

渋滞の誤判定削減を目的とした 交通管制システム運用改善の取組み

内藤 誠一郎¹・鶴 元史²・早河 辰郎³

¹非会員 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1-8-11)

E-mail:s.naitoh.a@c-nexco-hen.jp

²非会員 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1-8-11)

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

³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)

E-mail:t.hayakawa.ac@c-nexco.co.jp

高速道路の経路選択時に必要な情報として渋滞情報があり、この根拠となる渋滞判定を精度良く行うことは、お客さまと道路管理者双方にとって重要な意味を持つといえる。交通管制システムには収集データの精度向上を目的としたデータチェック機能が存在するにもかかわらず、渋滞の発生が考えにくい区間や交通量の少ない時間帯においてしばしば渋滞を誤判定し、望ましくない情報提供を行っているケースが存在する。本稿ではこの渋滞の誤判定削減を目的として、計測された車両感知器データをもとに行われる渋滞判定処理を考慮し、交通管制システムの車両感知器データチェック処理と渋滞判定ロジック見直しを検討した。また、見直し結果を適用し渋滞誤判定の改善効果を試算した結果、約1割の誤判定渋滞が減少することを確認した。

Key Words : *Vehicle Detector Data, Traffic Congestion Judgement, Traffic Operation System*

1. はじめに

中部圏では数年後に、名古屋第二環状自動車道、東海環状自動車道が全通するなど、高速道路網の整備が進展し、都市部では複数経路からお客さまが望む経路を選択できるようになる。この時、お客さまの経路選択へ及ぼす影響の大きい情報として渋滞情報が挙げられる。道路交通状況に応じて、道路管理者が正確な情報を提供し適切な経路選択を促すことは、より多くのお客さまに満足いただけるだけでなく、道路管理者の視点から道路網全体を有効活用し、渋滞の削減など安全・円滑・快適な交通の実現が可能となる。

このように、渋滞情報の根拠となる渋滞判定を精度良く行うことは、お客さまと道路管理者双方にとって重要な意味を持つといえる。

渋滞判定は現在、中日本高速道路株式会社（以下、「NEXCO中日本」）名古屋支社の交通管制システムにおいて、車両感知器データから得られる交通量（Q）、速度（V）および、オキュパンシー（Occ）の計測値を用いて行われている。

交通管制システムには、車両感知器の各データ項目に

ついて計測値ごとにあらかじめ閾値を定め、個々のデータ項目の上下限、ならびに各データ項目の相互関係をチェックし、交通工学の観点から異常値を欠測とすることを目的としたデータチェック機能が存在する。

しかし現状では、このようなデータチェック機能があるにもかかわらず、経験的にみて渋滞の発生が考えにくい区間や、交通量（Q）の少ない時間帯において、しばしば渋滞を誤判定しているケースが存在する。このような要因として、工事やその他の目的で車両が少数かつ低速で走行するといった特殊な交通状況や、車両感知器の機器異常によって生じる突発的な異常値によるものなどがある。このような状況で判定された渋滞情報は、現地を走行するお客さまにとって望ましくない。

渋滞の誤判定を引き起こすような、車両感知器の異常検知方法に関する研究では、首都高速道路における交通管制データ精度向上の取組みとして、遠藤ら¹による交通量と占有時間の関係性から、超音波車両感知器集約情報をを用いた異常検出手法の報告がある。一般道を対象とした研究では弘津ら²による超音波車両感知器について、交通量と占有時間の関係性を用い、自由流と渋滞流で異

なる領域を定義することで、データ異常を判定する手法の報告がある。これらは、機器のメンテナンス向上を目的に、超音波車両感知器について、データ収集時の異常値判定に着目した研究であり、渋滞の誤判定の削減を主な目的として、車両感知器の集約情報を用い、データ収集後に行われる渋滞判定処理まで考慮し、異常値判定の検討を行ったものではない。

他方、車両感知器集約情報を基に行われる所要時間情報や渋滞情報作成に関わる既往研究として、小川ら³⁾による渋滞判定および、所要時間算出に用いる車両感知器データの集計時間の検討がある。この研究報告では、渋滞判定の集計時間について、トレードオフの関係にある情報の安定性および、即時性の観点から分析を行い、最適な1分移動平均集計時間を3分間として報告されている。

本稿では、この既往研究における渋滞判定の集計時間を前提としたうえで、渋滞の誤判定削減を目的として、計測された車両感知器データを基に、車両感知器データチェック処理と渋滞判定ロジックの見直しを行い、その結果の適用による渋滞誤判定の改善効果を確認した。

2. 車両感知器データチェック処理と渋滞判定ロジックの現況

まず本稿の検討を進めるうえで前提となる、NEXCO 中日本名古屋支社の交通管制システムで行われている車両感知器データチェック処理と、渋滞判定ロジックの流れについて述べる。

(1) 車両感知器データチェック処理

a) 上下限チェックの処理方法

車両感知器データ項目に対する個々の収集データチェック機能として、上下限チェックが存在する。この機能は、車両感知器データの計測値に規定範囲外のものがある場合、該当車線の収集周期における車両感知器データ項目をすべて欠測とするものである。

このチェックに関わる車両感知器データ項目別に決められた欠測条件判定式を表-1に示す。この表中に示す欠測条件判定式における閾値は、交通管制システム運用中に設定変更可能なシステム定数（以下、「パラメータ」）である。ここでは各パラメータの詳細値の掲載は割愛するが、この値は交通状況が変化する新規の路線供用などのタイミングにおいて、随時見直しを行っている。

