

高速道路渋滞区間における所要時間変動の影響要因分析とパターン化について

奥野 裕司¹・大槻 剛士²・澤田 英郎³・稲田 悠⁴

¹非会員 西日本高速道路エンジニアリング関西(株) 交通・環境技術部 (〒567-0032 大阪府茨木市西駅前町5-4)
E-mail: y_okuno@w-e-kansai.co.jp

²非会員 西日本高速道路(株) 関西支社 保全サービス事業部 交通計画課 (〒565-0805 大阪府吹田市清水15-1)
E-mail: t.otsuki.aa@w-nexco.co.jp

³正会員 西日本高速道路エンジニアリング関西(株) 交通・環境技術部 (〒567-0032 大阪府茨木市西駅前町5-4)
E-mail: h_sawada@w-e-kansai.co.jp

⁴正会員 西日本高速道路エンジニアリング関西(株) 交通・環境技術部 (〒567-0032 大阪府茨木市西駅前町5-4)
E-mail: y_inada@w-e-kansai.co.jp

高速道路の所要時間情報の現状として、車両が発進と停止を繰り返す超低速状態の渋滞時には、計算される所要時間と利用者が経験する所要時間が合わないといった課題がある。そこでNEXCO西日本 関西支社では、待ち行列理論を参考にした計算式による新たな算出方法の検討を行っている。この方法で問題となるのは、同一区間・同一渋滞長であっても、渋滞の発生過程や渋滞先頭の規制状況等によって大きく所要時間が変動することであり、一意のパラメータでは正確に所要時間を算出できないことにある。そこで筆者らは、実際の渋滞発生時を対象にETCデータから実所要時間を算出し、渋滞データ及び交通規制データとの関連付けを通して所要時間変動に与える影響要因について分析した。さらにその分析結果から所要時間を適切に算出するためのパターン分類を行った。

Key Words : traffic congestion, time required, change factor analysis, accuracy improvement

1. はじめに

高速道路では、利用者のルート選択判断や高速道路利用判断、休憩施設利用判断等を支援することを目的に、情報板やハイウェイラジオ、情報ターミナル、ETC2.0等の様々な媒体を用いて所要時間情報の提供を行っている。この所要時間情報に関して、例えば事故や工事により車線規制を実施し、車両が発進と停止を繰り返すような超低速状態での渋滞の発生時において、計算される所要時間と実際の走行時間が合わないといった課題がある。

そこでNEXCO西日本 関西支社では、工事渋滞時における所要時間情報の精度向上を目指し、更に事故渋滞時における所要時間情報の提供にも対応することを目的に、先進事例等¹⁾²⁾を参考に待ち行列理論を参考にした計算式による新たな算出方法（以下、新たな算出方法と略記する）の検討を行っている。本研究は、新たな算出方法が抱える課題を明らかにした上で、所要時間の変動に与える影響要因を分析し、所要時間を適切に算出するための計算式設定のパターン分類を行った。本稿はこれら分析方法の概要とその結果について報告するものである。

2. 新たな算出方法の概要とその課題

(1) 新たな算出方法の概要

新たな算出方法は、算出式(1)のとおり、渋滞渦中の車両台数を捌け交通量で除することにより、渋滞通過時間（渋滞末尾の車両が渋滞を通過するのに必要な時間）を算出するものである。（図-1）

$$T = \frac{\sum(L \times N \times K)}{Q} \quad (1)$$

ここに

T : 渋滞通過時間 (時)

L : N車線区間の渋滞長 (km)

N : 車線数

K : 1車線当りの交通密度 (PCU/km/車線)

Q : 渋滞捌け交通量 (PCU/時)

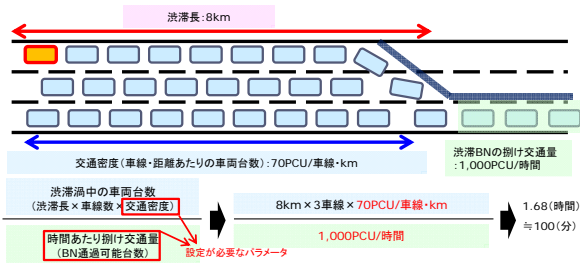


図-1 新たな算出方法による所要時間算出例

(2) 新たな算出方法の課題

図-1に示すとおり、新たな算出方法では設定が必要なパラメータ（交通密度・捌け交通量）がある。

一方で課題となるのは、例えば同一区間・同一渋滞長の渋滞であっても、所要時間が大きく変動することである。具体例として、図-2は過去に実際に発生した渋滞について実所要時間の変動を示したものである。対象区間は中国道 下り 中国池田IC→宝塚IC、集計条件をIIC区間内全渋滞時（この区間では5.9km渋滞している場合を対象）とし、実所要時間のヒストグラムを示している。これを見ると、全区間渋滞時の所要時間は6分～35分と幅広く分布していることがわかる。つまり、算出式への一意のパラメータ設定では、1つの所要時間しか算出されないため、こうした幅広く分布した所要時間を正確に算出できないことを意味する。

