

都市高速道路の合流部における 動的な車線誘導手法の検討・開発

江森 唯¹・田中 芳和²・山本 陸太³・川野 祥弘⁴・林 由宇⁵・
隠田 歩乃加⁶

¹ 首都高技術株式会社 技術部 (〒105-0001 東京都港区虎ノ門三丁目 10-11)
E-mail: y.emori@shutoko-eng.jp

² 首都高速道路株式会社 計画・環境部 (〒100-8930 東京都千代田区霞が関一丁目 4-1)
E-mail: y.tanaka1483@shutoko.jp

³ 首都高速道路株式会社 計画・環境部 (〒100-8930 東京都千代田区霞が関一丁目 4-1)
E-mail: r.yamamoto6484@shutoko.jp

⁴ 首都高技術株式会社 技術部 (〒105-0001 東京都港区虎ノ門三丁目 10-11)
E-mail: y.kawano@shutoko-eng.jp

⁵ 首都高技術株式会社 技術部 (〒105-0001 東京都港区虎ノ門三丁目 10-11)
E-mail: y.hayashi@shutoko-eng.jp

⁶ 首都高技術株式会社 技術部 (〒105-0001 東京都港区虎ノ門三丁目 10-11)
E-mail: h.inda@shutoko-eng.jp

首都高速道路の渋滞発生要因の一つである合流部におけるリアルタイム交通状況を活用した動的な車線誘導による渋滞対策の導入に向けて、導入効果が高い JCT の選定と効果の試算を行った。首都高技術株式会社が提供するリアルタイム交通状況サービスである mew-ti (ミューティー) アプリ内での提供を目指して交通データを活用した動的な車線誘導対策の運用方法や情報提供の条件について整理し、2022 年 12 月 21 日より運用を開始した。

Key Words: 交通制御, 交通容量

1. はじめに

首都高速道路とは、東京を中心に埼玉・神奈川・千葉の 3 方向へ延びる高速道路ネットワークであり、延長は 2020 年 4 月より横浜北西線が開通したことで約 327km となった。首都高速道路の路線図を図-1 に示す。

1 日の通行台数は約 90 万台以上であり、首都圏の道路ネットワークの中核を担っている。一方で、上り坂や合流部、交通集中する箇所における渋滞の発生が課題であり、渋滞要因に合った対策を実施している。合流部の根本的な渋滞対策としては、合流後の車線を増やし車線減少を解消する車線拡幅があるが、大規模な改築事業となることから、現況の構造物を有効に活用し渋滞を緩和する対策として車線誘導対策がある。

車線誘導対策とは、路面表示等により車両を他車線に誘導することで車線利用率の偏りを減少させる

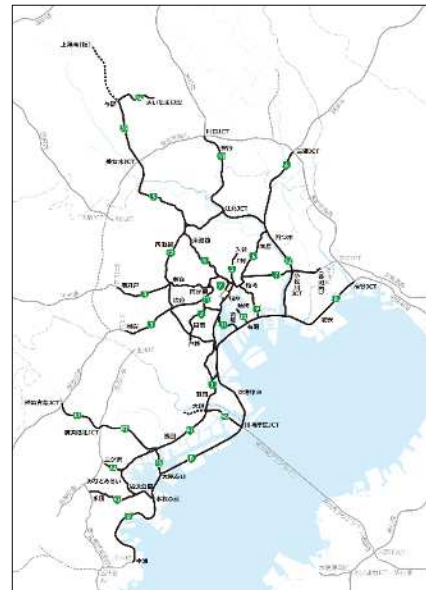


図-1 首都高速道路路線図

対策である。また、動的な車線誘導対策とは、合流路線が渋滞かつ本線が渋滞していない時間帯に本線側の車両を合流しない車線に誘導することにより、合流路線の交通容量を増加させ合流路線の渋滞を緩和させる対策である動的な車線誘導対策のイメージを図-2 に示す。

本稿は、動的な車線誘導対策の導入に向けて、各 JCT 合流部の交通状況を分析し導入した場合の効果が高い JCT を選定するとともに、その運用方法の検討や情報提供の条件を整理したものである。

2. 車線誘導対象の導入箇所の選定

まず JCT 合流部を先頭に渋滞が発生している箇所について、JCT 合流部前後の渋滞発生時間 (20km/h 以下) を比較し、その差 (合流後-合流前) が 3 時間以上である 7JCT (浜崎橋 JCT, 一ノ橋 JCT, 竹橋 JCT, 大橋 JCT, 西新宿 JCT, 両国 JCT, 大黒 JCT) を抽出した。次に、合流前の 2 方向の渋滞を比較し、渋滞の偏りが生じている時間帯を有し、偏りが生じている渋滞の少ない方の区間において、顕著な渋滞が発生していない箇所として浜崎橋 JCT, 竹橋 JCT,

