

首都高速6号三郷線（上り）加平から小菅 JCT 間 における大型車の車長別走行特性分析と 渋滞対策の効果検証

井上 七海¹・古賀 浩樹²・長塚 里紗子³・深井 靖史⁴・山口 孝⁵

¹ 非会員 首都高速道路株式会社 東京東局調査・環境課（〒103-0015 東京都中央区日本橋箱崎町 43-5）
E-mail:n.inoue4425@shutoko.jp

² 非会員 首都高速道路株式会社 東京東局調査・環境課（〒103-0015 東京都中央区日本橋箱崎町 43-5）
E-mail:h.koga116@shutoko.jp

³ 非会員 首都高速道路株式会社 東京東局調査・環境課（〒103-0015 東京都中央区日本橋箱崎町 43-5）
E-mail:r.nagatsuka6566@shutoko.jp

⁴ 正会員 株式会社道路計画 技術部（〒170-0013 東京都豊島区東池袋 2-13-4 マルヤス機械ビル 5F）
E-mail:y_fukai@doro.co.jp

⁵ 正会員 株式会社道路計画 技術部（〒170-0013 東京都豊島区東池袋 2-13-4 マルヤス機械ビル 5F）
E-mail:t_yamaguchi@doro.co.jp

三郷線（上り）加平から小菅 JCT 間は、上り勾配での速度低下に起因した渋滞が頻発している。2020 年 3 月以降は、新型コロナウイルス感染症による移動自粛の影響で交通量と渋滞が減少したものの、2021 年度は交通量が回復していないにもかかわらず、渋滞量が増加した。当該区間は、大型車混入率が高いため、大型車が渋滞に影響していると考えられている。ただし、大型車の種類（車長）構成が渋滞に及ぼす影響は明らかとなっておらず、これを知ることは渋滞対策の検討や道路交通サービスの向上に資すると考えられる。本研究は、大型車の種類構成が渋滞に及ぼす影響を考察することを目的として、車両感知器パルスデータより大型車の車長と車長別の走行特性の違いを分析した。さらに、一文字丸看板の設置による渋滞対策を実施し、効果を検証した。

Key Words: traffic capacity, large vehicles, urban expressway

1. はじめに

(1) 研究の背景

首都高速 6 号三郷線（上り）（以下、三郷線（上）と呼ぶ）は常磐自動車道と接続しており、沿道の工業団地の開発が進んでいる。これにより、セミトレーラーの台数比率が首都高内で最も多く、1 車線あたりの大型車交通量も湾岸線に次いで 2 番目に多いことが、時田ら¹⁾による研究においてわかっている。また、三郷線（上）加平から小菅 JCT 間は、延長 800m の上り勾配（+1.8%）となっており、速度低下が発生しやすい道路線形である。その結果、早朝から渋滞が発生し、さらに、昼間時間帯も断続的に渋滞している。この頻発している渋滞の要因の一つとして、大型車が交通容量の低下に何かしらの影響を与えていると推測される。

(2) 既往研究と本研究の位置付け

大型車が交通容量へ与える影響の指標としては、一般的に PCE(乗用車換算係数)が用いられ、桑原ら²⁾によって以下の 6 つの算出方法が挙げられている。交通容量状態での PCE 算出方法は③である。

- ① 追越回数比基準
- ② 遅れ比基準
- ③ 平均車尾時間比基準
- ④ V/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

遠藤ら³⁾による研究では、大型車は車長が乗用車より長く、車間距離も若干広めであるため、車尾時間が大きくなるとし、式-1 に示す算定式により PCE を算出している。その結果、「道路の交通容量」では一般的に 1.7、

勾配や勾配長により最大 4.6 まで示されているが、3 号渋谷線のパルスデータを用いて分析したところ 1.31~1.51 という値になり、概ね 1.4 程度になったとされている。

$$PCE = (H/H_{ss} - 1) / Pt + 1 \dots \dots \dots (式-1)$$

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

Pt=大型車混入率 (0 ≤ Pt ≤ 1)

既往研究においては、このように小型車、大型車の分類で渋滞に及ぼす影響について分析していたが、本研究では、さらに大型車の種類構成が渋滞に及ぼす影響を考察することを目的として、CCTV カメラ映像や車両感知器パルスデータを用いて、三郷線(上)の大型車の車種別・車長別の交通量構成率及び車両の組み合わせ別の車間、車尾時間を算出し、大型車が交通容量に与える影響について分析を行った。また、大型車交通量の特性を踏まえた渋滞対策を実施し、効果分析を行った。