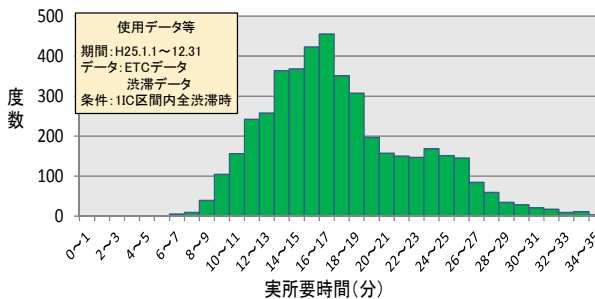


図-2 中国道①中国池田→宝塚全区間渋滞時の実所要時間のヒストグラム

3. 所要時間変動の影響要因分析

(1) 目的

「2. 新たな算出方法の概要とその課題」で述べたとおり、新たな算出方法に対して、一意のパラメータ設定では正確に所要時間を算出できない。そこで、所要時間の大きさに影響を与える項目（以下、影響要因と略記する）を選定し、影響要因から渋滞をパターン分類し、パターンごとに適切なパラメータを設定することで、正確な所要時間の算出を行うこととした。（図-3）ここでは、実際の渋滞発生時を対象に、所要時間に影響を与えると

考えられる各種要因との関連性を分析し、パターン分類のための影響要因を選定する。

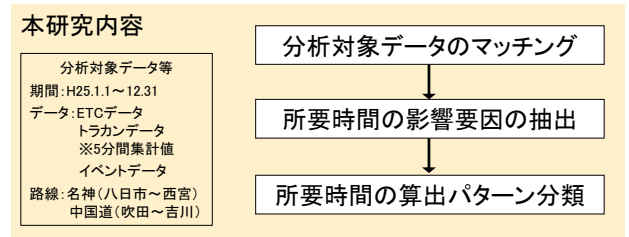


図-3 本研究の流れ

(2) 分析方法

所要時間の影響要因を選定する条件として、分析単位の統一を行った。具体的には、方向別隣接IIC区間ごととし、更に渋滞長の違いによる影響を除外するため（渋滞長が長いほど所要時間は大きくなる）IIC区間内が全て渋滞した時のみを分析対象とした。（図-4）

分析方法は、分析対象である個々のIIC区間全渋滞時に対して5分ごとに、ETCデータから利用者が実際に経験した所要時間を、イベントデータ（交通規制履歴や渋滞履歴、事故履歴などの情報を集約したデータ）から渋滞及び交通規制情報を、トラカンデータから5分間の交通量・平均速度・提供所要時間情報（トラカン同時刻和）等をそれぞれ抽出し、それらを時空間的にマッチングすることで分析データを作成した。そして、所要時間と各種データ（渋滞、規制等）との関連性を、所要時間の変動や分布形状の違いから読み取ることとした。

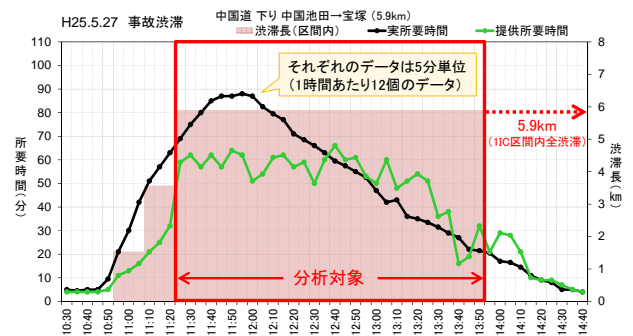


図-4 所要時間変動の影響要因分析のデータイメージ

(3) 影響要因分析結果

a) 影響要因① 車線の絞込みによる渋滞

図-5は、中国道①中国池田→宝塚（3車線区間）における渋滞を対象に、ボトルネックの通過可能車線数が2車線（1車線規制）の際の実所要時間を集計したものである。これを見ると、同一区間・同一渋滞長・同一のBN通過可能車線数（ここでは2車線）であっても、車線絞込みによる渋滞（規制端が先頭の渋滞）の方が、連続車線規制の途中が渋滞より、実所要時間が大きくなるこ

