

都市間高速道路における自由速度分布の分析

鈴木 健悟¹・Edwin AKANDWANAH²・柿元 祐史³・中村 英樹⁴

¹学生会員 名古屋大学大学院 環境学研究科 都市環境学専攻
(〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町C1-2 (651))

E-mail:suzuki.kengo@j.mbox.nagoya-u.ac.jp

²学生会員 名古屋大学大学院 環境学研究科 都市環境学専攻(同上)

E-mail:edwinemml2@gmail.com

³正会員 名古屋大学大学院助教 環境学研究科 附属持続的共発展教育研究センター(同上)

E-mail:kakimoto@nagoya-u.jp

⁴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(同上)

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

高速道路における自由速度は、ほかの車両からの影響を受けない時に選択される速度として定義される。これを交通状況に応じた平均速度と比較することにより、交通流のサービスの質を把握することができると考えられる。また、自由速度は幾何構造条件および走行条件によって変化すると考えられるが、これらの要因については十分明らかとなっていない。そこで本研究では、車両感知器によって観測された生パルスデータを用いて、Kaplan-Meier法に基づき自由速度分布の推定を行った。縦断勾配、平面線形等の幾何構造条件および規制速度、昼夜、車線等の各走行条件の下で実データの分析を行い、これらに応じた自由速度分布の特性を把握するとともに、極値分布を適用することで自由速度分布のモデル化を行った。

Key Words: free speed, intercity expressway, headway distribution, geometric condition

1. はじめに

自由速度は、他の車両からの影響を受けない時に選択される速度と定義される¹⁾。周囲に他の車両が存在すると、自由な速度選択や超越が制限されることで、走行速度と自由速度との乖離が生じることとなる。このため、交通状況に応じて実現する平均速度を自由速度と比較することで、高速道路における交通流のサービスの質を評価することができると考えられる。また、自由速度は、道路の幾何構造条件や規制速度、昼夜などの走行条件によって影響を受け変化すると考えられているものの、これらによる影響を考慮した分析は十分ではない。

そこで本研究では、複数の高速道路において自由速度分布の推定を行い、走行条件、幾何構造条件による自由速度分布への影響を把握する。さらに推定した自由速度分布に対してガンベル分布を適用し、幾何構造条件・走行条件と自由速度分布の関係をモデル化する。

2. 既往研究のレビューと本研究の位置づけ

これまで、自由速度の推定手法は複数提案されている²⁾。これらの手法では、車両は追従状態と自由走行状態

に区別され、最も単純な自由速度の推定方法は自由走行車のみの速度分布を自由速度分布とすることである。しかし、高い自由速度をもつ車両ほど前方車に追いついて追従状態になりやすいため、自由走行状態に分類される車両は比較的的自由速度が低いものが多く、この方法では自由速度を過小評価するという欠点がある。Botma and Bovy³⁾は、車頭時間の閾値によって追従走行と自由走行を区別し、これをもとにパラメトリック手法によって自由速度分布のパラメータを推定する手法を提案している。但し、車頭時間の閾値による追従判定は単純である反面、運転者ごとの追従挙動の違いが考慮されていない。すなわち、小さい車頭時間でも自由走行する車両や、大きな車頭時間で追従する車両に対して誤った追従判定がなされる可能性がある。

このためHoogendoorn⁴⁾は、追従・自由走行は車頭時間によって確率的に決定されるとして、Buckley⁵⁾によって構築された合成車頭時間モデルおよびWasielewski⁶⁾によるノンパラメトリック手法を用いて、追従・自由走行それぞれの車頭時間分布と車頭時間による追従確率の推定を行い、Kaplan-Meier⁷⁾法を利用した追従確率による自由速度分布の推定手法を提案している。

Catbagan and Nakamura⁸⁾は、地方部の2車線幹線道路において平日と休日、昼夜、降雨の有無、車種および前方車

の車種(小型車と大型車), 勾配の上り・下りといった様々な条件の下で自由速度分布を推定し, 影響を分析している. この結果, 休日には平日よりも自由速度が高いこと, 上り勾配の区間では自由速度が低くなること, 降雨の有無が自由速度に影響をもたらすこと等を明らかにしている.

しかしながら, 主要な道路構造である勾配・平面線形の大きさによる自由速度への影響に関する分析は十分なされていない. そこで本研究では, 高速道路の3路線において, 異なる幾何構造を有する様々な地点でのデータを用いて自由速度の分析を行う.

3. 自由速度分布の推定

(1) 使用データ

本研究で使用したデータは, 中日本高速道路株式会社名古屋支社より借用した車両感知器の生パルスデータである. 分析対象は, 東名阪道, 中央道, 新名神高速道路の3路線の合計25地点であり, 東名阪道・中央道は2016年11月, 新名神では2015年11月の1ヶ月間のデータを用いた. 各地点の幾何構造条件等の概要を, 表-1に示す.

これらのデータを, 自由速度に影響を及ぼすと考えられる以下の条件ごとに分類し分析を行った.