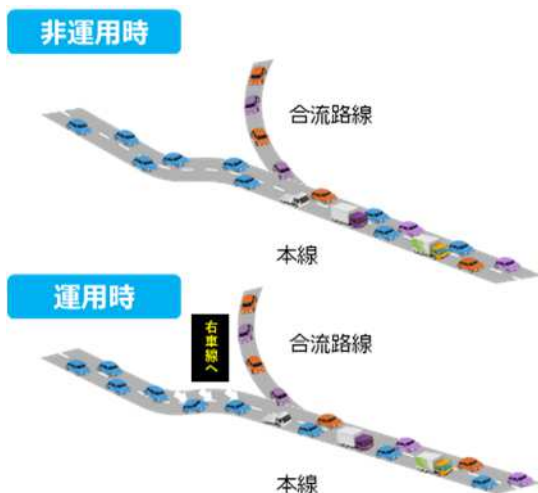


図-2 車線誘導対策イメージ



図-3 浜崎橋 JCT 概要図

西新宿 JCT を抽出した。これらの JCT 合流部の使用データは、横浜北西線開通後で渋滞の多い 2021 年 3 月の平日平均データとした。

(1) 浜崎橋 JCT

浜崎橋 JCT は、都心環状線外回りの 2 車線に 1 号羽田線上りの 2 車線が合流する形態である。概要図を図-3 に示す。

図-4 の速度変動図より、7 時頃から速度低下が生じ、8 時半頃が最も低下しているが、特に 1 号羽田線の速度低下が顕著である。また、15 時頃から速度低下が生じている。

続いて、浜崎橋 JCT 合流部を起点とする渋滞影響を確認するため、速度コンター図を図-5 に整理した。速度変動図からも確認されている 7 時頃からの速度低下では、都心環状線外回りの渋滞影響はほぼ見られないが、1 号羽田線上りの渋滞は延伸している。

交通量の立ち上がり と車線数に応じた合流比率を



図-4 速度変動図 (浜崎橋 JCT)

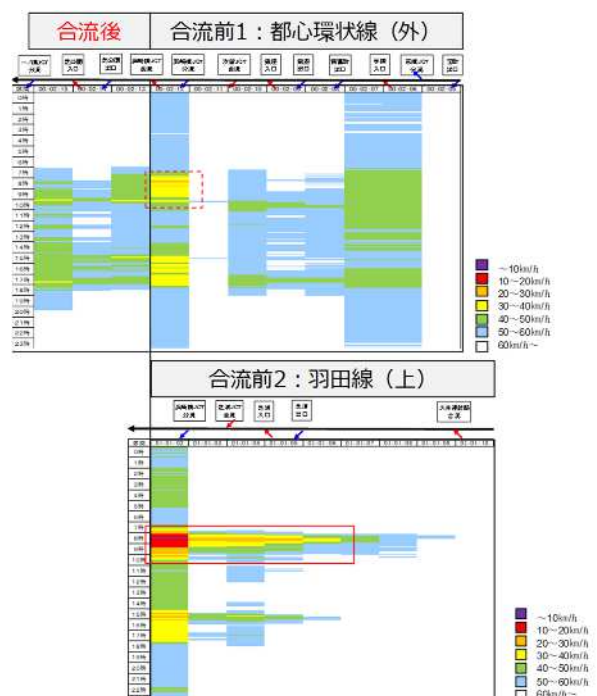


図-5 速度コンター図 (浜崎橋 JCT)

図-6 に整理した。朝の交通量の立ち上がりに着目すると、1号羽田線上りの合流比率が高くなっている。

(2) 竹橋 JCT

竹橋 JCT は、都心環状線外回りの 2 車線に 5 号池袋線上りの 1 車線が合流する形態である。概要図を図-7 に示す。

図-8 の速度変動図より、都心環状線外回りの速度変化はみられないが、5 号池袋線上りでは 6 時半頃から速度低下が生じている。

続いて、竹橋 JCT 合流部を起点とする渋滞影響を確認するため、速度コンター図を図-9 に整理した。速度変動図からも確認されている 6 時半頃の速度低下では、都心環状線外回りの渋滞は影響がほぼ見ら



図-6 交通量変動図・合流比率 (浜崎橋 JCT)

