

白線検知データを活用した ジャンクション部織込み区間の安全対策効果分析

川松 祐太¹・田畑 大²・田中 淳³・藤井 駿⁴・前川 友宏⁵

¹非会員 首都高速道路(株) (〒102-0093 東京都千代田区平河町2-16-3)

E-mail: y.kawamatsu3852@shutoko.jp

²非会員 首都高速道路(株) (〒102-0093 東京都千代田区平河町2-16-3)

E-mail: d.tabata208@shutoko.jp

³正会員 (株)オリエンタルコンサルタンツ 総合計画部 (〒450-0003名古屋市中村区名駅2-14-19)

E-mail: tanaka-at@oriconsul.com

⁴非会員 (株)オリエンタルコンサルタンツ 交通政策部 (〒151-0071 東京都渋谷区本町3-12-1)

E-mail: fujii-sn@oriconsul.com

⁵正会員 (株)地域未来研究所 交通情報研究室 (〒530-0003 大阪市北区堂島1-5-17)

E-mail: maekawa@refrec.jp

ジャンクション (JCT) 部の織込み区間等での交通の輻輳状況 (各車線利用者の車線変更位置やその際の詳細な速度プロフィール等) の把握や対策効果の分析においては、CCTV等の映像の目視観測が一般的であるが、データ化には費用や時間がかかる事が課題であり、観測誤差の発生も懸念される。また、詳細な速度プロフィールの把握にはプローブデータが有効であるが、走行車線別の指標算出が難しく、特定の車線に施した対策の効果が正に得られているかを把握することは難しい。本稿では上記の課題に対して「車載のドライブレコーダー画像から白線を検知することで車線変更位置や走行車線を記録可能なプローブデータ」を用いて行った輻輳状況の把握や効果分析について紹介する。

Key Words : Weaving section, Traffic accidents, Lane detection, probe data

1. はじめに

2018年3月に板橋・熊野町ジャンクション(JCT)4車線拡幅工事が完了した。従来の深刻な渋滞は緩和され、5号池袋線、中央環状線の円滑性が向上した。しかしながら、5号池袋線上市と中央環状線内回りの交通が短い距離で合流・分流する(織込み交通)区間(図-1参照)では、未だに速度低下が発生し、渋滞発生の一要因となっている。また、当区間の事故は未だ多く、依然として首都高管内の事故多発箇所となっている。これらの経緯から、渋滞抑制のための円滑化対策、事故抑制のための安全対策が求められている。

当箇所のような織込み区間の対策立案に向けては、織込み区間での交通の輻輳状況(各車線利用者の車線変更位置やその際の詳細な速度プロフィール等)の実態把握が必要である。まず、車線変更位置の把握手法としては、織込み区間のビデオ調査やCCTV動画の目視観測による輻輳状況のデータ化が一般的である¹⁾。しかし、この手法は費用や時間がかかり、そのため、データ取得時間も

