

# 都市高速道路における大型車の 交通容量への影響に関する分析

遠藤 学史<sup>1</sup>・梅田 祥吾<sup>2</sup>・田中 淳<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 首都高速道路(株) 計画・環境部 快適走行推進課 (〒100-8930 東京都千代田区霞が関1-4-1)  
E-mail: s.endo5944@shutoko.jp

<sup>2</sup>非会員 (株)オリエンタルコンサルタンツ 交通技術部 (〒151-0071 東京都渋谷区本町三丁目12-1)  
E-mail: umeda-su@oriconsul.com

<sup>3</sup>正会員 (株)オリエンタルコンサルタンツ 交通技術部 (〒151-0071 東京都渋谷区本町三丁目12-1)  
E-mail: tanaka-at@oriconsul.com

一般に交通渋滞は、交通需要がボトルネックの交通容量を超過すると発生する。道路の交通性能を照査する際は、交通容量による交通渋滞判定と性能曲線による旅行時間や速度を確認し、拠点間の性能照査を実施することが重要である。その際、交通容量は、大型車の混在により低下することが知られており、乗用車換算係数により影響度を考慮するのが一般的である。しかしながら、都市高速道路の場合、大型車の走行状況や構造的な特徴が十分に考慮されていないこともあり、理論値との差について検証に課題がある。

本稿は、都市高速道路のうち首都高速道路3号渋谷線下り池尻～三軒茶屋間のボトルネック部をケースに、超音波車両感知器のパルスデータ等を利用し、時間帯別、車線別に車尾時間、車長、車間距離等を分析し、乗用車換算係数の試算を行い、渋滞発生後捌け交通量を算出し、理論値と算定値の比較を行った。

**Key Words :** traffic capacity, large vehicles, urban expressway

## 1. はじめに

日本の道路整備は、道路延長や道路面積といった指標でみると一定の成果を得ているが、自動車専用道路、幹線道路の旅行速度は低く、交通渋滞も解消されていない区間が多く存在している。すなわち、本来その道路に求められる機能、性能が十分に発揮されていない状況であり、道路構造や交通運用の面で改善の余地が多く残されている。

首都高速道路にも道路の性能が十分に発揮されていない区間がある。首都高速道路3号渋谷線下りは、交通性能が低い代表的な区間であり、池尻～三軒茶屋間を先頭とした渋滞が慢性的に発生している。当該区間の道路の交通性能を本来持つべき水準まで上げるためには、現状の交通性能を照査し、交通容量の低下要因、低下度合を明らかにし適切な対策を実施することが重要である。

交通容量は、大型車の混在により低下することが知られており、乗用車換算係数により影響度を考慮するのが一般的である。首都高速道路では、容量算定の際の乗用車換算係数は「道路の交通容量<sup>1)</sup>」で勾配毎に定められている値を用いることが多い。しかしながら、都市高速道路の場合、大型車の走行状況や構造的な特徴が十分に

考慮されていないこともあり、乗用車換算係数、容量共に理論値と算定値に差があると考えられる。

そこで、当該区間において大型車が容量に与える影響を確認するため、車両感知器データ(パルスデータ)を用いて、時間帯別、車線別に車尾時間、車長、車間距離等を分析し、乗用車換算係数の試算を行い、渋滞発生後捌け交通量を算出し、理論値と算定値の比較を行った。

## 2. 既往研究のレビュー

### (1) 交通容量への影響について

岡村ら<sup>2)</sup>米川ら<sup>3)</sup>は、昼夜の区分や平日休日の区分によって交通容量が相違することを実証している。また、中谷ら<sup>4)</sup>によって渋滞発生後捌け交通量は、渋滞巻き込まれ時間が長くなるほど低下し、渋滞巻き込まれ時間が30分以上になると捌け交通量の低下が止まり一定の値となるという報告例もある。

米川ら<sup>3)</sup>は、大型車の影響に関する研究において、交通容量推定モデルにおいて大型車混入率が高いほど、渋滞発生後捌け交通量が低くなることを示している。

また、大型車の影響を指し示す値として、一般的に「大型車の乗用車換算係数 (PCE)」が使用されている。「道路の交通容量」には、従来から用いられている値として、HCM<sup>9)</sup>を参考にしたPCEが記載されているが、掲載された時代から30年以上が経過し、当時に比べ大型車を含む自動車の性能は格段に向上していることを踏まえると、PCEの見直しが望まれるところである。大型車の定義は、各法令ごとに様々な区分があるが、「道路の交通容量」に記載されたPCEにおける大型車の定義 (PCE算出に用いた大型車の区分) は、明確に示されていない。

渋滞対策効果検証 (交通容量分析) などでは、大型車や平日休日が交通容量に与える影響を排除するため、対策前後で同様な交通条件の日時を対象に分析・評価を行うことが基本であるが、さらに乗用車換算台数 (PCU) での比較を行う場合には、分析データの車種区分による、当該箇所の実態にあったPCEを算出、設定することが重要である。

桑原ら<sup>9)</sup>によると、東名高速道路でのボトルネック2か所においてPCEを推定した結果、走行車線、追越車線共に1.5以下の値が推定された。走行車線のPCEは大型車混入率が高いほど減少する傾向になり、追越車線のPCEよりも多少大きい値が推定された。また、桑原ら<sup>9)</sup>は、都市高速でもビデオ映像を用いて乗用車換算係数の推定をしており、首都高の箱崎区間では乗用車換算係数は1.5としていた。