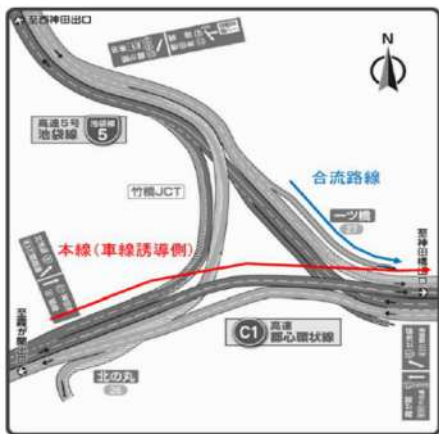


図-7 竹橋 JCT 概要図



図-8 速度変動図 (竹橋 JCT)

れないが、5 号池袋線上りの渋滞は延伸している。交通量の立ち上がりと車線数に応じた合流比率を図-10 に整理した。昼間の時間帯では、5 号池袋線上りの合流比率が車線数比より高くなっている。

(3) 西新宿 JCT

西新宿 JCT は、4 号新宿線下りの 2 車線に中央環状線の 1 車線が合流する形態である。概要図を図-11 に示す。

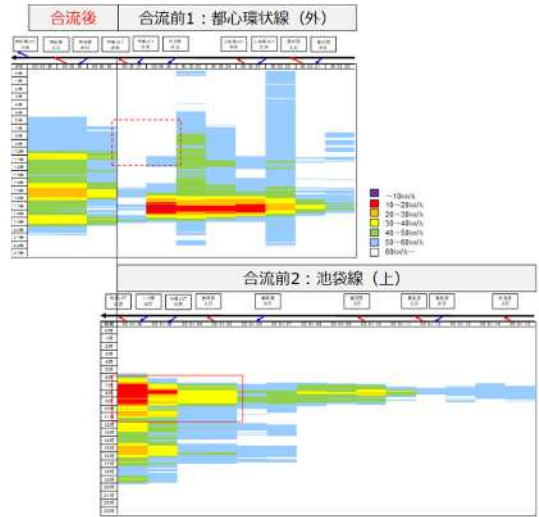


図-9 速度コンター図 (竹橋 JCT)

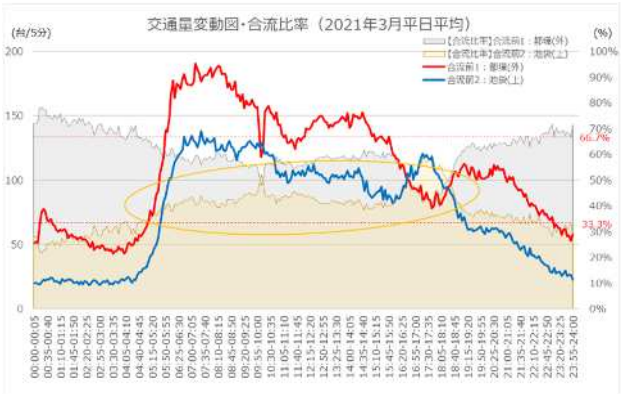


図-10 交通量変動図・合流比率 (竹橋 JCT)

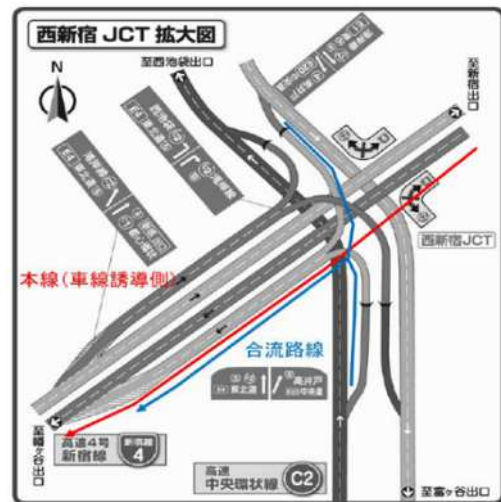


図-11 西新宿 JCT 概要図

図-12 の速度変動図を確認すると、7 時頃から速度低下が生じ、8 時頃が最も低下しているが特に中央環状線の速度低下が顕著である。また、14 時半頃から速度低下が生じており、19 時頃が最も減少している。

続いて、西新宿 JCT 合流部を起点とする渋滞影響を確認するため、速度コンター図を図-13 に整理した。速度変動図からも確認されている 14 時半頃からの速度低下では、合流前の両方面において、渋滞延伸が確認された。一方で 7 時頃の速度低下では 4 号新宿線下りの渋滞はほとんど影響がないが、中央環状線の渋滞は延伸している。

交通量の立ち上がりや車線数に応じた合流比率を図-14 に整理した。朝の交通量の立ち上がりから夕方までに着目すると、中央環状線の合流比率が車線数比より高くなっている