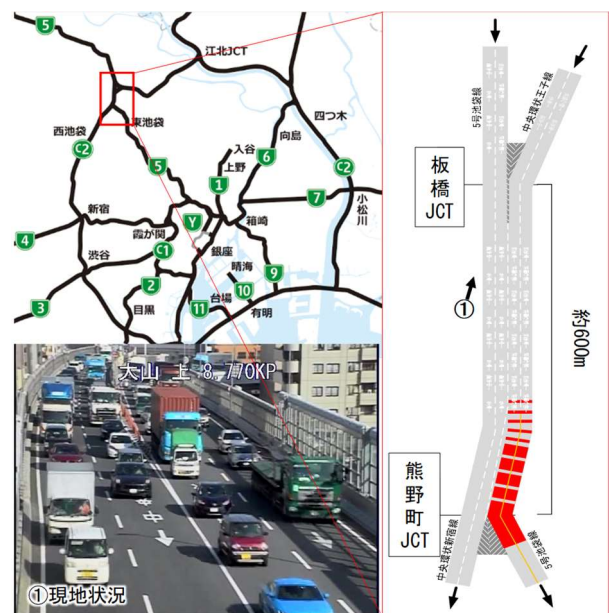


図-1 位置図

限定的となるほか、観測誤差の発生も懸念される。また、走行速度の把握手法に関しては、プローブデータの活用が有効であるが、GPS測位誤差等の問題から走行車線別

表-1 データフォーマット

No	項目	概要
1	車両ID	車両ごとユニークID
2	トリップ番号	車両ごとに採番
3	日時	
4	緯度	GPSセンサーから1秒ごとに記録
5	経度	
6	走行方向	DRMリンクに対しての正逆
7	走行距離	トリップ起点からの距離
8	実車空車状態	車載器から取得
9	速度	車速パルスから取得
10	前後G	
11	左右G	加速度センサーから取得
12	上下G	
13	左右角速度	角速度センサーから取得
14	車間距離	ドライブレコーダー画像から検出
15	エンジン回転数	エンジン回転パルスから取得
16	白線検知 右	ドライブレコーダー画像から検出
17	白線検知 左	
18	ウィンカー	ウィンカー信号から取得

の指標算出は難しく、特定の車線に施した対策の効果が正に得られているかを把握することは難しい。

この課題に対して、本検討では“白線検知データを含むプローブデータ”を活用することとした。本データは、ドライブレコーダーの走行画像から自車と白線(車道外側線, 車線境界線)の位置関係を検出し、記録することが可能なプローブデータであり、調査対象車両の車線変更位置を自動取得可能である。なおかつ従来のプローブデータの特徴である速度や加速度が同時に記録されているため、走行車線別の速度等の指標算出が可能である。

本稿では、板橋・熊野町JCTの円滑化・交通安全対策を例に、本データを活用した渋滞・事故要因の抽出と対策の効果分析について紹介し、その有用性を確認する。

2. 白線検知データを含むプローブデータの概要

本項では検討で用いるプローブデータについて記す。データは富士通製のネットワーク型デジタルタコグラフを装着した貨物商用車から、走行時1秒ごとの挙動情報(内容は表-1参照)を収集・蓄積したものであり、今回、株式会社富士通交通・道路データサービスよりデータ提供を受けた。

(1) 白線検知データ生成と車線変更位置の判定

白線検知データとは、具体には車載のドライブレコーダー画像から、車両の左右端部の位置(画像から中心位置を判定し端部位置を推定)と左右の白線(車道外側線, 車線境界線)を検知し、それぞれの間の距離を1秒ピッチに記録するデータである。これは通常の仕様では取得されないものであり、データ量の関係から取得設定を施す車両数に限りがある。また、取得する白線検知データは白線との距離のデータであり、この数値のみで車線変更を判定することはできないため、車線変更を判定する指標の設定が必要となる。そこで今回、図-2の流れで車両選定や車線変更・走行車線判定を行った。

まず対象車両選定のため、分析対象区間の利用頻度が高い車両を抽出し、300台の対象車両に対して白線検知データ取得設定のためファームウェア書き換えを行った。次に白線検知データ取得後に、車線変更位置の判定を行い、車線変更位置の履歴から走行車線の特定を行った。

車線変更位置の判定は、車線変更の際に観測する白線検知データの数値の変動シナリオ(図-3参照)から「③白線距離の正負が左右ともに入れ替わる」時点を抽出し、その位置を車線変更位置と設定した。

また、走行車線の特定においては、分析対象区間の前後区間(今回の場合5号池袋線上市りと中央環状線内回り、ともに片側2車線)のいずれかにおいて1回以上の車線変更があった場合やデータ取得区域内で出入口ランプの流

