

## 高速道路単路部渋滞発生時の交通現象解析†

Analyses on Phenomenon of Traffic Congestion Caused by Ordinary Section Bottleneck on Motorway

大口 敬\*・片倉 正彦\*\*・鹿田 成則\*\*\*・大谷 武彦\*\*\*\*

By Takashi OGUCHI, Masahiko KATAKURA, Shigenori SHIKATA and Takehiko OTANI

### 1. はじめに

高速道路、特に都市間高速道路においては、現在サグやトンネル入口などの単路部の交通容量上の隘路(ボトルネック)を原因とする渋滞が多発しており、その渋滞対策に対する社会的要請は非常に高まっている。

一方こうした単路部隘路現象については、渋滞発生直前に実現する最大交通流量(「渋滞前交通容量」)よりも渋滞発生後の捌け交通量(「渋滞後交通容量」)が低下すること、「渋滞後交通容量」は「渋滞巻き込まれ時間」と相関がみられること、夜から渋滞が継続している場合には明け方に「渋滞後交通容量」が増加する傾向が見られること、などが明らかとなっている<sup>1),2)</sup>。また渋滞中の交通現象特性については、これまでに多くの調査・研究報告がある(例えば<sup>3),4)</sup>など)。また交通容量についての調査・報告もいくつか見られる(例えば<sup>1),5)</sup>など)。しかし渋滞の発生時刻前後の交通現象に着目した研究は少なく、渋滞の発生前と発生後でどのような違いがあるのか、渋滞の発生直前の交通現象の特徴はどのようなものがあるのか、については未だに不明な部分が多い。また複数箇所の単路部隘路が顕在化してお互い複雑に影響し合うような現象を明確に把握して分析した事例も少ない。

そこで本研究では、ある特定の単路部隘路で渋滞が発生する前後の時間帯を取り上げ、比較的密に配置された車両感知器による5分間集計データを利用して、複数箇所の単路部隘路が顕在化している高速道路区間における交通現象解析を行う。これは「渋滞前交通容量」を調べる上での基礎的な分析であるとともに、将来の高度な交通需要管理技術(ランプメータリング、交通需要の時

間的集中の分散施策など)を行う上で重要な渋滞発生予測の技術の開発にも役立つものと考えられる。

本稿の構成は次の通りである。2.では研究対象区間の特徴と使用データについて、また3.では渋滞の定義と判別方法について述べる。4.では5分間交通流量ランク別に渋滞が発生する割合を調べて「渋滞前交通容量」が大きく変動することを示し、この変動要因について5.で分析し一つの仮説を提案している。

### 2. 研究対象区間と使用データ

車両感知器が比較的密に配置されていること、単路部隘路現象が頻繁に発生していること、複数箇所の隘路が比較的近傍に存在すること、などの条件を満たす高速道路区間として中央自動車道の八王子IC(約26kp)-大月IC(約70kp)間を研究対象とする。但しこの区間内の隘路が原因で一旦渋滞が発生すると、渋滞車列がこの区間外にまで延伸することも珍しくない。従って解析対象とする車両感知器は、この前後の区間まで含めて考えるものとする。対象区間の交通現象の概要を以下に示す<sup>6)</sup>。

この区間の八王子から大月へ向かう下り方向では、元八王子BS付近(約31kp)、鶴川大橋付近(約52kp)、鳥沢橋付近(約62kp)、以上3箇所が顕著な単路部隘路であり、いずれもサグを原因として渋滞を起こしている。なお、元八王子BSと鶴川大橋の間には、相模湖IC(約45kp)と上野原IC(約51kp)がある。また鶴川大橋と鳥沢橋の間には、ICは無いが談合坂SA(約57kp)がある。元八王子BS付近の上流約5kmに八王子ICがあるが、元八王子を先頭とする渋滞は、しばしば八王子ICを通り過ぎて東京都心付近まで車列が延伸する。

一方大月から八王子へ向かう上り方向では、岩殿TN付近(約67kp)、中野橋付近(約62kp)、小仏TN付近(約41kp)、以上3箇所が顕著な単路部隘路である。岩殿TN付近では、大型可変情報板が隘路現象の原因であると報

† キーワード: 交通流, 交通容量, 交通渋滞

\* 正会員 博(工) 東京立大学大学院工学研究科講師  
(192-0397 八王子市南大沢 1-1 TEL:0426-77-1111(代), FAX:77-2772)

\*\* フェロー 工博 東京立大学大学院工学研究科教授

\*\*\* 正会員 工修 東京立大学大学院工学研究科助手

\*\*\*\* 非会員 東京都多摩市整備本部

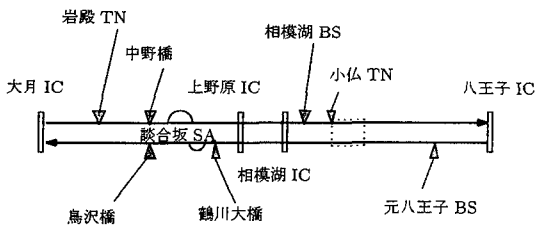


図1 中央自動車道の隘路

告されている<sup>7)</sup>。中野橋付近は下り方向の鳥沢橋付近と同じサグが原因であり、小仏 TN 付近はトンネル入口部が原因である。岩殿 TN と中野橋の間には、IC も SA も存在せず、流入・流出の無い同一区間内で 2 個所の隘路が頻繁に顕在化している。中野橋と小仏 TN の間には、談合坂 SA、上野原 IC、相模湖 IC が存在する。なお、小仏 TN 入口の約 2kp 上流にある相模湖 BS 付近 (約 43kp) のサグが渋滞の先頭位置となることもあり、この 2 個所も流入・流出の無い同一区間内で顕在化している隘路である。

