

片側 2 車線区間合流部における ファスナー合流による渋滞対策の効果検証

早河 辰郎¹・隅田 俊哉²・近田 博之³・石田 貴志⁴・野中 康弘⁴

¹正会員 中日本高速道路株式会社 名古屋支社
(〒460-0003 名古屋市中区錦 2-18-19 三井住友銀行名古屋ビル 13F)
E-mail: t.hayakawa.ac@c-nexco.co.jp

²非会員 中日本高速道路株式会社 名古屋支社
(〒460-0003 名古屋市中区錦 2-18-19 三井住友銀行名古屋ビル 13F)
E-mail: t.sumida.aa@c-nexco.co.jp

³正会員 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社
(〒460-0003 名古屋市中区錦 2-8-11 DP スクエア錦 7F)
E-mail: h.konda.a@c-nexco-hen.jp

⁴正会員 株式会社道路計画 (〒170-0013 東京都豊島区東池袋 2-13-14 マルヤス機械ビル 5F)
E-mail: y_nonaka@doro.co.jp, t_ishida@doro.co.jp

高速道路の合流部ないしその下流のボトルネックを対象に渋滞対策を行う場合、加速車線を延伸する等のハード対策や、チャネルリゼーション、ランプメタリング、その他合流部の整流化対策といったソフト対策が検討されてきた。特に、合流部の整流化対策のうち渋滞発生後の交互合流は、あえて合流部に制限を与えることで道路空間を有効に活用できる可能性があり、交通挙動の変化を促すことが期待される。

本研究は、合流部の制御方法を検討することを目的として、E1 名神（上）一宮 JCT において合流部のラバーポールを延伸する「渋滞発生後におけるファスナー合流促進による渋滞対策」を実施し、その効果を検証した。合流部に制限したことで、合流部の密度が高くなり、速度が低下した。また、空いた道路空間が有効に利用されるようになったため、下流に位置する単路部ボトルネックの渋滞発生後捌け交通量が増加した。この密度と渋滞発生後捌け交通量の増加により渋滞量が減少し、所要時間が短縮することを実証した。

Key Words: traffic congestion measure, merge control, fastener merge

1. はじめに

高速道路の合流部ないしその下流のボトルネックを対象に渋滞対策を行う場合、加速車線を延伸する等のハード対策¹⁾²⁾や、チャネルリゼーション³⁾⁴⁾、ランプメタリング（入口閉鎖含む）⁷⁾¹⁰⁾、その他合流部の整流化対策¹¹⁾¹²⁾といったソフト対策が検討されてきた。特に、合流部の整流化対策のうち渋滞発生後の交互合流促進は、あえて合流部に制限を与えることで道路空間を有効に活用できる可能性があり、交通挙動の変化を促すことが期待される。

本研究では、合流部の制御方法を検討することを目的に、E1 名神（上）一宮 JCT において合流部のラバーポールを延伸する「渋滞発生後におけるファスナー合流促進による渋滞対策」を実施し、その効果を検証する。

2. 既往文献の整理と本研究の位置付け

(1) 合流部の渋滞対策

合流部の渋滞対策は、前述のとおり、加速車線を延伸する等のハード対策や、チャネルリゼーション、ランプメタリング、その他合流部の整流化対策といったソフト対策が検討されてきた。

このうち合流部の整流化対策として、澤田ら¹³⁾は複数同時合流を防ぐ目的で、あえて合流可能区間を短縮し、渋滞軽減を図った。対象箇所は中国道（下）宝塚 IC の合流部であり、ポストコーンを約 30m 設置するとともに、ゼブラ標示を約 100m 施工することで、合流可能区間を 470m から 340m に短縮した（テーパ部の 60m を含む）。これにより、渋滞発生時交通量に変化がない中で、渋滞発生後捌け交通量が増加し、渋滞量が減少した。

(2) ファスナー合流の概要

我が国において、ファスナー合流を定義した文献は見当たらない。そこで、海外に目を向けると、米国の Kentucky Transportation Center Research Report¹⁴⁾に詳しく記載されている。海外では、ジッパー合流と呼ばれることが多いが、ここではファスナー合流の呼称で統一する。ファスナー合流は、1) 車線絞込部の先頭まで両方の車線を利用していただき交互に合流するものであり、2) 渋滞発生後に有効な渋滞対策で、3) 安全対策も兼ね、4) 公平かつ平等な施策である。ミネソタ交通局の説明文書¹⁵⁾では、ファスナー合流は基本的に渋滞長を 40%、最大で 50%減少させるとしている。また、独国ではファスナー合流が交通法規として定められている¹⁶⁾。

(3) 本研究の位置付け

本研究は、前述の澤田らの取組みを踏襲するものである。ただし、本研究での対策はファスナー合流促進を明確に狙ったものであり、そこに特徴がある。具体的には、合流部にラバーポールを約 260m 設置することで合流車の並走区間を十分に確保しつつ物理的な制御区間を長くするとともに、最下流を 120m 延伸し、合流可能区間を 350m から 210m に短縮している（テーパ部を含む）。合流可能区間は、前述の 340m よりさらに短い。