- ・ 平日と休日
- ・ 昼間(8:00~16:00)と夜間(20:00~4:00)
- ・ 車種(小型車と大型車)
- ・ 走行位置(第一, 第二, 第三車線)
- ・ 車線数(2車線区間, 3車線区間)
- ・ 登坂車線の有無
- ・ 規制速度(80km/h, 100km/h)

ここで, 降雨・降雪時の視界や路面状況の悪化による影響を排除するため, 晴れまたは曇りの日のデータのみを使用した. また, サンプル数が1,000未満のものは, 推定の誤差を避けるため自由速度分布の推定は行っていない.

(2) 推定方法

本研究での自由速度分布の推定には, Hoogendoorn¹⁾によって提案された, 速度と車頭時間の観測データによる自由速度推定手法を用いた. 本手法は, 合成車頭時間モデルにより追従確率の推定と, Kaplan-Meier²⁾法を利用した追従確率による自由速度分布の推定の2段階からなる.

a) 合成車頭時間モデル

本手法では, 観測された車頭時間から追従・自由走行を分離するために, 合成車頭時間モデル³⁾を用いる. このモデルの一般形は確率密度関数によって次のように与えられる.

表-1 車両感知器設置地点の幾何構造条件等

路線	方向	KP	勾配 [%]	平面線形 R[m]		規制速度 [km/h]	車線数
				左	右		
東名阪	上	67.170	2.69	左	2500	80	2
		69.200	0.60	右	2000		2
		70.960	3.59	—	∞		2
		75.900	-3.50	左	800		2
		67.170	-2.69	右	2500		2
	下	69.200	-0.60	左	2000		2
		70.960	-3.59	—	∞		2
		73.460	-1.83	右	1500		2
		302.620	4.27	右	700		3
中央道	上	328.320	0.70	左	1200	80	2
		330.220	-4.60	右	600		2
		332.590	-6.00	左	600		2
		334.480	0.50	右	600		2
		302.620	-4.27	左	700		2
	下	328.320	-0.70	右	1200		2
		330.220	4.60	右	600		3
		332.590	6.00	左	600		3
		334.480	-0.50	左	600		2
新名神	上	25.630	-2.00	左	5000	100	2
		28.740	-2.32	—	∞		2
		35.500	2.00	右	14991		2
	下	39.440	1.90	左	8000		2
		25.810	2.00	—	∞		2
		35.520	-2.00	左	14991		3
						3	

$$f(t) = \phi g(t) + (1 - \phi)h(t) \quad (1)$$

ここに, $f(t)$: 車頭時間分布, $g(t)$, $h(t)$: 追従, 自由走行成分, ϕ : 追従車割合, である.

観測された車頭時間分布 $f(t)$ から追従, 自由走行成分を推定するため, Wasielewski⁴⁾の手法に従って, 基本モデル式(1)を $g_1(t) = \phi g(t)$, $h_1(t) = (1 - \phi)h(t)$ として書き換えると, 次のようになる.

$$f(t) = g_1(t) + h_1(t) \quad (2)$$

十分に大きい車頭時間 $t[s]$ において, すべての車両は自由走行すると考えられ, このとき自由走行車の車頭時間分布は次式のように指数分布で表される.

$$f(t) = h_1(t) = A\lambda \exp(-\lambda t) \text{ for } t > T \quad (3)$$

ここに, λ : 自由走行車の到着率, A : 標準化定数, である.

また T は車頭時間の閾値であり, $t > T$ を満たすとき, 車両同士が相互に影響を及ぼすことはない. また, $t < T$ では追従車が存在するため, 車頭時間分布は指数分布では表されない. よって閾値 T は, 車頭時間の生存関数 $S_n(t)$ の片対数グラフにおいて, 曲線から直線に移り変わる点の車頭時間として決定することができ, 本研究では0.5[s]刻みで読み取り決定した. 車頭時間の生存関数 $S_n(t)$ は, 車頭時間の累積分布関数 $F_n(t)$ によって次式で求める.

$$S_n(t) = 1 - F_n(t) \quad (4)$$

T の値の決定方法の例を図-1に示す. 求めた閾値 T の値は, 図-2に示すように2.5~79.0[s]の非常に幅広い値をとっており, 追従車が存在しなくなる車頭時間の閾値とし

ては明らかに過大なものも散見される。本分析では、図-2の分布から、閾値として85パーセンタイル値を選定し、 T が17.0[s]未満のデータのみを用いて分析を行うこととした。