2. 大型車の特性

(1) 大型車混入率の比較

図-1 は、大型車混入率について三郷線(上)と並行する川口線(上)と池袋線(上)を比較したものである。

大型車混入率は、池袋線(上)で約 20%である一方、三郷線(上)と川口線(上)は約 30%と高い傾向にある。

この二路線は、交通量約 4.5 万台のうち大型車が約 1.3 万台と同程度であるが、これらは、三郷線が常磐自動車道、川口線が東北自動車道と接続しており、比較的同じ道路交通環境であることが関係しているものと推測される。

(2) 車両感知器パルスデータを用いた車長の調査

図-2 は、交通量と大型車混入率が同程度である三郷線(上)と川口線(上)について、車両感知器パルスデータ^{補注)}より車長 6m 以上の大型車の車長構成率を示したものである。車長の中央値は、川口線の 9.6m に対し、三郷線で 10.3m となり、大型車混入率が同程度であるものの、三郷線の方がより大きな車両が多いことが明らかとなった。

(3) CCTV カメラ読取調査による大型車の特性

車長構成率の違いを明らかにするために、本線上の CCTV カメラ映像を用いて、大型車の車種構成の読取調査を実施した。調査日は、2022 年 8 月 4 日(木)、時間は渋滞発生直前の午前 5 時 00 分から 5 時 10 分の間とした。CCTV カメラ映像は、三郷線(上)加平南入口から

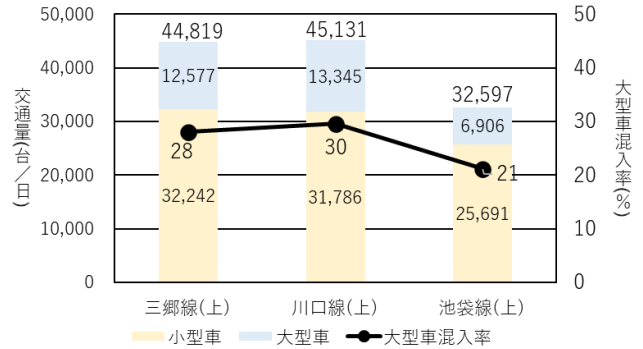
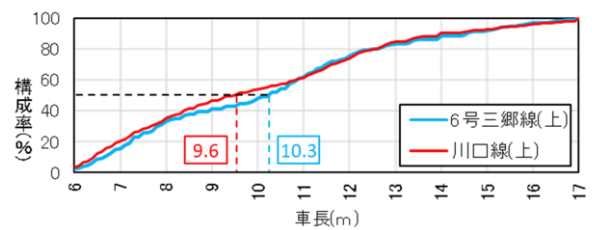


図-1 大型車混入率の比較(三郷線, 川口線, 池袋線)



※ 期間: 2022年8月1日(月) から8月5日(金)

※ 地点: 三郷線(上)加平南から小菅JCT, 川口線(上)鹿浜橋から江北JCT

図-2 パルスデータを用いた大型車の車長別構成率

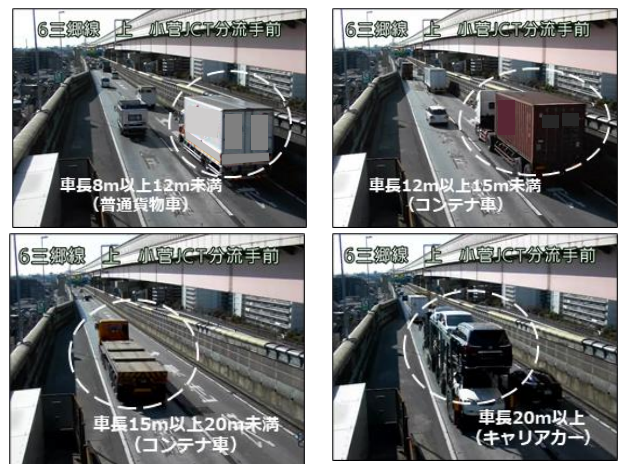
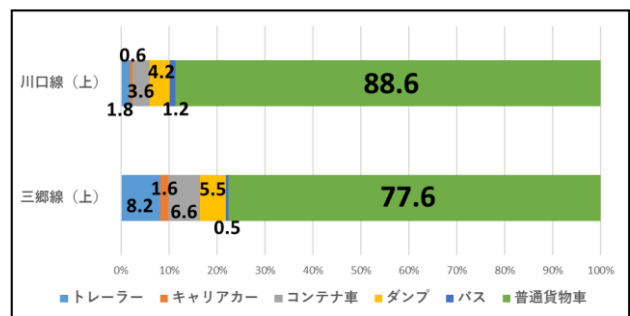


