

# 首都高速道路サグ部におけるLED表示板を活用した渋滞緩和メカニズムの検証

遠藤 学史<sup>1</sup>・猪原 拓也<sup>2</sup>・小林 健二郎<sup>3</sup>・田中 淳<sup>4</sup>・梅田 祥吾<sup>5</sup>

<sup>1</sup>正会員 首都高速道路(株) 西東京管理局 (〒102-0093 東京都千代田区平河町二丁目16-3)  
E-mail: s.endo5944@shutoko.jp

<sup>2</sup>非会員 首都高速道路(株) 西東京管理局 (〒102-0093 東京都千代田区平河町二丁目16-3)  
E-mail: t.inohara82@shutoko.jp

<sup>3</sup>非会員 首都高速道路(株) 保全・交通部 保全企画課 (〒100-8930 東京都千代田区霞ヶ関一丁目4-1)  
E-mail: k.kobayashi662@shutoko.jp

<sup>4</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

<sup>5</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

首都高速道路の3号渋谷線下り池尻入口付近は、終日渋滞が継続している首都高有数のボトルネック箇所となっている。当該箇所の渋滞原因は池尻入口合流部下流側の本線サグ部による速度低下が主たる要因となっている。首都高は、当該箇所の非常駐車帯付近に設置したLED表示板を活用し、渋滞終了に伴う速度回復願い表示を試験的に平成25年度に実施している。試験の結果、当該箇所の渋滞時の捌け台数が3%程度増加し、一定の渋滞緩和効果を確認している。しかしながら、詳細な渋滞緩和効果の発現メカニズムの解明については課題が残っているとある。

本稿は、平成26年度に同様に実施したLED表示試験に併せ、新たに分析したビデオ映像を用いた交通挙動、首都高利用者に対するアンケートから渋滞緩和効果の発現メカニズムの検証を行ったものである。

**Key Words :** *expressway sag section, congestion countermeasure, information provision*

## 1. はじめに

平成27年3月に首都圏3環状の一つである中央環状線が全線開通し、首都高速道路の交通流も大きく変化している。首都高3号渋谷線下り池尻入口付近は、サグを一つの原因とした渋滞が開通前より発生しており、開通後も依然として渋滞が発生している状況となっている。当該箇所では、開通前より上り勾配を周知する看板や車線利用率の偏りを是正するための車線変更抑制策等の各種対策を実施しており、山田ら<sup>1)</sup>は、これらについて一定の渋滞緩和効果を確認している。そこで、過年度(平成25年8月)に渋滞対策の一つとしてボトルネック手前の非常駐車帯付近に、「渋滞終了までの距離と速度回復をお願いするLED表示板(以下LED表示板)」を試験的に設置した。試験の結果、主に右車線で、速度が上昇し適切な車間距離を保つ車両が増加したことで、渋滞時の捌け台数が3%程度増加したことが梅田ら<sup>2)</sup>により確認されている。これらの結果によりLED表示板が、都市内高速道路でも一定の渋滞緩和効果が得られる対策であることを確認している。しかしながら、車

線別に効果が異なる理由等の詳細な渋滞緩和効果の発現メカニズムの解明に課題が残っていたため、平成26年8月にも同様の対策を同箇所で開催し、対策実施時の車両感知器データ、PAでのアンケート、ビデオ映像等の各種データの収集を行った。

本稿は、平成26年8月に同様に実施したLED表示試験に併せ、新たに分析したビデオ映像を用いた交通挙動、首都高利用者に対するアンケート調査と交通挙動調査から渋滞緩和効果の発現メカニズムの検証を行ったものである。

## 2. 既往研究の整理と本稿の位置づけ

高速道路などの自動車専用道路は、円滑かつ安全な交通流を確保するため、道路の設計には最新の配慮が施されている。しかしながら、大口ら<sup>3)</sup>は高速道路を一定速度で走行中に道路の勾配が変化するような箇所(サグ部)では、ドライバーが視覚的にその変化に気づかず、アクセルペダルをそのままの強さで踏み続け、速度低下が発生することを示唆している。

サグ部を原因とした渋滞対策としては、これまで全国各地でさまざまな対策が実施されている。牧野ら<sup>4)</sup>は、ITS技術を活用してドライバーに事前に情報提供することで車線利用率を予め均等化しておく対策について効果の報告している。また亀岡ら<sup>5)</sup>は、人間が光を追う性質を利用した路側発行体等の対策について効果を報告している。

竹内ら<sup>6)</sup>は、都市間高速道路サグ部でのLED表示板による渋滞終了位置を提供する手法での対策事例を報告している。山岡らは<sup>7)</sup>、LED表示板の内容と効果を検証しており、渋滞終了までの距離と速度回復をお願いする文言が渋滞緩和に効果があると報告している。しかしながら、都市内高速道路では実績が少なく、効果についても報告事例が少ない。

