

# 都市間高速道路のジャンクションランプ における渋滞現象分析

石山 静樹<sup>1</sup>・田中 真一郎<sup>2</sup>・富永 透見<sup>3</sup>・村中 貴大<sup>4</sup>・王 曠<sup>5</sup>・  
近田 博之<sup>6</sup>・鶴 元史<sup>7</sup>

<sup>1</sup>正会員 中日本高速道路株式会社 (〒460-0003 名古屋市中区錦2-18-19)

E-mail: s.ishiyama.ab@c-nexco.co.jp

<sup>2</sup>非会員 中日本高速道路株式会社 (〒460-0003 名古屋市中区錦2-18-19)

E-mail: s.tanaka.af@c-nexco.co.jp

<sup>3</sup>非会員 中日本高速道路株式会社 (〒460-0003 名古屋市中区錦2-18-19)

E-mail: t.tominaga.aa@c-nexco.co.jp

<sup>4</sup>非会員 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋㈱ (〒460-0003 名古屋市中区錦1-8-11)

E-mail: t.muranaka.a@c-nexco-hen.jp

<sup>5</sup>非会員 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋㈱ (〒460-0003 名古屋市中区錦1-8-11)

E-mail: x.wang.a@c-nexco-hen.jp

<sup>6</sup>正会員 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋㈱ (〒460-0003 名古屋市中区錦1-8-11)

E-mail: h.konda.a@c-nexco-hen.jp

<sup>7</sup>非会員 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋㈱ (〒460-0003 名古屋市中区錦1-8-11)

E-mail: m.tsuru.a@c-nexco-hen.jp

中京圏の高速道路ネットワークは、放射・環状道路の整備に伴い、拠点間の所要時間の短縮や経路選択が可能になり、さらにサグ部などの本線上の渋滞が大きく削減されるなど、トラフィック機能が飛躍的に向上している。一方で、高速道路ネットワークの進展による交通流動の変化にジャンクションランプの交通運用が十分に対応できておらず、近年、ジャンクションランプにおいて交通集中に伴う渋滞が増加する傾向にある。このため、ジャンクションランプをボトルネックとする渋滞への対応と知見の蓄積が今後の重要な検討課題といえる。本稿は、ジャンクションランプで発生した渋滞を対象に、ETC2.0プローブデータを用いてボトルネック位置を特定した。また、車両感知器データを用いて交通容量を整理し、ジャンクションランプの渋滞現象を実証的に分析した。

**Key Words :** Intercity Expressways, Junction, ETC2.0 probe data, Traffic capacity, Channelization

## 1. はじめに

中京圏の高速道路ネットワークは、放射・環状道路の整備に伴い、拠点間の所要時間の短縮や経路選択が可能になり、さらにサグ部などの本線上の交通集中渋滞が大きく削減されるなど、トラフィック機能が飛躍的に向上している。一方で、高速道路ネットワークの進展による交通流動の変化に、ジャンクションランプの交通運用が十分に対応できていないため、ジャンクションランプにおいて交通集中に伴う渋滞が増加している。

例えば、中央自動車道と東名高速道路が接続する小牧ジャンクションでは、夕方を中心に交通集中による渋滞が慢性的に発生している。しかしながら、ジャンクション部のような交通結節点の渋滞は、これまで高速道路本線部の渋滞に比べて規模が小さかったため、実務的な分

析や研究事例が少なく、その要因は十分に明らかとなっていない。また、高速道路ネットワークの進展に伴うジャンクションランプの交通需要の変化により、新たな渋滞が顕在化することが懸念される。交通結節点の渋滞現象を明らかにし、適切な対策を講じることは、高速道路のトラフィック機能を確保する上で、今後の重要な検討課題であると考えられる。

そこで本稿では、分析対象である小牧ジャンクションの道路構造や交通状況を確認した上で、まず ETC2.0 プローブデータを用いて、ジャンクションランプのボトルネック位置を特定する。次に、車両感知器データを用いて、交通容量分析を行い、これらの分析結果を踏まえ、交通容量を改善する渋滞対策案について、検討することを目的とする。