また、合流部にファスナー合流を促進するための啓発看板等を設置するとともに、HP や記者発表を通してファスナー合流の認知度向上と促進を図っている。

さらに、ETC2.0 プロンプ情報を活用することで、下流ボトルネックからの渋滞延伸状況をパターン別に区分し、地点別の速度や密度の変化に着目した効果発現メカニズムを考察している。

3. ファスナー合流促進による渋滞対策の概要

本研究で対象とするファスナー合流促進による渋滞対策は、図-1 に示す E1 名神（上）一宮 JCT で実施している。一宮 JCT は、E41 東海北陸道（上）と合流する構造となっている。約 4km 下流には名古屋高速 16 号一宮線

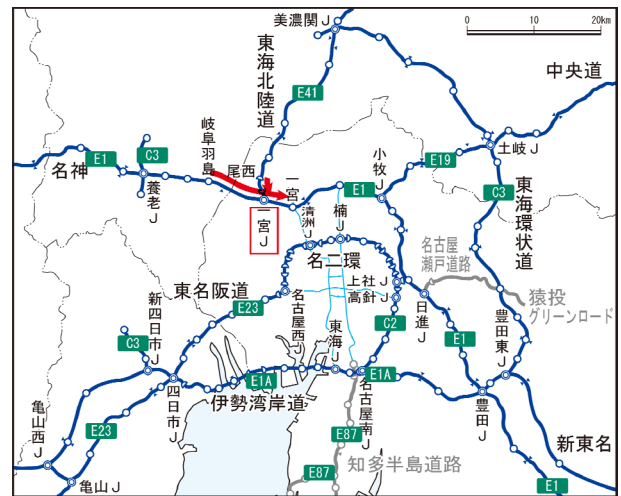
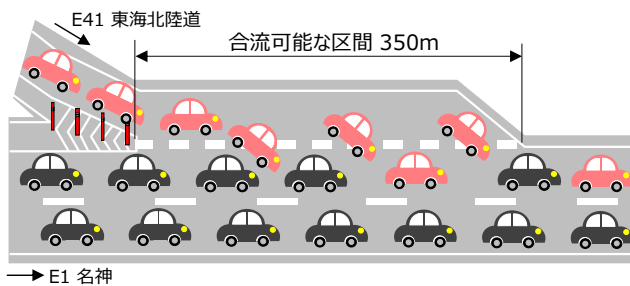


図-1 ファスナー合流促進による渋滞対策の実施箇所位置図

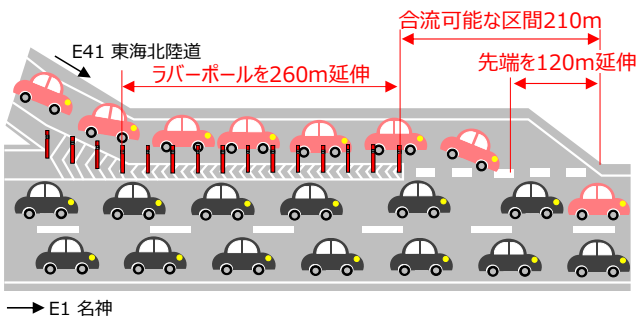
対策前



対策前



対策後



対策後



図-2 ファスナー合流促進による渋滞対策の概要

と接続している一宮 IC がある。また、対象区間である一宮 IC～一宮 JCT にはサグを原因とした単路部のボトルネックが存在している。

このファスナー合流促進による渋滞対策は、令和元年 11 月 29 日（金）から実施している。当該対策は、図-2（前頁）に示すとおり、合流部にラバーポールを約 260m 設置するするとともに、最下流を 120m 延伸することで、合流可能区間を 350m から規定を満たす最低限の 210m に短縮している（テーパ部を含む）。これにより、至る箇所での合流を抑止し、交互合流をやすくしている。また、看板等により、ファスナー合流を推奨する地点を案内している（図-3）。

なお、横断構成は図-4 のとおりである。ラバーポール部の側帯幅は暫定 2 車線区間の中央帯相当の 0.8m を準用し、ランプ部の路肩幅を確保しつつ合流車・非合流車ともに圧迫感の無いように配慮している。さらに、ラバーポールの設置間隔は 2m とし、渋滞時における車両のすり抜けを抑止している。