写真-1 CCTV カメラによる読取調査



期間: 2022年8月4日(木) 5:00~5:10

川口線: 鹿浜橋入口→江北JCT分流 (N=183)

6号三郷線: 加平南入口→小菅JCT分流 (N=167)

図-3 大型車の車種構成(三郷線, 川口線)

小菅 JCT 間と、川口線（上）鹿浜橋入口から江北 JCT 間に設置されているカメラを対象とした。大型車の車種は写真-1 に示すとおり、トレーラー、キャリアカー、コンテナ車、ダンプカー、バス、普通貨物車に分類した。

その結果、図-3 に示すとおり、川口線（上）はトレーラー1.8%、コンテナ車 3.6%、普通貨物車 88.6%である一方、三郷線（上）はトレーラー8.2%、コンテナ車 6.6%、普通貨物車 77.6%であった。

したがって、三郷線（上）は川口線（上）と比較し、大型車混入率は同程度であるものの、車長の長いトレーラーやコンテナ車が多く含まれており、このことが交通容量の低下に何かしらの影響を与えていると推測した。

3. 三郷線（上）の渋滞発生状況

(1) 交通量の推移

図-4 は、三郷線（上）の 2022 年 8 月平日平均交通量を示したものである。加平南入口から小菅 JCT 間で最大約 45 千台/日となっている。また、八潮南入口 5.4 千台/日、加平南入口と加平北入口合わせて 5.8 千台/日と、2つの入口合わせて本線の約 25%を占めているのも特徴的である。

図-5 は、三郷線（上）加平から小菅 JCT 間の時間帯別交通量（2021 年 10 月平日平均）を示したものである。早朝の大型車混入率は約 60%と高く、また朝 5 時台から交通量が増加していることがわかる。

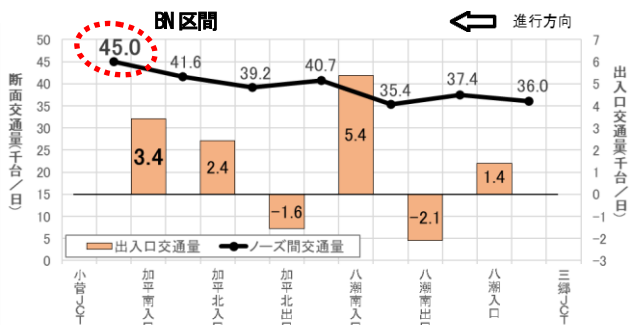


図-4 三郷線（上）平日平均交通量（2022年8月平日）

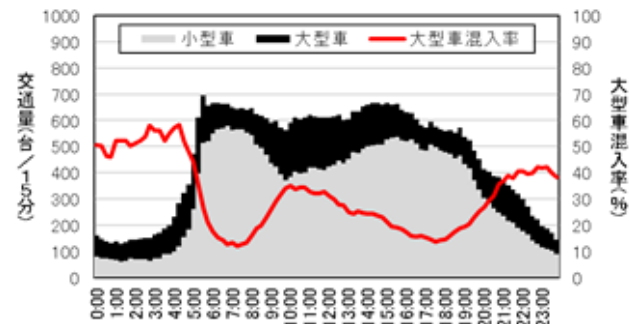


図-5 三郷線（上）時間帯別交通量（2021年10月平日平均）

(2) 渋滞の発生状況

図-6 は、ETC2.0 プローブデータより三郷線（上）の平均旅行速度（2021 年 10 月平日）を示したものである。早朝 5 時台から小菅 JCT 上流のサグ付近で速度低下が発生し、11 時までほぼ全線（小菅 JCT から三郷 JCT）にあたる約 9km の区間で 40km/h 以下の状況である。特に早朝 6 時から 8 時の間は、20km/h 以下の渋滞が加平から三郷 JCT において発生している。また、14 時から 19 時でも断続的に渋滞が発生していることがわかる。