上記のような既往研究結果があるが、都市高速では時間帯別や車線別の乗用車換算係数の算定はされていない。

本稿では、このような特性をパルスデータにより分析・算出することで、他の箇所への解析に適用できるような手法の確立を目指す。

### (2) 乗用車換算係数の算出について

桑原ら<sup>9)</sup>によってPCEの算出方法としては、現在までに大きく分けて以下のような6つが挙げられている。①の方法では大型車の追越回数の観測が必要であること、②の方法では対向交通が存在しなければならないなど、交通状況、目的に応じてPCE算出方法を選択することが必要である。

なお、容量状態におけるPCE算出方法は③であり、本稿でも③を用いて算出した。

[ミクロ的 (微視的) 算出方法]

- ①追越回数比基準
- ②遅れ比基準
- ③平均車尾時間比基準

[マクロ的 (巨視的) 算出方法]

- ④V/C比 (交通量/容量比) 基準
- ⑤等旅行時間基準
- ⑥等総旅行時間基準

大型車は、車長も乗用車に比べて長く、車間距離も若干広めであると考えられるため、車尾時間が大きくなる。したがって、単位時間に断面を通過できる台数 (交通容量) もすべてが乗用車であった場合よりも少なくなると考えられる。渋滞先頭からの発進交通の車尾時間が大型車と乗用車でどのように異なるかを観測することによって、PCEが推定できる。推定式は、次の式(1a)で示される。

$$PCE = (H / H_{ss} - 1) / P_t + 1 \tag{1a}$$

$H_{ss}$  = 乗用車 - 乗用車の場合の平均車尾時間

$H$  = 混合交通の平均車尾時間

$P_t$  = 大型車混入率 ( $0 \leq P_t \leq 1$ )

### 3. 分析対象区間のデータ概要

#### (1) 分析対象区間の概要

当該区間は、中央環状線の外側に位置し、都心から東名高速方面への利用者が多く通過する区間である。

当該区間は約1kmの短い区間に大橋ジャンクションの分合流部、池尻入口及び三軒茶屋出口が連続していることに加え、サグから上り坂の縦断勾配の変化が存在する区間になっている。図-1に分析対象区間の位置図と縦断勾配、勾配変化点の位置を示す。



図-1 分析対象区間位置図

表-1 分析対象日

時期	年月日(曜日)	交通量 (台/日)			大型車混入率
		合計	小型車	大型車	
夏季	2015/09/04 (金)	60,511	49,222	11,289	18.7%
	2015/09/05 (土)	59,503	53,050	6,453	10.8%
	2015/09/11 (金)	61,602	50,421	11,181	18.2%
	2015/09/12 (土)	60,833	53,812	7,021	11.5%
冬季	2016/01/30 (土)	49,567	43,001	6,566	13.2%
	2016/02/05 (金)	59,337	49,136	10,201	17.2%
	2016/02/06 (土)	58,125	51,609	6,516	11.2%