図-3 ファスナー合流促進による渋滞対策の看板等

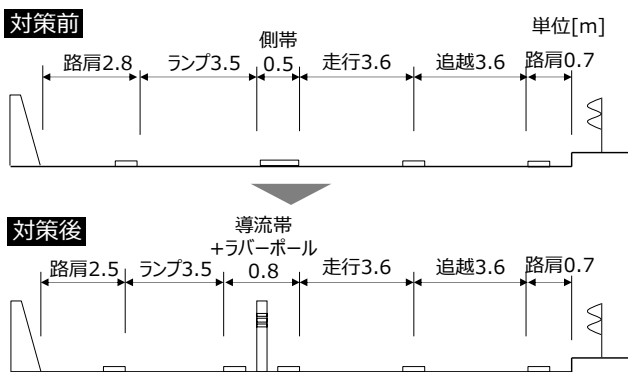


図-4 ファスナー合流促進による渋滞対策実施前後の横断構成

4. 分析方法

(1) 分析項目・内容

本研究では、ファスナー合流促進による渋滞対策が対象としている渋滞発生後に着目する。具体的には、渋滞発生状況（渋滞諸元）分析と所要時間分析を行い、渋滞対策によるマクロ的な変化を分析する。また、交通容量（渋滞発生後捌け交通量）分析、交通状態（合流割合、密度、速度）分析を通して、ミクロ的な交通挙動の変化を考察する。なお、本対策は少なからず渋滞発生時への影響も考えられることから、これについても分析・考察を加える。

(2) 分析対象期間

ファスナー合流促進による渋滞対策は、令和元年 11 月 29 日（金）から実施している。そこで、対策前を平成 30 年 12 月～平成 31 年 2 月、対策後を令和元年 12 月～令和 2 年 2 月とし、各 3 ヶ月を基本的な比較対象とする。ただし、令和 2 年 1 月以降は、新型コロナウイルスの影響で交通量が少ないため、渋滞発生状況分析と、所要時間分析は、それぞれ 12 月のみを対象とする。

比較対象期間の交通量は表-1 に示すとおりである。12～2月の3ヶ月では、E1 名神（上）一宮 IC～一宮 JCT の交通量が減少しており、渋滞発生状況分析と所要時間分析に適していないことが確認できる。一方、12 月に着目すると、E1 名神（上）一宮 IC～一宮 JCT、E41 東海北陸道（上）一宮 JCT～一宮西 IC が、対策前後で同程度である。

5. 渋滞発生状況分析

渋滞対策実施前後の交通集中渋滞発生状況を図-5（次頁）に示す。一宮 JCT 下流に位置する E1 名神（上）の一宮 IC～一宮 JCT には、当該対策が対象としているボトルネック「一宮高架橋付近」がある。このボトルネックに着目すると、12 月の渋滞回数は対策前が 38 回/月、

表-1 対策実施前後の平均日交通量

No.	区間	12～2月		12月	
		対策前	対策後	対策前	対策後
1	E1名神（上） 一宮IC～一宮JCT	42,942	41,499	43,641	43,016
2	E41東海北陸道（上） 一宮JCT～一宮西IC	20,908	20,827	20,525	20,538
3	E1名神（上） 一宮JCT合流	16,229 (37.8%)	15,795 (38.1%)	16,369 (37.5%)	15,743 (36.6%)