なお、渋滞判定における異常値検出は各計測値の相互関係によって決まるものであり、計測値単独での判断は困難であるため、本稿では見直しの対象外とした。

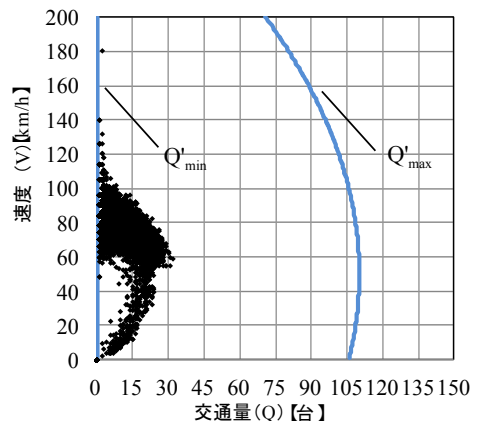
b) 相互関係チェックの処理方法

上記で述べた上下限チェック処理に引き続き、交通デ

ータ (Q, V, Occ) それぞれの相互関係をチェックする機能がある。このチェック機能では交通量・速度複合チェック (図-1)、オキュパンシー・交通量複合チェック (図-2)、オキュパンシー・速度複合チェック (図-3) の各処理を同時に行う。図中の青色線に示すように、複合チェックそれぞれに有効値データ範囲の上限値と下限値が定められており、この有効値データ範囲を定める閾値は、上記a) 上下限チェックの処理方法と同様に、パラメータである。この複合チェックで判定条件を満たさない(有効値データ範囲外となった)場合、欠測となる項目を表-2に示す。複合チェック判定条件を満たさない場合、交通量・速度複合チェックでは交通量 (Q) と大型交通量 (Q_b) および、速度 (V)、オキュパンシー・交通量複合チェックでは、交通量 (Q) と大型交通量 (Q_b) および、オキュパンシー (Occ)、オキュパンシー・速度複合チェックでは、オキュパンシー (Occ) と速度 (V) がそれぞれ欠測となり、その後の渋滞判定を含む交通管制システムの各処理には用いられない。ここからわかるように、交通量 (Q) との相互関係を用いた複合チェックで異常と判定された場合には、交通量 (Q) が欠測になってしまう。交通量 (Q) は各種交通統計資料で使用されており、影響の及ぶ範囲が大きい。このため、本稿では車両感知器データチェック処理の関連チェック処理のうち、交通量 (Q) を用いない「オキュパンシー・速度複合チェック (以下、「Occ・V複合チェック」という))」を対象とし、渋滞の誤判定削減を目的としたパラメータの見直し検討を行った。

表-1 車両感知器データ上下限チェック

| 車両感知器データ項目 | 欠測条件判定式 |
|--------------------------|---|
| 基本交通量Q (台) | $Q > Q_{max}$ または $Q < Q_{min}$ |
| 大型車交通量Q _b (台) | $Q_b > Q_{max}$ または $Q_b < Q_{min}$ |
| 速度V (km/h) | $V > V_{max}$ または $V < V_{min}$ |
| オキュパンシーOcc (%) | $Occ > Occ_{max}$ または $Occ < Occ_{min}$ |

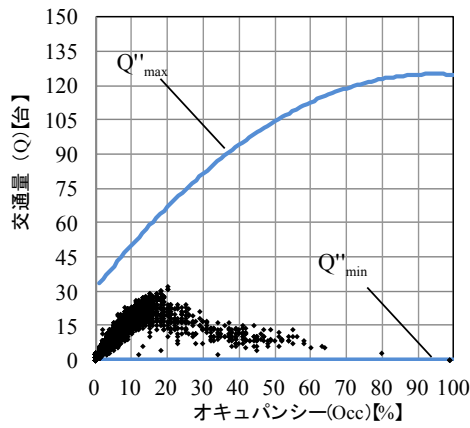


$$Q'_{max} = a_1 v'^2 + b_1 v' + c_1$$

$$Q'_{min} = a_2 v'^2 + b_2 v' + c_2$$

凡例
— : 有効値データ範囲

図-1 交通量・速度複合チェックのイメージ

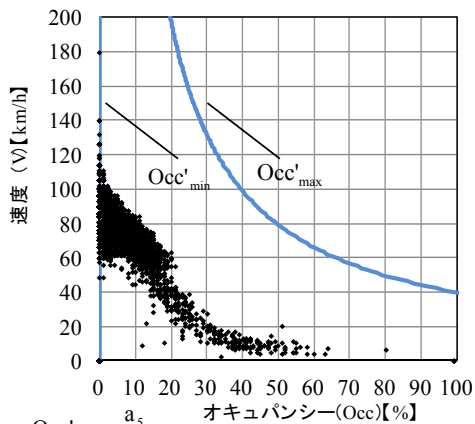


$$Q''_{\max} = a_3 \text{Occ}^2 + b_3 \text{Occ} + c_3$$

$$Q''_{\min} = a_4 \text{Occ}^2 + b_4 \text{Occ} + c_4$$

凡例
— : 有効値データ範囲

図2 オキュパンシー・交通量複合チェックのイメージ



$$\text{Occ}'_{\max} = \frac{a_5}{v'}$$

$$\text{Occ}'_{\min} = \frac{a_6}{v'}$$

凡例
— : 有効値データ範囲

図3 オキュパンシー・速度複合チェックのイメージ

表-2 複合チェック条件と車両感知器情報の欠測項目

| 複合チェックの種類 | 条件を満たさない場合の車両感知器データ欠測項目 |
|---------------------|---|
| 交通量・速度 (Q・V) | 交通量Q (台) 大型車交通量Q _l (台) 速度V (km/h) |
| オキュパンシー・交通量 (Occ・Q) | 交通量Q (台) 大型車交通量Q _l (台) 占有率Occ' (%) |
| オキュパンシー・速度 (Occ・V) | 占有率Occ' (%) 速度V (km/h) |

(2) 渋滞判定ロジックの流れ

交通管制システムにおける一連の渋滞判定ロジックは、図-4に示す手順にしたがって実施される。渋滞判定には車両感知器ごとの1分間データ（以下、「1分データ」という）の3分間平均値である「車線別1分移動3分平均値」が用いられる。この値のOccとVのデータ項目に対し、表-3と表-4に示すそれぞれあらかじめ定められた渋滞作成条件である閾値にしたがって、OccとVのデータ項目それぞれ個別に渋滞度を作成する。渋滞度は、自由流 (G)、混雑 (Y)、渋滞 (R)、欠測 (-) の4つで表

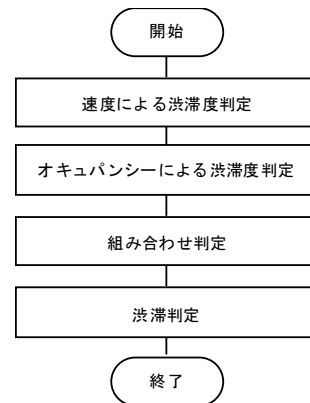


図4 車線別渋滞度作成および渋滞判定フロー

表-3 オキュパンシー (Occ) による渋滞度作成条件

| 渋滞判定 | 渋滞作成条件 |
|---------|--|
| 自由流 (G) | $\text{Occ}'_{\text{jam}} > \text{Occ}$ |
| 渋滞 (R) | $\text{Occ}'_{\text{jam}} \leq \text{Occ}$ |
| 欠測 (-) | Occ=0, 欠測または無効 |

表-4 速度 (V) による渋滞度作成条件

| 渋滞判定 | 渋滞作成条件 |
|---------|---|
| 自由流 (G) | $V_{\text{free}} \leq V$ |
| 混雑 (Y) | $V_{\text{jam}} \leq V < V_{\text{free}}$ |
| 渋滞 (R) | $V < V_{\text{jam}}$ |
| 欠測 (-) | 交通量が閾値以下, V=0, 欠測または無効 |