車頭時間 $t > T$ となる観測データによって、パラメータ λ 、 A は次式のように推定される。

$$\lambda = \left[\frac{1}{m} \sum_i (t_i - T) \right]^{-1} \quad (5)$$

$$A = \frac{m}{n} \exp(\lambda T) \quad (6)$$

ここに、 n は全観測車数、 m は車頭時間が T より大きい観測車数、である。これらを用いて、自由走行車の車頭時間分布 $h_1(t)$ は次式で表される。

$$h_1(t) = A\lambda \exp(-\lambda t) \left\{ 1 - \frac{1}{\phi} \int_t^\infty [f(s) - h_1(s)] ds \right\} \quad (7)$$

$$\phi = \int_0^t [f(s) - h_1(s)] ds \quad (8)$$

(7)式は繰り返し計算によって求められ、 i 番目の h_1 は $(i-1)$ 番目の h_1 を用いて次式のように近似される。

$$h_1^{(i)}(t) = A\lambda \exp(-\lambda t) \left\{ 1 - \frac{1}{\phi^{(i-1)}} \int_t^\infty [f(s) - h_1^{(i-1)}(s)] ds \right\} \quad (9)$$

$$(h_1^{(0)}(t) = A\lambda \exp(-\lambda t), \phi^{(i-1)} = 0.9)$$

$h_1(t)$ が推定されると、車頭時間に基づく追従確率関数 $\theta(t)$ は次式によって与えられる。

$$\theta(t) = \frac{g_1(t)}{f(t)} = \frac{f(t) - h_1(t)}{f(t)} \quad (10)$$

追従確率関数は、 T 値と合成車頭時間モデルは各条件による分類ごとに推定する。合成車頭時間モデルおよび追従確率関数の推定結果を図-3に例示する。

b) Kaplan-Meier法による自由速度分布の推定

自由速度分布推定値 v^0 の生存関数は、Kaplan-Meier⁵⁾法を一般化した次式によって与えられる。

$$S_\infty(v^0) = \prod_{j=1}^{n_{v^0}} \left(\frac{n-j-1}{n-j-\theta_j} \right) \quad (11)$$

ここで θ_j は車両 j の追従確率であり、(10)式によって導出される。また n_{v^0} は速度が自由速度 v^0 以下となる観測

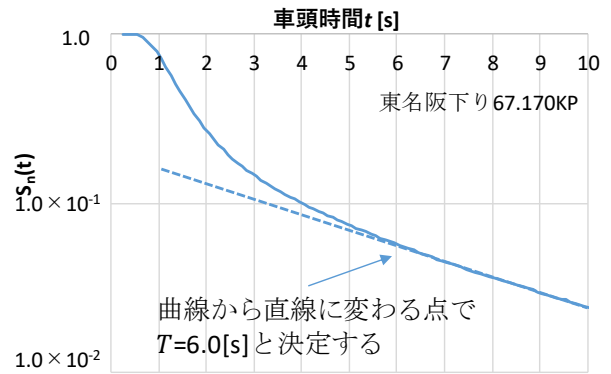


図-1 T の値の決定の例(平日, 昼間, 小型車, 第二車線)

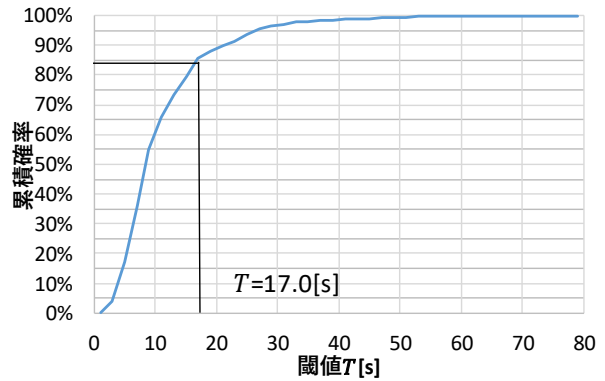
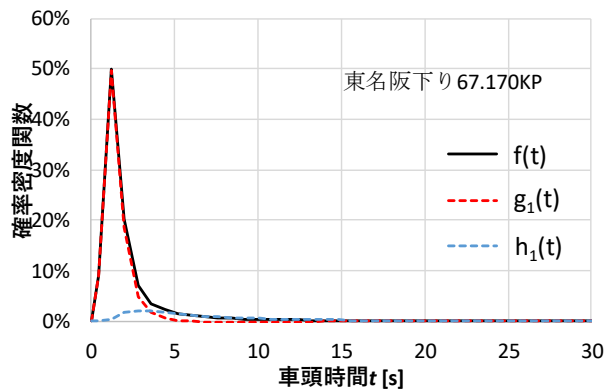
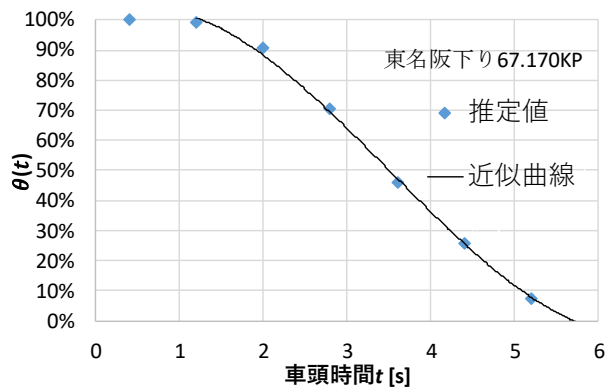


図-2 T の値の累積分布関数



(a) 合成車頭時間モデル



(b) 追従確率 $\theta(t)$

図-3 合成車頭時間モデルと追従確率の推定例 (平日, 昼間, 小型車, 第二車線)