そこで、渋滞発生箇所を特定するため、車両感知器の地点 5 分データ（2021 年 10 月平日）を用いて、非渋滞時の地点速度分布を整理したものを図-7 に示す。これより、2.8%の下り勾配から 1.8%の上り勾配に変わる付近（サグ底 1.68Kp）から上り坂終点付近(0.91Kp 付近)で速度が低下していることがわかる。さらに、図-8 に示すとおり、交通量と速度（2021 年 10 月平日（地点 5 分））の関係より、上り勾配区間の地点 16-01-07 の交通量と速度が連続的に推移していること、かつキャパシティボール⁴⁾が 16-01-07 と 16-01-05 で確認出来るが、臨界速度を 50km/h とすると 16-01-05 は回復流のキャパシティボールであるといえることから、当該渋滞のボトルネックは 16-01-07 付近であることがわかる。

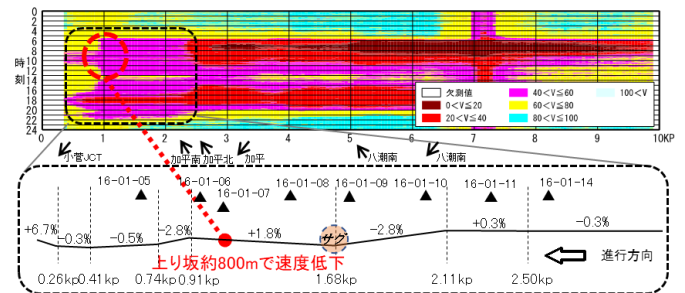


図-6 平均旅行速度（2021年10月平日）と縦断勾配

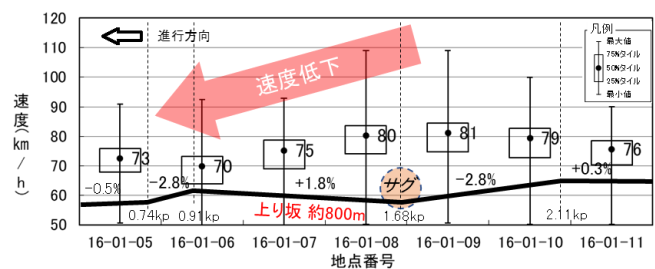


図-7 三郷線（上）の非渋滞時における地点速度分布（2021年10月平日）

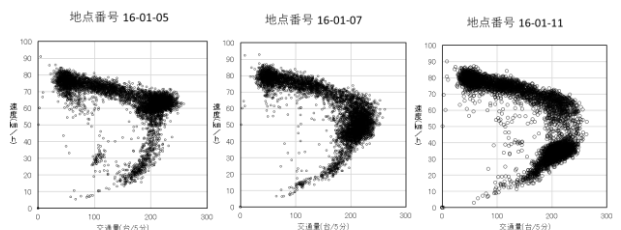


図-8 三郷線（上）の交通量と速度（2021年10月平日）

4. 三郷線（上）の渋滞対策

三郷線（上）は、加平から小菅 JCT 間の上り勾配での速度低下による慢性的な渋滞が発生しており、特に早朝の時間帯は大型車混入率が高いことから図-9 に示すような大型車に対して速度低下を抑制、また低下した速度の回復を促す注意喚起看板の設置を行った。写真-2 及び写真-3 は対策前後の状況である。

従前より、速度低下が発生する上り勾配区間の加平南入口から小菅 JCT 間には、図-9 に示すような渋滞対策及び追突事故対策のための小型注意喚起看板計 19 枚が設置されていた。小型看板は約 1200mm×800mm であり文字が小さく、さらに設置する位置も路面から約 3.8m



写真-2 対策前



写真-3 対策後

と高いことからドライバーの目線に入りにくいという課題があった。そこで、これらの小型看板を撤去し、同区間に黄地に黒文字または赤文字の一文字丸看板を設置した。看板は、加平南入口から小菅 JCT 間の上り勾配区間とその手前に「ここから/上り坂/速度回復/まだまだ/上り坂」（計 18 枚）と、上り勾配終了地点（クレスト）に「上り坂おわり」表示の看板 1 枚を設置した。