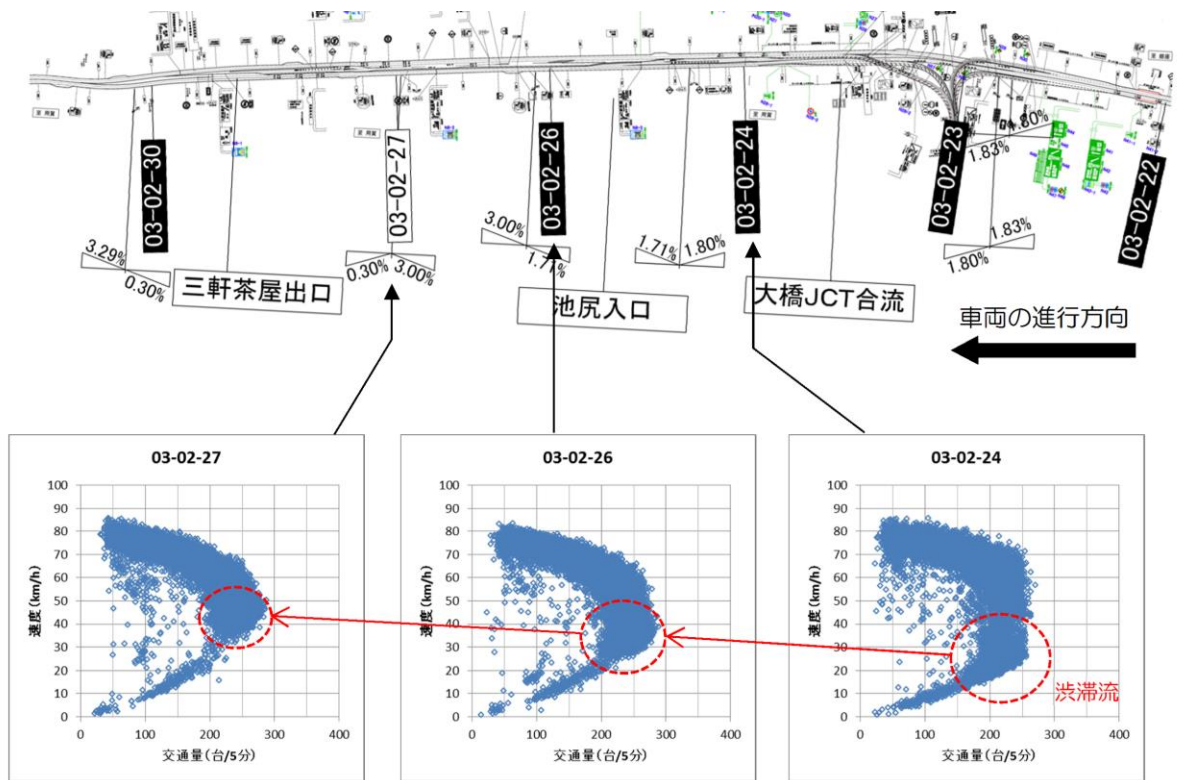


図-2 分析対象車両感知器位置・QV図

(2) 分析対象日

分析対象日は、パルスデータを収集した表-1に示す夏季4日間および冬季3日間の7日間とした。

平日と休日の違いを確認するため、日中に渋滞が発生している金曜日と土曜日のデータを収集した。同表に整理した交通量及び大型車混入率は車両感知器データを日単位で集計したものである。

(3) 分析対象車両感知器

首都高速道路3号渋谷線下り池尻～三軒茶屋間に設置されている車両感知器のうち、渋滞発進流を観測している車両感知器番号03-02-27のデータで分析を行った。

池尻～三軒茶屋間に設置されている3箇所の車両感知器の設置位置、車両感知器により観測された5分間の交通量と平均速度の関係(QV図)を図-2に示す。車両感知器03-02-27は三軒茶屋出口手前の3%の上り勾配部に設置されており、臨界領域のプロットが多い。03-02-26は池尻入口合流後、03-02-24は大橋JCT合流後で合流車両の影響を受けており渋滞流でのプロットが多いことから03-02-27の車両感知器が最もボトルネック位置に近く分析対象として望ましいと考えた。ただし、同区間において渋滞対策としてエスコートライトを実施しており、捌け交通量が増加していることについて留意しておく必要がある。

4. パルスデータについて

首都高速道路では、超音波車両感知器により通過車両の台数や走行速度を計測している。車両感知器の超音波ヘッドより超音波パルス(約26kHz)を周期的(60ms)に発射し、この超音波パルスが路面または車両に反射して再び超音波ヘッドで受波されるまでの伝搬時間を用いて対象エリアの車両の有無を判断している。

超音波感知器は、原則5m間隔にダブル(上流側：セット側，下流側：リセット側)に設置され、セット側と通過した際のパルスデータとリセット側を通過した際のデータの差分(超音波周期)から速度データが生成される。デ

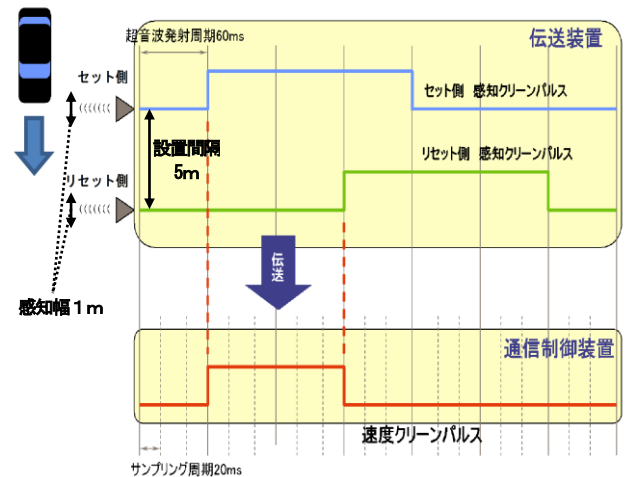


図-3 超音波感知器の原理



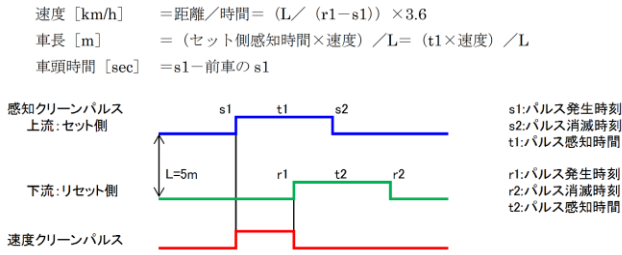


図-4 速度・車長・車頭時間の算出イメージ

車間時間 [sec] = 車頭時間 - 前車の車長 / 前車の速度 × 3.6  
 車間距離 [m] = 車間時間 × 前車の速度 / 3.6  
 車尾時間 [sec] = 車間時間 + 自車の車長 / 自車の速度 × 3.6