車数である。自由速度の生存関数を推定すると、自由速度の累積分布関数 $F_{\infty}(v^0)$ は次のように導出できる。

$$F_{\infty}(v^0) = 1 - S_{\infty}(v^0) \quad (12)$$

本研究では、式(12)を用いて自由速度分布の分析を行った。

(3) 分析結果

a) 推定自由速度分布と実測自由走行速度分布の比較

推定した自由速度分布の実態を把握するため、実測の自由走行速度分布との比較を行った。ここで、自由走行速度の実測値には、車頭時間 $t > T$ となる自由走行車のみのデータを用いている。図-4は平日・休日別の推定自由速度分布と自由走行速度分布の実測値との比較を示している。ここで、2章で述べたように自由走行車のみの速度分布は、自由速度分布とみなされることがあるものの、真の自由速度分布より低速域に分布すると考えられる。図-4から、今回推定した自由速度分布は、実測の自由走行速度分布より高速域に広く分布していることがわかる。また、平日・休日の大小関係については、自由速度分布及び実測自由走行速度分布で同様の傾向が確認された。次に、このような条件ごとの自由速度の違いを比較することで、各要因による影響の把握を行う。

b) 走行条件による自由速度分布への影響

走行条件(車種, 昼夜, 平日・休日, 走行位置, 規制速度)による、自由速度分布への影響を図-5～図-7に示す。図-5より、大型車は小型車より自由速度分布が全体的に低速域にあることがわかる。この傾向は、大型車に分類されている車両のうち、大型トラックには90km/hのスピードリミッターが装着されているため高い自由速度を選択できないことによる影響が考えられる。続いて平日と休日を比較すると、休日には運転慣れしていない運転者が増え自由速度が低くなると想定されたが、車種によらず休日は平日に比べて自由速度が高いことがわかる。その原因としては、小型車では平日と休日でのトリップの違いが影響しており、平井ら⁷⁾によって示されている休日のトリップは平日よりも長距離という傾向により、早く到着したい心理が強まり高い自由速度が選択される可能性も考えられる。また、大型車については休日にリミッターのない観光バスが多く走行していることから自由速度が高くなることも想定される。

図-6より昼夜の影響については、明るさによる視認性の違いのため夜間の方が自由速度が低くなると考えたが、必ずしもそのような傾向はみられなかった。また、車線による影響をみると、3車線、2車線区間共に右側車線ほど自由速度が高くなっており、左は走行車線、右は追越車線としての特性をそれぞれ反映している。

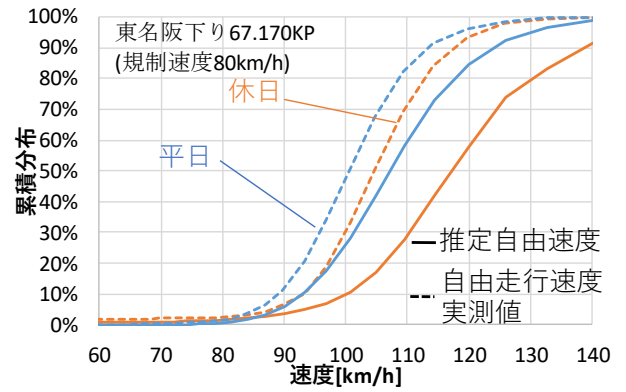


図-4 自由速度分布と実測自由走行速度分布の比較 (昼間, 小型車, 第二車線)

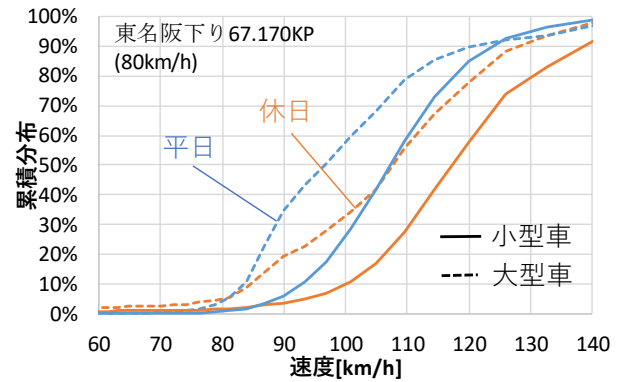


図-5 平日・休日, 車種による影響(昼間, 第二車線)

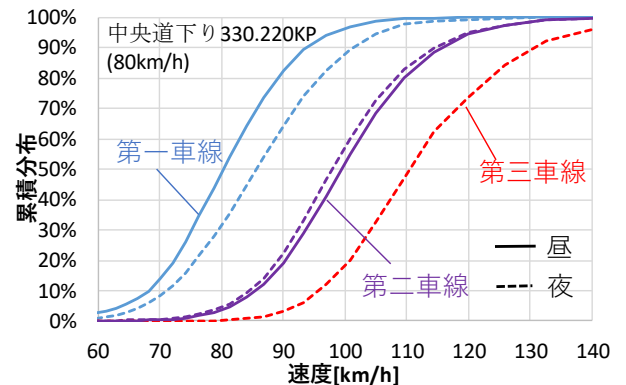


図-6 昼夜, 走行位置による影響(平日, 小型車)