表-5 車線別渋滞度の組合せ判定マトリクス

| 渋滞区分 | | Vによる渋滞度 | | | |
|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|
| | | 自由流 (G) | 混雑 (Y) | 渋滞 (R) | 欠測 (-) |
| Occによる渋滞度 | 自由流 (G) | G | Y | R | G |
| | 混雑 (Y) | R | R | R | R |
| | 欠測 (-) | G | Y | R | - |

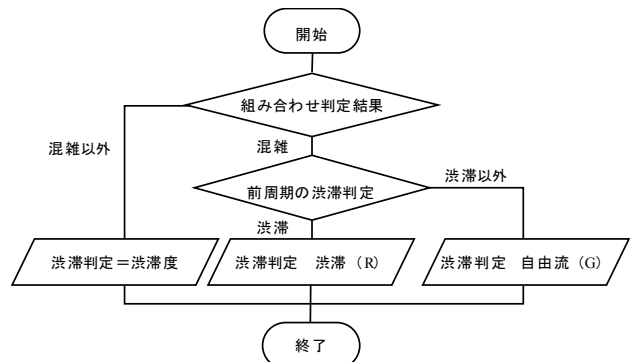


図5 渋滞判定フロー

される。続いてOccとVの2項目の渋滞度から、表-5に示す「組合せ判定マトリクス」を用いて組合せ判定を行い、車線別渋滞度が作成される。図-5のフローに示すように、組合せ判定で作成された車線別渋滞度が混雑 (Y) の場合には、前周期の渋滞判定を参照し、各周期の車線別渋滞判定が行われる。渋滞判定結果は、自由流 (G)、渋滞 (R)、欠測 (-) の3つとなる。区間としての渋滞

度は各車線別渋滞度の中の渋滞側の判定を採用する。以下、車線別渋滞判定と同様の手順で、各周期の区間別渋滞判定が行われる。

3. 現況分析

ここでは、異常な誤判定渋滞と管制システムの事象（事故・故障車・工事等）に影響されていない正常な交通集中渋滞をそれぞれ抽出のうえ、双方のOcc・V関係を比較することで、誤判定渋滞はOcc・Vの相互関係上でどのような特徴をもっているのか分析を行った。

(1) 渋滞データの定義

NEXCO中日本名古屋支社では、2016年以降の交通統計報告書において報告対象とする渋滞の定義を「1km以上かつ15分以上継続した渋滞」として定めている。この渋滞は名古屋支社管内において毎年1万件前後発生しており、本稿においてもこの渋滞を分析対象とした。

(2) 対象渋滞の抽出

a) 誤判定渋滞

2017年（暦年）の1年間を対象とし、NEXCO中日本名古屋支社管内全路線における誤判定渋滞の発生状況を確認した。本稿で扱う誤判定渋滞とは、渋滞と判定された時刻において、車両感知器で計測される交通データ（Q, V, Occ）のいずれかに通常の交通現象として考えにくい計測値の乱れ（異常値）を含むものとした。具体的には、図-6の渋滞状況図の赤枠部に示すように、交通量の少ない夜間など、経験的にみて渋滞が発生し得ない状況にもかかわらず判定された渋滞について、判定された時の交通状況を詳細に確認する。

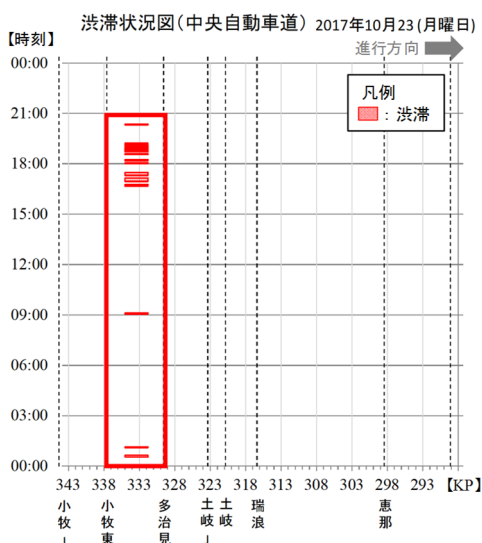


図-6 渋滞状況図の一例（2017年10月23日 中央道 上り線）

この例では、2017年10月23日（月曜日）に中央道（上り線）332.59KPの車両感知器において、短時間しか継続しない渋滞が一日に複数回発生していた。図-7に示す交通量および、速度の時系列的な関係を示すQVT図を作成のうえ、これらの渋滞がどのような状況で判定されたものかを確認したところ、ある渋滞で最初に渋滞判定が渋滞（R）となった1分移動3分平均データの中に、「Q2（台/分）、V92（km/h）、Occ26（%）」という計測値が含まれていた。その直前の値をみると「Q8（台/分）、V91（km/h）、Occ3（%）」であり、1分間にOccだけが急激に増加していることが分かった。また、QとVの相互関係からも渋滞領域であることは想定しがたい。

以上より、このような計測値は通常の交通現象ではなく、車両感知器の異常データであると考えられ、当該1分データを含み判定された渋滞については、誤判定渋滞であると判断した。本稿における誤判定渋滞は、これと同様の方法で渋滞1件ごとに判定した。

この結果、2017年（暦年）における10,797件の渋滞集約データのうち、表-6に示すように全体の約5.1%にあたる558件を誤判定渋滞として抽出した。

b) 交通集中渋滞

誤判定渋滞と同様に、2017年（暦年）の1年間を対象とし、NEXCO中日本名古屋支社管内全路線における交通集中渋滞の発生状況を確認した。

本稿で取り扱う交通集中渋滞は、交通状況に大きな影響を与えるイベント（重大事故・工事規制・通行止めなど）が関係しないものを対象とした。表-7に示すように、管制システムのイベントに影響されておらず、かつ誤判定の実績がないという条件を満たす、計105件を交通集中渋滞のサンプルとして抽出した。