※対策前：平成30年12月～平成31年2月

対策後：令和元年12月～令和2年2月

※No. 1：357.890kp, No. 2：0.570kp

No. 3：357.890kp-359.44kp（分合流間）

※（ ）内は合流割合

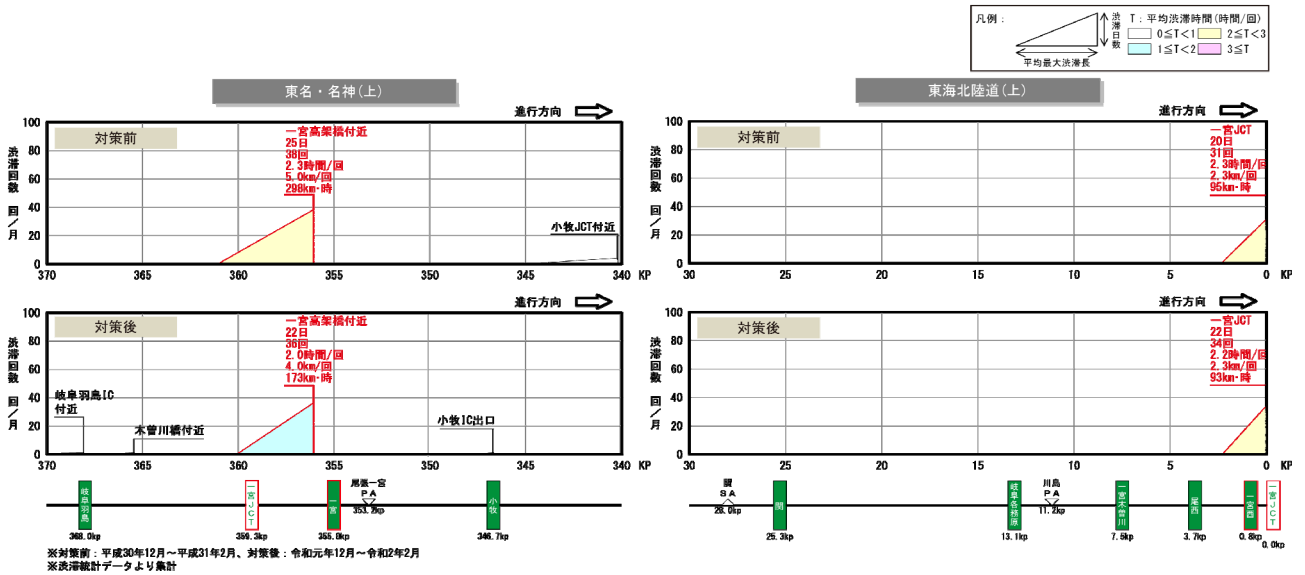


図-5 渋滞対策実施前後の交通集中渋滞発生状況

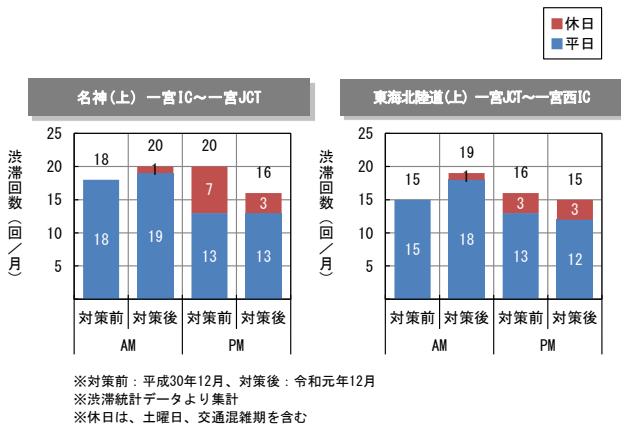


図-6 渋滞対策実施前後の渋滞回数 (AM・PM別)

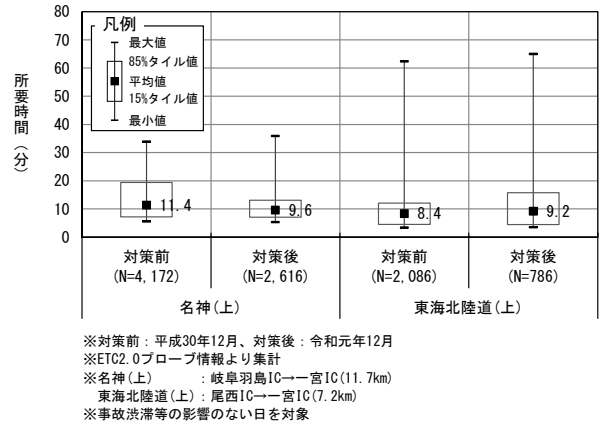


図-8 渋滞対策実施前後の所要時間 (17~21時出発)

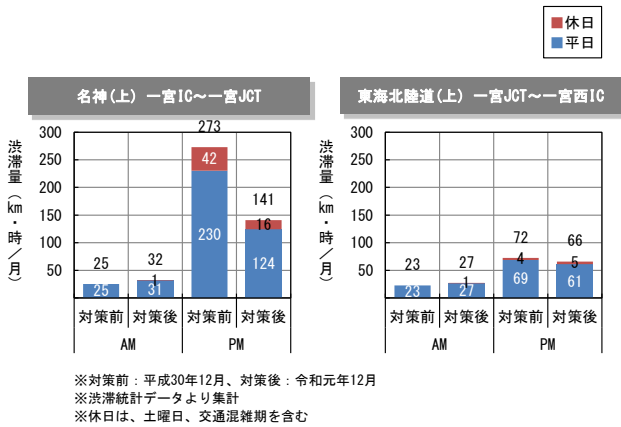


図-7 渋滞対策実施前後の渋滞量 (AM・PM別)

対策後は 36 回/月で同程度である。一方、渋滞量は 298km・時/月から 173km・時/月へ 42% 減少している。E41 東海北陸道(上)のボトルネック「一宮 JCT」は、E1 名神(上)「一宮高架橋付近」から延

伸する渋滞であり、このボトルネックの渋滞回数と渋滞量は対策前後で変化がない。渋滞回数は対策前が 31 回/月、対策後が 34 回/月、渋滞量は対策前が 95km・時/月、対策後が 93km・時/月である。

ボトルネック「一宮高架橋付近」と「一宮 JCT」の渋滞は、午前と午後が発生するため、両者を区分する。図-6 は、AM・PM 別に渋滞回数を集計したものであり、E1 名神(上)、E41 東海北陸道(上)とも、AM・PM 別で大きな変化がない。次に、図-7 の渋滞量を見ると、AM は大きな変化がないものの、PM は E1 名神(上)で減少、E41 東海北陸道(上)でやや減少となっている。PM では、ファスナー合流促進による渋滞対策によって、特に E1 名神(上)の渋滞量が大きく減少している。