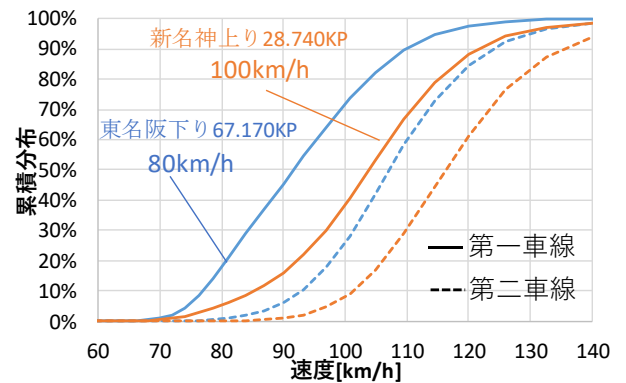


図-7 規制速度による影響(平日, 昼間, 小型車)

規制速度の影響は、幾何構造の似た2地点(勾配-2.32[%], $R=\infty$ と勾配-2.69[%], $R=2,500[m]$)で比較している(図-7)。

ここで両地点の規制速度の差は20km/hで、規制速度の違いが自由速度に影響を及ぼすことがわかるが、自由速度の平均値の差は10~15km/hで規制速度の差よりも小さいことがわかる。

c) 幾何構造条件による自由速度への影響

ここでは、走行条件を平日、昼間、第一車線、2車線区間、規制速度80km/hと固定し、勾配、平面線形による影響を分析する。その際、勾配の分析では、勾配が異なり平面線形が同じ(R=600[m])地点を比較した。平面線形の分析では、平面線形が異なり勾配が同じ地点がないため、勾配が-1~1[%]の地点を平坦な地点と仮定して比較を行った。表-2に用いたデータ概要を示す。

図-8、図-9はそれぞれ勾配、平面線形による影響を比較した自由速度分布を示す。但し図-9では小型車のデータの中で、Tが17.0[s]以上となり分析対象外地点が複数存在するため、分析対象地点の構造のバリエーションが多い大型車の自由速度分布のみを比較している。

図-8から、上り勾配の区間(青)では下り勾配の区間(赤)よりも自由速度が低くなっており、下り勾配が大きくなるにつれて自由速度は大きくなった。しかし、-4.6[%]の地点の自由速度が-6.0[%]の地点より高く、関係が逆転している。但し図-8で示した例は極端なパターンであり、休日、夜間などほかの走行条件で比較すると、関係の逆転は生じているものの自由速度の差は小さい場合が多くあった。この原因として、急勾配ほどそれを認知しやすくなり、安全のためブレーキをかける運転者が増えるためと考えられる。また車種ごとの勾配による影響は、平坦や下りでは違いは認められない。しかし4.6[%]と6.0[%]の分布を比較すると、小型車では差がないものの大型車では6.0[%]の地点の自由速度がより低く、上り勾配の影響を強く受けているといえる。図-9より、急カーブになるほど自由速度は小さくなると考えられたが、その傾向は確認されなかった。これは、高速道路などの高規格の道路線形であれば、自由速度への影響が少ないことや付近の施設(IC・PA等)の存在による影響が大きいためと考えられる。例えば、図-9のR=2000[m]の分布では、上流でのICからの合流のため自由速度が低くなっていると想定される。また、カーブの方向による影響も本分析では確認できなかった。よって平面線形による影響は、通常高速道路で設計されている幾何構造の範囲においては、他の要因による影響よりも小さいと考えられる。

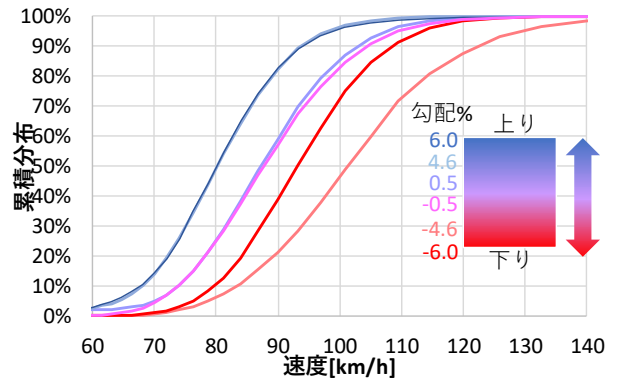
4. 自由速度分布のモデル化

(1) ガンベル分布のパラメータ推定

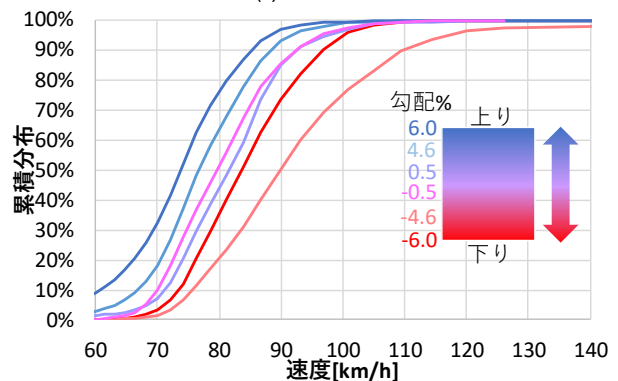
自由走行状態において、多くの運転者は比較的高い速度を選択し、低い速度を選択する運転者は少ないと考え