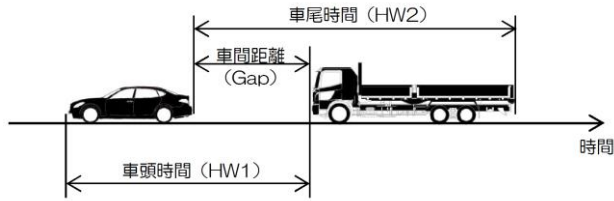


図-5 車間時間・車間距離・車尾時間の関係

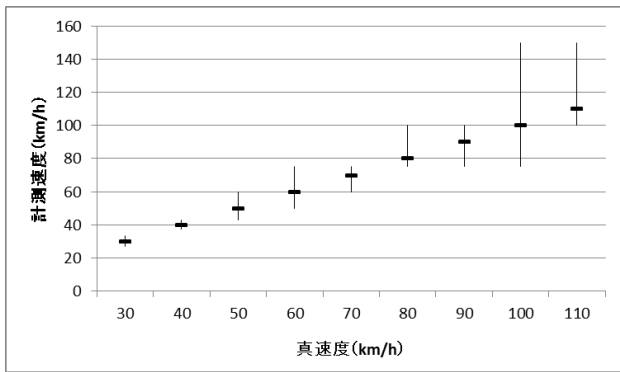


図-6 真速度と計測速度の誤差範囲

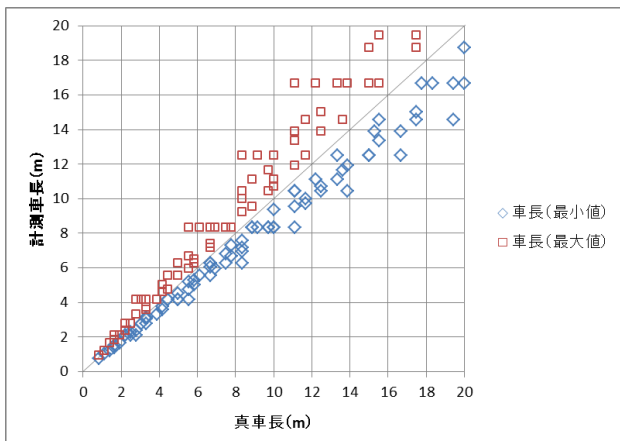


図-7 真車長と計測車長の誤差範囲

ータ生成のイメージは図-3に示すとおりである。

本稿では、この1台1台の感知時間、速度、車長、車頭時間及びそれらから算出される車間時間、車間距離、車尾時間をパルスデータと呼ぶこととした。また、速度データとセット側の感知時間から車長を算出し、感知幅を考慮した6m以上となる場合を大型車と定義した。

車両毎の速度、車長、車頭時間の算出方法は図-4に示

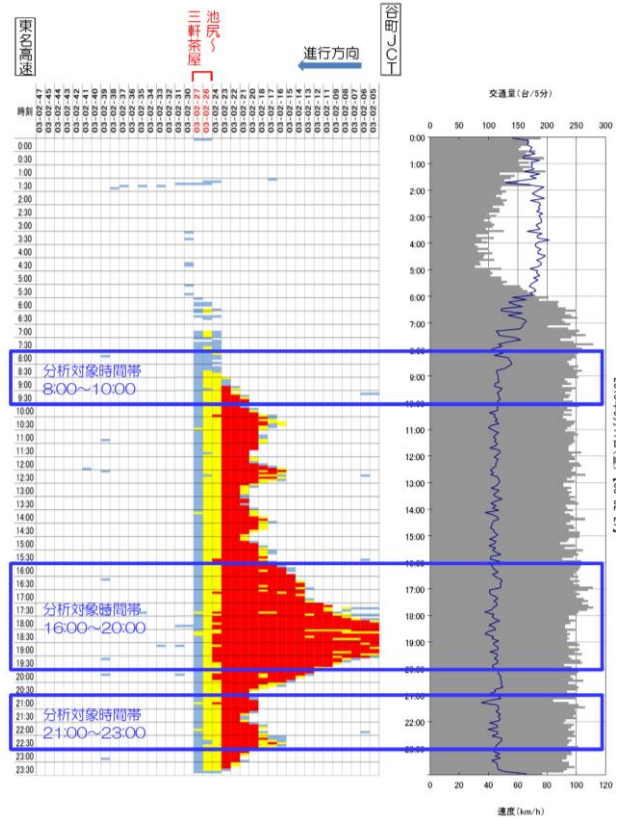


図-8 分析対象日渋滞発生状況図・交通量速度変動図

すとおりである。また、車両毎の速度、車長、車頭時間をもとに算出する車間時間、車間距離、車尾時間の算出方法及びそれらの関係は図-5に示すとおりである。

ただし、データのサンプリング周期は20msで超音波の発射周期が60msのため、真の速度と感知器で計測した速度に誤差が生じることになる。また、その速度データを用いて、車長等を算出するため、そこにも誤差が生じることについて留意する必要がある。速度と車長の誤差範囲については図-6、図-7に示す。

## 5. 基礎集計

### (1) 渋滞発生状況・交通量速度変動図

分析対象日の渋滞発生状況図と交通量速度変動図を整理した。分析対象時間は、池尻～三軒茶屋間の渋滞発生後の時間帯に着目し設定した。渋滞が発生している時間帯の中で事故等の突発事象により渋滞が発生した時間を除いた朝(8:00~10:00)、夕(16:00~20:00)、夜(21:00~23:00)の3時間帯を分析対象時間帯とした。代表例として2015年9月11日(金)の渋滞発生状況図と交通量速度変動図を図-8に示す。池尻～三軒茶屋間では7時頃に急激に需要交通量が増加し、8時頃には渋滞が発生する。渋滞は18時頃にピークとなり、解消は24時頃となっている。