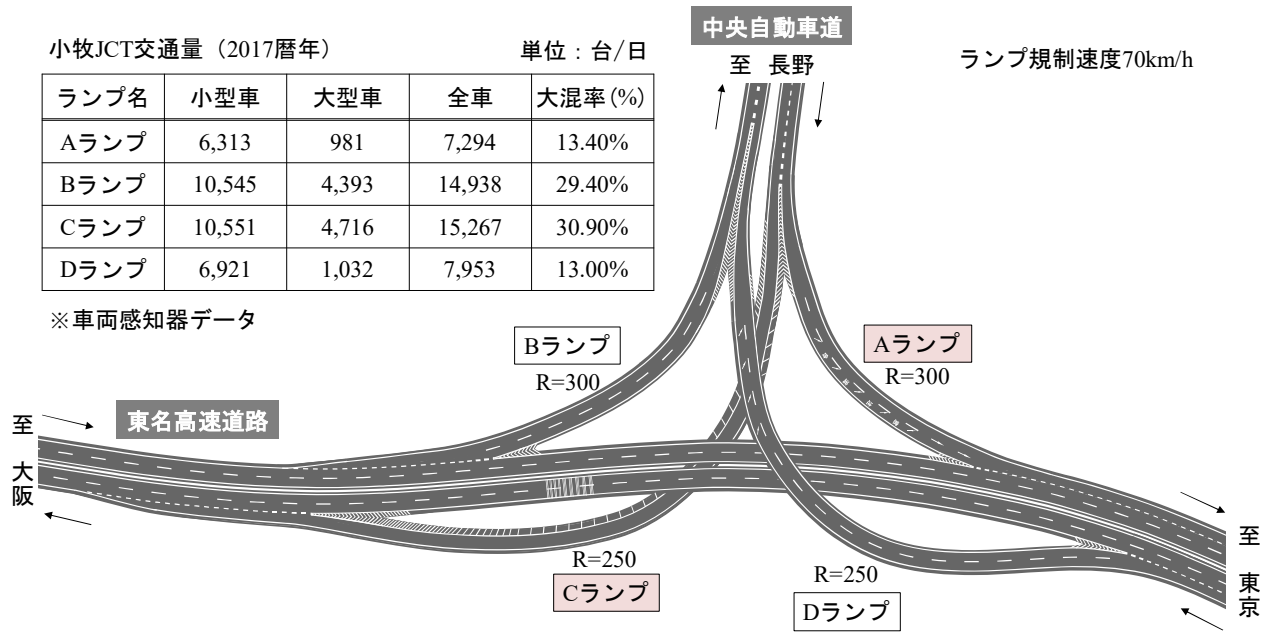


図-1 道路幾何構造

## 2. 小牧ジャンクションの道路構造と交通状況

### (1) 道路構造

本稿では、図-1に示すとおり、東名高速道路と中央自動車道が接続する小牧ジャンクション(以下、「JCT」と表記。)を対象とする。4つのランプの規制速度は70km/hである。長野方面から大阪方面に向かう C ランプは、1車線運用となっているが、1972年に供用してから1993年までは2車線運用していたランプである。

### (2) 交通量

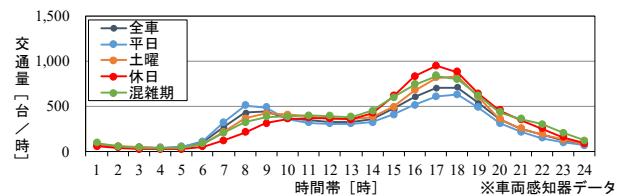
小牧JCTのAランプとCランプの曜日別時間交通量を図-2に示す。Cランプの交通量はAランプの交通量に比べて多く、いずれのランプも、夕方にピークがあることがわかる。特に、Cランプでは、休日および混雑期の交通量が1,400台/時程度となっている。

### (3) 渋滞発生状況

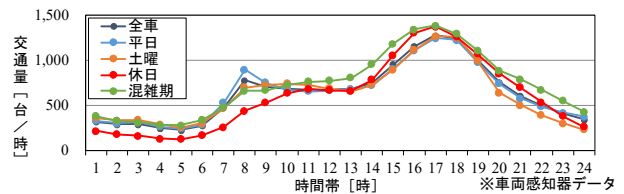
分析対象区間の交通集中渋滞の発生状況を図-3に示す。集計期間は2017年の1年間である。図より、小牧JCTの渋滞は、年間80件発生しており、平均最大渋滞長は5.4km、平均渋滞時間は2.1時間であり、この地区の主要な渋滞であることがわかる。

