均し、表-2 のとおり整理した。表をみると、 c_1 と c_2 共に、内側の車線であるほど小さくなる傾向がみられる。

c) 追従割合

追従割合は 1 分間交通量と非線形の関係がみられたため、対数回帰分析を行った。表-3 は、式(6)に示す α と β のパラメータの推定結果である。

$$\varphi = \alpha \log(t) + \beta \quad (6)$$

(4) 再現性検証

図-10 は、「実測値」と「最尤推定法による推定結果」

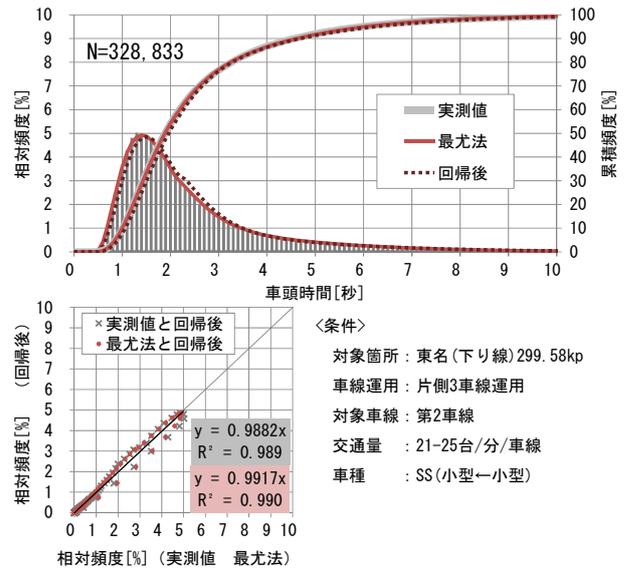


図-10 再現性検証結果 (車頭時間分布)

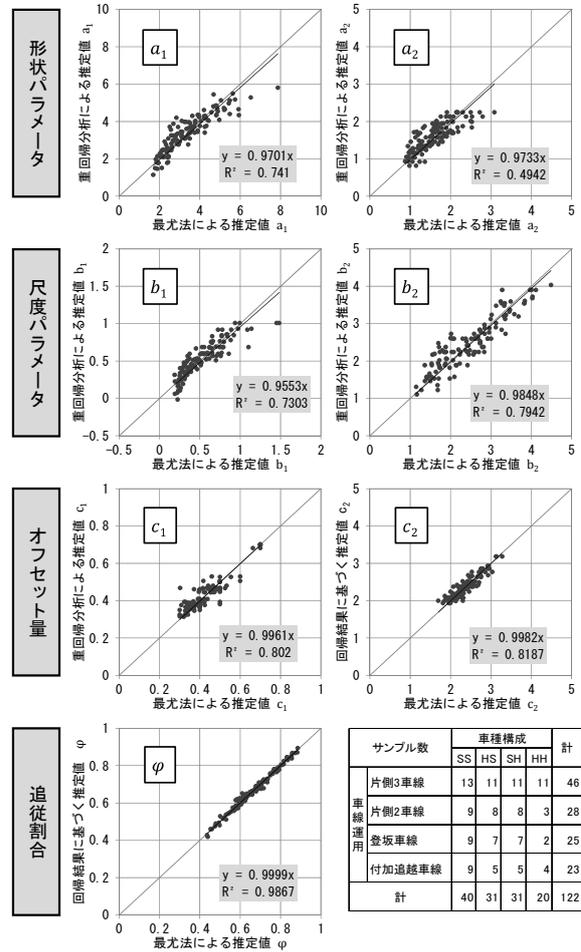


図-11 再現性検証結果 (推定パラメータ)

と「回帰分析結果」の相対頻度と累積頻度を比較した結果である。比較の条件は、車線運用が片側 3 車線運用、車線が第 2 車線、車種構成が SS、交通量ランクが 21-25 台/分である。上段の図をみると、三者ともによく合致していることがわかる。また図-10 の下段は、横軸に「実測値」と「最尤推定法による推定結果」、縦軸に