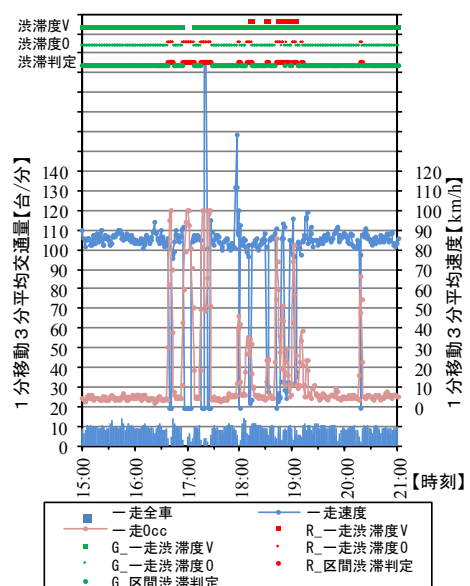


図-7 QVT図の一例（2017年10月23日 中央道 上り線 車両感知器 332.59KP）

表-6 誤判定渋滞の抽出結果

| No. | 路線 | 方向 | 渋滞件数 (件) |
|-----|-------------|----|----------|
| 1 | 東名高速 | 下 | 12 |
| 2 | 名神高速 | 上 | 36 |
| 3 | 名神高速 | 下 | 10 |
| 4 | 東名阪道 | 上 | 128 |
| 5 | 東名阪道 | 下 | 102 |
| 6 | 中央道 | 上 | 23 |
| 7 | 伊勢湾岸道 | 上 | 2 |
| 8 | 伊勢湾岸道 | 下 | 62 |
| 9 | 新東名高速 | 上 | 73 |
| 10 | 新東名高速 | 下 | 29 |
| 11 | 新名神高速 | 上 | 2 |
| 12 | 新名神高速 | 下 | 9 |
| 13 | 名二環 (本線・支線) | 外 | 65 |
| 14 | 名二環 (本線・支線) | 内 | 5 |
| 計 | | | 558 |

表-7 交通集中渋滞の抽出結果

| No. | 路線 | 方向 | 車両感知器 | | 日数 (日) | 渋滞件数 (件) |
|-----|----------|----|---------|------|--------|----------|
| | | | 位置 (KP) | 種別 | | |
| 1 | 名神高速 | 上 | 363.38 | ループ式 | 6 | 13 |
| 2 | 東名高速 | 下 | 318.35 | ループ式 | 3 | 3 |
| 3 | 東名阪道 | 上 | 31.03 | ループ式 | 7 | 11 |
| 4 | 東名阪道 | 下 | 64.87 | ループ式 | 7 | 11 |
| 5 | 中央道 | 上 | 319.40 | ループ式 | 4 | 8 |
| 6 | 中央道 | 下 | 304.63 | ループ式 | 3 | 6 |
| 7 | 伊勢湾岸道 | 下 | 45.08 | 画像式 | 7 | 20 |
| 8 | 新名神高速 | 上 | 25.63 | ループ式 | 7 | 7 |
| 9 | 名二環 (支線) | 外 | 11.68 | ループ式 | 7 | 26 |
| 計 | | | | | 51 | 105 |

(3) Occ・Vの分布状況

a) 1分データの抽出条件

分布状況の確認に用いる1分データは、交通集中渋滞と誤判定渋滞それぞれについて、表-8に示す考えで抽出した。表中に●印を付した時刻のデータが、抽出対象となる時刻を示している。

まず誤判定渋滞では、渋滞判定が1分移動3分平均値で行われていることを踏まえ、3. (2) a) で抽出した渋滞について、「最初に渋滞と判定された車線」の渋滞発生時刻 (n分) を含めた3分間 (n-2分~n分) を抽出した。なお、複数の車線で同時に渋滞と判定された場合は、各車線の計測値をそれぞれ抽出対象とし、同時でない場合は判定時刻の早い車線のみとした。すなわち表-8の例では、追越車線の「10:12」から「10:14」までが抽出対象となる。

表-8 1分データの抽出範囲

| 時刻 | 走行車線 | | | 追越車線 | | |
|-------|---------|-----------|--------|---------|-----------|--------|
| | 車線別渋滞判定 | 1分データ抽出対象 | | 車線別渋滞判定 | 1分データ抽出対象 | |
| | | 誤判定渋滞 | 交通集中渋滞 | | 誤判定渋滞 | 交通集中渋滞 |
| 10:10 | G | | | G | | |
| 10:11 | G | | | G | | |
| 10:12 | G | | | G | ● | |
| 10:13 | G | | | G | ● | |
| 10:14 | G | | | R | ● | ● |
| 10:15 | G | | | R | | ● |
| 10:16 | R | | ● | R | | ● |
| ・ | R | | ● | R | | ● |
| ・ | R | | ● | R | | ● |
| ・ | R | | ● | R | | ● |
| 10:44 | R | | ● | R | | ● |
| 10:45 | G | | | G | | |
| 10:46 | G | | | G | | |

続いて交通集中渋滞では、3. (2) b) で抽出した渋滞について、車線別渋滞判定が渋滞 (R) となっている時刻のデータを対象とした。すなわち表-8の例では、走行車線が「10:16」以降から、追越車線が「10:14」以降から渋滞解消の「10:44」までが抽出対象となる。

b) 交通集中渋滞の分布状況

交通集中渋滞について、車線別のOccとVの分布状況を図-8に示す。図中青色で表すプロットは、上記a) で抽出した時刻の1分データ計測値を、黄緑色の線は現況パラメータ設定値による有効値データ範囲を示している。これをみると、計測値のプロットがほぼ黄緑色の線で囲まれた有効値データ範囲に収まっていることがわかる。

また、主に走行車線においてOccが20未満の低い状態でも、Vは0km/h~30km/hの範囲内に分布している状況が散見される。これらのデータについてQVT図を確認すると、走行車線よりも追越車線のほうがQ・Vともに高い状況で、いわゆる流れている状況であった。例えばこのようになる要因の一つとして、分合流の影響を受けるような場合が考えられ、この時に走行車線と追越車線を比較した場合、走行車線が相対的にOccとVがともに低い状況であった。すなわち、本来であればOccとVは負の相関関係にあるといえるが、渋滞時における走行車線と追越車線の使われ方の違いから、この範囲に位置するプロットは、交通集中渋滞時にも出現しうる計測値であることがわかる。

また、図-8の (a) 走行車線と (b) 追越車線それぞれ1点ずつ有効値データ範囲外に位置するプロットが存在するが、これは現況パラメータで異常と判定され、欠測となっているデータを意味している。

c) 誤判定渋滞の分布状況

誤判定渋滞について、車線別のOccとVの分布状況を

図-9に示す。図中の灰色で表すプロットは、上記a)で抽出した渋滞発生時刻 (n分) を含めた3分間の1分データ計測値を示している。これをみると、交通集中渋滞と同様に誤判定渋滞の判定に用いられた1分データ計測値は、有効値データ範囲の内側に多く分布している。

ここで交通集中渋滞の分布状況には見られなかった特徴として、Occが20以上で、Vが60km/h以上の範囲内に分布するデータが多く存在する傾向がある。しかし現況パラメータ設定値では、これらは有効データとして扱われるため、誤判定渋滞の判定に用いられた1分データ計測値のうち、異常と判定され、欠測となるものは一部に限られている。