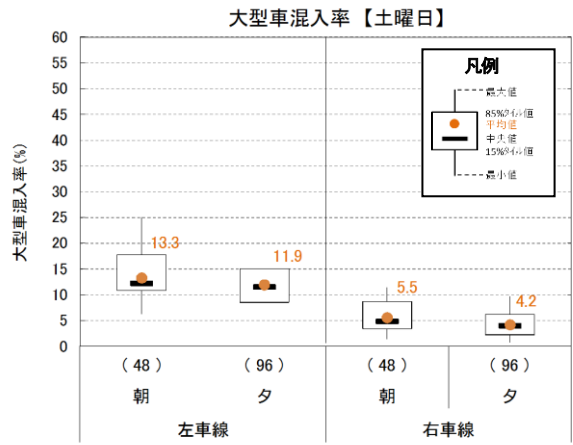
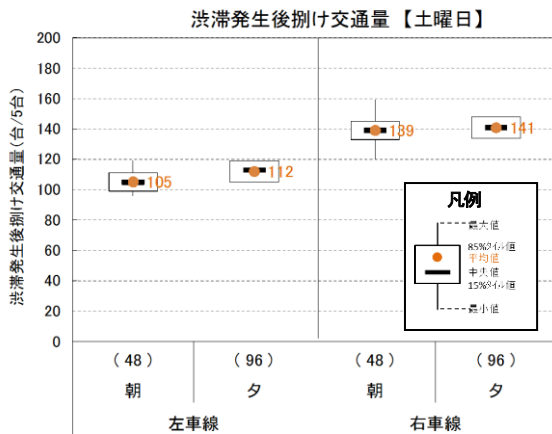
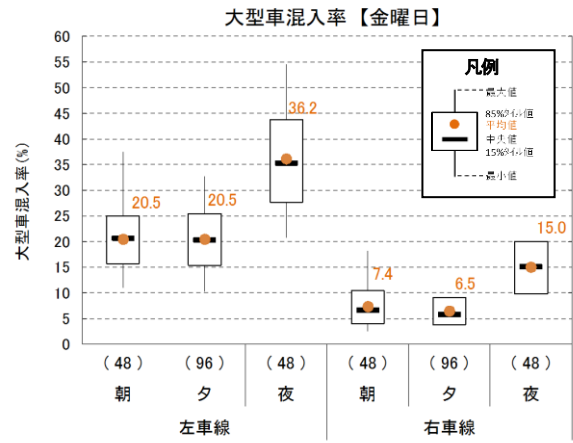
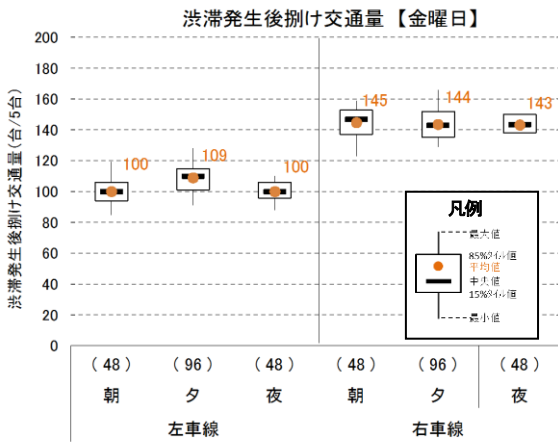


図-9 曜日別車線別時間帯別渋滞発生後捌け交通量

図-10 曜日別車線別時間帯別大型車混入率

(2) 捌け交通量・大型車混入率

図-9は、曜日別、車線別、時間帯（朝、夕、夜）別の渋滞発生後捌け交通量を示したものである。渋滞発生後捌け交通量をみると、左車線では「夕」の捌け交通量が最も多く、右車線では時間帯による明確な差はみられない。金曜と土曜では明確な違いは見られない。

また、図-10に示す大型車混入率をみると、左車線、右車線ともに「夜」の大型車混入率が最も高く、「夕」に大型車混入率が低くなる傾向がみられる。なお、大型車混入率の低下は単位時間当たりの小型車の通過台数の増加による影響が含まれることを理解しておく必要がある。土曜の方が金曜よりも大型車混入率が低い傾向にある。

6. 大型車の影響分析

時間帯別車種別の車尾時間の分布を図-11に示す。自車が小型車の場合では、車尾時間の85%タイル値を見ると夕方よりも朝の方が長い傾向にある。自車が大型車の場合では、18時台の車尾時間の平均値が他の時間帯と比較して長い傾向にある。

また、渋滞発生後の車線別時間帯別の車尾時間の平均値、車長の平均値を表-2に、図-12に車尾時間と車長、車間距離の関係を示す。計測結果を整理すると以下のとおりである。

- ①先行車が小型車より大型車の方が車尾時間が長くなる傾向がみられる。
- ②左走車線では、小型車の車尾時間が朝に比べ夕方の方が短くなる傾向がみられる。
- ③右走車線では、大型車の車尾時間が朝に比べ夕方の方が長くなる傾向がみられ、夜には車尾時間が短くなる。

上記①より、大型車は自車の混入による影響（1台分の影響）だけではなく、追従する車両（小型車、大型車）にも影響を与えていることが分かる。なお、②および③については、朝と夕で運転特性が異なるのではなく、車線利用率の変化や合流車両の増減などの影響によるものと推測される。