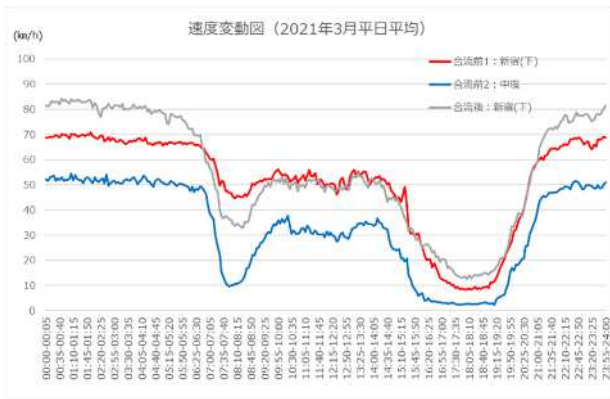


図-12 速度変動図 (西新宿 JCT)

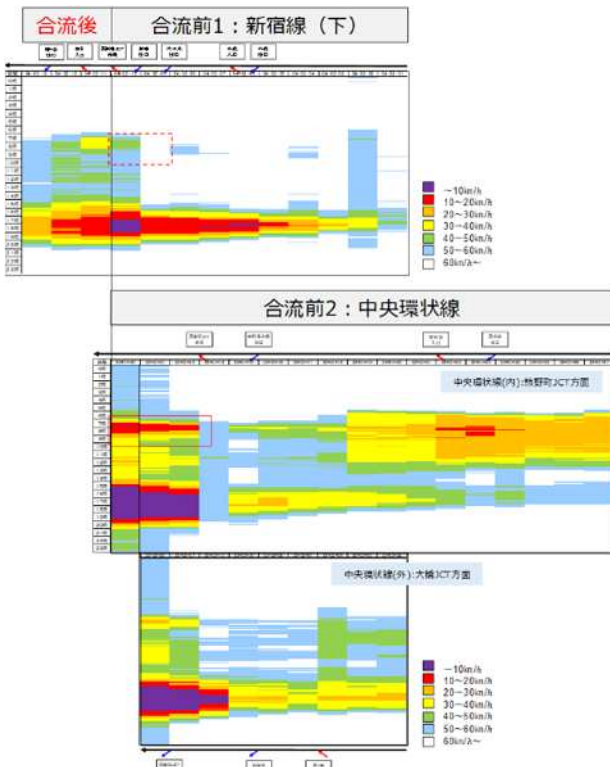


図-13 速度コンター図 (西新宿 JCT)

3. 車線誘導対策の効果に関する試算

(1) 効果試算の方法

分析箇所(浜崎橋 JCT, 竹橋 JCT, 西新宿 JCT)における車線誘導対策の導入効果について、交通容量を変数とした混雑発生状況予測手法を用いて予測した。当手法は、需要交通量、交通容量、交通密度の関係から滞留状況を予測し、図-15 に示す通り渋滞長を算出する。交通容量は、渋滞が発生する前(渋滞発生時交通容量)、渋滞発生中(渋滞発生後交通容量)の交通容量を設定した。渋滞が解消した後は、再び渋滞が発生する可能性を考慮して、渋滞発生時交通容量を設定した。交通容量算出の際の渋滞発生時刻の定義は、ボトルネックの直近上流部の速度が臨界速度以下となっているか確認を行い、下回る時間帯を渋滞と定義した。

需要交通量は、混雑長(速度 40km/h 以下の区間長)と自由流時密度・渋滞時密度から超過需要を算出し、実際の捌け交通量に加減することで需要交通量を算出した。

交通密度は、合流前の各路線において自由流密度と混雑時密度をそれぞれ計測した。西新宿 JCT の中央環状線においては、渡り線において 1 車線となるが上流側の本線部 2 車線区間で密度は計測した。



図-14 交通量変動図・合流比率 (西新宿 JCT)

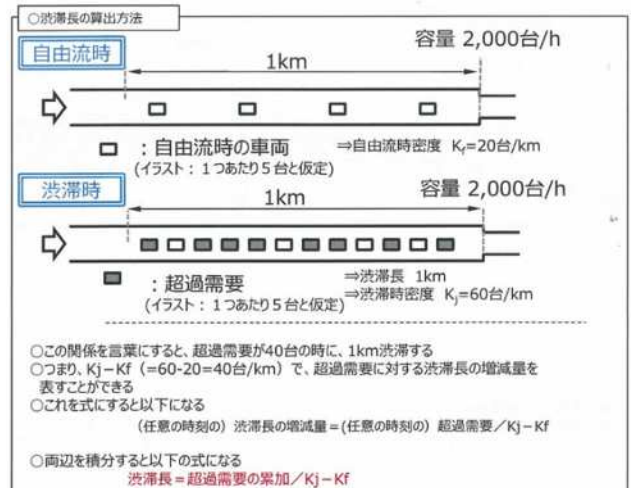


図-15 渋滞長の算出方法

車線誘導対策による車線利用率の変化については、過去に葛西 JCT（中央環状線内回りと外回りの合流部）において 2014 年 2～4 月に行った実験結果より、路面表示（路面矢印）及び看板の設置によって対策設置区間前後の車線利用率が 4.5% 変化することが確認されている。よって、車線誘導対策による変化にこの車線利用率の変化を用いて計算し、車両が空いたスペース分合流路線の交通容量が増加するものとし、合流後の交通容量は変化がない（つまりその合流前の本線の交通容量が減少する）仮定で試算を行った。