なお、ドライバーが上り勾配区間へ進入した後の速度低下を抑制、もしくは速度回復を促すために、「ここから/上り坂」は、サグの直前に設置した。

5. 対策前後の交通容量の比較

(1) 渋滞発生時及び渋滞中の交通流率

渋滞対策の効果を検証するため、渋滞発生直前 15 分間における渋滞発生時交通流率（図-10）と、渋滞中交通流率（図-11）を対策実施前後で比較した。渋滞発生時の平均値は、対策前で 2,836 台/時に対し対策後で 2,810 台/時であり、対策による変化は見られない。また、渋滞中の平均値は、対策前で 2,599 台/時に対し対策後で 2,640 台/時であり、対策による渋滞中交通流率は 1.6% 増加したものの明らかな増加は見られない。

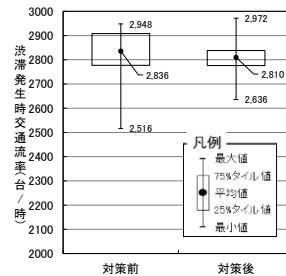


図-10 渋滞発生時

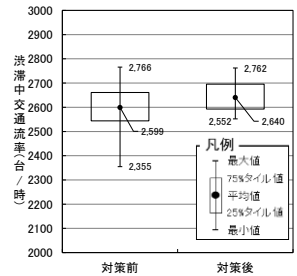


図-11 渋滞中

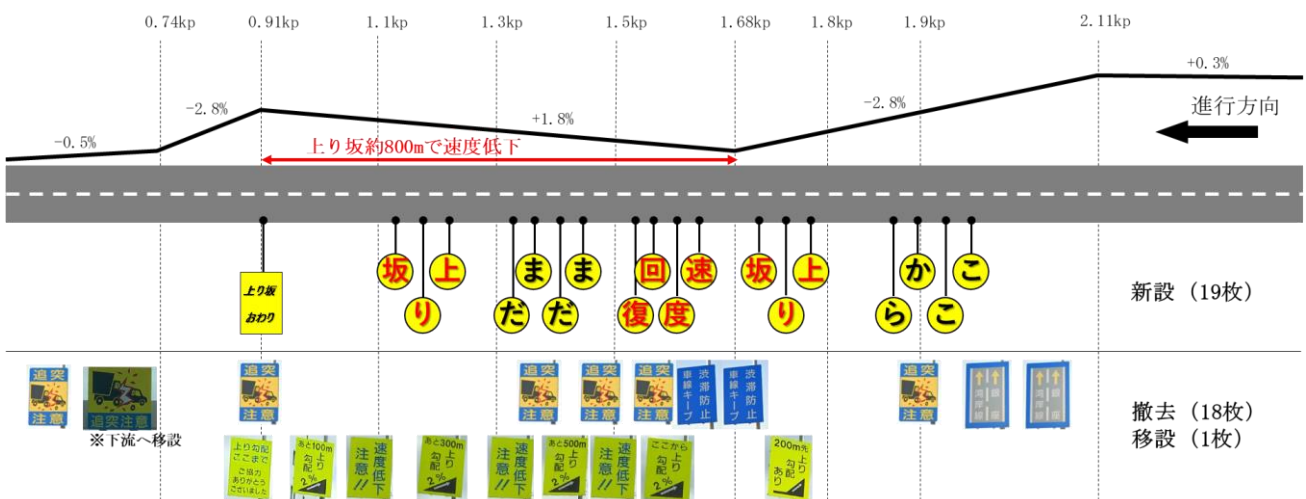


図-9 三郷線（上）加平から小菅 JCT 間の渋滞対策の概要

(2) 渋滞発生時刻と渋滞発生時交通流率

図-12 は、渋滞発生時刻と渋滞発生時交通流率の関係を整理したものであり、対策前から対策後でプロットが右上に移動すれば、渋滞の発生時刻が遅れ、かつ渋滞発生時交通流率も増加し対策の効果が得られたといえるが、今回の分析結果では明確な変化はみられない。

図-13 は朝だけを抽出したものであるが、発生時刻及び渋滞発生時交通流率ともに、明確な変化はみられないものの、渋滞発生時刻が遅い時の渋滞発生時交通流率はやや増加傾向にあることがいえる。

6. 大型車の車長別の走行特性

(1) 車長別の速度・車尾時間・車間時間

大型車の車長や車種の特徴が渋滞に及ぼす影響を考察するために、車両感知器パルスデータを用いて車長別に速度、車尾時間及び車間時間を比較した。期間は、対策前 2022 年 8 月 1 日(月)~8 月 5 日(金)、対策後 2022 年 8 月 29 日(月)~9 月 2 日(金)とし、車長は、①車長 6m 未満、②6m 以上 8m 未満、③8m 以上 12m 未満、④12m 以上 15m 未満、⑤15m 以上に分類した。なお、車両感知器パルスデータは、高速域になるほど誤差が大きくなる特徴があることから^{補注}、低速域 (40km/h 以下) を対象