これらの集計結果から当該区間の走行特性をまとめると、以下のとおりである。

- ・左車線において、小型車の車尾時間が朝よりも夕方の方が短くなる。

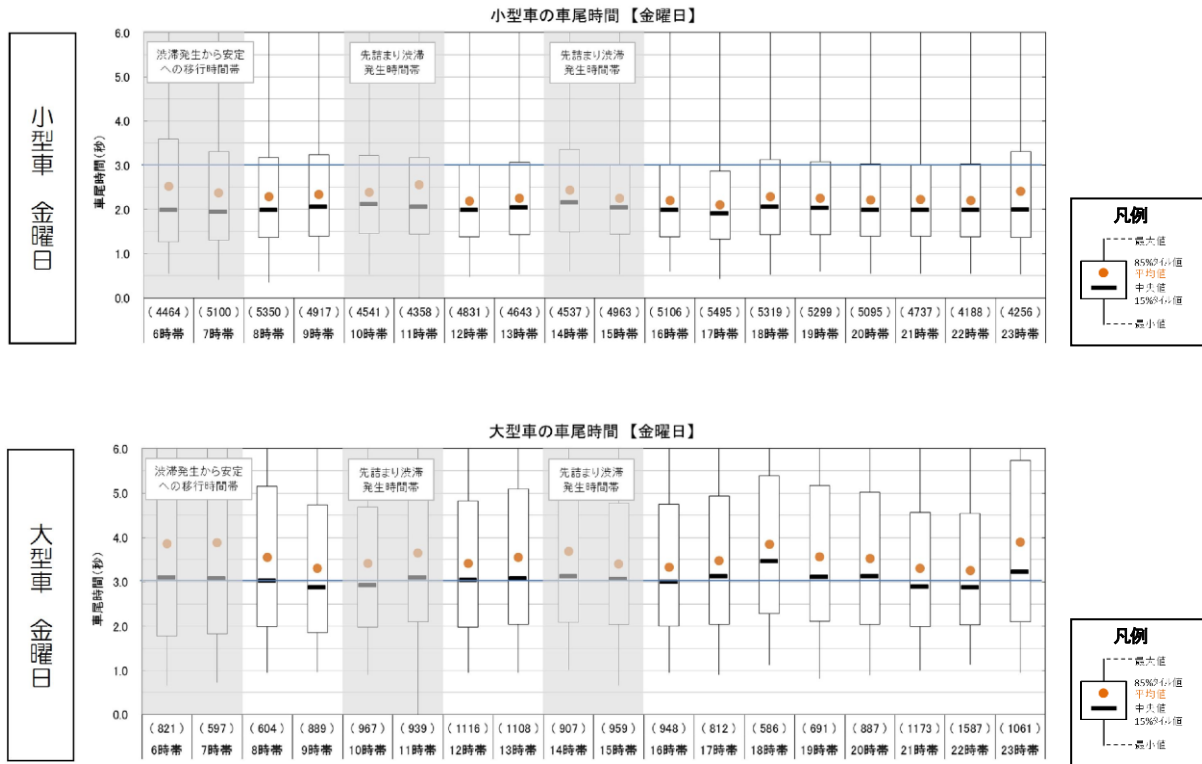


図-11 車種別時間帯別車尾時間分布

表-2 渋滞発生後の車尾時間・車長平均値

曜日	車線	車型	車尾時間の平均値 (秒)				車長の平均値 (m)				サンプル数
			夏季			冬季	夏季			冬季	
			朝	夕	夜	夕	朝	夕	夜	夕	
金曜	左車線	小型←小型	2.7	2.5	2.6	2.5	3.2	3.2	3.1	3.2	15,225
		大型←小型	2.9	2.5	2.7	2.6	3.3	3.3	3.1	3.2	4,377
		小型←大型	3.8	3.8	3.7	3.9	9.6	10.2	10.8	10.3	4,377
		大型←大型	3.8	3.7	3.7	3.7	9.6	10.3	10.6	10.0	1,403
	右車線	小型←小型	2.0	2.0	2.0	2.0	3.1	3.1	3.1	3.1	29,371
		大型←小型	2.1	2.1	2.0	2.1	3.1	3.1	3.1	3.1	2,469
		小型←大型	2.6	2.9	2.6	2.8	9.1	9.4	10.3	9.3	2,469
		大型←大型	2.6	3.1	2.8	2.9	9.3	10.1	10.5	9.1	331
土曜	左車線	小型←小型	2.7	2.5	-	2.7	3.2	3.2	-	3.2	19,739
		大型←小型	2.8	2.6	-	3.0	3.2	3.2	-	3.2	2,730
		小型←大型	3.6	3.7	-	4.1	9.6	10.0	-	10.1	2,732
		大型←大型	3.8	4.1	-	4.4	9.4	10.2	-	10.4	446
	右車線	小型←小型	2.1	2.1	-	2.2	3.1	3.1	-	3.1	30,111
		大型←小型	2.2	2.1	-	2.2	3.2	3.1	-	3.0	1,398
		小型←大型	2.7	2.9	-	3.2	9.0	9.2	-	9.4	1,399
		大型←大型	2.8	2.7	-	3.0	10.0	9.1	-	8.9	93

金曜日：[夏季] 2015年9月4日, 9月11日 (朝：8~9時帯, 夕：16~19時帯, 夜：21~22時帯), [冬季] 2016年2月5日 (夕：16~19時帯)  
 土曜日：[夏季] 2015年9月5日, 9月12日 (朝：8~9時帯, 夕：16~19時帯), [冬季] 2016年1月30日, 2月6日 (夕：16~19時帯)