表-2 幾何構造条件の分析に用いたデータ概要

	方向	KP	勾配[%]	R[m]	勾配	線形
中央道	上	330.220	-4.6	左 600	○	
	上	332.590	-6.0	右 600	○	
	下	334.480	-0.5	左 600	○	○
	上	334.480	0.5	右 600	○	○
	下	330.220	4.6	右 600	○	
	下	332.590	6.0	左 600	○	
東名阪	下	69.200	-0.6	左 2000		○
	上	69.200	0.6	右 2000		○



(a) 小型車



(b) 大型車

図-8 勾配による影響

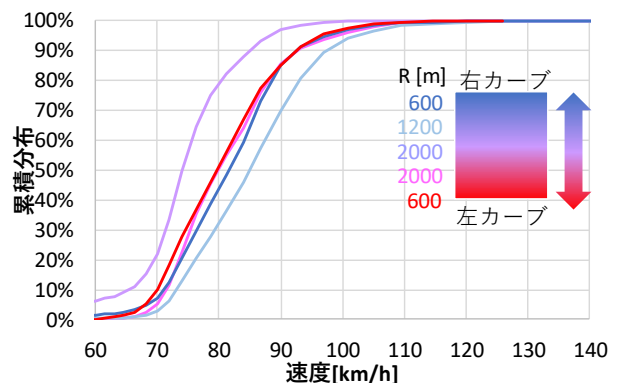


図-9 平面線形による影響

られている。この考えの下で自由速度分布は、比較的速度の大きい領域に偏った分布になるといえる。

Catagan and Nakamura⁹⁾は、極値分布のうちガンベル分

布に対して最も当てはまりがよいことを示している。よって本研究では、推定した自由速度分布に対しガンベル分布を適用し、ガンベル分布のパラメータについてモデル化を行った。ガンベル分布は次のような累積分布関数で表される。

$$F(v) = \exp \left[- \exp \left\{ - \left(\frac{v - \mu}{\sigma} \right) \right\} \right] \quad (13)$$

ここに、 v : 速度[km/h], μ : 位置パラメータ(分布の最頻値), σ : 尺度パラメータ(分布のばらつき), である。

自由速度分布に対するガンベル分布の推定例を、図-10に示す。このようにして、全てのデータセットにおいてガンベル分布の適用を行い、パラメータの推定を行った。

(2) 各種影響要因によるモデルパラメータの推定

ガンベル分布のパラメータに対し、幾何構造条件・走行条件を表-3に示す説明変数を用いて重回帰分析を行った。ここで平面線形には、直線を0として扱うため半径 R でなく曲率 $1/R$ を用い、走行条件にはダミー変数を用いた。重回帰分析の結果を表-4に示す。表中の線は、 t 値が有意とならず、その変数が回帰式に含まれないことを示す。勾配・曲率には線形、二次、対数、指数関数の適用を試行したが、勾配には二次、曲率には線形の場合がそれぞれ最も優れた結果を示したためこれらを採用した。勾配の二次式の頂点は、 -4.6% の場合が最も良い結果を示したため、これを採用した。

分析の結果、位置パラメータ μ は低い規制速度、大型車や左端車線を走行する車両では小さくなることが示され、前章の分析結果と整合する推定結果となった。しかし、車線数が多い方が自由速度が低くなる結果を示しており、これは第三車線ではサンプル数1,000未満、 T が $17.0[s]$ 以上で自由速度分布の推定を行っていない場合が多いためであると考えられる。尺度パラメータ σ は、休日では大きく、大型車、左端車線、3車線区間を走行する車両では小さくなることが示され、 μ の増減と一致している。また規制速度が低いと大きくなっており、これは規制速度を考慮して自由速度を低下させる運転者と、規制速度にかかわらず速度選択をする運転者の両者が存在する結果と考えられる。他にも夜間には小さくなるが、明るさによる視距の悪化のため高い自由速度が選択されることが少なくなることが窺える。

(3) 感度分析

上記の結果をもとに、新名神下り25.810KPでの実データから推定した自由速度分布と、同じ幾何構造、規制速度でのモデル式との比較を行った(図-11)。平均値で比較して5km/h程ずれている場合もあるが、走行条件ごとの

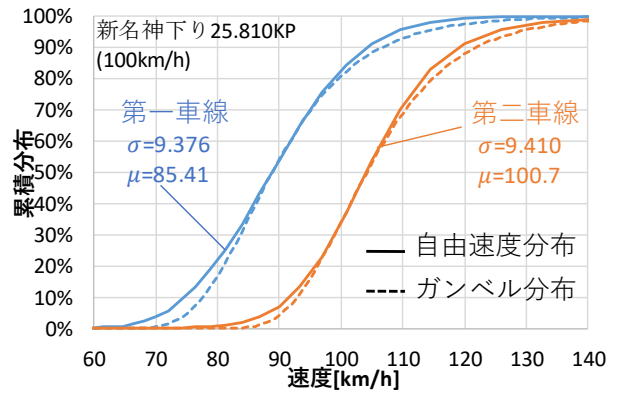


図-10 ガンベル分布の推定例(平日、昼間、小型車)