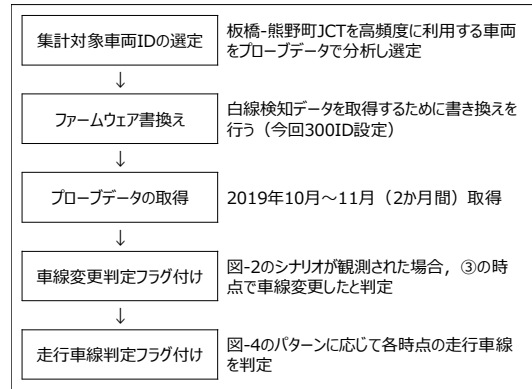


図-2 車線変更判定, 走行車線判定フラグの設定フロー

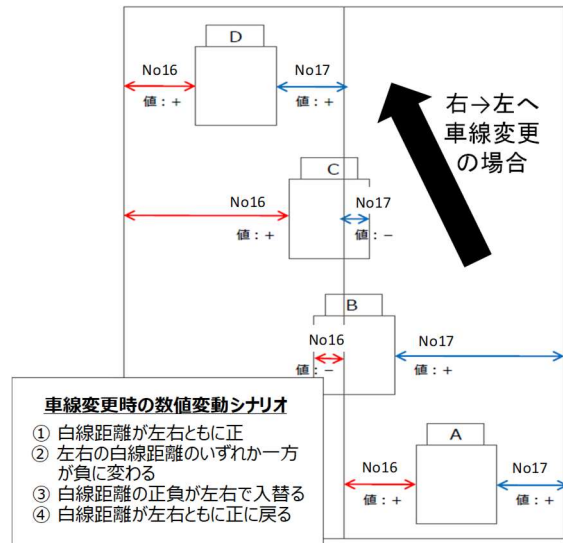


図-3 白線検知データの概要と車線変更判定

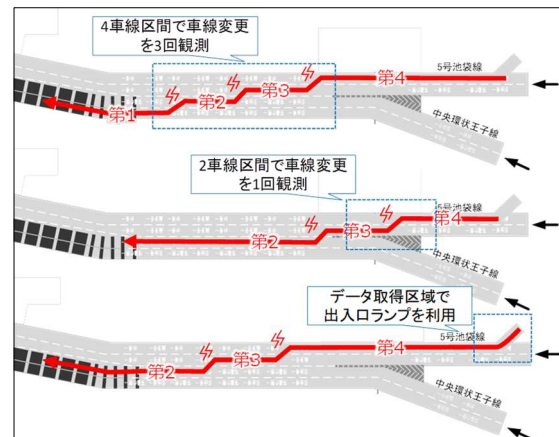


図-4 走行車線判定のパターン

表-2 プローブデータ活用イメージ（高速上での活用を想定）

把握できること	指標	使用項目	備考
1 JCT織込み区間の安全対策効果の評価 ⇒車線境界白実線化による車線変更位置や速度等の安全に係る指標の把握	車線変更位置の変化・ 車線別速度	白線検知データ・ 速度	本稿で記載
2 カーブ部での舗装打換えによる走行安定性の評価 ⇒打換えによるカーブ走行時の車線中心の維持等の安全に係る指標の把握	白線との離隔の変化・ 急減速発生率・急ハンドル発生率	白線検知データ・ 前後G・左右G	
3 渋滞多発区間の車間距離啓発対策効果の評価 ⇒啓発による車間距離等の挙動変化の把握	区間別の前方車間距離・ 速度・急減速発生率	前方車間距離・速度・ 前後G	実績あり (劉ら ⁴⁾)
4 分合流部手前での車線運用案内板の設置効果の評価 ⇒案内板設置による分合流前の車線変更等の挙動変化の把握	車線変更位置の変化・ 車線別速度	白線検知データ・ 速度	
5 ハザードランプ点灯位置データを用いた潜在的ボトルネックの評価 ⇒点灯箇所(潜在+健在)と速度データ等(健在)による潜在箇所の把握	時間帯別ハザード点灯位置、 時間帯別速度	ウィンカー・速度	



図-5 対策図

出入を観測した場合等、図-4に示す考え方で各IDの各時点の走行車線を設定した。

なお白線検知データは、理論的には、すべての出入り口を含む範囲のデータを取得すれば、すべての対象車両（今回300台）の走行車線位置を把握可能である。しかしながら、データ処理量や費用の関係で今回は限定的な区間のデータを扱ったため、図-4に示す処理を行うこととした。