(3) 渋滞度組合せ判定状況

a) 交通集中渋滞

渋滞と判定された際の、車線別組合せ判定マトリクスによる判定結果を表-9に示す。表中の赤着色で示す部分が、OccとVのデータ項目それぞれ個別に作成された渋滞度による組合せ判定の結果、渋滞 (R) として判定されたものを表している。これをみると、抽出した交通集中渋滞には、OccとVで個別に作成された渋滞度のいずれかに欠測 (-) を含むサンプルは存在しなかった。なお、表中の値は車線・判定数を示しており、抽出した渋滞件数105件とは一致しない。

b) 誤判定渋滞

誤判定渋滞が判定された際の、車線別組合せ判定マトリクスによる判定結果を表-10に示す。これをみると、交通集中渋滞では確認されなかった、OccとVで個別に作成された渋滞度のいずれかに欠測 (-) を含む組合せで渋滞判定されたものが、49 (車線・判定) 存在する。これらはすべて別々の渋滞であり、同一渋滞で複数車線が同時に渋滞 (R) 判定されたものではない。

以上より、抽出した誤判定渋滞558件のうち1割弱にあ

たる49件が、OccもしくはVの渋滞度のいずれかが欠測時に判定されたものであった。

4. Occ・V複合チェックパラメータの見直し

(1) パラメータの見直し対象

パラメータによって定められる有効値データ範囲は、2. (1) b) で述べたように、上限側と下限側で囲まれた範囲となっている。そして、この有効値データ範囲を定めるパラメータの値は、現在の交通管制システムの設計上「全路線・全車線一律」であり、個別に設定することはできない。誤判定渋滞のデータを欠測とする際に、交通集中渋滞のデータまで有効値データの範囲外になってしまうのは望ましくない。このため、パラメータの見直しに当たっては、交通集中渋滞のデータ分布から大きく乖離したデータのみ除外されることが望ましい。

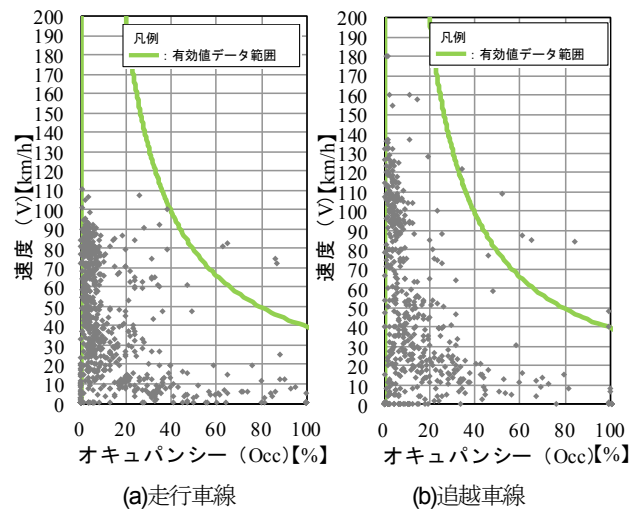


図-9 車線別Occ・V図 (誤判定渋滞)

表-9 車線別組合せ判定結果の渋滞度分布 (交通集中渋滞)

| 渋滞区分 | | Vによる渋滞度 | | | | | | | |
|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|---|----|---|---|
| | | 自由流 (G) | 混雑 (Y) | 渋滞 (R) | 欠測 (-) | | | | |
| Occによる渋滞度 | 自由流 (G) | G | 0 | Y | 0 | R | 81 | G | 0 |
| | 渋滞 (R) | R | 4 | R | 15 | R | 35 | R | 0 |
| | 欠測 (-) | G | 0 | Y | 0 | R | 0 | - | 0 |

表-10 車線別組合せ判定結果の渋滞度分布 (誤判定渋滞)

| 渋滞区分 | | Vによる渋滞度 | | | | | | | |
|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|---|-----|---|----|
| | | 自由流 (G) | 混雑 (Y) | 渋滞 (R) | 欠測 (-) | | | | |
| Occによる渋滞度 | 自由流 (G) | G | 0 | Y | 0 | R | 368 | G | 0 |
| | 渋滞 (R) | R | 33 | R | 20 | R | 114 | R | 17 |
| | 欠測 (-) | G | 0 | Y | 0 | R | 32 | - | 0 |

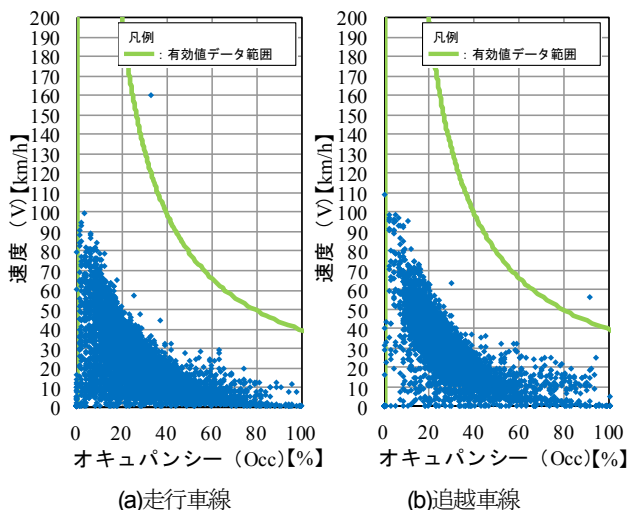


図-8 車線別Occ・V図 (交通集中渋滞)

前述の交通集中渋滞と誤判定渋滞のOcc・V図のプロットを重ね合わせ、データ分布の乖離状況を確認した結果を図-10に示す。これをみると、走行車線の下限側のデータ分布はほぼ重複しており、下限側の有効値データ範囲を変更した場合には、誤判定渋滞のみならず交通集中渋滞中のデータまで同時に範囲外としてしまう。このため、本稿におけるOcc・V複合チェックパラメータの見直し対象は、交通集中渋滞のデータへ影響を与えない、上限側の範囲を決定する「a5」のみを対象とし、下限側の範囲を決定する「a6」は対象外とした。

(2) パラメータの検討方法

本稿では、このパラメータの見直し検討にあたり、図-11に示す「外れ値検出のある箱ひげ図」の考え方をを用いた。図中に示す第一四分位数は25 percentile値、第三四分位数は75 percentile値と同意である。また、この第三四分位数から第一四分位数を引いたものが、四分位範囲 {Inter Quarter Range (以下、「IQR」という)} である。