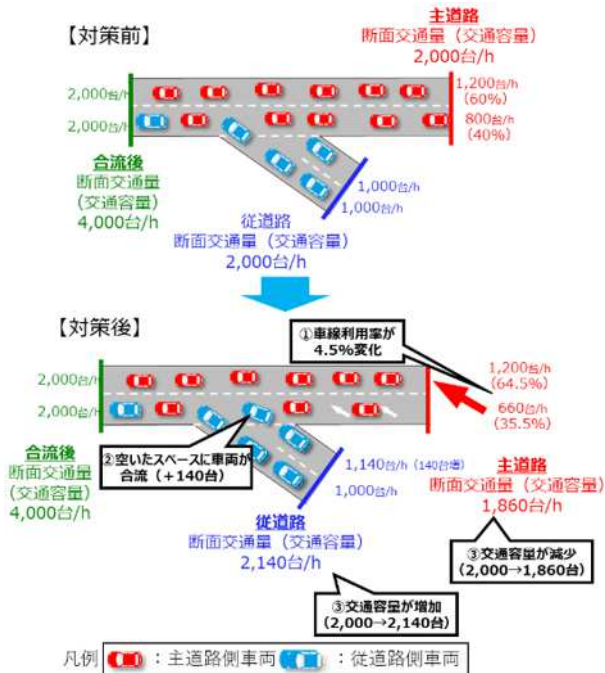


図-16 交通容量の設定方法 (対策効果)

交通容量の設定方法を図-16 に示す。なお、使用した車線利用率を図-17～図-19 に示す。竹橋 JCT の 5 号池袋線りについては、1 車線のため車線利用率はない。また西新宿 JCT の中央環状線は 2 車線区間の車線利用率を示す。

(2) 対策時間及び試算結果

試算については、前章同様 2021 年 3 月の平日平均データを使用した。対策時間は 30 分毎に試算を行い、対策後の混雑長（両方向の合計）が最も短くなる時間帯を選定した。選定した対策時間と最大混雑長の変化、混雑量の変化を表-1 に示す。



図-18 車線利用率 (竹橋 JCT)



図-19 車線利用率 (西新宿 JCT)

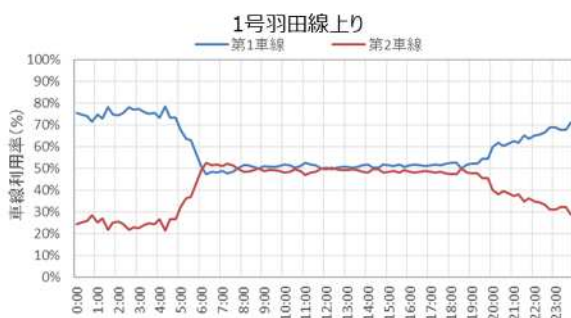


図-17 車線利用率 (浜崎橋 JCT)

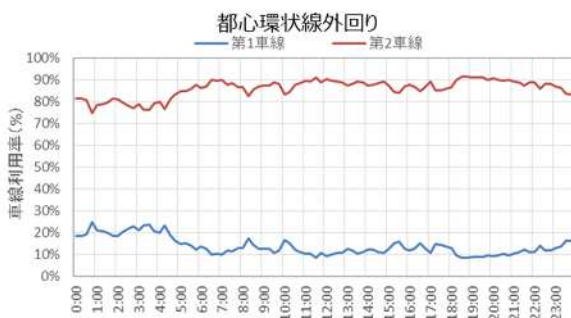


表-1 混雑長の変化

	浜崎橋 JCT	竹橋 JCT	西新宿 JCT
対策時間	7:00～10:00 13:30～18:00	6:30～15:30	6:30～11:30
最大混雑長の変化 (混雑側)	4.2km →3.3km (-0.9 km)	4.8km →0.6km (-4.2 km)	1.8km →0.5km (-1.3 km)
最大混雑長の変化 (非混雑側)	0.0km →0.0km (±0.0km)	0.0km →0.0km (±0.0km)	0.7km →3.0km (+2.3 km)
混雑量の変化 (両方向) (対策時間のみ)	9.8km・時 →3.4km・時 (-6.4km・時)	19.6km・時 →0.5km・時 (-19.1km・時)	12.0km・時 →0.1km・時 (-11.9km・時)