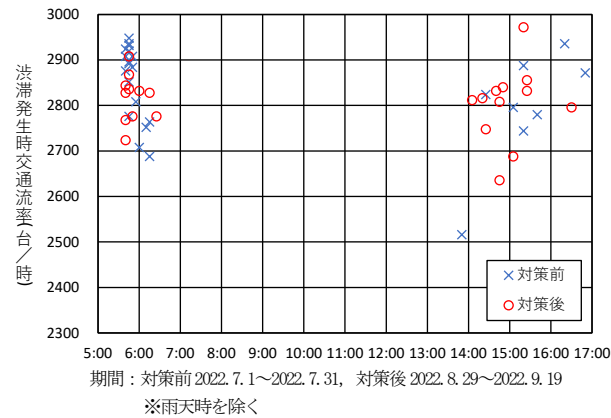


図-12 渋滞発生時刻と渋滞発生時交通流率 (朝から夕方の間)

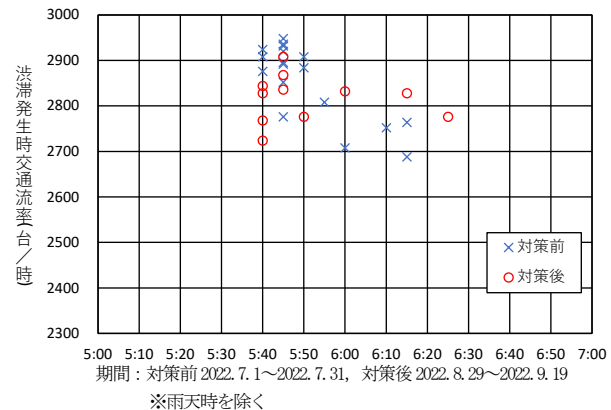


図-13 渋滞発生時刻と渋滞発生時交通流率 (朝)

に分析した。車長区分ごとの速度は図-14 に示すとおり、車長区分での差異はみられず、渋滞対策前後での変化もみられない。次に車長区分ごとの車尾時間を図-15 に、車間時間を図-16 に示す。車尾時間は自車の車長を含むため、車長が長くなれば車尾時間も大きくなるのは当然といえるが、車間時間も同様の傾向がみられることは特徴的である。なお、車尾時間、車間時間ともに対策前後での変化はほとんどみられない。

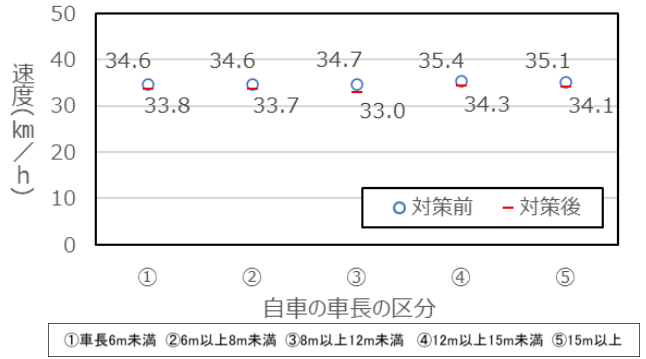


図-14 速度の比較 (40km/h 以下)

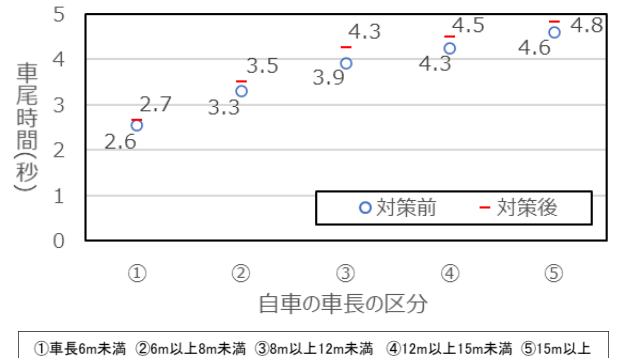


図-15 車尾時間の比較 (40km/h 以下)