表-3 重回帰分析の説明変数

説明変数	変数の値
勾配[%]	-6-6
曲率 1/R [m]	R=600-∞
規制速度 80km/h ダミー	80km/h : 1, 100km/h : 0
休日ダミー	休日 : 1, 平日 : 0
夜間ダミー	夜間 : 1, 昼間 : 0
大型車ダミー	大型車 : 1, 小型車 : 0
左端車線ダミー	左側車線 : 1, 他車線 : 0
右端車線ダミー	右側車線 : 1, 他車線 : 0
3車線区間ダミー	3車線区間 : 1, 2車線区間 : 0
登坂区間ダミー	登坂区間 : 1, 他区間 : 0

表-4 重回帰分析の結果

変数	μ の回帰分析		σ の回帰分析	
	係数	t 値	係数	t 値
切片	107.3	143.7	11.30	32.33
(勾配[%]+4.6) ²	-0.05768	-5.369	—	—
曲率 1/R [m]	—	—	-1297	-5.217
規制速度 80km/h ダミー	-3.733	-5.811	1.792	4.871
休日ダミー	2.710	5.169	0.5055	2.070
夜間ダミー	—	—	-0.9061	-3.553
大型車ダミー	-9.820	-18.76	-1.021	-4.200
左端車線ダミー	-15.27	-28.34	-1.428	-5.815
3車線区間ダミー	-3.197	-3.857	-0.7498	-2.236
登坂区間ダミー	-4.997	-3.221	—	—
修正済決定係数	0.8215		0.2772	

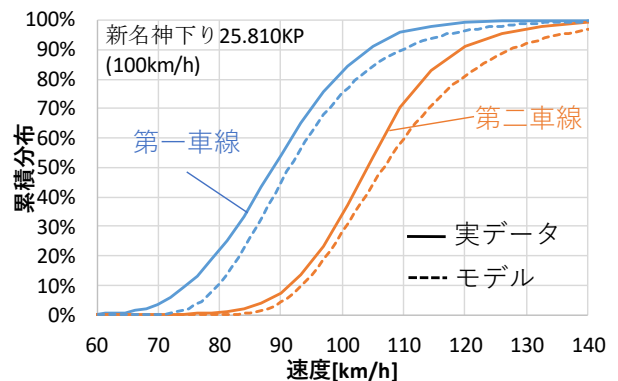


図-11 モデルと実データの比較(平日、昼間、小型車)

違いを概ね表現できているといえる。また、勾配、平面線形の感度分析結果を実データによる分布と比較したものを図-12、図-13に示す。但し図-12は小型車の分布、図-13は3章で述べたように小型車での比較が難しいため大型車の分布で比較を行った。

勾配の影響について、実データと比較すると、上り勾配では特に小型車では自由速度が高くなっており、下りでは自由速度が低く、-4.6[%]と-6.0[%]の差は非常に小さい。つまり本モデルでは勾配の影響による自由速度の変動を過小評価している可能性がある。

平面線形については、曲線半径 R が小さく急カーブになるほど自由速度のばらつきが小さい。これは、急カーブ区間では高速での走行がしづらくなるが、低速車に対しては減速させるような影響はないことを表れであるといえる。但し、線形による影響は小さく、実データによる自由速度分布の比較ではこのような傾向はみられなかった。また線形は、 $R=300[m]$ や $600[m]$ といった急カーブにおいてのみ大きな影響を持ち、より曲線半径 R の大きい区間ではほとんど直線とみなせると考えられるが、本分析ではそのような傾向はみられなかった。

5. 結論

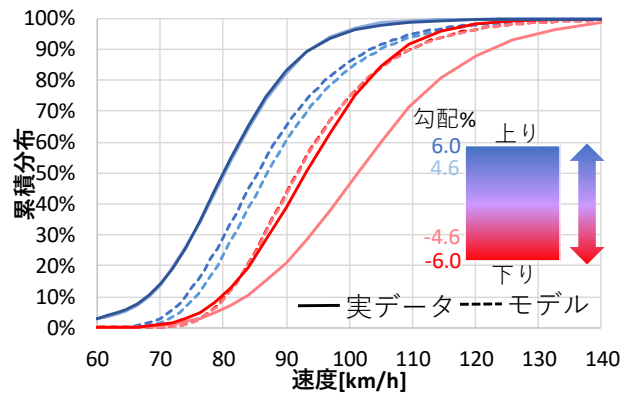
(1) 本研究の成果

本研究では、高速道路において幾何構造条件、走行条件が自由速度に与える影響を把握するため、様々な地点における自由速度分布を推定した。さらにガンベル分布を推定した自由速度分布に適用することで、自由速度分布のパラメータと幾何構造条件、走行条件の関係のモデル化を行った。この結果、幾何構造条件として勾配と平面線形、走行条件として規制速度、平日・休日、車種、走行する車線、車線数、登坂車線の有無が自由速度に影響を及ぼすことがわかった。平面線形による影響は小さいものの、勾配については、下り区間では関係が逆転する特徴的な影響を及ぼすことがわかった。他にも休日や夜間には自由速度が低くなると考えられたが、本研究では休日の自由速度が高くなることがわかり、夜間に自由速度が低下する傾向はみられなかった。