また、図-20～図-22 に最大混雑長のイメージと混雑長の推移を示す。

この結果、竹橋 JCT では一定の効果が期待できるが、浜崎橋 JCT、西新宿 JCT は竹橋 JCT と比較すると効果が少ないことが確認できた。その要因として、浜崎橋 JCT については、もともと合流する側の 1 号羽田線が 2 車線合流のため一定量の交通容量が確保されていることと、合流される側の都心環状線の第 1 車線の利用率が 1～2 割程度しかないことから、大きな交通容量の増加が期待できないことが考えられ

る。また、西新宿 JCT については 4 号新宿線の交通量が比較的多いため、車線誘導対策を実施すると 4 号新宿線に混雑が発生することから、効果が少ないと考えられる。

上記検討を踏まえ竹橋 JCT を対策箇所として車線誘導対策の更なる検討を行う。

4. 運用方法の検討

交通状況に応じた車線誘導対策の運用方法については、前章で検討したような過去の交通状況に応じて運用時間を決定するタイマー制御と実際の交通状況に応じてリアルタイムで運用するトラカン連動が考えられる。それぞれのメリット、デメリットを表-2 に示す。

トラカン連動は、実際の交通状況に合わせて運用を行うことからタイマー制御と比較してより効果が高いことが想定され、事故や故障車等による異常な交通状況の時に運用停止が可能であることからメリットが大きいと考えられるが、実際の交通状況を把握する機能を付加する必要がある。そのため、竹橋 JCT について、同じ期間においてタイマー制御を行った場合とトラカン連動を行った場合の効果について

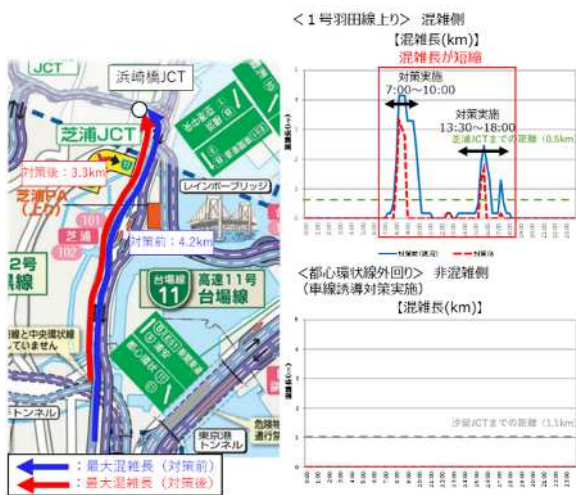


図-20 最大混雑長イメージ図と推移（浜崎橋 JCT）



図-21 最大混雑長イメージ図と推移（竹橋 JCT）

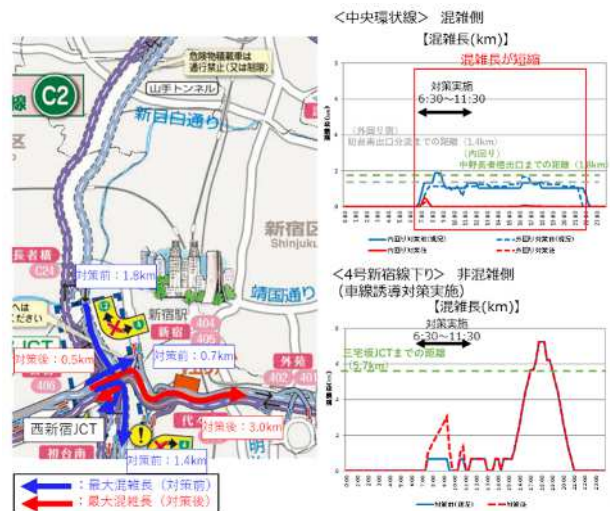


図-22 最大混雑長イメージ図（西新宿 JCT）

表-2 運用方法比較

運用方法	タイマー制御	トラカン連動
運用方法	過去の渋滞状況に応じて運用時間を固定	実際の速度に応じて運用を変更
メリット	車両感知器の設置が必要無い 時間設定のみなので運用設定が容易	渋滞状況に応じて運用を変更できるため、より効果が出やすい 事故や故障車等の異常時にも対応可能
デメリット	必ずしも日々の渋滞状況と合わないため、効果が出にくい 事故や故障車等の異常時にも運用されてしまう	車両感知器の設置が必要 運用方法が複雑になるためソフト、ハードともに検討が必要