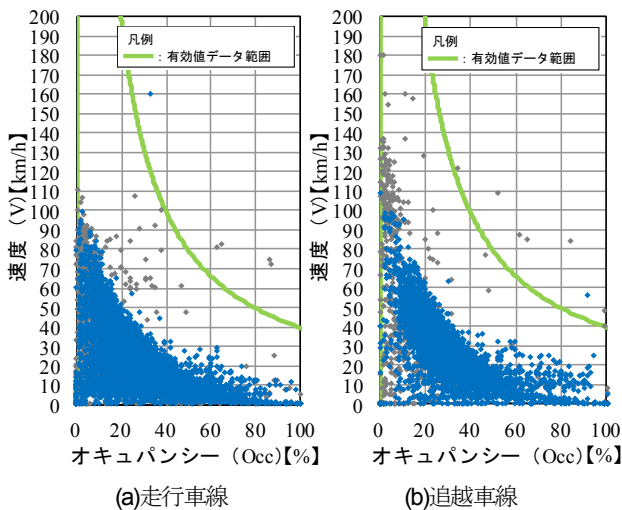


図-10 パラメータ見直し対象の検討

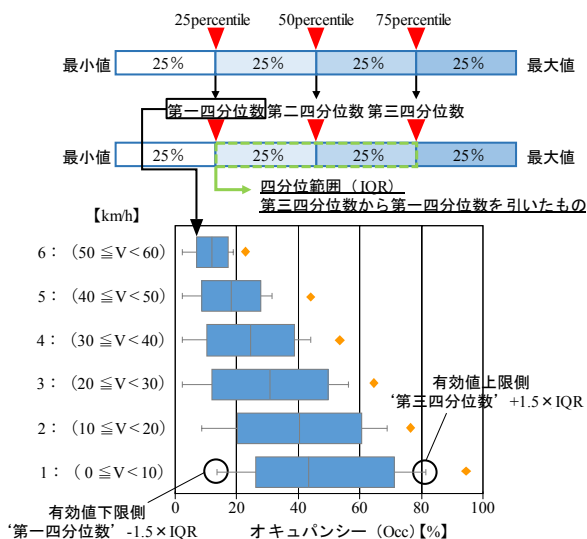


図-11 外れ値検出のある箱ひげ図の考え方

そして「第一四分位数-1.5×IQR」がひげの下限値、「第三四分位数+1.5×IQR」がひげの上限値となる。これを用いて、橙色のプロットで表すひげの上下限値より外側を「外れ値」として扱い、ひげの範囲内に分布するデータは「有効値」と考えることができる。この箱ひげ図を3. (3) a) で抽出した交通集中渋滞の1分データを用いて作成する。

本稿ではこの箱ひげ図を、10km/h毎の速度階層単位に集約したうえで、一般的に混雑流もしくは渋滞流である0km/h～60km/hまでの範囲について作成した。そのうえで図-12に示すように、各箱ひげ図の上限値より近似曲線(図中緑色破線)を求めた。ここで得られる近似曲線は、「外れ値検出のある箱ひげ図」の考え方のもと見直した、新たな有効値データ範囲として扱うことができる。なお、箱ひげ図は安全率の観点から、上下限値を設定するための「1.5×IQR」の値へ、2～3倍の倍率を乗じた複数パターンを作成した。このうえで、各安全率の曲線を定義するOcc・V複合チェックパラメータ「a5」の値を比較検討し、もっとも望ましいパラメータの値を求めた。

(3) パラメータの検討方法

a) 区分別のパラメータ算定

抽出した交通集中渋滞の1分データ計測値のうち、走行車線の近似曲線を求めたものを図-13に示す。これをみると当然ではあるが、安全率1の近似式(図中赤色線)は有効値データ範囲が狭くなる左側に、安全率3の近似式(図中水色線)は有効値データ範囲が広くなる右側に

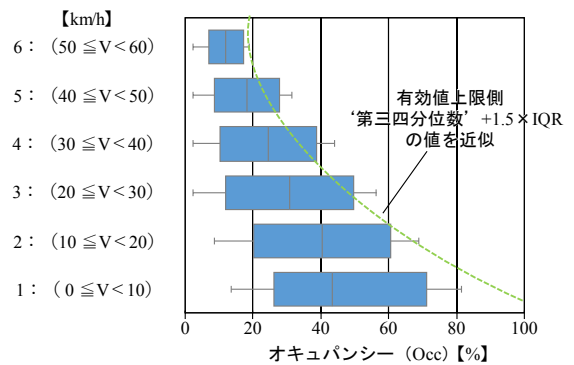


図-12 箱ひげ図上限値の近似イメージ

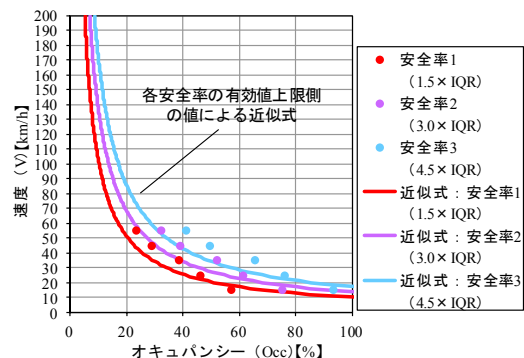


図-13 走行車線の近似曲線(全区分1分データ総合)

位置している。将来的なシステム改修における設定を考慮し、路線別・車線別に交通集中渋滞の近似曲線から Occ・V 複合チェックパラメータ「a5」を求めた。このパラメータ「a5」の算出結果を表-11に示す。

b) パラメータ採用区分の検討

パラメータ「a5」の現況設定値は、表-11に示すように「3,960」である。4. (1) でも述べたように、現在の交通管制システムの設計上、このパラメータの値は「全路線・全車線一律」であり個別に設定できないため、もっとも安全側（最大）の値とすることが望ましい。このため、各区分のなかで得られたパラメータのうち、名二環（外回り）追越車線の値（表中赤字）を採用した。

c) 安全率の検討

採用した名二環（外回り）追越車線のパラメータ値を用い、安全率（1～3）の比較検討を行った。図-14に、安全率毎の有効値データ範囲（Occ 'max=a5/v'）と、交通集中渋滞の1分データ計測値による車線別 Occ・V 分布状況の関係を示す。これをみると、安全率3の曲線（図中水色線）で定める有効値データ範囲内には、1分データ計測値のプロットがほぼ収まっている。しかし、安全率1および、安全率2の曲線（図中赤・紫色線）では、

Occが20以上でVが0～60km/hに分布するデータの一部分が有効値データ範囲外となる。

続いて、誤判定渋滞の判定に用いられた1分データ計測値による車線別の Occ・V 分布関係を図-15に示す。これをみると、Occが20%以上でVが60km/h以上の範囲に分布するデータにおいて、現況のパラメータよりも多く異常と判定される傾向が見てとれる。これは交通集中渋滞ではみられなかったことである。