- ・右車線においては、朝と夕で車尾時間等に違いはみられないが、夜に車尾時間が短くなる。
- ・渋滞発生時捌け交通量が夕に増加する（特に左車線の増加が大きい）。

## 7. 乗用車換算係数 (PCE) の算出

### (1) 時間帯別のPCE

算定した車尾時間を用いて時間帯別にPCEを算出したものを表-3に示す。

また、算定した時間帯別のPCEと大型車混入率（実測

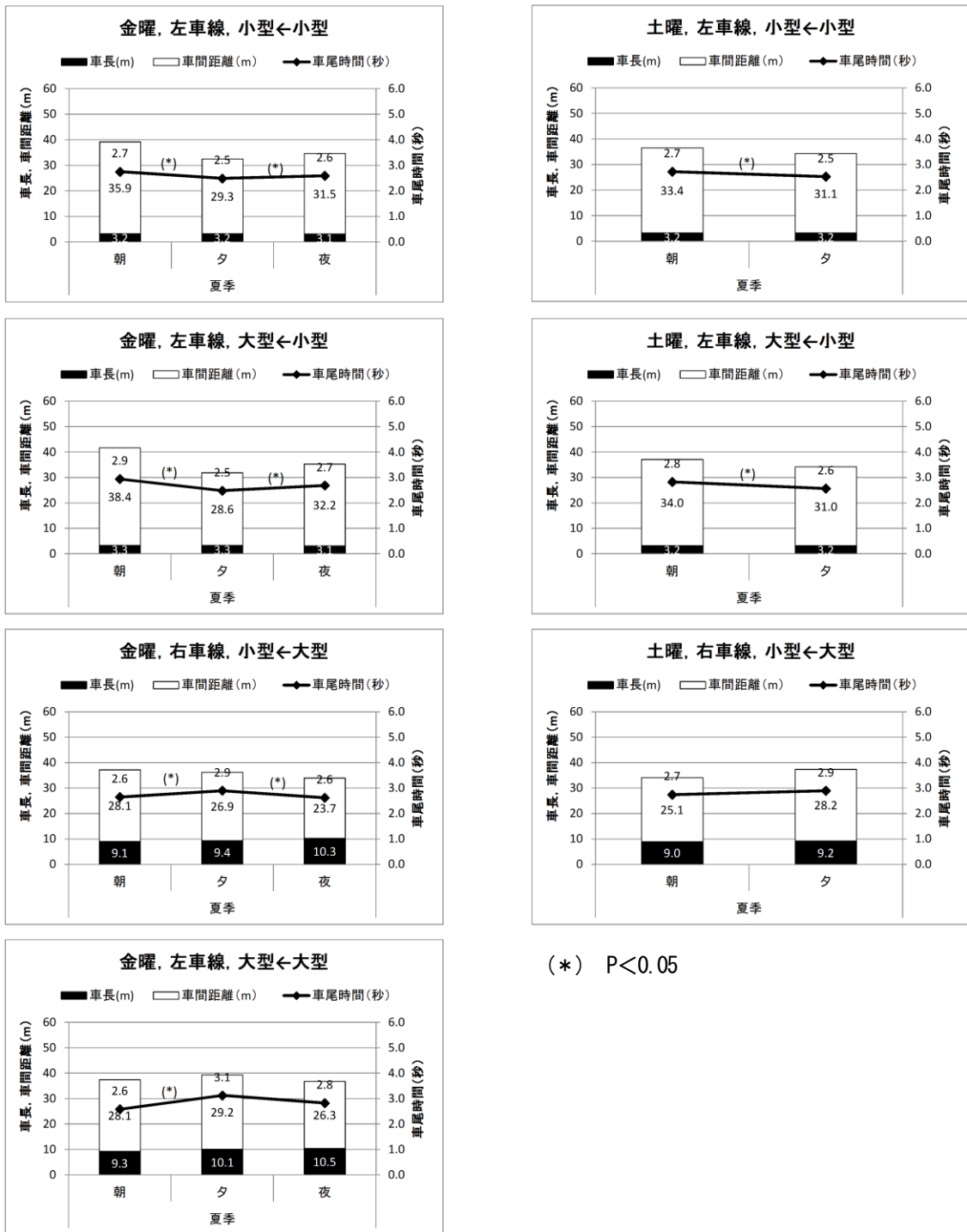


図-12 車尾時間と車長・車間距離の関係

値) の関係を図-13示す。図-13を見ると大型車混入率とPCEには相関がみられないが、これは大型車混入率の出現幅が小さいためと考えられる。

朝に比ベタのPCEが高くなったが、これは夕の方が小型車の車尾時間が短くなったことが主な要因であり、大型車混入率の影響は少ないものと考えられる。

(2)PCEと交通容量の関係

図-14は、一律でPCE2.0とPCE1.4を用いて乗用車換算台数を算出した場合の度数分布と時間帯別車線別に表-3のPCEを使い分けた場合(PCE推定値)の乗用車換算台数の度数分布を比較したものである。PCEが2.0の場合と時間帯別にPCEを使い分けた場合では、PCEを使い分けた場合の方が標準偏差が小さくなり、乗用車換算台数も少なく算出された。PCE1.4を用いて乗用車換算台数を算出