試算による比較を行った。試算の概要を表-3 に示す。
 渋滞予測結果の 3 月 16 日の例を図-23、図-24 に示す。午前中はどちらの対策も実施されるため概ね同等の傾向であるが、19 時台ではトラカン連動のみで対策が実施されるため、トラカン連動のみ渋滞が減少する効果が出ている。一方で、14 時台はトラカン連動が運用していないため、トラカン連動のみ主道路側（本線）への影響を抑制できる。

5. 運用デバイスの検討

運用デバイスについて、表-4 に整理した。現状、固定的な車線誘導デバイスとして看板や路面表示があることから、それらを可変にした路側表示板や路面表示について整理するとともに新たなデバイスとしてスピーカーによる音声での車線誘導や個別の車両に対応したアプリ、カーナビについても整理した。
 最も効果が高いのは、確実に運転手の目に入る路面表示だと考えられるが、埋め込み型では路面に影響があり、照射型では渋滞の少ない夜間しか視認できない問題がある。他のデバイスは路側での表示や音声で車線誘導するため強制力は路面表示より劣ることが想定されるが、路面への影響は無く昼間でも実施可能なため、導入可能性が高いと考えられる。

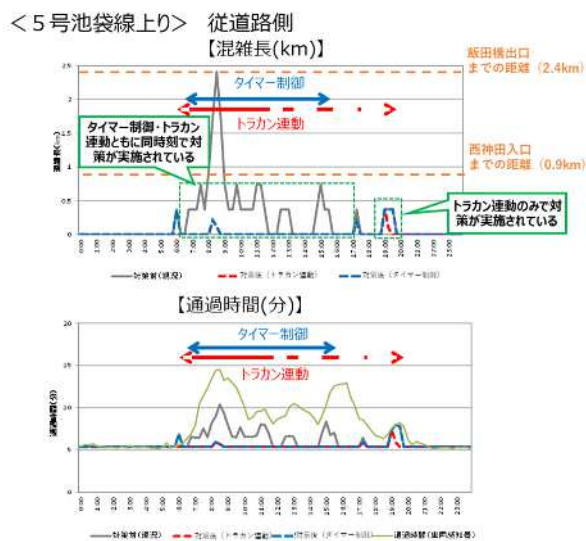


図-23 5号池袋線上路側簡易渋滞予測 (3月16日)

6. mew-ti を活用した車線誘導手法の検討・開発

前章までの車線誘導対策の検討を受けて、竹橋 JCT を対象とした車線誘導手法の検討・開発を行った。

車線誘導情報の提供媒体は今後主要な情報提供媒体となるカーナビ、アプリでの運用を想定して、mew-ti アプリとした。mew-ti とは、首都高技術株式会社が提供するリアルタイム交通情報サービスの総称であり、PC、スマートフォンのウェブサイトやスマートフォンアプリにおいて、リアルタイムの首都高の交通情報機能を提供しているリアルタイムルート検索、また mew-ti アプリでは GPS 連動が可能となっており、GPS でルート検索を行うことで、走行中にこの先の急カーブ等の注意地点をお知らせする機能がある。ここでは、リアルタイム交通情報と GPS 連動機能を使用し、車線誘導手法を検討した。

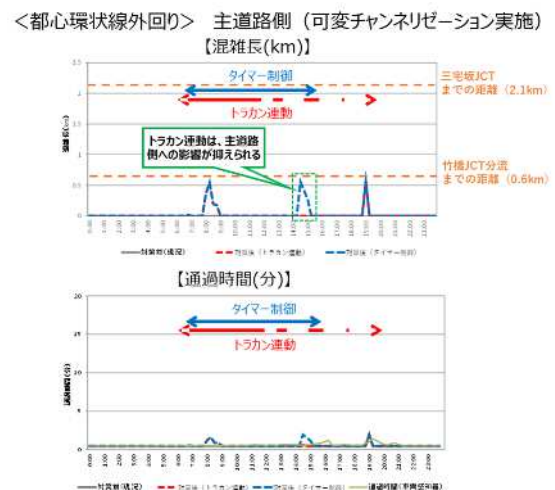


図-24 都心環状線外回り簡易渋滞予測 (3月16日)

表-3 車線誘導運用試算概要

対象日	2021/3/15(月)~19(金)
運用時間 (タイマー制御)	各日 6:30-15:30 (前章の結果より)
運用時間 (トラカン連動)	合流路線が 40 km/h 未満かつ本線が 40 km/h 以上の時間帯