### (4) 事故の発生状況

小牧東IC～小牧JCT間の事故発生状況を図-4に示す。図の横軸は、小牧東ICからの距離を表しており、200mごとに事故件数を集計している。集計期間は、2014～2018年の5年間であり、渋滞区分別、事故類型別に整理



(a)小牧JCT Aランプ



(b)小牧JCT Cランプ

図-2 曜日別時間交通量

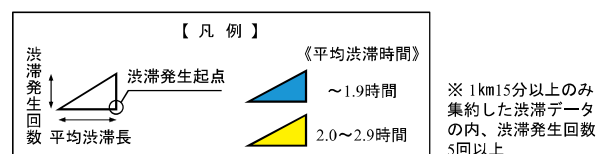
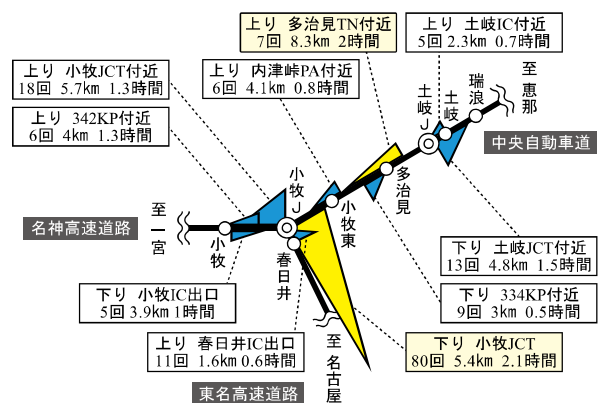


図-3 渋滞発生状況

している。

まず、図-4(a)に示す渋滞区分別の事故発生状況を見ると、5~7km の範囲で渋滞関連の事故(渋滞中と渋滞末尾)が多いことがわかる。区間全体でも、約 3 割が渋滞関連の事故となっている。

次に、図-4(b)に示す事故類型別の事故発生状況を見ると、本線部は追突事故が多くなっている。一方で、C ランプと東名高速道路が接続する箇所(合流部)では、接触事故が大半を占めており、道路構造に応じて事故類型が異なっていることがわかる。

### 3. 渋滞の詳細分析

#### (1) 分析対象渋滞の抽出

本節では、高い精度で分析を行うため、80 件の小牧 JCT 付近の渋滞のうち、図-5 に示す手順を踏み、分析対象とする渋滞を抽出する。まず、車両感知器データにエラーが発生した時の渋滞を除外する。つぎに、高速道路本線およびジャンクションランプに設置されている車両感知器データを用いて、渋滞発生箇所を確認したところ、C ランプが主要なボトルネックであることがわかった。このため、本稿では、C ランプ以外の渋滞を除外する。最後に、管制イベントデータや気象データを用いて、事故、工事、故障車などの事象発生時、雨天時(1mm/h 以上)の渋滞を除外する。本稿では、結果として、35 件の渋滞を分析対象とする。

#### (2) ボトルネック位置の特定

小牧JCTの渋滞は、Cランプが主要なボトルネックであることが明らかとなったことから、本節では、その位置を特定する。図-6は、小牧東ICから東名高速道路(下り線)合流部までの速度コンター図、速度プロファイル図、縦断勾配図、平面線形図である。速度コンター図は、ETC2.0プローブデータを用いて、5分かつ200m間隔で平均速度を求め、凡例に示す速度帯別に着色をしたものである。速度プロファイル図は、ETC2.0プローブデータより求めた平均速度である。渋滞時の速度は、分析対象渋滞を通過した車両の平均速度であり、非渋滞時の速度は、分析対象渋滞が発生する2時間前までの時間帯を通過した車両の平均速度である。図の横軸は、小牧東ICからの距離である。

まず、速度コンター図をみると、Cランプの渋滞は、7.2km~7.4km付近をボトルネックとする渋滞であることがわかる。なお、この速度コンター図は、2017年5月21日(日)の結果を示したものであるが、別日においても、この付近をボトルネックとする渋滞が発生していること