とがわかる。

以上より、渋滞の先頭（ボトルネック）位置における車線絞込みの有無を、所要時間の影響要因の1つとして選定した。

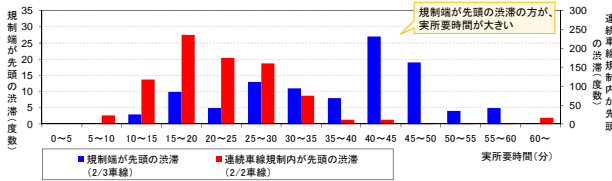
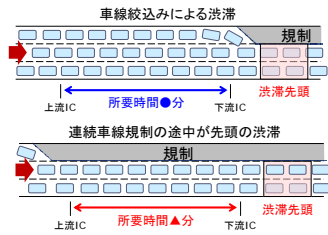


図-5 ボトルネックの通過可能車線数が2車線（1車線規制）での車線絞込みによる所要時間の比較結果（中国道⑩中国池田→宝塚（3車線区間））

b) 影響要因② 絞込みの構造

図-6は、中国道⑩中国池田→宝塚のH25年5月27日発生の事故渋滞を対象に、渋滞区間走行中の規制状況と実所要時間の変動をグラフに示したものである。また、図-7は同区間の事故渋滞においてH25年1年間のデータから渋滞区間走行中の規制状況と実所要時間（中央値）の関係を整理したものである。これを見ると、同一区間・同一渋滞長であっても、渋滞区間走行中に規制状況が変わることで実所要時間が変化し、具体的には全車線数に対する規制車線数の割合が高い方が、所要時間が大きくなっていることがわかる。

以上より、交通規制における車線絞込みの構造（全車線数と規制車線数の関係）を、所要時間の影響要因の1つとして選定した。ただし留意点として、将来の規制が変更される時刻が予測不可能であるため、渋滞区間走行中の規制状況をリアルタイムに計測できないことが挙げられる。

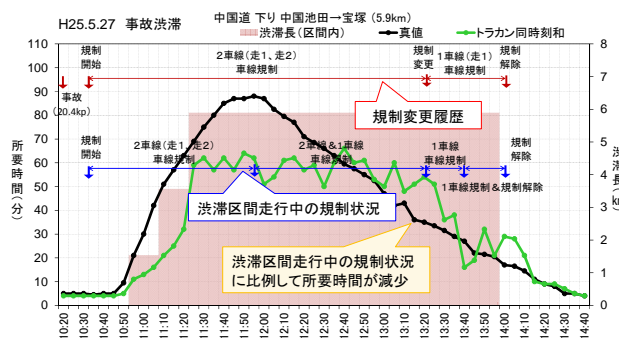


図-6 事故渋滞の規制車線数の変更に伴う所要時間の変動例

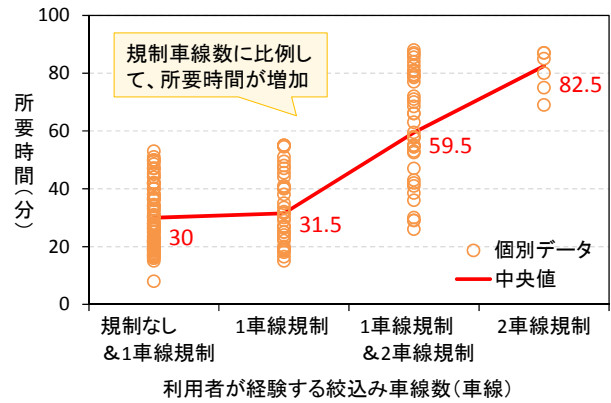


図-7 渋滞区間走行中の規制状況と所要時間（中国道⑩中国池田→宝塚（3車線区間）（事故渋滞））

c) 影響要因③ 全体渋滞長の増減

図-8は中国道⑩中国池田→宝塚の1車線連続規制の工事渋滞時を対象に、H25年1年間のデータから全体渋滞長の増減と、中国池田→宝塚の所要時間の関係を整理したものである。これを見ると、同一区間・同一渋滞長であっても、渋滞増加時は渋滞縮小時よりも実所要時間が大きくなっていることがわかる。

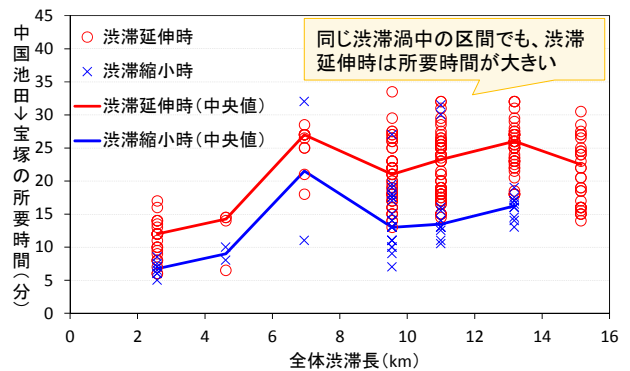


図-8 全体渋滞長のマクロな増減と所要時間の関係（1車線連続規制の工事渋滞）（中国道⑩中国池田→宝塚（3車線区間））

こうした全体渋滞長の延伸時に所要時間が大きくなる要因として、下記の2つの仮説が考えられる。

仮説① 渋滞判定のトラカンの2kmピッチ、5分更新なので、計測データとして同じ渋滞長であっても、渋滞延伸時は縮小時に比べて、利用者が通過する渋滞長は長くなっている。その結果、渋滞上流からの通過時間は長くなる。