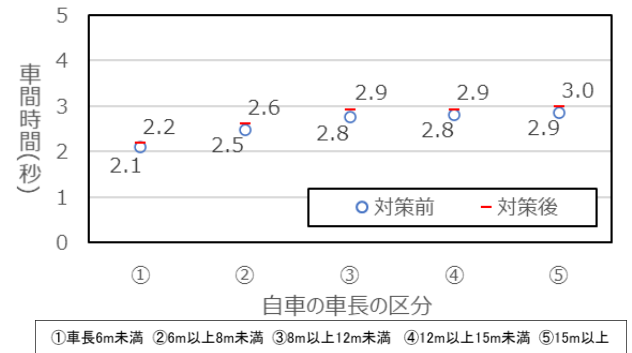


図-16 車間時間の比較 (40km/h 以下)

(2) 前車・自車のパターン別にみた車間時間

大型車の車長の特性が車間時間に及ぼす影響を詳細に考察するため、自車と前車を車長別に区分したうえで、それぞれの組合せごとに渋滞中における車間時間を比較した。表-1 は対策前の車間時間を、表-2 はそのサンプル数を示したものである。また、表-3 は対策後の車間時間を、表-4 はそのサンプル数を示したものである。対策前後ともに、車間時間は自車が③車長 8m 以上から大きくなることが明らかである。また、自車が①車長 6m 未満は、前車が大型化するほど車間時間が増加する傾向にあるといえる。一方、自車が⑤車長 15m 以上では、前車の車長による影響が少ないといえる。

以上のことから、車長の長い大型車に関しては、前車との車間が長くなることに加え、後続車が 6m 未満の普通乗用車の場合には後続車との車間も大きくなることから、交通容量に与える影響は大きいといえる。

7. まとめ

本研究では、CCTV カメラ映像と車両感知器パルスデータを用いて、大型車の種類（車長）構成別の交通特性を分析し、大型車の車長が交通容量の低下に与える影響について考察した。その結果、次のような知見を得ることができた。

- ① 首都高速道路の車両感知器データでは、車長 6m 以上の車両を大型車として一律に定義しているが、一見大型車混入率は同程度であっても、大型車の種類（車長）の構成は路線によって異なることを示した。
 - ② 車両感知器パルスデータを用いた車長別の車間時間の比較により、自車の車長が長くなると車間時間も大きくなる傾向がみられた。
 - ③ また、自車が 6m 未満の普通乗用車では、前車が大型になるほど車間をとって走行する傾向にあることも示され、上記②とあわせて、車長が長い大型車が交通容量の低下に影響を与えていることを明らかにした。
 - ④ 朝 5 時台でトレーラーやコンテナ車が大型車の約 2 割を占める三郷線（上）では、上記も一要因として、断続的な渋滞を引き起こしていることが推測される。
 - ⑤ 渋滞対策としての一文字丸看板は、渋滞中交通流率はやや増加傾向にあるものの、現時点では、明らかな効果は確認されなかった。
- 今後は、大型車混入率や種類（車長）構成を加味した交通流率の評価と、天候等の外的要因を排除した同条件での対策効果分析を進めていきたい。

表-1 対策前の車間時間（自車-前車）の比較（40km/h 以下）

		前車					単位：秒
		①	②	③	④	⑤	
自車	①	2.10	2.08	2.09	2.18	2.18	
	②	2.48	2.48	2.51	2.50	2.63	
	③	2.74	2.82	2.74	2.78	2.86	
	④	2.78	2.98	2.80	2.87	2.96	
	⑤	2.86	2.97	2.87	2.77	2.85	

凡例 3.0以上 2.8以上3.0未満 2.5以上2.8未満 2.5未満

①車長6m未満 ②6m以上8m未満 ③8m以上12m未満 ④12m以上15m未満 ⑤15m以上

表-2 対策前の車間時間のサンプル数（40km/h 以下）

		前車					単位：台
		①	②	③	④	⑤	
自車	①	54,422	5,074	6,744	2,720	1,330	70,290
	②	5,094	537	792	361	193	6,977
	③	6,889	768	1,137	533	272	9,599
	④	2,716	357	511	289	153	4,026
	⑤	1,350	162	208	135	92	1,947
	計	70,471	6,898	9,392	4,038	2,040	92,839