AM は PM と比べて渋滞規模が小さいこと、もともと渋滞発生後捌け交通量が高く効果が限定的であることから、以降では PM を対象に分析を行う。

6. 所要時間分析

ETC2.0 プローブ情報より渋滞対策実施前後の所要時間を集計した結果を図-8（前頁）に示す。E1 名神（上）岐阜羽島 IC→一宮 IC の 11.7km では、PM の平均所要時間が 11.4 分から 9.6 分へ 1.8 分（16%）短縮している。85%タイル値も短縮しており、長い所要時間が出現しなくなった。渋滞量が小さくなった影響である。一方、E41 東海北陸道（上）の尾西 IC→一宮 IC（一宮 JCT 経由）の 7.2km では、8.4 分から 9.2 分へやや増加している。

7. 渋滞発生後における交通容量分析

(1) 渋滞延伸パターンの整理

図-9 は PM における渋滞対策実施前後の渋滞延伸パターンを、ETC2.0 プローブ情報による速度カウンター図から判読した結果である。12~2 月の 3 ヶ月は、ボトルネック「一宮高架橋付近」の渋滞が一宮 JCT を超えて E1 名神（上）と E41 東海北陸道（上）の両路線に延伸している状況であるパターン D が、対策前に 81%を占めていたのに対し、対策後は 54%にとどまる。対策後は、パターン C の割合が高く、前述で示した E1 名神（上）の平均日交通量が減少、E41 東海北陸道（上）は変化なしとした整理結果と一致している。交通量に変化がない 12 月のみに着目すると、パターン D は対策前後とも 85

パターン	概略図 進行方向 →	発生回数			
		12~2月		12月	
		対策前	対策後	対策前	対策後
A 名神の渋滞が一宮JCTを超えない場合		6 (10%)	7 (12%)	1 (5%)	1 (6%)
B 名神の渋滞が一宮JCTを超えて名神にのみ延伸した場合		3 (5%)	3 (5%)	2 (10%)	0 (0%)
C 名神の渋滞が一宮JCTを超えて東海北陸道にのみ延伸した場合		3 (5%)	16 (27%)	0 (0%)	0 (0%)
D 名神の渋滞が一宮JCTを超えて名神・東海北陸道の両路線に延伸した場合		50 (81%)	32 (54%)	17 (85%)	15 (94%)
E 名神の渋滞が一宮JCTを超えず、かつ東海北陸道でも渋滞が発生している場合		0 (0%)	1 (2%)	0 (0%)	0 (0%)
F 名神で渋滞が発生せず、東海北陸道で渋滞が発生している場合		0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
計		62 (100%)	59 (100%)	20 (100%)	16 (100%)

※対策前：平成30年12月～平成31年2月、対策後：令和元年12月～令和2年2月
 ※ETC2.0プローブ情報の速度カウンター図より判読

図-9 渋滞対策実施前後の渋滞延伸パターン（PM）

～94%であり、高い割合で同程度である。渋滞延伸状況は交通量の影響を受けることが確認できる。そこで、以降ではボトルネック「一宮高架橋付近」の渋滞が両路線に延伸しているパターン D に着目することで、同様の渋滞延伸状況同士の比較を行う。

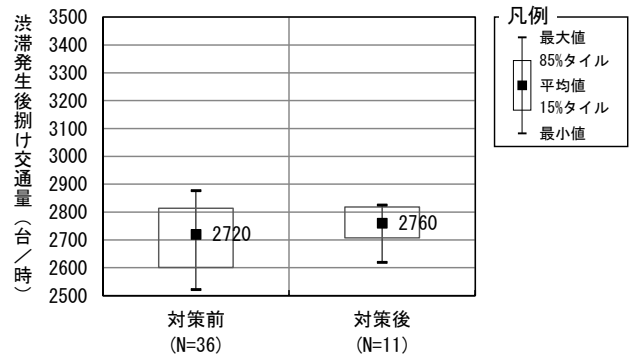
(2) 交通容量分析

パターン D の PM における渋滞発生後捌け交通量を図-10 に示す。対策前の平均は 2,720 台/時であったのに対し、対策後は 2,760 台/時と、40 台/時（1.5%）増加している。特に箱ひげ図をみると、低い渋滞発生後捌け交通量が発生しなくなり、低い渋滞発生後捌け交通量を抑制した結果、平均値が増加したことがわかる。

8. 渋滞発生後における交通状態分析

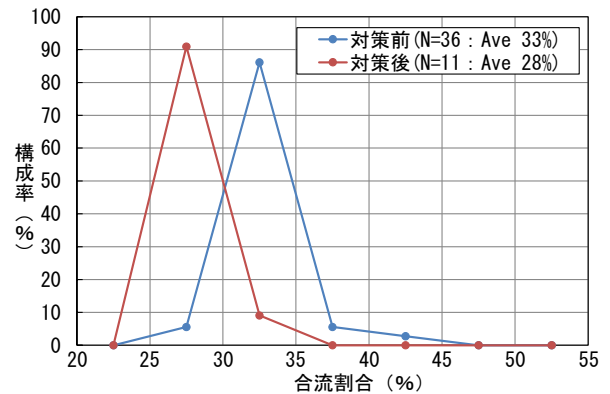
(1) 合流割合

パターン D の PM を対象とした渋滞対策実施前後における渋滞発生後の合流割合分布を図-11 に示す。E41 東



※対策前：平成30年12月～平成31年2月
 対策後：令和元年12月～令和2年2月
 ※357.890kpの車両感知器を対象(晴のみ)