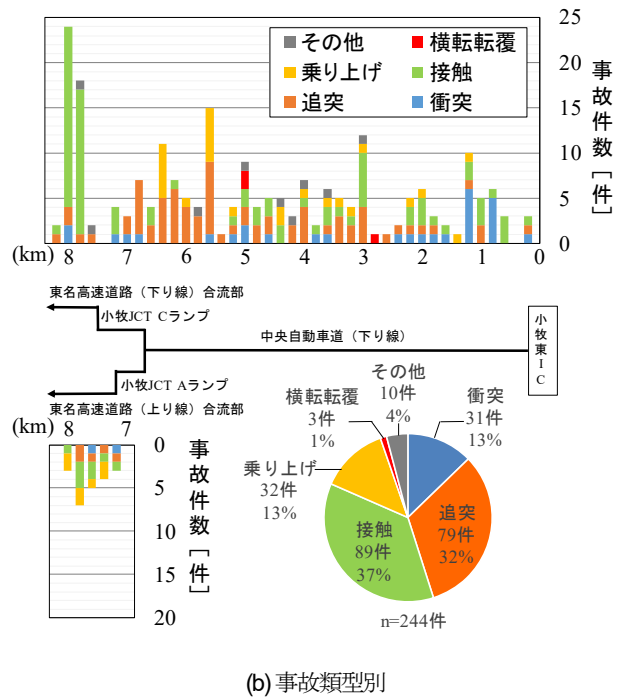
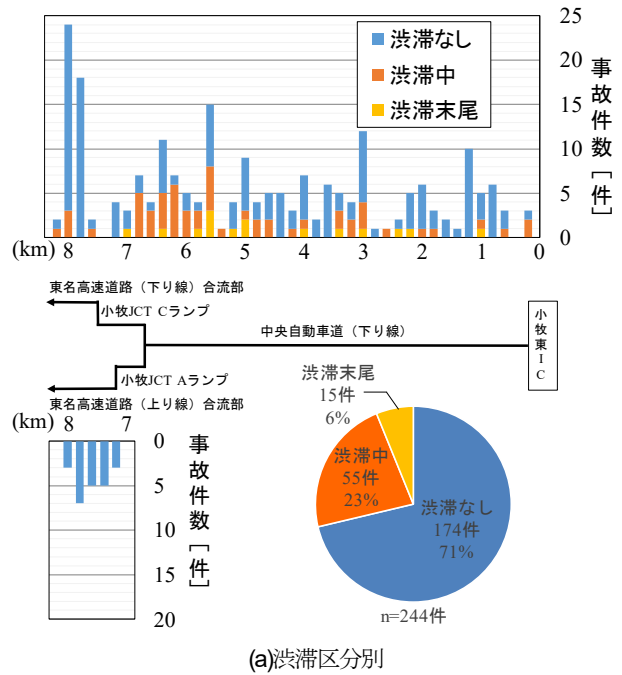