### 3.対策の概要

年間を通し渋滞が特に著しい、平成25年7月29日(月)～8月23日(金)の平日と平成26年7月28日(月)～8月22日(金)の平日の2期間において渋滞終了までの距離と及び速度回復を呼びかけるLED表示板をボトルネック手前の左側非常駐車帯に2箇所設置した。

#### (1) 対策実施区間の概要

対策実施区間は、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3号渋谷線の区間である。当該区間は約1kmの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短い区間で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複合して存在する区間になっている(図-1)。

#### (2) 対策実施区間の渋滞発生状況

図-2に対策実施区間付近の対策実施前の渋滞発生状況(平成24年7月31日～8月24日平日平均)を示す。図-2は、60kmから40km/hを青色、40km/h～20km/hを黄色、20km以下を赤色で示している。午前6時台より池尻入口付近を先頭に渋滞が発生し始め、中央環状線内回りからの流入が多い午前中においては中央環状線への渋滞延伸が顕著であり、タピーク時には3号線、中央環状線にも大きく渋滞が延伸している。最大で3号渋谷線は谷町JCT付近、中央環状線は西新宿JCT付近まで渋滞が延伸し、解消は深夜となっている。

#### (3) LED表示板の設置概要

LED表示板(表示寸法 縦960×横1,440mm)は、ボトルネック直前である①池尻合流直後(5.9KP付近)と②三軒茶屋出口手前(6.2KP付近)の進行方向左側の非常駐車帯部に計2箇所設置した(図-3)。事故発生時や先詰まり渋滞時等の異常事態時に備えて遠隔で表示内容を操作できるようにしている。

#### (3) 表示パターン

LED表示板の表示内容は、渋滞が顕著となる16時から22時の間は①池尻合流直後で「まもなく渋滞終了」と「速度回復願います」の交互表示、②三軒茶屋出口手前で「ここで渋滞終了」と「速度回復願います」の交互表示とした(図-4)。渋滞が少ない時間帯は特に何も表示はせず、雨天時には安全対策として「本日雨 事故多発」⇔「走行注意!」の交互表示とした(図-4)。



図-1 対策実施区間の概要

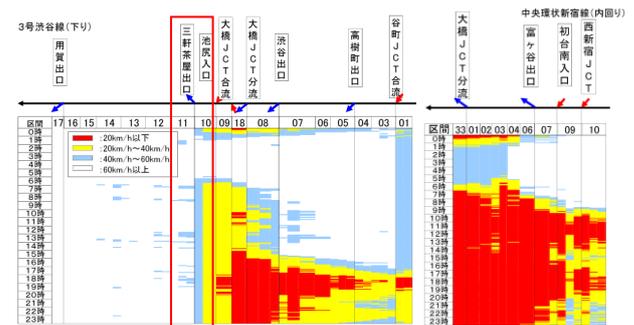


図-2 対策実施区間の渋滞発生状況(H24.7.31～8.24)



図-3 LED表示板設置位置

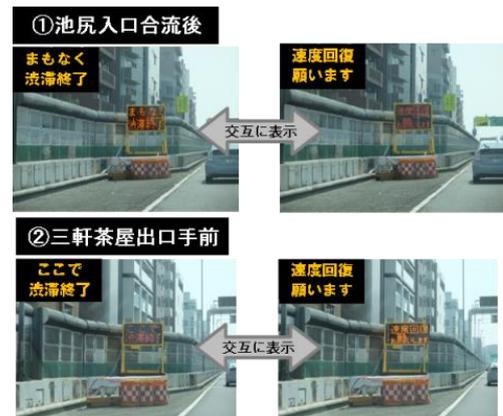


図-4 LED表示パターン

## 4.対策の効果について

### (1) 過年度(H25年度)対策の効果検証結果

梅田ら<sup>2)</sup>は、H25年度の対策の効果については以下のように報告している。

- LED表示時と非表示時のボトルネックの5分間交通量の平均値を比較すると、断面交通量は、8台/5分程度(3.4%)増加した。右車線は、交通量の平均値が9台/5分程度増加したが、左車線は変化がなかった。
- LED表示時と非表示時のボトルネックの速度の平均値を比較すると左車線も右車線も約3~4km/h上昇した。速度のバラつきも小さくなり、最大値も上昇した。
- LED表示時と非表示時の車線別の車間距離を比較すると左車線は、速度が上昇した分、車間距離も大きくなっており、ボトルネック部でLED表示時と非表示時の車間距離の差が最大となっていた。そのため左車線は捌け台数が増加しなかったと考えられた。
- 右車線のLED表示時で速度が上昇していたにも関わらず、車間距離はLED表示時、非表示時でほぼ同じ値を示していた。そのため右車線で捌け台数が増加したと考えられた。

### (2) H26年度対策の効果検証結果

H26年度対策の効果の検証および対策の車線別に効果が異なる理由等の詳細な渋滞緩和効果の発現メカニズムを解明するため、対策の実施前(平成24年7月31日(月)~8月24日(金))と対策中(平成26年7月28日(月)~8月22日(金))の車両感知器データを用いて当該箇所の渋滞発生状況、交通量、速度、車頭時間等の数値データの比較を行い、過年度(H25年度)との同様の効果が得られているか確認を行った。なお、事故等の異常事象が発生した日は分析対象から除外した。平成26年の方が日交通量が1,000台程度少ないことが影響している可能性がある。