図-10 渋滞対策実施前後の渋滞発生後捌け交通量（パターン D の PM）



※対策前：平成30年12月～平成31年2月、対策後：令和元年12月～令和2年2月
 ※渋滞発生後捌け交通量の判読日時を対象
 ※合流交通量は357.890kpと359.440kpの車両感知器の差より算出

図-11 渋滞対策実施前後における渋滞発生後の合流割合分布（パターン D の PM）

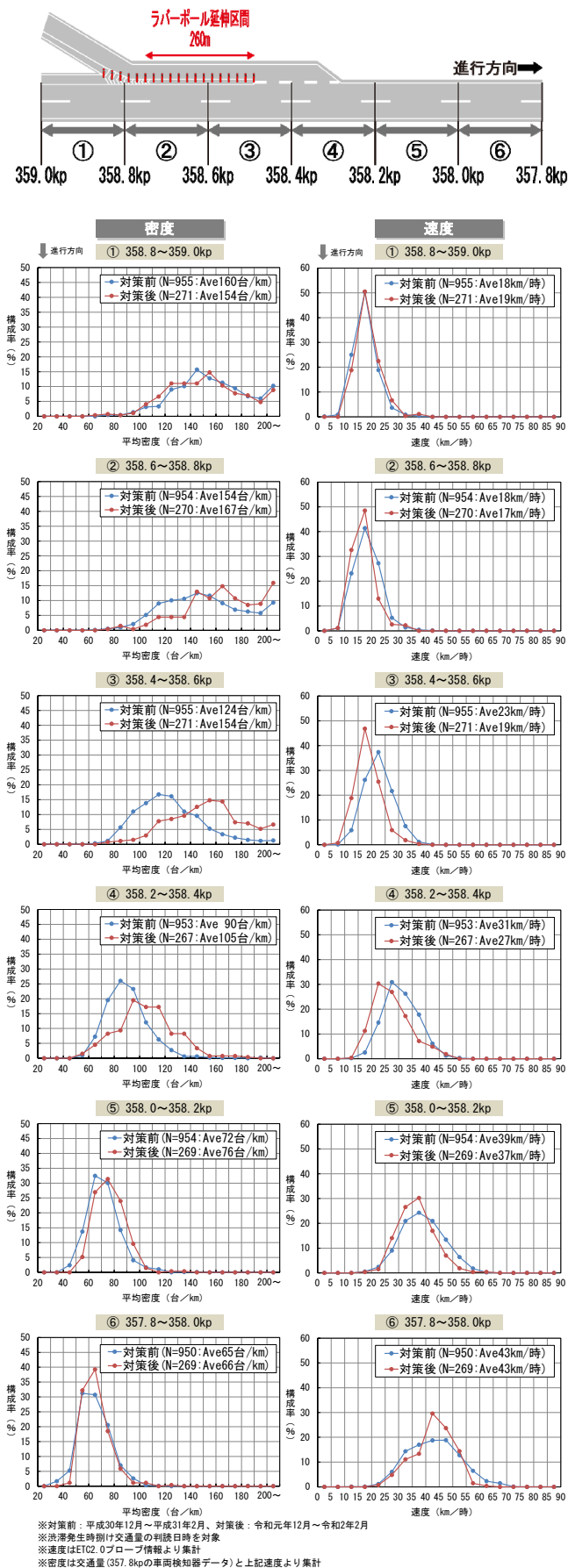


図-12 渋滞対策実施前後における渋滞発生後の地点別密度・速度分布 (パターンDのPM)

海北陸道(上)からの平均合流割合は、対策前の33%から対策後の28%に低下している。合流部を物理的に制御したことの影響がみられる。ただし、E41 東海北陸道(上)の渋滞は大きく悪化しておらず、当該地点の交通需要を対象とした場合は、影響が小さい。ボトルネック「一宮高架橋付近」の渋滞発生後捌け交通量増加が、合流割合の低下分を吸収していると考えられる。

(2) 密度と速度

パターンDのPMを対象とした渋滞対策実施前後における渋滞発生後の地点別密度・速度分布を図-12に示す。密度分布をみると、対策前後ともラバーポールがある①358.8~359.0kpでは変化がないものの、②358.6~358.8kp以降、⑤358.0~358.2kpまでの800mでは、対策後の方が高い。ファスナー合流によって密度が高くなった。なお、対策前後の平均密度に最も差があるのは③358.6~358.8kpであり、これ以降下流側に進むにつれてこの差は徐々に小さくなる。⑥357.8~358.0kpでは対策前後で変わらない水準に収束している。