図-4 交通事故発生状況

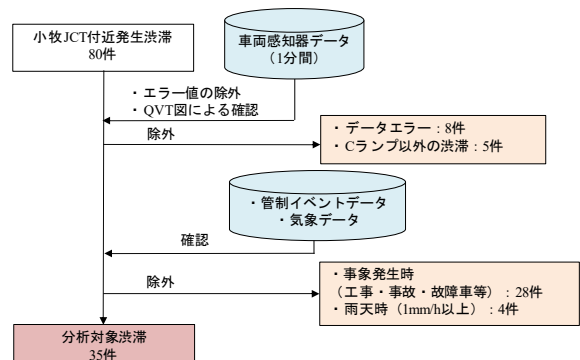


図-5 分析対象渋滞の抽出

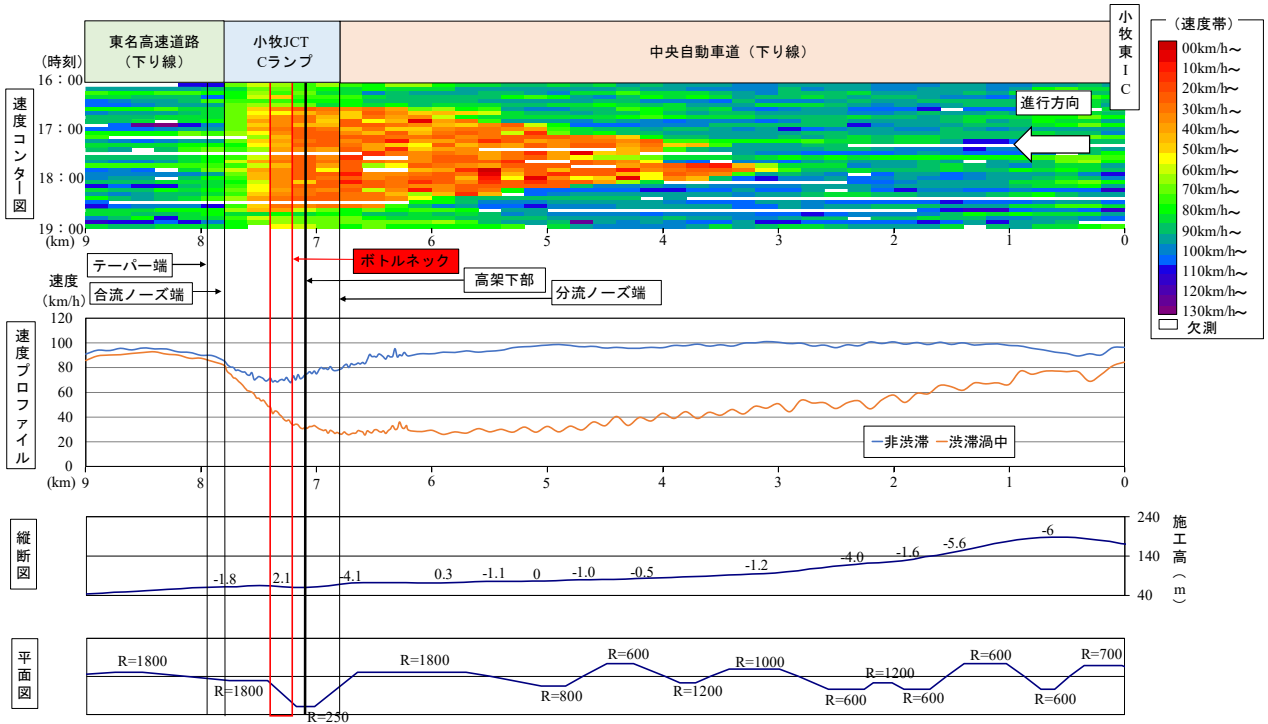


図-6 ボトルネック位置の特定

を確認している。次に、速度プロファイル図をみると、非渋滞時の速度は、7.2km~7.4kmの間が最も低く、概ね70km/h程度であることがわかる。一方、渋滞時の速度は、7.2kmの下流側で大きく速度回復している。この結果より、小牧JCTのCランプで発生する渋滞のボトルネック位置は、小牧東ICから7.2km付近であると考えられる。この位置は、東名高速道路の高架下付近であり、縦断勾配-4.1%から+2.1%のサグ部である。

(3) 交通容量分析

本節では、車両感知器 1 分データを用いて、小牧 JCT の C ランプをボトルネックとする渋滞の渋滞発生時交通量と渋滞発生後捌け交通量を求める。渋滞発生時交通量は、図-7 に示すとおり、速度が低下する直前の 15 分間の交通量であり、渋滞発生後捌け交通量は、速度が低下してから回復するまでの交通量である。また、渋滞発生時交通量と渋滞発生後捌け交通量は、昼間、薄明、夜間の 3 つに区分している。薄明は、日の出時刻から 30 分前までの時間と日の入り時刻から 30 分後までの時間である。

小牧 JCT の C ランプの交通容量の分析結果を図-8 に示す。図より、渋滞発生時交通量の平均値は、昼間が 1,604 台/時(1,682pcu/時)であり、夜間が 1,572 台/時(1,807pcu/時)となっている。渋滞発生後捌け交通量の平均値は、昼間が 1,383 台/時(1,458pcu/時)であり、薄明が 1,273 台/時(1,352pcu/時)、夜間が 1,289 台/時(1,384pcu/時)となっている。ランプの交通容量について、道路の交通容量<sup>1)</sup>では、1,200