#### (a) 渋滞発生状況の変化

図-5は、対策中の速度低下発生状況と対策実施前の速度低下発生状況の比較を行った。40km以下を示す黄色の範囲、20km/h以下を示す赤色の範囲が対策中の方が小さくなっている。

#### (b) QV 図の変化

図-6は、対策実施前と対策中のボトルネックの交通量と速度の関係(全日とLEDが点灯し渋滞が延伸する16:00~19:00)と交通量の95%タイル値を比較したものである。プロット位置にほとんど変化は見られないが、95%タイル値を比較すると全日で1台/5分、16:00~19:00は3台/5分増加した。

#### (c) 交通量の頻度分布の変化

図-7~9は、対策実施前と対策中のボトルネック

の(断面合計・車線別)5分間交通量の頻度分布(16時~24時)を示したものである。対策中と対策実施前の5分間交通量の平均値を比較すると断面は3台/5分増加した。右車線は4台/5分増加したが、左車線は1台/5分減少した。右車線は高い値の出現頻度が増加し、累加曲線が対策実施前と比較すると右側にシフトした。これは、H25年度の対策と同様の傾向であった。

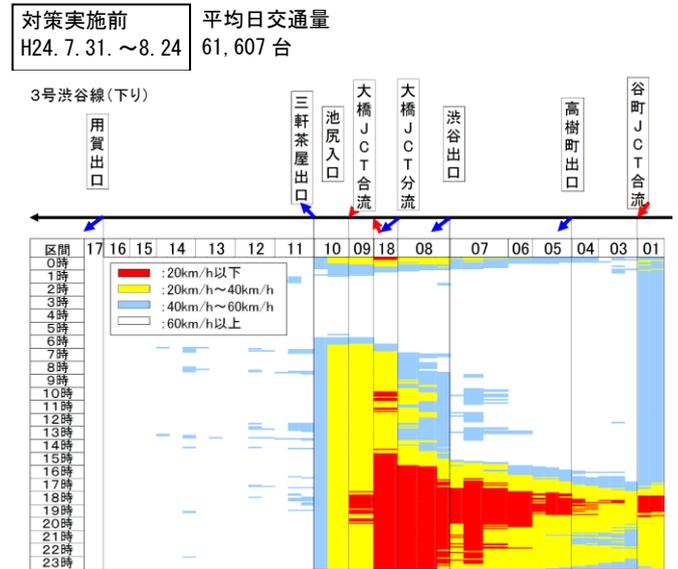


図-5 対策実施前と対策中の渋滞発生状況

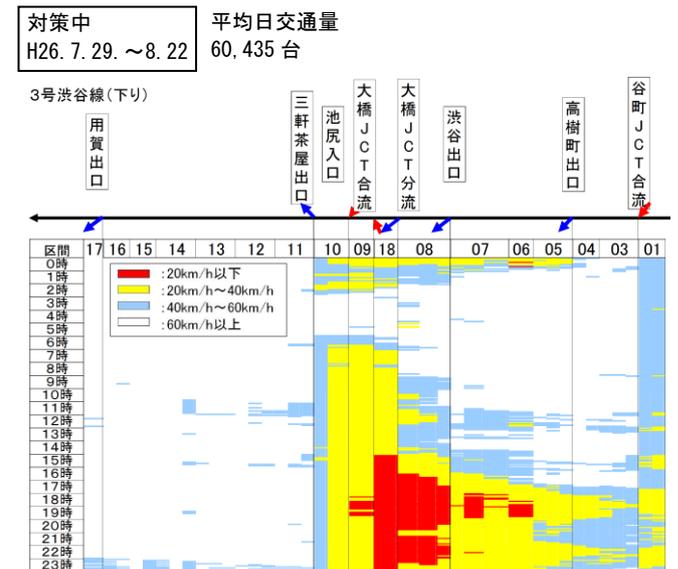


図-6 対策実施前と対策中のQV図

(d) 速度の頻度分布の変化

図-10～12は、対策中と対策実施前のボトルネックの車線別の5分間平均速度の頻度分布を示したものである。対策実施前と対策中の速度の平均値を比較すると左車線も右車線も約2km/h程度上昇した。これはH25年度の対策と同様の傾向であった。

(e) 車頭時間の頻度分布の変化

図-13～14は、対策中と対策実施前の17時30～17時45分のボトルネックの車線別車間時間(パルスデータから算出)の頻度分布を示したものである。左車線は対策中と対策実施前でほとんど変化がないが、右車線は短い車間時間の割合が若干増加し、累加頻度の曲線が対策実施前と比較すると左側にシフトした。これはH25年度の対策と同様の傾向であった。

5. 渋滞緩和効果発生メカニズムについて

(1) 渋滞緩和効果発生メカニズムの仮説

平成26年8月に実施した対策も平成25年8月の試験時と比較すると若干効果は少なくなっているものの渋滞緩和効果は発現しており、その効果は左車線よりも右車線に表れていることが分かった。