「回帰分析結果」をとり比較した結果であるが、この図においても「回帰分析結果」は「実測値」および「最尤推定法による推定結果」とよく合致していることがわかる。図-11 は「最尤推定法で推定したパラメータ」と「回帰分析で推定したパラメータ」の比較結果であるが、追従割合の結果は 45 度線上にプロットされ高い精度で再現できていることがわかる。しかし、重回帰分析で求めた形状パラメータや尺度パラメータは、45 度線を中心に分布しているものの、一定の幅がみられバラツキのある結果であった。なお、図-10 に示す結果は、決定係数 R^2 値が 0.989 と比較的良好な結果がえられた事例である。回帰分析したすべての結果をみると、この決定係数 R^2 値が 0.95 以上となった事例は全体の 56% (68/122 件) であった。さらにこれを車種構成別でみると、SS が 70% (28/40 件)、HS が 45% (14/31 件)、SH が 45% (14/31 件)、HH が 60% (12/20 件) となっており、小型車だけで構成される SS に比べ、大型車が関係する車種構成の再現性はやや劣ることがわかる。これは車両感知器で大型車と判定された車両の中には、たとえば小型車と同等の性能を持つ車両やセミトレーラーや満載トラックなど極端に速度の低い車両が混在していることが影響したものと推察される。

5. おわりに

本研究では、都市間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使い、車線運用別に車頭時間分布と追従割合を推定した。追従車頭時間成分と非追従車頭時間成分にガンマ分布を仮定し、最尤推定法によるパラメータ推定を行ったところ、推定結果は実測値と概ね良く合致する結果が得られた。さらに、推定したパラメータについて重回帰分析を行ったところ、車線運用、車線、車種構成、交通量が主な影響要因であることを示した。また、追従車と非追従車の比である追従割合は、大型車

よりも小型車の方が高く車種による傾向の違いがみられ、混雑時の追従割合は 8 割程度になることがわかった。

ただし、今回の分析は 4 横断面の分析に留まっている。また、追従割合を推定したものの、その傾向を確認した程度に過ぎず、高速道路の交通サービスの質を評価することについて十分な検討ができたとはいえない。今後は、車頭時間分布および追従割合について、地点数やデータ件数を増やし、車頭時間分布モデルを他の地点でも適用できるように精度を高めるとともに、高速道路のサービスの質を評価する方法について検討したい。

謝辞：本研究の実施に際して、データの提供など便宜を図っていただいた中日本高速道路㈱名古屋支社の関係各位に深謝の意を表します。

参考文献

- 1) 一般社団法人交通工学研究会：道路の交通容量とサービスの質に関する研究 最終成果報告書, 2015.8.
- 2) 彦坂崇夫, 中村英樹：高速道路単路部における事故率と交通状況との関連に関する統計的分析, 第 21 回交通工学研究会論文報告集, pp173-176, 2001.10.
- 3) 石田友隆, 桑原雅夫, Edward Chung：都市間高速道路における車群特性に関する定量的分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.28, CD-ROM, 土木学会, 2003.11.
- 4) 栗原光二, 羽山章, 安積淳一：ボトルネック対策としての付加車線の効用, 高速道路と自動車, 第 42 巻, 第 7 号, pp.29-36, 1999.7.
- 5) 佐川大介, 大蔵泉, 中村文彦：車頭時間分布のモデルパラメータ推定に関する研究, 交通工学, Vol.34, No.6, 1999.
- 6) 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, 土木学会論文集, No.336, pp.159-168, 1983.8.
- 7) 中村英樹, 小林正人, Jerome L. Catbagan：追従車密度を考慮した往復 2 車線道路における付加追越車線の設置水準に関する研究, 土木学会論文集 D3, Vol.67, NO.3, pp.270-282, 2011.

(2017.4.28 受付)

AN ANALYSIS OF TIME HEADWAY DISTRIBUTIONS AND CAR-FOLLOWING PROBABILITY ON EXPRESSWAY SECTIONS

Hiroyuki KONDA and Hideki NAKAMURA