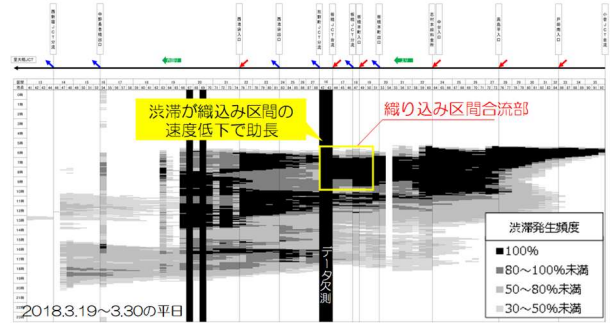


図-6 渋滞発生頻度

(2) プローブデータの仕様と活用領域

本検討で用いる“白線検知データを含むプローブデータ”に含まれるものは、車両識別ID毎に1秒ピッチの位置情報・速度・加速度等のプローブデータが持つ一般的な情報に加えて、白線検知データ、車間距離、エンジン回転数、ウィンカーの点灯状況といった独自の情報も付与されている（表-1参照）。

今回の検討では、白線検知データや速度情報等を用いた織込み区間の安全対策効果の評価を行うが、その他の活用方法として、表-2のようにカーブ部での舗装打ち換えによる走行安定性の評価や、急勾配区間での看板設置による速度回復啓発効果の評価等が想定される。

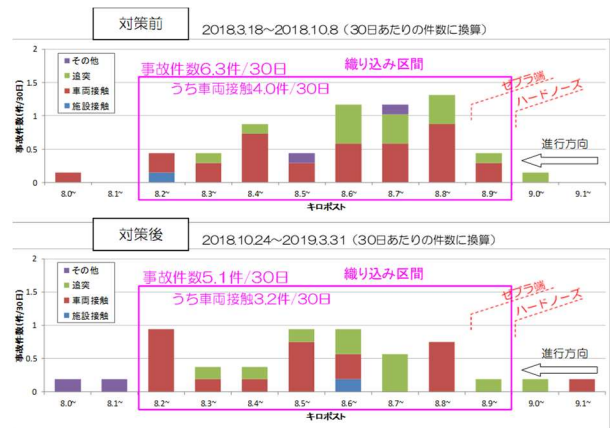


図-7 区間別事故発生状況

3. JCT織込み区間の現状と課題・対策

対象箇所における渋滞は、中央環状線内回り中野長者橋付近の渋滞の先詰まりが主要因であるが、時間帯によっては、織込み区間での速度低下が渋滞を助長するという結果も観測されている（図-6参照）。また、事故に関しては、織込み区間での車両接触事故が多発している（図-7参照）。なかでも板橋JCT合流部での事故発生が多い。

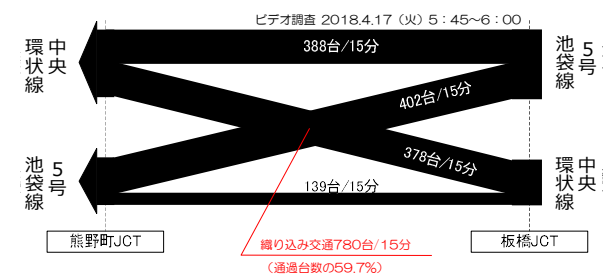


図-8 対象区間利用 OD

織込み区間で車線変更をする主な利用者は、中央環状線内回り⇒中央環状内回り（第2車線⇒第3車線），または5号池袋線上り⇒5号池袋線上り（第3車線⇒第2車線）を経路に持つ車両であり、区間利用の6割を占めている（図-8参照）。これら第2・第3車線の速度を見ると10km/h程度の速度差がある事が分かる（図-9参照）。また車線変更位置を見るとほとんどが合流直後で車線変更していることが分かる（図-10参照）。

これらから、速度低下の要因として「織り込み区間の前半部分に織り込み交通が集中することで、交通容量の低下につながり速度が低下している」と判断し、事故発生の要因として「第2車線と第3車線の速度差が生じているなか、合流地点直近の並走距離が短い地点で車線変更を行うため、合流時に車間距離を見誤りやすい状況が発生している」と判断した。