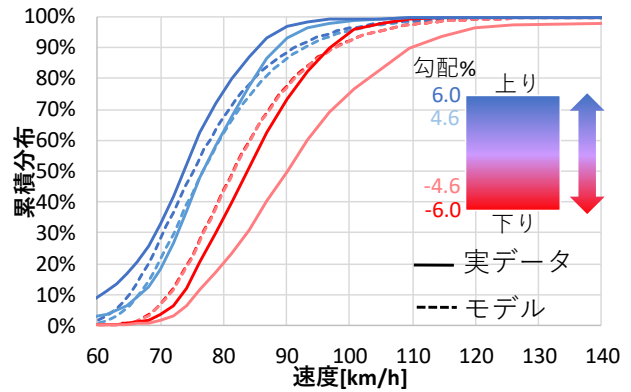
自由速度分布の特性が把握できたことにより、実現する走行速度の自由速度との乖離によって高速道路の交通流のサービスの質を評価することが可能になる。

(2) 今後の課題

本研究では、様々な幾何構造条件、走行条件の下で自由速度分布を推定しモデル化を行ったが、ここで考慮しなかった影響要因も存在し、降雨・降雪による影響や、分合流、トンネル、標識、障害物の存在による視距の違



(a) 小型車



(b) 大型車

図-12 勾配の感度分析

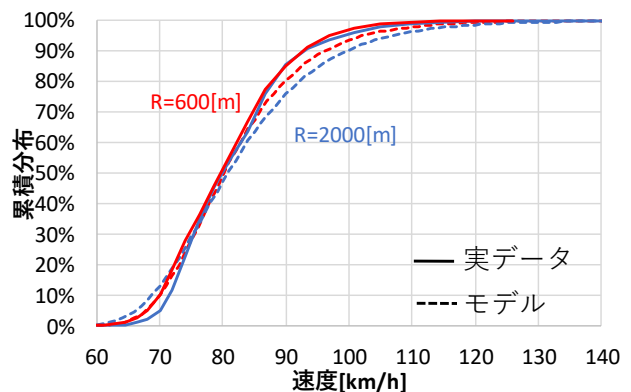


図-13 平面線形の感度分析

い、さらにデータ取得地点での勾配・平面線形だけでなく上流での勾配・平面線形の影響が考えられる。よってこれらを考慮したモデルを構築することが望まれる。また幾何構造を比較するパターンや3車線区間のデータが十分でなく、幾何構造や走行位置による影響を正しくモデル化できなかった。よってより多くのパターンの下で分析を行うことで、交通流シミュレーションの入力値として自由速度を利用する際の参考としても活用できると考える。

謝辞：本研究に際して、データの提供など多大なるご協

力を頂いた中日本高速道路株式会社名古屋支社の関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Hoogendoorn, S. P.: Unified Approach to Estimating Free Speed Distributions, Transportation Research Part B, Vol. 39, pp.709-727, 2005.
- 2) Botma, H. and Bovy, H. L. P.: Free Speed Distribution at Arterial Highways: Estimation Approaches, Proceedings of 9th WCTR, pp.123-135, 2001.
- 3) Buckley, D. J.: A Semi-Poisson Model of Traffic Flow, Transportation Science, Vol. 2, No.2, pp.107-132, 1968.
- 4) Wasielewski, P.: Car-Following Headways on Freeways Interpreted by the Semi-Poisson Headway Distribution Model, Transportation Science, Vol.13, No.1, pp.36-55, 1979.
- 5) Kaplan, E. L., Meier, P.: Nonparametric Estimation from Incomplete Observations, Journal of the American Statistical Association, Vol. 53, No. 282, pp.457-481, 1958.
- 6) Catbagan, J. L. and Nakamura, H.: Two-Lane Highway Desired Speed Distributions under Various Conditions, 87th TRB Annual Meeting, 10 pages, CD-ROM, 2008.1.
- 7) 平井章一, Jian XING, 小林正人, 堀口良太, 宇野伸宏: ETCデータを活用した都市間高速道路における休憩施設滞在時間推定に関する基礎分析, 第51回土木計画学研究発表会(春大会)・講演集, CD-ROM, 2015.6.

(2018. 4. 27受付)

AN ANALYSIS ON FREE SPEED DISTRIBUTIONS AT INTERCITY EXPRESSWAY SECTIONS

Kengo SUZUKI, Edwin AKANDWANAHU, Yuji KAKIMOTO
and Hideki NAKAMURA