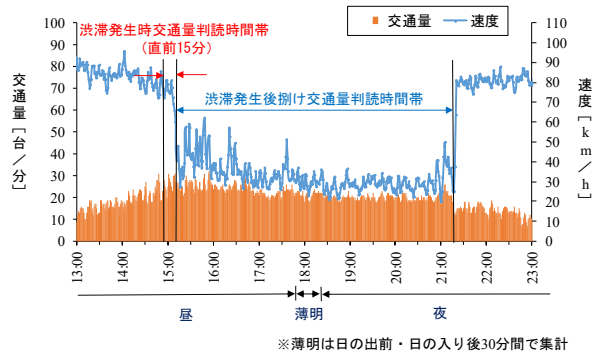
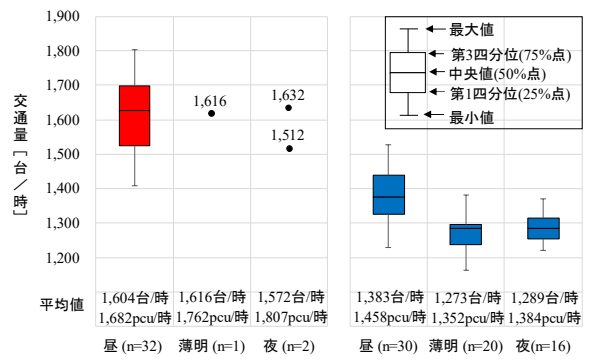


図-7 交通容量の算出方法



(a)渋滞発生時交通量 (b)渋滞発生後捌け交通量  
図-8 交通容量分析

~1,500pcu/時としている。また、高速道路本線において、片側 2 車線から片側 1 車線に工事規制した高橋らの研究<sup>2)</sup>では、渋滞発生時交通量が 1,458pcu/時、渋滞発生後捌

表-1 対策案の検討

対策案	詳細図	メリット・デメリット	評価
A案 左右対等絞り込み		<p>【メリット】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>交通容量の増加（渋滞軽減効果大）</li> </ul> <p>【デメリット】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>絞り込み合流時の事故の懸念</li> <li>本線合流時の事故の懸念</li> <li>本線合流部のラバーポール延長不可</li> </ul>	△
B案 左側絞り込み	<p>・合流注意標識の設置</p> <p>・ラバーポール延長</p>	<p>【メリット】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>交通容量の増加（渋滞軽減効果大）</li> <li>事前絞り込みにより、本線合流部のラバーポール延長可</li> </ul> <p>【デメリット】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>絞り込み合流時の事故の懸念</li> <li>左側を走行する低速車（大型）の事前合流を促すことになる</li> </ul>	○
C案 右側絞り込み	<p>・合流注意標識の設置</p> <p>・ラバーポール延長</p>	<p>【メリット】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>交通容量の増加（渋滞軽減効果大）</li> <li>事前絞り込みにより、本線合流部のラバーポール延長可</li> </ul> <p>【デメリット】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>絞り込み合流時の事故の懸念</li> </ul>	◎

け交通量が 1,323pcu/時となっており、本稿の交通容量は、これらの既往研究に比べて大きい値であることがわかる。なお、本稿の大型車換算係数は 1.4<sup>3)</sup>を用いている。

#### 4. 対策案の検討

##### (1) 対策方針

小牧 JCT の C ランプの交通容量は、1 車線運用として比較的大きい値であることが明らかとなった。このため、従来の LED 標識による速度回復情報の提供<sup>4)</sup>やドライブ・アシスト・ライトなどのソフト的な対策<sup>5)</sup>を実施しても、交通容量の大幅な改善は期待できない。すなわち、小牧 JCT の C ランプの渋滞対策としては、車線増などの抜本的な対策が必要であると考えられる。そこで、小牧 JCT の C ランプにおける渋滞対策は、2 車線運用を前提とする。検討にあたっては、ランプを 2 車線化しても、高速道路本線との合流時には 1 車線になるため、本稿では、表-1 に示す車線絞り込み方式に着目した 3 つの対策案について考察する。なお、小牧 JCT の C ランプは、前述のとおり、本来 2 車線で運用されていた道路であり、追加的な用地買収や道路構造物の改築を必要としない。