そこで、当箇所の渋滞・事故対策の課題を「合流地点における第2、第3車線走行車両の車線変更位置の分散および、並走距離の延長と速度差の縮小」と設定した。車線変更抑制の対策例として、合流部における車線境界線を破線から実線へ変更した事例があり¹⁾、設置区間での車線変更回数の減少や車両接触事故の減少等が確認されている。対象箇所においても同様の効果の発現を狙い、合流部付近の区画線の白実線化（延長110m）を2019年10月23日に行った（図-5参照）。なお、実線区間長は既設の図形情報板との位置関係を鑑み設定した。

4. 対策効果の検証

本項では、対策効果の分析結果について記す。前述の通り、本検討では“白線検知データを含むプローブデータ”を用いて、①車線変更位置を効率的に取得できるという特徴から、2019年10月～11月の比較的長期のデータを用いて分析を行った。また、②走行車線位置がわかるプローブデータであるという特徴から、細区間での車線別速度の前後比較分析を行った。

なお本検討では、ファームウェア書き換え対象車両300台から取得された2018年10月～11月（2ヶ月間）のプローブデータを用いて分析を行った。

(1) 車線変更位置の変化

車線変更する車両（織込み交通）のうち、右への車線変更（第2車線⇒第3車線が主）、左への車線変更（第3車線⇒第2車線が主）それぞれの変更位置を図-10、図-11、図-12に示す。合流ゼブラ端から100mでの車線変更割合は、右への車線変更の場合、67%(対策前) ⇒ 61%(対策後)となり、左への車線変更の場合、60%(対策前) ⇒ 53%(対策後)となった。対策により車線変更位置が下流へ延び、並走距離の延長が見られたことが分かる。