次に速度分布をみると、①358.8~359.0kpでは対策前後で変化がないものの、②358.6~358.8kp以降、⑤358.0~358.2kpまでの800mでは、対策後の方が速度が低い。ファスナー合流によって空いた道路空間が有効に利用されるようになり(密度が高くなり)、その影響で速度が低くなったと考えられる。

9. 渋滞発生時の影響分析

PMを対象とした渋滞対策実施前後における渋滞発生時交通量を図-13に示す。また、車線利用率を図-14(次頁)に示す。PMの渋滞発生時交通量は、3,083台/時から3,029台/時へ、54台/時(1.8%)減少している。ファスナー合流促進による渋滞対策により合流部を制限したこ

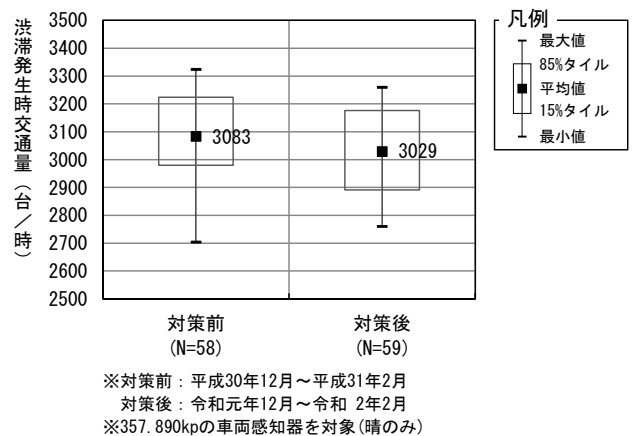
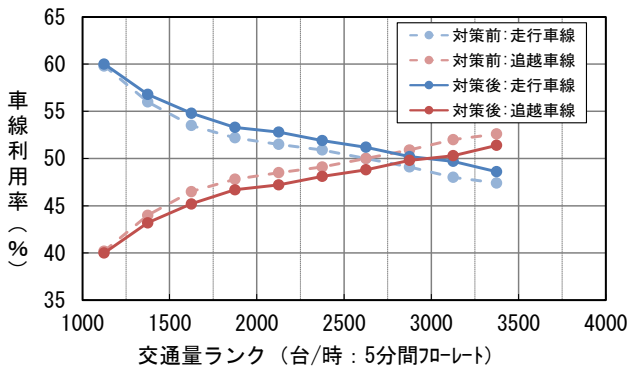


図-13 渋滞対策実施前後の渋滞発生時交通量 (PM)



※対策前：平成30年12月～平成31年2月、対策後：令和元年12月～令和2年2月
 ※357.890kpの車両感知器を対象
 ※60km/h未満は対象外
 ※10サンプル未満は非表示

図-14 渋滞対策実施前後の車線利用率 (PM)

との影響や、全国の都市間高速道路における交通性能の経年的な低下が影響していると考えられる¹⁷⁾。一方、追越車線利用率は、一宮 IC～一宮 JCT に位置する357.890kp において、低下している。高い交通量ランクでは1～2ポイントの低下である。ファスナー合流対策によって合流部を物理的に制御したことで追越車線に避走しなくなった可能性がある。

10. まとめと今後の課題

本研究は、合流部の制御方法を検討することを目的に、E1 名神 (上) 一宮 JCT において合流部のラバーポールを延伸する「渋滞発生後におけるファスナー合流促進による渋滞対策」を実施し、その効果を検証した。

渋滞発生後における渋滞発生パターン (渋滞延伸状況) のうち、パターン D「E1 名神の渋滞が一宮 JCT を超えて E1 名神・E41 東海北陸道の両路線に延伸した場合」に着目すると、平均合流割合は33%から28%に低下しており、合流が制限されるようになった。ただし、E41 東海北陸道 (上) の渋滞が大きく悪化していないことから、当該地点の交通需要を対象とした場合は、合流方向への影響が小さい。この時、合流部より下流では密度が高くなった。また、その影響で速度が低くなった。合流が制限されるようになったため、合流できる箇所では車間距離を開けずに合流するようになり、また非合流車が合流車を多く入れないために高い追従意識をもって走行するようになったと考えられる。ファスナー合流によって、空いた道路空間が有効に利用されるようになった。このような交通状態が実現した結果、渋滞発生後捌け交通量は2,720台/時から2,760台/時へ、40台/時(1.5%)増加した。名神(上)では渋滞量が減少してお

り、渋滞発生後捌け交通量の増加と、密度の増加によるものと推察される。以上より、合流部において並走区間を十分に確保しつつ合流可能区間を制限し、ファスナー合流を促進する渋滞対策は、渋滞発生後の対策として有用との結論を得た。

なお、渋滞発生時に着目すると、渋滞発生時交通量は3,083台/時から3,029台/時へ、54台/時(1.8%)減少した。一方、渋滞日数や渋滞回数に大きな変化がないこと、追越車線利用率が低下していることを鑑みると、渋滞発生時交通量に変化がなかった可能性もある。全国の都市間高速道路における交通性能が経年的に低下しているという報告もあり¹⁷⁾、その影響も否定できない。渋滞発生時におけるファスナー合流対策の影響は、明確に把握できなかった。