##### (2) 対策案の検討

本節では、表-1 に示す 3 つの対策案について考察する。

##### a) 左右対等絞り込み [A 案]

表-1 に示す A 案は、車線絞り込みの位置が高速道路本線との合流付近にあり、絞り込む車線を明確に示さない、左側車線と右側車線が対等に合流できる絞り込み方式である。ジャンクションの 2 車線ランプでは、一般的な絞り込み方式である。まず、2 車線化することで、交通容量が増大し、渋滞軽減効果が期待できる。しかしながら、左側車線と右側車線が対等に合流できる絞り込み方式は、絞り込み位置を示さないため、ランプ内での合流車と被合流車の関係が不明確となり、ドライバーが相手の行動を予測して合流する必要がある。さらに、その直後には高速道路本線へ合流するため、ランプ 2 車線のうち右側を走行する車両が十分に加速せずに合流ノーズ付近で本線へ合流する挙動や、ランプおよび本線部の接触事故を誘発することが懸念事項として挙げられる。

##### b) 左側絞り込み [B 案]

B 案は、左側の車線を絞り込む方式である。まず、合流車と被合流車が明確になるため、A 案に挙げたランプ内の合流時における安全上の懸念は軽減される。また、事前に絞り込み方式に関する標識を設置することで安全性はより高まるものと考えられる。高速道路本線部との合流時の接触事故については、ゼブラ帯にラバーポールを設置することにより、合流ノーズ付近で十分に加速しない車両の合流を避けることができ、安全性の向上が期待できる。しかし、B 案は、低速かつ融通の利かない大

型車が多い左側車線が絞り込まれる。このため、より多くの大型車が車線変更を強いられる車線運用となる。また、Cランプは右カーブであることから、ランプ内での車線変更を嫌う車両が、あらかじめランプの右側車線を走行し、2車線道路としての機能が十分に発揮されない懸念がある。

#### c) 右側絞り込み [C案]

C案は、右側の車線を絞り込む方式である。C案は、B案と同様に、ランプ内および高速道路本線部との合流部において、安全性の向上が期待できる。さらに、C案は、右車線を絞り込む方式であるため、B案に比べて、大型車の車線変更が少なく、2車線道路として機能が十分に発揮できるものと考えられる。

以上より、右側絞り込みのC案が、最も効果的な車線運用であると考えられる。なお、図-6に示す非渋滞時の速度プロファイルでは、サグ部を超えると速度が回復している。このため、絞り込み位置はサグ部を越え速度が十分に回復した合流ノーズ手前の位置で行うことが望ましい。

## 5. おわりに

本稿では、高速道路の交通結節点である小牧ジャンクションの渋滞現象を分析した。まず、小牧ジャンクションで発生する渋滞は、ランプのサグ部で発生しており、高速道路の本線部で発生する渋滞と同様に、サグが渋滞

の要因であることを明らかにした。また、小牧JCTのCランプの渋滞発生時交通量は、昼間が1,604台/時(1,682pcu/時)であり、夜間が1,572台/時(1,807pcu/時)であった。既往文献が示す交通容量に比べて、小牧JCTの交通容量は大きい値であることがわかった。対策案の検討では、2車線化することを前提に、絞り込み方式が異なる3つの対策案を提案した。提案した対策案はいずれも机上の検討に留まっているため、シミュレーションや現地実験を行い、ジャンクションランプの渋滞対策について検討していきたい。

#### 参考文献

- 1) 日本道路協会：道路の交通容量，丸善，1984.
- 2) 高橋秀樹，Jian Xing，伊東弘行，飯田克弘：東名高速道路集中工事区間のボトルネック交通容量分析，第28回交通工学研究発表会論文集，pp.97-100，2008.
- 3) 加藤大知，柿元祐史，中村英樹：高速道路の車線減速区間における大型車の乗用車換算係数に関する分析，土木計画学研究・講演集，vol.56，2017.
- 4) Jian Xing，鶴元史，石田貴志，村松栄嗣：片側3車線区間におけるLED標識を用いた車線利用率平準化渋滞対策の効果検証，第31回交通工学研究発表会論文集，pp.167-171，2011.
- 5) 立松和憲，木村真也，川島陽子，田中真一郎：東名阪自動車における新たな渋滞対策「ドライブ・アシスト・ライト」の計画と運用－渋滞対策の検討におけるETC2.0プローブ情報の活用，土木学会論文集D3，Vol73，No. IV-70，pp.139-140，2018.

(2019. 10. 4 受付)

## An Analysis of Traffic Congestion Phenomena at Junction Ramp Section on Intercity Expressway

Shizuki ISHIYAMA, Shinichiro TANAKA, Tohmi TOMINAGA,  
Takahiro MURANAKA, Xi WANG, Hiroyuki KONDA and Motofumi TSURU