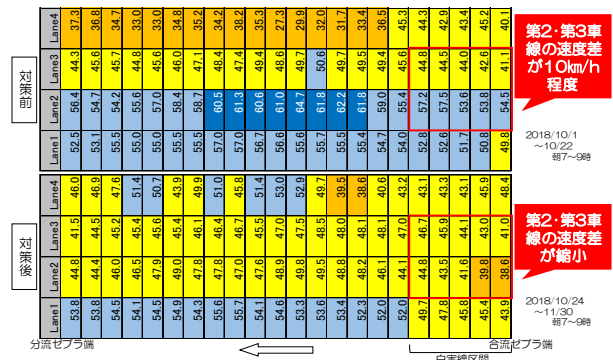


図-9 車線別の平均速度

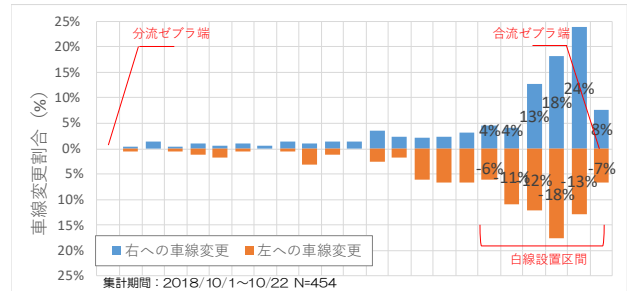


図-10 織込み交通の区間別車線変更割合（事前）

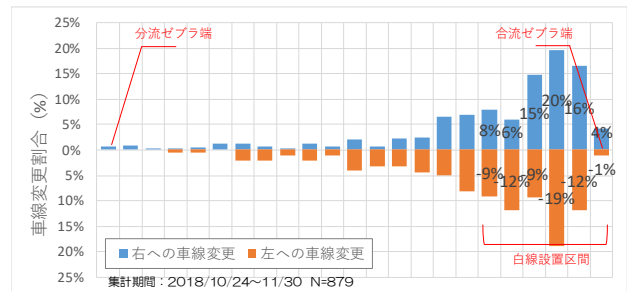


図-11 織込み交通の区間別車線変更割合（事後）

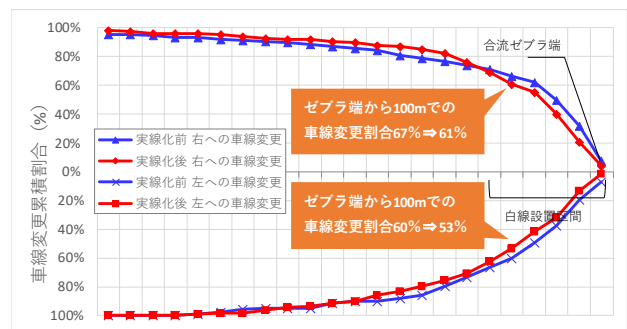


図-12 織込み交通の区間別車線変更累積割合の変化

また、ビデオ調査による車線変更状況の調査結果を図-13に示す。合流部から白実線端までの間に車線変更した車両は中環⇒中環で83.6%(対策前)⇒76.7%(対策後)となり、5号⇒5号で81.4%(対策前)⇒70.9%(対策後)となった。このように、プローブデータとビデオ調査の結果で同様の傾向が見られたことから、今回の白線検知データや車線変更位置判定の信頼性が確認できた。

(2) 車線別走行速度の変化

対象区間における車線別走行速度を図-9に示す。対策前は第2・第3車線の速度差が10km/h程であったが、対策後は速度差が縮小していることが分かる。さらに副次的な効果として、対策前では低かった第4車線の速度が上昇している。対象区間の車線変更状況を図-13に示す。第2車線⇒第4車線または、第3車線⇒第1車線と2車線跨ぎの車線変更をしていた車両が減った(第1⇒第4車線で事前:79台/15分⇒事後15台/15分) ことが分かる。速度が低い車両の無理な合流が減ったことで特に第4車線で円滑性が向上したものと考えられる。なお、図-13はビデオ調査により得られた結果であるが、プローブデータ取得対象とした車両はプロドライバーによるデータであり、2車線跨ぎの車線変更のような特異な事象はプローブデータでは観測しにくいいため、本件においてはビデオ調査を用いることとした。

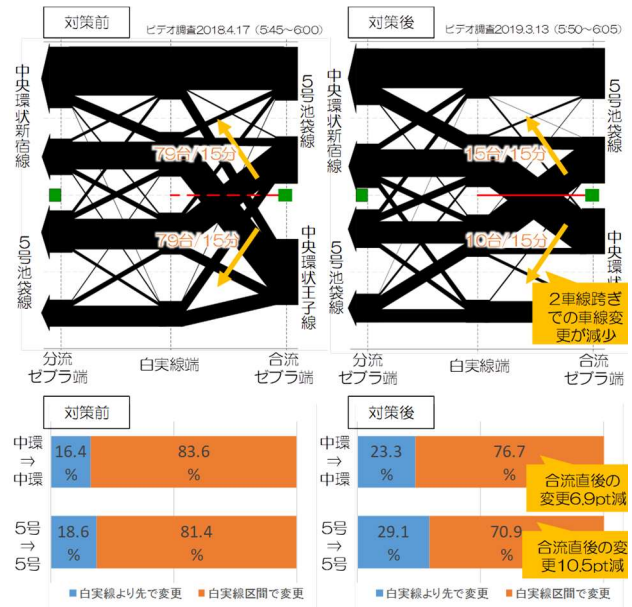


図-13 対象区間の車線変更状況

(3) 交通容量の変化

対象区間における最大捌け交通量を図-14に示す。対策前5,329台/時⇒対策後5,399台/時と1.3%増加していることが分かる。なお、最大捌け交通量とは渋滞発生時刻の前30分(渋滞発生時刻を含む)から渋滞発生時刻の後30分までの60分間に観測された15分間フローレートの最大値とした。