名二環（外回り）追越車線のパラメータ値へ見直した場合に、有効値から欠測値扱いとなる1分データ除外率について、車線別・安全率別に整理した結果を図-16と図-17に示す。これをみると、誤判定渋滞の走行車線の除外率は、現況パラメータでは0.46%であるのに対し、採用パラメータでは安全率1の値で3.07%（+2.61ポイント）、安全率3で1.02%（+0.56ポイント）となる。

以上より、採用パラメータの中でもっとも有効範囲が広い安全率3の場合であっても、現況パラメータの約2倍のデータを除外することができる。

表-11 路線別・車線別・安全率別のパラメータの一覧

| 区分 | | パラメータ「a5」 | | | | | | 現況設定値 | | |
|---------|----|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | 走行車線 | | | 追越車線 | | | | | |
| 路線 | 方向 | 安全率1 | 安全率2 | 安全率3 | 安全率1 | 安全率2 | 安全率3 | IRQ × 1.5 | IRQ × 3.0 | IRQ × 4.5 |
| 名神高速 | 上 | 814 | 1,035 | 1,255 | 900 | 1,145 | 1,389 | | | |
| 東名高速 | 下 | 711 | 808 | 906 | 1,150 | 1,394 | 1,638 | | | |
| 東名阪道 | 上 | 837 | 974 | 1,111 | 999 | 1,168 | 1,337 | | | |
| 東名阪道 | 下 | 936 | 1,153 | 1,370 | 969 | 1,186 | 1,403 | | | |
| 中央道 | 上 | 868 | 1,063 | 1,257 | 935 | 1,134 | 1,332 | | | |
| 中央道 | 下 | 761 | 927 | 1,094 | 845 | 1,009 | 1,173 | | | |
| 伊勢湾岸道 | 下 | 1,205 | 1,745 | 2,285 | — | — | — | | | |
| 新名神高速 | 上 | 1,016 | 1,363 | 1,709 | 1,052 | 1,395 | 1,739 | | | |
| 名二環(支線) | 外 | 698 | 949 | 1,200 | 1,463 | 2,004 | 2,545 | | | |
| 全区分総合 | | 1,020 | 1,363 | 1,707 | 1,057 | 1,360 | 1,662 | | | |
| 最大値 | | 1,205 | 1,745 | 2,285 | 1,463 | 2,004 | 2,545 | | | |

※伊勢湾岸道の追越車線はサンプル不足のため算出不可

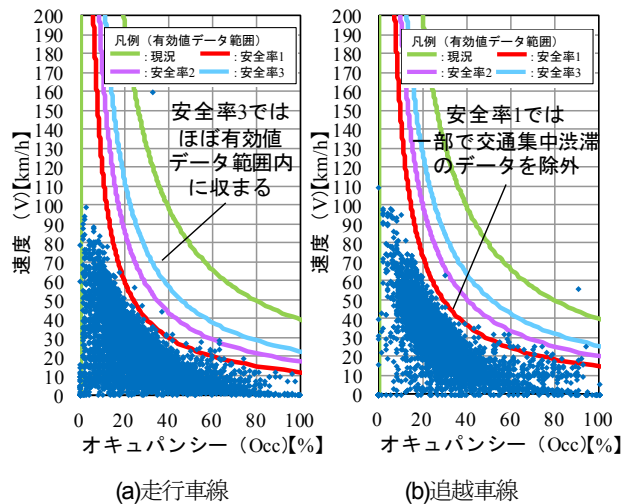


図-14 採用パラメータと車線別 Occ・V 図（交通集中渋滞）

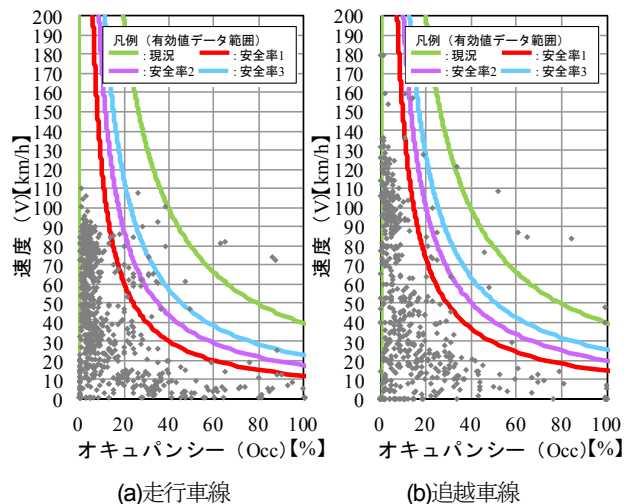


図-15 採用パラメータと車線別 Occ・V 図（誤判定渋滞）

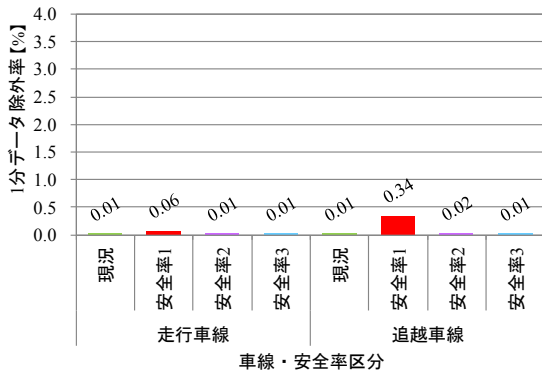


図-16 車線別・安全率別の1分データ除外率 (交通集中渋滞)

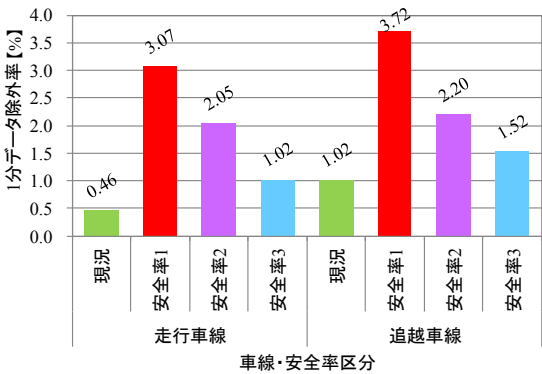


図-17 車線別・安全率別の1分データ除外率 (誤判定渋滞)

安全率を下げれば、有効値データ範囲が狭くなるため、誤判定渋滞の1分データ除外率が増加するのは自明である。しかしこれは同時に交通集中渋滞時に出現する1分データ計測値まで除外してしまう恐れがあり、トレードオフの関係にある。このため、交通集中渋滞への影響が少ない「安全率3」の値 (2,545) を採用した。

5. 渋滞組合せ判定マトリクスの見直し

現況の「組合せ判定マトリクス」は、VとOccそれぞれ個別で作成した渋滞度が、いずれか一方でも渋滞 (R) であれば、車線別渋滞度の値は渋滞 (R) となる。4. (1) の整理結果より、誤判定渋滞においては、OccとVで個別に作成された渋滞度のいずれかに欠測 (-) を含む組合せで渋滞 (R) と判定されたものが1割弱存在したが、交通集中渋滞では存在しなかった。