左車線よりも右車線に効果が表れる理由の仮説として、次の2つが考えられる。

仮説①：右車線は、首都高速を走りなれている運転技術が高いドライバー(職業ドライバー等)が多いのに対して、左車線はそのようなドライバーが少ないといった車線別のドライバー属性の違いによるもの

仮説②：右車線は、ボトルネック手前に池尻入口の合流があるため、LED表示板により速度上昇し車間が開いた状況に入口の車両が合流し、車間が詰まったことによるもの(図-15)

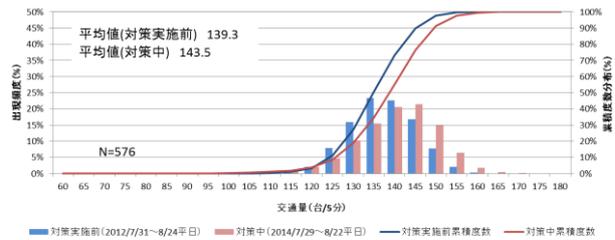


図-9 右車線交通量頻度分布

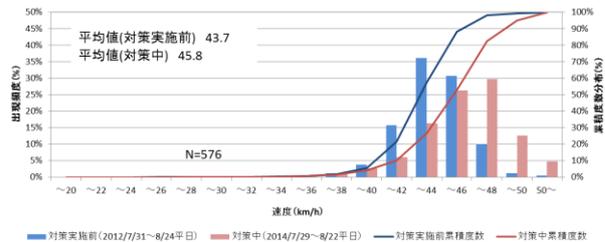


図-10 断面速度頻度分布

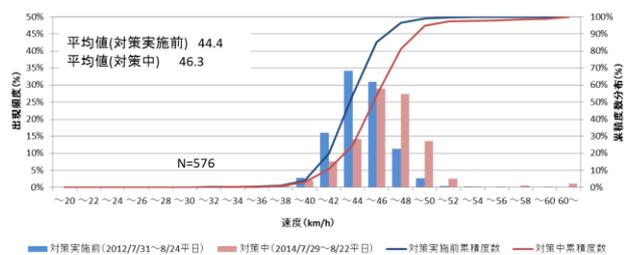


図-11 左車線速度頻度分布

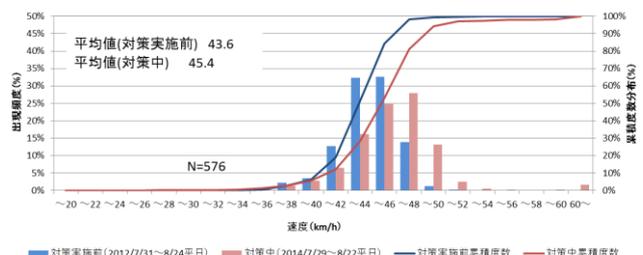


図-12 右車線速度頻度分布

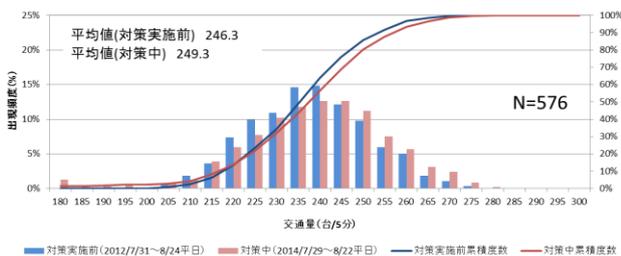


図-7 断面交通量頻度分布

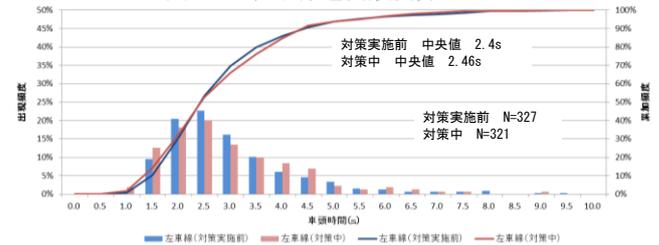


図-13 左車線車頭時間頻度分布

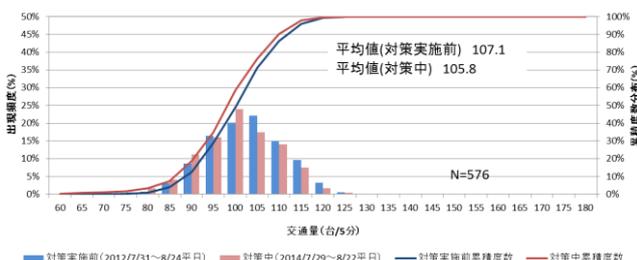


図-8 左車線交通量頻度分布

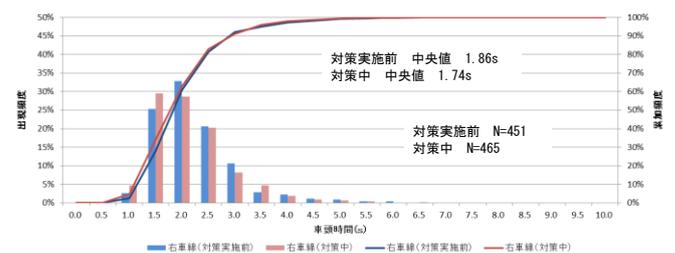


図-14 右車線車頭時間頻度分布

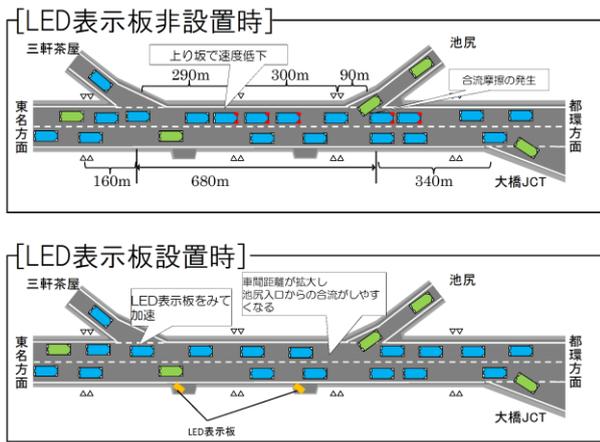


図-15 仮説②のイメージ

## (2) アンケートによるドライバー属性調査

仮説①の検証を行うため、対策実施区間下流に位置する東名高速道路下り港北PAにおいてアンケート調査を実施した。アンケート調査の概要と結果を以降に示す。アンケート回収数は157票(有効票149票)であった。

### (a) 調査日時

アンケート調査は、平成26年8月20日(水)の16:30~21:00に実施した。

### (b) 調査方法

調査員がPA内の歩道部、休憩施設付近に待機し、近くにきたPA利用者に対して、アンケート票を用いて聞き取りを実施した。聞き取りは最初に対策実施区間を走行してきたか確認した上で、対策実施区間を走行してきた人のみに実施した。

調査内容は走行車線別にLED表示板を見た反応、運転頻度、利用目的、車種等の個人属性等とした。

### (c) 調査結果

対策実施区間の車線別に各項目の比較を行った。

図-16は、車線別に首都高の利用頻度の割合を示したものである。週1回以上利用する人の割合は右車線は58%、左車線は44%であり、右車線の方が左車線よりも週1回以上利用する人の割合が14%多い結果となった。反対に年に数回程度しか利用しない人の割合は左車線の方が右車線の倍程度であった。