今後は、渋滞発生後の効果発現メカニズムをさらに明らかにするため、合流状況 (ファスナー合流状況) を分析すること、交通事故件数や発生状況を分析し安全性の効果検証を行うことが必要である。安全性が高くなるようであれば、この対策を他箇所を展開することができる。また、ファスナー合流対策の渋滞発生時への影響を把握するため、引き続きデータを蓄積して効果を検証する必要もあると考える。

参考文献

- 1) 田村敬介, 山田貴久, 中村英樹: 名古屋高速道路の入口合流部加速車線延長による効果検証, 交通工学研究発表会論文集, Vol.32, pp.7-12, 2012.
- 2) 原山哲郎, 深瀬正之, 石田貴志, 野中康弘: 付加車線設置による渋滞対策効果と今後の展望, 土木計画学研究・講演集, Vol.46, 2012.
- 3) 蒲和也, 岡田知朗, 竹内秀城, 堤浩介: 首都高速道路における JCT 合流部の車線運用変更の効果～5号線下り竹橋 JCT 合流部の車線運用変更～, 交通工学研究発表会論文報告集, Vol.26, pp.69-72, 2006.
- 4) 畠中秀人, 坂井康一, 浅野美帆, 西井禎克: 首都高速道路の合流部における動的変な車線運用適用可能性, 交通工学研究発表会論文報告集, Vol.28, pp.41-44, 2008.
- 5) 洪性俊, 田中伸治, 桑原雅夫: 首都高速道路の合流部における動的変なチャンネルリゼーション導入効果の評価手法に関する研究, 生産研究, Vol.62, No.2, pp.34-39, 2010.
- 6) 池田博久, 浅野靖, 竹平誠治, 田中翔太: 江北 JCT における規制車による変なチャンネルリゼーション導入効果の分析, 交通工学研究発表会論文集, Vol.34, pp.23-28, 2014.
- 7) 菊地春海, 坂爪誠, 割田博, 高田潤一郎, 桑原雅夫: 首都高速道路における流入交通制御 (入口閉鎖) に関する実証的分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.39, 2009.
- 8) 前田剛, 菊地春海, 割田博, 泉典宏: 首都高速道路における流入交通制御の実証分析, 交通工学研究発

- 表会論文集, Vol.29, pp.185-188, 2009.
- 9) 増田智志, 岡野孝司, 泉典宏, 吉井稔雄: 首都高速 3 号渋谷線下りにおける渋滞現象の分析と渋滞対策の取組み, 交通工学研究発表会論文集, Vol.33, pp.121-127, 2013.
 - 10) 斎藤辰哉, 多原裕二, 加藤寛道, 清宮広和, 石田貴志: 高速道路 IC 入口の短時間閉鎖による渋滞対策社会実験の効果検証, 交通工学研究発表会論文集, Vol.36, pp.611-616, 2016.
 - 11) 荻野弘, 伊藤正雄, 佐野千裕, 田中淳: 名古屋高速道路における合流支援に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.28, 2003.
 - 12) 飛ヶ谷明人, 増本裕幸, 兒玉崇: 都市高速道路の入口合流部渋滞箇所における車線変更禁止施策の効果検証, 土木学会年次学術講演会講演概要集第 4 部, Vol.72, pp.211-212, 2017.
 - 13) 澤田英郎, 稲田悠, 亀井伸二, 福本薫: インターチェンジ合流部における合流整流化対策と効果検証, 交通工学研究発表会論文集, Vol.34, pp.19-22, 2014.
 - 14) Erin Lammers, Jerry Pigman, Brian Howell, and Adam Kirk: Applicability of Zipper Merge Versus Early Merge in Kentucky Work Zones, Kentucky Transportation Center Research Report, 2017.
 - 15) Minnesota Department of Transportation: LATE MERGE ... the ZIPPER SYSTEM, <https://www.dot.state.mn.us/trafficeng/workzone/doc/When-latemerge-zipper.pdf> (2020 年 8 月 11 日閲覧).
 - 16) Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) § 7 Benutzung von Fahrstreifen durch Kraftfahrzeuge, https://www.gesetze-im-internet.de/stvo_2013/_7.html (2020 年 8 月 11 日閲覧).
 - 17) 後藤誠, 石田貴志, 野中康弘: 都市間高速道路における交通性能の経年変化に関する研究, 交通工学論文集, Vol.5, No.2(特集号 A), pp.A90-A98, 2019.

(2020.10.2 受付)

EFFECTS ON THE TRAFFIC CONGESTION MEASURE OF FASTENER MERGE ON FOUR-LANE EXPRESSWAY

Tatsuo HAYAKAWA, Toshiya SUMIYA, Hiroyuki KONDA, Takashi ISHIDA and
Yasuhiro NONAKA