仮説② 渋滞延伸時は、本線上流からの交通だけでなく、各ICからの流入交通も多く、合流錯綜が発生する可能性が高い。そのため、同じ渋滞長

であっても、本線交通がスムーズに流れなくなり、その結果渋滞渦中での通過時間が長くなる。

以上より、全体渋滞長の増減を所要時間の影響要因の1つとして選定した。

d) その他の影響要因について

その他の所要時間の影響要因として、「渋滞種別（工事渋滞、事故渋滞、交通集中渋滞、その他渋滞）」や「平日休日別」についても分析を行ったが、上記の影響要因①～③に比べて所要時間への影響が小さかったため、影響要因としては設定しないこととした。

4. 所要時間の算出パターン

影響要因分析結果をもとに、所要時間の算出パターンを検討した。パターンとして、影響要因①～③の全ての組合せを採用することも考えられたが、影響要因間の関係性や所要時間に与える影響の大きさが要因で異なることを踏まえ、段階的な渋滞の分類方法を設定することとした。その結果、図-9に示すフローにより分類される9つの所要時間算出パターンを作成した。

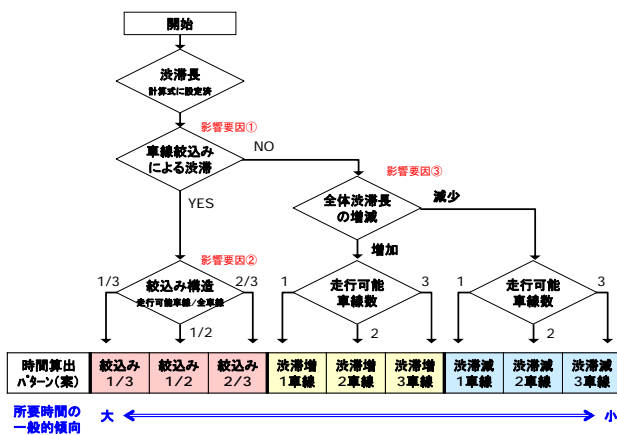


図-9 所要時間の算出パターン

5. まとめ

(1) 成果

本稿では過去の渋滞発生時を対象に、ETCデータから実所要時間を算出し、渋滞データ及び交通規制データとの関連付けを通して所要時間変動に与える影響要因について分析を行った。その結果、①渋滞の先頭（ボトルネック）位置における車線絞込みの有無、②交通規制における車線絞込みの構造（全車線数と規制車線数の関係）、③全体渋滞長の増減の3つの要因が、所要時間の変動に影響を与えることが確認できた。

さらにその分析結果から、所要時間を適切に算出するためのパターン分類を行った。

(2) 今後の課題

今後は各パターンについて、実績データから算出式のパラメータ（捌け交通量、交通密度）を設定し、過去の渋滞発生時を対象に、新たな算出方法で計算される所要時間と、実際の所要時間（真値）の比較等によりロジック及び設定値の精度検証、設定見直しを行っていく予定である。

また各パターンについて、実所要時間の真値と提供所要時間（トラカン同時刻和）との乖離状況を整理し、新たな算出方法適用の必要性を判断する。つまり、新たな算出方法の適用が必要な「渋滞」を見極め、新たな算出方法の運用方法についても検討していく予定である。

謝辞：本稿は、「関西支社管内 交通管制に関する研究委員会」において、東京工業大学大学院理工学研究科 朝倉教授、京都大学大学院工学研究科 宇野准教授、岐阜大学工学部 倉内教授をはじめ、関係各位のご指導のもと、とりまとめたものであり、ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 交通工学研究会：交通工学ハンドブック 2013
- 2) 鶴元史，木村真也，石山静樹，米川英雄：待ち行列論による高速道路の所要時間算定，土木計画学研究会講演集 vol.50, 2014.

(2016. 4. 22受付)

ANALYSIS AND PATTERNING OF FACTORS AFFECTING FLUCTUATIONS OF THE TIME REQUIRED TO PASS A CONGESTED SECTION OF EXPRESSWAY

Yuji OKUNO ,Takeshi OTSUKI ,Hideo SAWADA and Yu INADA