表-3 曜日別車線別時間帯別のPCE

曜日	車線	時間帯	車尾時間【実測値】					大型車混入率 (Pt)	PCE
			混合交通 (H)	小型←小型 (Hss)	大型←小型 (Hts)	小型←大型 (Hst)	大型←大型 (Htt)		
金曜日	左車線	朝	3.00	2.75	2.94	3.80	3.84	0.205	1.44
		夕	2.75	2.49	2.48	3.81	3.66	0.205	1.52
		夜	3.00	2.59	2.68	3.66	3.65	0.360	1.43
	右車線	朝	2.07	2.02	2.13	2.65	2.58	0.073	1.36
		夕	2.09	2.03	2.11	2.90	3.13	0.065	1.48
		夜	2.09	1.99	2.02	2.62	2.82	0.150	1.34
土曜日	左車線	朝	2.85	2.72	2.82	3.61	3.78	0.132	1.37
		夕	2.68	2.52	2.56	3.73	4.13	0.118	1.51
		夜	/	/	/	/	/	/	/
	右車線	朝	2.16	2.12	2.16	2.74	2.81	0.055	1.31
		夕	2.13	2.09	2.15	2.89	2.69	0.042	1.40
		夜	/	/	/	/	/	/	/

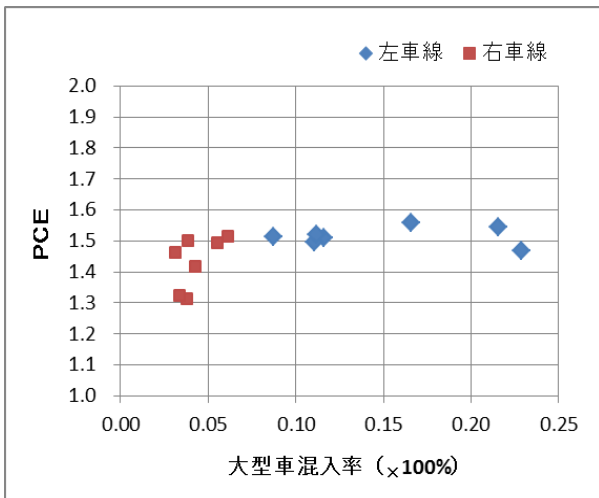


図-13 PCEと大型車混入率の関係

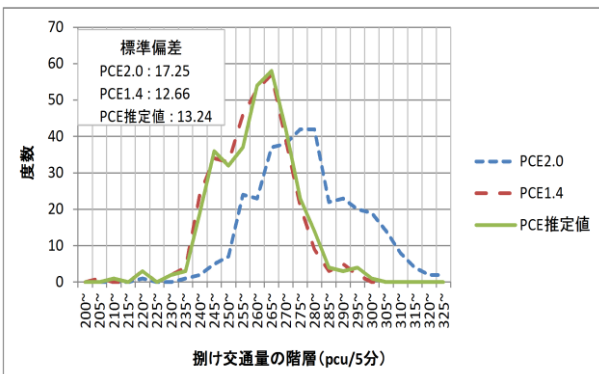


図-14 PCE別乗用車換算台数度数分布

した場合とPCE推定値で算出した場合では度数分布の違いは、ほぼ見られなかった。

## 8. おわりに

本稿では、3号渋谷線下り池尻～三軒茶屋間のボトルネック部を対象に、大型車が容量に与える影響を確認するため、車両感知器データ(パルスデータ)を用いて、時間帯別、車線別に車尾時間、車長、車間距離等を分析し、乗用車換算係数の試算を行い、渋滞発生後捌け交通量を算出し、理論値と算定値の比較を行った。

車尾時間については、大型車が前方を走行している場合は車尾時間が長くなる傾向にあり、右車線より左車線の方が車尾時間が長いことが分かった。また、自車が大型車の場合は、朝よりも夕の方が車尾時間が長く、夜は、車尾時間が短い傾向にあることが分かった。

時間帯別車線別に車尾時間が異なるため、時間帯別車線別にPCEの算定を試みた結果、当該箇所でのPCEは1.3～1.5程度の値となっており、最も小さい値は1.31で、最も大きい値は1.51となった。既往研究で得られていた1.7や1.5といった値より小さい傾向にあったため、当該区間での大型車が容量に与える影響は都市間高速や首都高の箱崎区間よりも小さいことが分かった。

上記より、パルスデータを用いて、乗用車換算係数の算出が可能であることがわかり、当該区間でのPCEは時



間帯や車線より異なり、概ね1.4程度の数値であることが分かった。今後は首都高の他の区間での分析を進めるとともに、当該区間の容量低下要因の分析を進め、道路の交通性能を上げるべく対策の検討を進めていく予定である。

#### 参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：道路の交通容量，1984.
- 2) 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，Vol.44，No.3，pp.30-40，2001..
- 3) 米川英雄，飯田克弘，森康男：高速道路における渋滞中交通容量の算定式構築に関する実証的研究，高速道路と自動車，Vol.44，No.8，pp.25-30，2001.
- 4) 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，右 5 回交通工学研究発表会論文報告書，pp.173-176,2005.
- 5) Transportation Research Board：Highway Capacity Manual，1965
- 6) 桑原雅夫，陳鶴：大型車の乗用車換算係数に関する研究，生産研究，Vol.43，No.12，1991.12
- 7) 桑原雅夫，西川功，原隆弘：都市内高速道路の織り込み交通流に関する実証的研究，交通工学，Vol.28，No.5，pp.11-20，1992.
- 8) 桑原雅夫，井料青海：都市間高速道路の自由流における大型車の交通流への影響分析，土木学会論文集，No.488/IV-23，pp.41-48，1994.4

(2016. 4. 22受付)

## ANALYSIS ON THE INFLUENCE OF TRAFFIC CAPACITY BY LARGE VEHICLES ON THE URBAN EXPRESSWAY

Satoshi ENDO, Shogo UMEDA and Atsushi TANAKA