図-17は、車線別に3号渋谷線の利用頻度の割合を示したものである。傾向は、首都高の利用頻度の比較とほぼ同じであった。週1回以上利用する人の割合は、右車線は58%、左車線は39%であり、右車線の方が左車線よりも週1回以上利用する人の割合が17%多い結果となった。反対に年に数回程度しか利用しない人の割合は、左車線の方が右車線の倍以上であった。

図-18は、車線別に車種の割合を示したものである。左車線では、大型車と中型車の割合が27%であったが、右車線では18%であった。右車線の方が左

車線よりも9%大型車と中型車の割合が少ない結果となった。

図-19は、車線別に首都高の利用目的の割合を示したものである。

業務で利用する人の割合は、右車線は61%、左車線は41%であり、右車線の方が左車線よりも業務で利用する人の割合が20%多い結果となった。

娯楽・レクリエーションで使用している人は、左車線が35%で右車線が14%であり、左車線の方が右車線よりも20%以上多い結果となった。

図-20は、車線別にLED表示板を見た時の感想を整理した結果である。右車線では、83%の人が「情報が見えやすかった」と回答しており、左車線の73%よりも10%多い結果となった。また、「文字が大きくてわかりやすかった」と回答した人が、右車線では28%、左車線では21%でこちらも右車線の方が7%多い結果となった。右車線を走行した人の方が左車線を走行した人よりもLED表示板に対してポジティブな感想を持っていることが分かった。理由としては、右車線の方が運転に慣れている人が多いため、視野が広いこと、LED表示板の角度の影響で見えやすい等が考えられる。

図-21は、車線別にLED表示板を見た後の行動を整理した結果である。左車線、右車線ともにほぼ同じ傾向であった。速度を上げなかったと回答した人が、半数程度存在したが速度を上げたと回答した人が40%程度存在した。車間距離を維持したと回答した人は10%程度で、車間距離を縮めたと回答した人はほとんど存在しなかった。意識としては、右車線と左車線を走行している人にほとんど違いはないが、運転技術の差により、その行動に差が表れていると考えられる。

PAでのアンケートにより右車線の方が情報が見えやすかったとの回答が多かったため、走行動画から車線別のLED表示板の見え方について検証を行った。

表-1は、車線別にLED表示板全体が見えた位置で走行動画のキャプチャを整理したものである。遮音壁の角度の影響により、池尻入口合流後のLED表示板、三軒茶屋出口手前のLED表示板ともに右車線の方が左車線よりも手前の位置からその存在を確認することができることが分かった。池尻入口合流後では、左車線が約80m手前、右車線では、約140m手前から確認できていた。三軒茶屋出口手前では、左車線では約70m手前、右車線では120m手前から確認できていた。