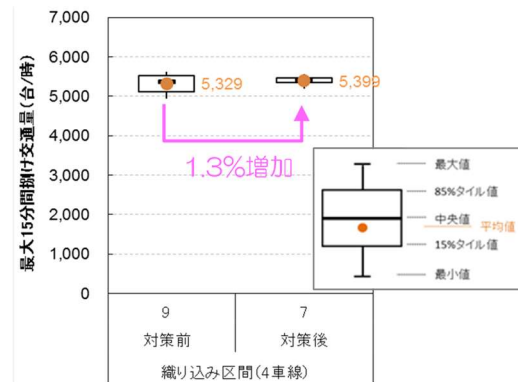


図-14 最大捌け交通量

(4) 事故発生件数の変化

対象区間における事故発生状況を図-6に示す。区間での平均事故発生件数は6.3件/30日(対策前)⇒5.1件/30日(対策後)と減少している。さらに車両接触事故件数に着目すると、4.0件/30日(対策前)⇒3.2件/30日(対策後)と減少しており、うち区間別では、合流部付近での減少が顕著である。

5. おわりに

本稿では、JCT織込み区間での交通の輻輳状況の把握や対策効果の分析において、既存手法の課題であった「効率的な車線変更位置の把握」と「走行車線別の速度プロフィール等の指標算出」に対して、「車線変更位置や走行車線を記録可能なプローブデータ」を用いてこれらの把握を行った。

プローブデータには、車載のドライブレコーダー画像から検知した、車両の中心位置と左右の白線の距離データが含まれており、本検討ではまず、距離データから車線変更位置や走行車線を判定する方法について整理し、対象車両300台の取得データに対して処理を行った。

対策効果の分析においては、板橋・熊野町JCTの渋滞・事故対策として行った車線境界線の白実線化に対して、

車線変更位置と車線別速度の観点から効果検証を行った。その結果、車線変更位置が下流へ延び、かつ合流部付近での第2車線・第3車線の速度差が縮小する状況が確認できた。

円滑の指標として、対象区間での交通容量が増加しているが、上記の効果により車線変更位置が分散され、速度が均一化されたことで交通が整流化された結果と考えられる。また、安全の指標として、対象区間での事故発生件数が減少しているが、これは並走距離が延長したことで、合流時に互いの速度を調整する余裕が生まれ、車間距離を見誤ることなく合流ができるようになった結果と考えられる。

さらに、副次的な効果として2車線跨ぎの無理な車線変更が減り、第4車線の速度低下が緩和する効果も見られた。これは、交通容量が増加する要因の一つとなると同時に、無理な車線変更が減り、事故が減少する要因にもなっていると考えられる。

しかしながら、対策後においても依然として速度低下が発生しており、また事故率は周辺の区間より高い状況

にある。この状況は、未だに合流部近辺において高速で車線変更する車両が多く存在していることが原因と考えられることから、今後は車線変更位置の分散、および合流時速度の抑制のための追加対策を検討していく予定である。

また、本検討で用いたプローブデータは織込み区間以外でも多様な活用が見込めることを鑑み（表-2参照），その他の渋滞・事故対策での効果分析等で活用をしていく方針である。

参考文献

- 1) 水谷 明嗣, 船本真由, 小原拓也, 渡部数樹, 泉典宏 : 名古屋高速道路の織込み区間における車線境界線の実線化による渋滞対策効果, 第39回交通工学研究発表会論文集, p623~p627, 2019年5月
- 2) 早河 辰郎, 川島 陽子, 近田 博之 : 高速道路の付加
- 3) 岩里泰幸, 宇野巧, 井上徹, 山崎浩気 : 阪神高速道路の合流部における車線境界線実線化等による事故対策の効果検証, 平成29年度土木学会全国大会第72回年次学術講演会講演概要集, p149~p150, 2017年9月
- 4) 劉 冰, 宇野 巧, 玉田 和也, 向井 梨紗, 玉川 大, 加瀬 俊, 井上 徹, 西 剛広, 田名部 淳, 杉野 勝敏, 三浦 嘉子 : 車載カメラ情報を含むプローブデータを活用した阪神高速11号池田線における施設接触・追突事故リスクの把握, 第60回土木計画学研究発表会・講演集, 15-08, 2019年11月

(2020.3.8)

ANALYSIS OF SAFETY MEASURES EFFECT ON WEAVING SECTION AT THE JUNCTION BY UTILIZING WHITE LINE DETECTION DATA

Yuta KAWAMATSU, Dai TABATA, Atsushi TANAKA, Shun FUJII
and Tomohiro MAEKAWA