この結果より、組合せ判定の対象から欠測 (-) を除外したとしても、交通集中渋滞へ及ぼす影響は少ないと考えられることから、表-12に示すように、「OccとVでそれぞれ個別に作成された渋滞度のいずれか一方に欠測 (-) を含む」場合においては、渋滞度を欠測 (渋滞度判定を行わない) とするよう、組合せ判定マトリクスの見直しを行うこととした。

表-12 組合せ判定マトリクスの見直し

| 渋滞区分 | | Vによる渋滞度 | | | |
|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|
| | | 自由流 (G) | 混雑 (Y) | 渋滞 (R) | 欠測 (-) |
| Occによる渋滞度 | 自由流 (G) | G | Y | R | - |
| | 混雑 (Y) | R | R | R | - |
| | 欠測 (-) | - | - | - | - |

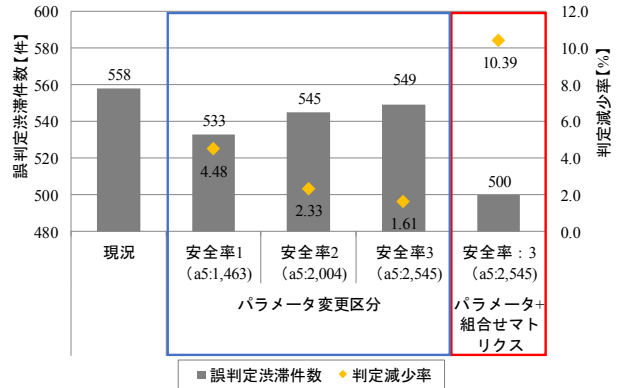


図-18 誤判定渋滞件数の減少率算出結果

6. 運用改善効果の試算

ここでは2017年 (暦年) に発生した、558件の誤判定渋滞を対象として、Occ・V複合チェックパラメータ「a5」と、「組合せ判定マトリクス」の見直し実施時における、誤判定渋滞件数の改善効果を確認した。見直し条件別に算出した結果を図-18に示す。まず「Occ・V複合チェックパラメータ (a5)」のみを変更した場合 (図中青枠部) をみると、安全率3の値を適用した時の判定減少率は▲1.61% (▲9件) となる。さらに、「組合せ判定マトリクス」を変更することにより、OccとVでそれぞれ個別に作成された渋滞度のいずれか一方に欠測 (-) を含む組合せで判定された渋滞 (49件) は、すべて渋滞として判定されなくなることから、これを先ほどの結果と合算した場合 (図中赤枠部)、残る誤判定渋滞の件数は「500件」となり減少率は▲10.39% (▲58件) となる。以上より、本稿で検討を実施した、Occ・V複合チェックパラメータ「a5」と、「組合せ判定マトリクス」を見直すことで、抽出した誤判定渋滞のうち、全体の約1割にあたる58件の削減効果が期待できる。

7. おわりに

(1) まとめ

本稿では、渋滞の誤判定削減を目的として、交通管制

システムのOcc・V複合チェックパラメータ（車両感知器データチェック処理）と組合せ判定マトリクス（渋滞判定ロジック）について見直しを行った。

交通集中渋滞と誤判定渋滞を抽出のうえ、それぞれのOcc・Vの分布状況と車線別組合せ判定結果の渋滞度分布を整理した。この整理結果をもとに、Occ・V複合チェックパラメータでは外れ値検出のある箱ひげ図の考え方を採用し、速度階層単位に作成した各箱ひげ図の上限値の近似曲線を新たな有効値データ範囲として扱い、これを定義するパラメータ「a5」の値を比較検討した。この結果、交通集中渋滞への影響が少ない、名二環（外回り）追越車線「安全率3」の値を最も望ましいパラメータ値として採用した。

組合せ判定マトリクスについては、交通集中渋滞へ及ぼす影響を確認のうえ、「OccとVでそれぞれ個別に作成された渋滞度のいずれか一方に欠測（-）を含む」場合においては、渋滞度を欠測とするように、組合せ判定マトリクスの見直しを行った。

これら本稿における車両感知器データチェック処理と渋滞判定ロジックの見直しの内容を反映した改善効果を試算した結果、誤判定渋滞の判定減少率は約1割に留まった。しかしながら、誤判定された渋滞情報が減少することは、より多くのお客さまに満足していただける情報提供サービスの向上につながる。

(2) 今後の課題

検討の結果、削減できなかった残る約9割の誤判定渋滞のうち大部分を占めるのは、車両感知器で計測される交通データ（Q, V, Occ）のいずれかに通常の交通現象として考えにくい異常値を含むものであった。誤判定渋

滞の判定減少率が約1割に留まった理由として以下のことが考えられる。

本稿では、各種交通統計資料への影響を配慮し、車両感知器データチェック処理の相関チェック処理のうちOcc・V複合チェックのみを対象としたが、本来であれば交通量（Q）にかかわる判定処理も対象とする必要がある。誤判定渋滞の減少を目的とする場合、交通量（Q）が極小時に判定される渋滞の除外が考えられる。しかし、この極小交通量時における渋滞判定を欠測とする場合には、いくつかの技術的な課題が存在する。この例として、インシデント発生時に車線閉塞が発生し急速に速度が低下するようなケースや、出口渋滞の影響が本線の特定車線のみ及んでいるようなケースが想定される。したがって、上記のように交通量（Q）との相互関係を用いたチェックを考える場合には、実現象として想定されるこれらの状況と異常値とを、いかに区別していくかが課題となる。そのためには、車両感知器で計測される計測値そのものの精度が高い水準で確保される必要があり、機器の設置位置調整や維持保守作業が重要となる。

参考文献

- 1) 遠藤学史・佐藤克寿・平生整・山口孝：首都高速道路における交通管制データ精度向上への取組み,第 32 回交通工学研究発表会論文集, CD-ROM, 2012.
- 2) 弘津雄三・岩岡浩一郎・新倉聡・大口敬：交通環境が異なる車両感知器に対する故障検出状況の評価, 生産研究, vol.68, No.2, pp157-161, 2016.
- 3) 小川清香・山口孝・米川英雄：情報提供に用いる車両感知器の平均速度に関する一考察,第 33 回交通工学研究発表会論文集, CD-ROM, 2013.

(2019. 10. 4 受付)

Improvement On Traffic Operation System To Reduce False Traffic Congestion Judgement

Seiichiro NAITO, Motofumi TSURU and Tatsuo HAYAKAWA