以上より、仮説①の通り右車線の方が運転に慣れている人が多く、LED表示板を視認できる時間が長くなるため、左車線よりも効果が大きく出たと考えられる。

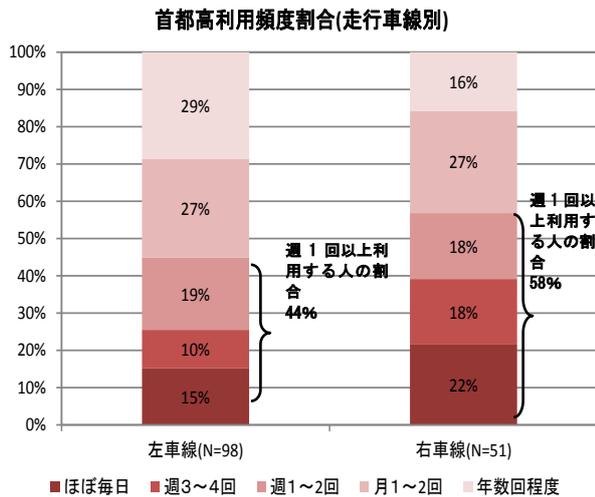


図-16 車線別首都高利用頻度

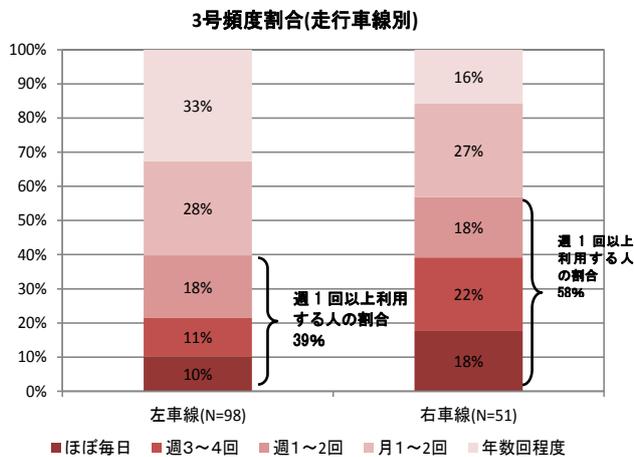


図-17 車線別3号渋谷線利用頻度

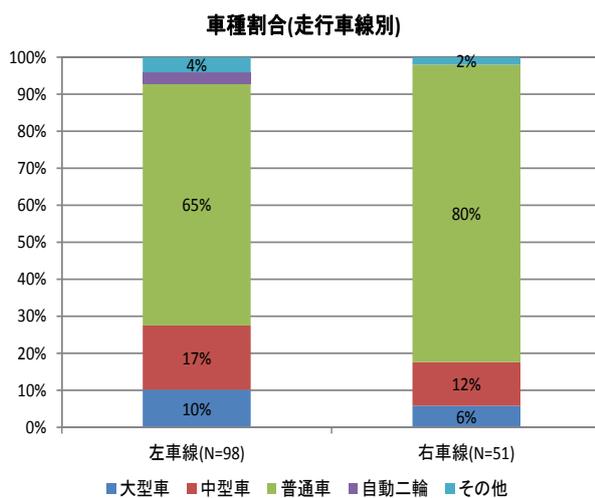
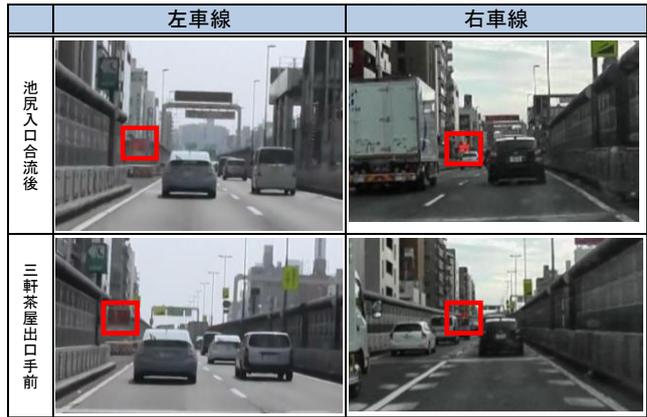


図-18 車線別車種

表-1 車線別のLED表示板の見え方



### (3) ビデオ映像による合流挙動の分析

仮説②の検証を行うため対策実施区間についてビデオ調査を実施し、ビデオ映像から池尻入口合流部の車両挙動の分析を行った。

#### (a) 分析対象日時

ビデオ調査は平成26年7月22日(対策実施前)と平成26年7月29日(対策実施中)に実施した。渋滞が発生してから伸びきるまでの17:30~18:00を分析対象時間とした。