表-4 運用デバイスの概要

	メリット	デメリット
埋め込み型路面表示	路面に表示するため見逃しにくい	デバイス上を車両が通過する (段差, スリップ, 耐久性等) 舗装内に配線が必要
照射型路面表示	路面に表示するため見逃しにくい	昼間に視認できない (トンネル内は視認可能)
路側表示板	技術が確保されているため、安価に設置が可能	路側に表示するため見逃す可能性がある
スピーカー	聴覚は取捨選択できないため、聞き逃しにくい	騒音対策が必要 (指向性スピーカー等)
アプリ, カーナビ	画面と音声の両方で案内するため効果が高い	利用者が限定される

(1) 使用するデータ

前章の検討において、トラカン連動の有意性がみられたことを踏まえて mew-ti アプリで取得している JARTIC の配信データを使用したリアルタイムの情報提供の検討を行った。

JARTIC の配信データのうち、車線誘導手法へ活用できる情報としては、「簡易図型 (RYG) データ」と「所要時間データ」があるが、「簡易図型 (RYG) データ」は道路交通情報 (RYG) を地図に表示できるデータであるため、数値情報ではない。一方、「所要時間データ」は区間毎の所要時間がテキスト情報で配信されているため、区間長を用いれば速度による詳細な閾値設定が可能になる。以上より、「所要時間データ」を用いて検討することとした。

(2) 情報提供の条件

a) 対象ユーザー

竹橋 JCT 分流手前では、都心環状線外回りへ走行するユーザーをターゲットにする必要があるが、5号池袋線下り方面へ向かうユーザーも存在する。また



図-25 情報提供速度



【音声】

♪この先、竹橋JCT左から合流があります。右車線をご利用ください。

図-26 情報提供内容

GPS では、反対車線のユーザーに提供される可能性もあることから本機能は mew-ti アプリの「所要時間・ルート検索 (GPS 連動)」を利用し、都心環状線外回り方面の OD を検索しているユーザーを対象とした。

b) 情報提供速度

車線誘導情報を提供するにあたっては、5号池袋線上りからの合流側が混雑し、合流される本線側の都心環状線外回りが自由流であり、かつ、先詰まりがないタイミングとなる。5号池袋線上りの当該区間は規制速度が 40km/h であるため、規制速度を自由流とし、規制速度未満を混雑とした。都心環状線外回りの当該区間は規制速度が 50 km/h であるため、40 km/h 以下を混雑とした (図-25)。また、閾値は変更可能である。

c) 情報提供範囲

JCT 直近での情報提供を踏まえて竹橋 JCT 合流部手前約 1.0 km までを情報提供範囲と設定した。

(3) 情報提供の内容

情報提供の内容は、現地に設置されている案内標識や注意喚起看板を確認した上で検討した。なお、情報提供はスマートフォン画面によるポップアップと音声による案内とした。ポップアップについては、他の安全対策のポップアップ同様、黄地に黒字とした (図-26)。図-27 は、竹橋 JCT にて mew-ti アプリにて情報提供した写真である。

7. まとめ

本稿では JCT 合流部の車線運用を交通状況に応じて変化させる交通データを活用した車線誘導による渋滞対策の導入に向けて、導入した場合の効果が高い JCT として竹橋 JCT の都心環状線外回りと 5号池袋線上りの合流部を選定した。また、車線誘導情報の提供媒体として、先行的に mew-ti アプリにおいて検討・開発を行い、2022年12月21日より運用を開始した。



図-27 実際の情報提供写真

現状では、mew-ti アプリの GPS 連動機能を使用しルート検索をした利用者のみ車線誘導情報が配信されるため、利用者が限られてしまうといった課題がある。

今後については、将来的なカーナビや自動運転車両への展開を見据えて、mew-ti アプリを使用した動的な車線誘導手法について提供実績や提供時の交通

状況、ログデータ等を整理し、効果的な車線誘導対策を検討していく。なお、首都高ではこれまであらかじめ決められた時間による合流部での車線誘導対策は行った実績はあるが、交通データを活用したりアルタイムでの合流部における車線誘導対策は初めての試みとなる。

(Received ?)

(Accepted ?)

STUDY AND DEVELOPMENT OF A DYNAMIC LANE GUIDANCE METHOD AT THE MERGE OF CITY EXPRESSWAYS

Yui EMORI, Yoshikazu TANAKA, Rikuta YAMAMOTO, Yoshihiro KAWANO,

Yu HAYASHI, Honoka INDA

Junctions are one of the causes of traffic congestion on the Metropolitan Expressway. We are considering the Approach to reduce traffic congestion through lane guidance using real-time traffic data. We selected Junctions with high effectiveness and estimated the effect of the Approach. The operational method and conditions for providing information on the dynamic lane guidance measures using traffic data were determined for “mew-ti”, a real-time traffic information service provided by Shutoko Engineering Co., Ltd., and the service was launched on December 21, 2022.