①車長6m未満 ②6m以上8m未満 ③8m以上12m未満 ④12m以上15m未満 ⑤15m以上

表-3 対策後の車間時間（自車-前車）の比較（40km/h 以下）

		前車					単位：秒
		①	②	③	④	⑤	
自車	①	2.19	2.16	2.19	2.23	2.23	
	②	2.62	2.52	2.68	2.57	2.62	
	③	2.92	2.92	3.03	2.88	3.02	
	④	2.93	3.04	2.90	2.89	2.94	
	⑤	3.04	2.97	2.91	2.89	2.67	

凡例 3.0以上 2.8以上3.0未満 2.5以上2.8未満 2.5未満

①車長6m未満 ②6m以上8m未満 ③8m以上12m未満 ④12m以上15m未満 ⑤15m以上

表-4 対策後の車間時間のサンプル数（40km/h 以下）

		前車					単位：台
		①	②	③	④	⑤	
自車	①	61,959	5,218	7,021	2,849	1,341	78,388
	②	5,218	556	781	355	196	7,106
	③	7,082	767	1,095	513	279	9,736
	④	2,861	341	480	264	145	4,091
	⑤	1,340	163	197	146	94	1,940
	計	78,460	7,045	9,574	4,127	2,055	101,261

①車長6m未満 ②6m以上8m未満 ③8m以上12m未満 ④12m以上15m未満 ⑤15m以上

【補注】

車両感知器パルスデータとは、首都高速道路で主に使用している超音波式車両感知器にて車両の感知状況を示す大元のデータである。現在、首都高速道路で使用している超音波式車両感知器は、2つの超音波ヘッドが5m間隔で設置され、上流側をセット側、下流側をリセット側と称している(図-17)。それぞれの超音波ヘッドから60msの間隔で超音波パルスを発射し、これが車両に反射して再び超音波ヘッドで受信することで車両の有無を判定している。速度は、セット側で車両を感知し始めた時刻と、5m下流のリセット側で感知し始めた時刻の差をもとに算出している。また、車長については、セット側で車両を感知している時間に速度を乗じて算出している。ただし、超音波式車両感知器の感知エリアが1mの幅を有しているため、算出値から感知エリアの1mを減じた値を車長として適用している。なお、超音波パルスの発射間隔が60msであるため、真の速度と計測速度に誤差が生じ、その誤差は高速域になるほど大きくなることがわかっている(図-18)。これは速度をもとに算出される車長についても同様である。

参考文献

- 1) 時田英夫, 吉川直志, 森猛: 鋼橋の疲労に与える影響を考慮した首都高速道路の自動車荷重の実態, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.76, No.1, pp139-151, 2020
- 2) 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, pp41-48, 1994.4
- 3) 遠藤学史, 梅田祥吾, 田中淳: 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, 第 53 回土木計画学研究発表会講演集, 05-06, 2016.5
- 4) 割田博, 赤羽宏和, 船岡直樹, 岡村寛明, 森田紳之: 首都高速道路におけるキャパシティボールの抽出とその特定分析, 第 29 回土木計画学研究発表会講演集, Vol29, 2004.6

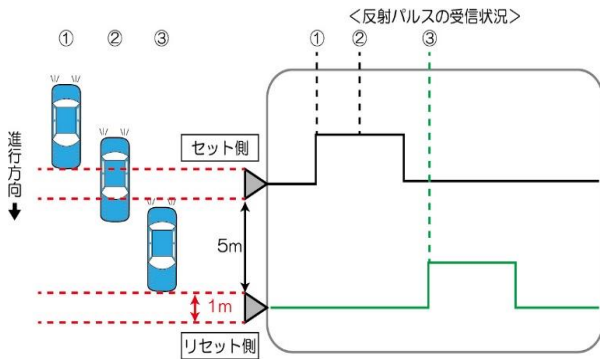


図-17 超音波式車両感知器の感知イメージ

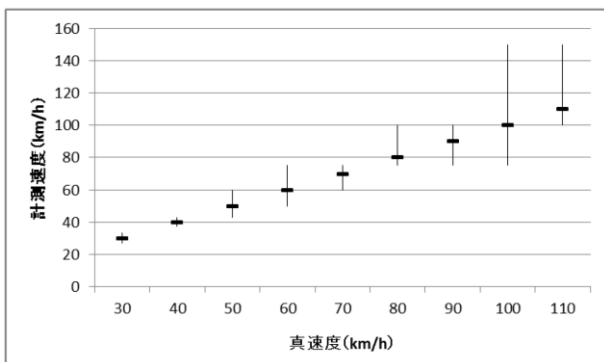


図-18 真速度と計測速度の誤差範囲³⁾