#### (b) 読み取り方法・内容

池尻入口の合流部付近について図-22に示す3断面を設定し、車線別に3断面の通過時の速度について読み取りを実施した。

#### (c) 分析結果

図-23は、対策中と対策実施前の右車線の断面2(合流区間)から断面3(合流テーパー端)の間の走行速度の頻度分布を示したものである。対策中の方が低い速度の出現頻度が低くなり、対策実施前と比較すると右側にシフトした。

図-24は、対策中と対策実施前の合流車の断面2(合流区間)から断面3(合流テーパー端)の間の走行速度の頻度分布を示したものである。対策中の方が低い速度の出現頻度が低くなり、対策実施前と比較すると右側にシフトした。

図-25は、対策中と対策実施前の合流車が合流した時の右車線の車頭時間(ギャップ)の出現頻度を示したものである。対策実施後は、短いギャップの出現頻度が低くなり、長いギャップの出現頻度が高くなっている。

上記で示したことから対策により右車線の走行速度が高くなり、車間距離が広がったことにより合流車がスムーズに合流することができるようになったと考えられ仮説②を裏付ける結果となった。

### (4) 結果のまとめ(対策効果の発現メカニズム)

平成26年8月に3号下り池尻付近にLED表示板を実施した結果、平成25年8月に実施した試験の際と同様に捌け台数が増加し、渋滞緩和効果が確認できた。左車線よりも右車線に効果が表れている傾向も同様

であった。

左車線よりも右車線に効果が表れている理由として、ドライバー属性の違い(仮説①)と池尻入口合流の存在(仮説②)が考えられる。PAアンケートより右車線は、左車線よりも首都高のヘビーユーザーや業務で利用している人が多いことがわかり、LED表示板に対しても表示内容がわかりやすい等のポジティブな回答をしている人が多いことわかる。また、走行動画から右車線の方が左車線よりも50m~60m程度早い段階でLED表示板を確認することができる。これらより、当初の仮説①の通り右車線の方が、首都高速を走りなれている運転技術が高いドライバー(職業ドライバー等)が多いことで効果が発現しやすくなっている可能性が高いことが分かった。

当初の仮説②として、対策効果により速度が上昇し、広がった車間に池尻入口が合流していることが考えられた。ビデオ映像からの分析結果により、入口付近の速度右車線、合流車ともに低速度の出現頻度が減少し、合流時のギャップも広がっていたことから、対策によりスムーズな合流が促される効果があったと考えられる。

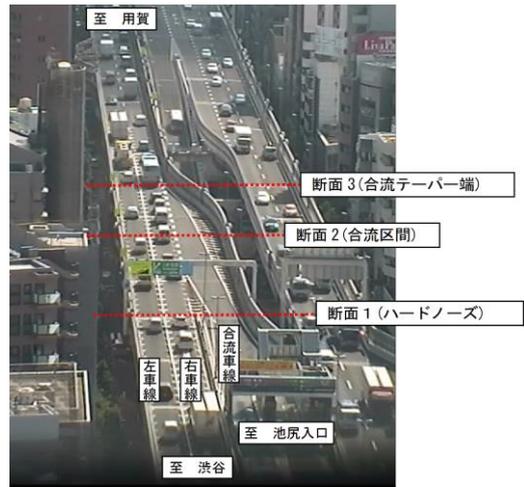


図-22 ビデオ画角と読み取り断面の設定

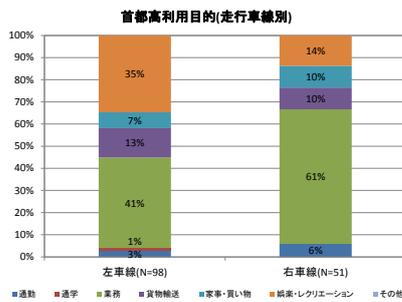


図-19 車線別首都高利用目的

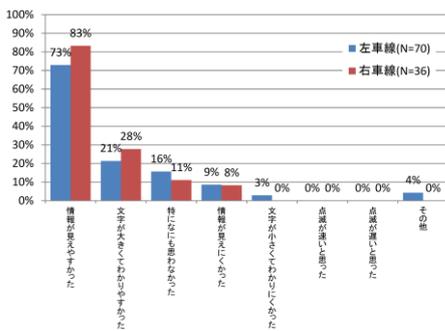


図-20 LED表示板を見た感想

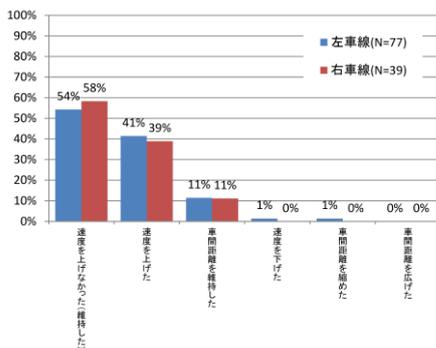


図-21 LED表示板を見た後の行動

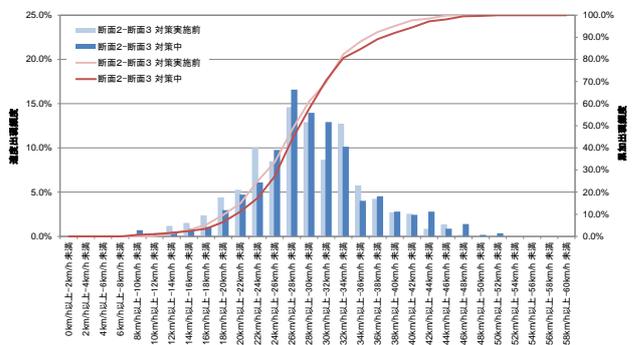


図-23 右車線(断面2-3)速度出現頻度

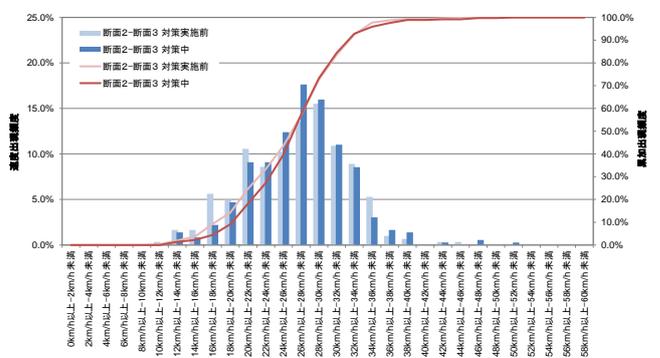


図-24 合流車線(断面2-3)速度出現頻度

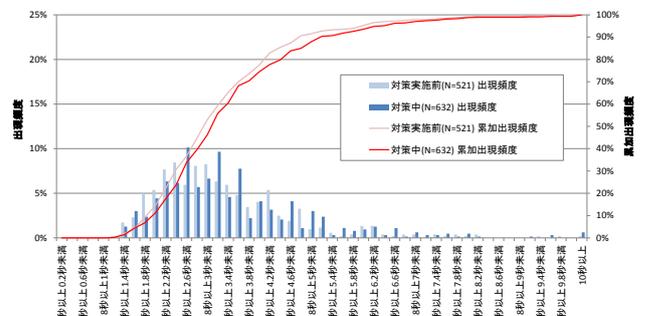


図-25 合流車のギャップ出現頻度

## 6.おわりに

本稿では、LED表示板による効果の検証と対策の効果発現メカニズムの検証を行った。

検証の結果、LED表示板は、運転に慣れている人、運転技術が高い特性を持っているドライバーが多いほど効果が発現しやすいことがわかり、手前に合流部があるなどの特殊な環境があるとより効果が発現しやすくなる可能性があることが分かった。首都高には当該箇所以外にも右側合流やサグを原因とした渋滞箇所が存在するため、今後は当該箇所以外への導入に向けた検討、自動制御等のシステム面の改良が必要と考えられる。

当該箇所においては、平成27年2月に路側発行情報等の新しい対策も導入されている。これらの対策についても効果分析及び効果発現メカニズムの解明を行っていく必要があると考えられる。

## 参考文献

- 1) 山田純司, 大澤恭平, 増田智志, 内海和仁: 都市高速道路の連続合流区間における円滑化施策の効果分析, 交通工学研究会, 第 32 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.13-16, 2012.
- 2) 梅田祥吾, 田中敦, 小林健二郎: 渋滞終了位置の提供による渋滞緩和効果の検証, 土木学会, 第 49 回土木計画学研究発表会・講演集, 2014.
- 3) 大口敬: 高速道路サグにおける渋滞の発生と道路線形との関係, 土木学会論文集, No.524/IV-29, 69-78, 1995.
- 4) 牧野浩志, 大内浩之, 平沢隆之, 山田康右: 高速道路サグ部における渋滞対策のための AHS 円滑化サービスの開発に向けた取組み, 高速道路と自動車, 高速道路と自動車 第 49 巻 第 7 号, pp.54-58, 2006.
- 5) 亀岡弘之, 小根山裕之, 渡部義之, 櫻井光昭: 路側発光体の動的点滅制御により渋滞発生後の渋滞緩和に関する効果検証, 高速道路と自動車, 第 58 巻, 第 2 号, 2015.
- 6) 竹内利夫, 佐藤久長, 皆方忠雄: 高速道路渋滞対策の最前線?サグ部の速度低下による渋滞緩和を目指して, 土木学会誌, Vol.91, No.5, pp.60-63, 2006.
- 7) 山岡芳嗣, 阿部重雄, 長瀬博紀: LED 表示板を活用した渋滞対策について, 交通工学研究会, 第 23 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.205-208, 2015  
(2015. 4. 24受付)

## ANALYSIS OF A CONGESTION REDUCING MECHANISM USING LED INFORMATION BOARDS IN THE METROPOLITAN EXPRESSWAY SAG CURVE SECTION

Satoshi ENDO, Takuya INOHARA, Kenjiro KOBATASHI, Atsushi TANAKA, and Shogo UMEDA