岩殿 TN 又は中野橋を先頭とする渋滞は、大月 IC を通り過ぎて車列が延伸し約 10km 上流にある笹子 TN まで届きそうになることがある。笹子 TN は約 5km の長大トンネルであり、トンネル内での渋滞車列を避けるために一定以上の車列延伸が生じると笹子 TN 坑口付近で車線規制をして交通需要の調整を行っている。そのためこの車線規制を先頭とする渋滞車列がその上流側の甲府付近にまで延伸することになる。以上中央道当該区間の隘路を整理すると図 1 のようになる。

本研究では、比較的现象が単純な下り方向を取り上げ、最も下流側の「鳥沢橋付近 (約 62kp)」のサグの隘路を分析対象とする。

まず 1996 年一年間の毎日の渋滞イベント情報に基づき渋滞発生の可能性のある日を抽出する。各対象日の隘路前後にある車両感知器 (5 分間の交通流率と平均速度) の交通流率と速度の時系列変動図を作成して分析し、事故 (Incident) 無しに純粋に交通需要が集中して渋滞発生したのは、表 1 に示す 24 日間だけであった。

図 2 には、隘路前後の車両感知器の時系列変動図の一例を示す。5 分間交通流率 ( $Q$ ) が左軸、平均速度 ( $V$ ) が右軸でそれぞれ示され、交通量が早朝に増大した結果 7 時頃から 12 時頃まで上流側の 62.00kp の車両感知器で

表 1 鳥沢橋付近 (約 62kp) の交通集中渋滞発生日の一覧

| 1996 年一年間    |               |               |
|--------------|---------------|---------------|
| 3 月 23 日 (土) | 4 月 27 日 (土)  | 4 月 28 日 (日)  |
| 5 月 4 日 (土)  | 6 月 1 日 (土)   | 6 月 8 日 (土)   |
| 8 月 3 日 (土)  | 8 月 13 日 (火)  | 8 月 14 日 (水)  |
| 8 月 15 日 (木) | 8 月 16 日 (金)  | 8 月 17 日 (土)  |
| 8 月 18 日 (日) | 8 月 24 日 (土)  | 8 月 25 日 (日)  |
| 8 月 31 日 (土) | 9 月 14 日 (土)  | 9 月 15 日 (日)  |
| 9 月 16 日 (月) | 10 月 26 日 (土) | 10 月 27 日 (日) |
| 11 月 2 日 (土) | 11 月 16 日 (土) | 11 月 23 日 (土) |

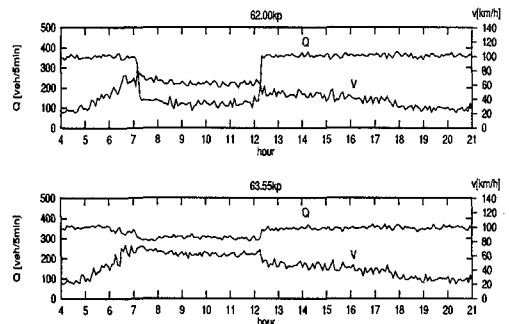


図2 隘路前後の車両感知器の交通流率・速度時系列変動図

速度低下 (渋滞) が観測され、その後交通需要が減って渋滞が解消している。また下流側の車両感知器では大きな速度低下が起きておらず、隘路がこの 2 つの車両感知器の設置位置の間にあることがわかる。

### 3. 渋滞の定義と判別方法

図 2 から正確に渋滞の発生時刻を決めるためには、「渋滞」を厳密に定義して、その定義を満たす状態に達した時刻を渋滞発生時刻、その状態を脱した時刻を渋滞解消時刻とすべきである。

本来渋滞は、「交通容量上の隘路に、その地点の交通容量を超える交通需要が流入したときに、隘路を先頭にして上流の区間に出現する低速の車両列が引き起こす交通現象」として交通工学上は概念的に極めて厳密に定義される<sup>8)</sup>。しかし「隘路の交通容量」や「流入する交通需要」について、その変動も含めて定量的に正確に知ることが非常に困難なため、渋滞発生／解消時刻を厳密に決める事は難しい。

本研究では、車両感知器から得られた 5 分間集計の交通流率・速度散布図 ( $Q$ - $V$  関係図) 上では「非渋滞」と「渋滞」では相関関係が異なること、相関関係の境界付

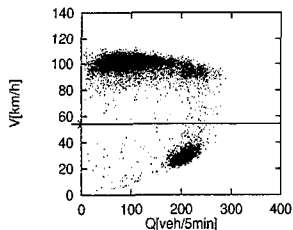


図3 Q-V関係の例と閾値速度

近で最大交通量が実現すること、その境界付近の出現頻度が極めて低いこと、を利用した赤羽らが提案する統計的方法<sup>9)</sup>を用いて、非渋滞状態と渋滞状態を分ける閾値速度を算出する。

図3は、本研究で注目している鳥沢橋付近の隘路の直近上流の62.00kpに位置する車両感知器のQ-V関係である。この場合この方法で計算された閾値速度( $V_c$ )は54[km/h]となる。但し図を見ると、速度が50~70[km/h]の交通状態が渋滞と非渋滞のいずれの相関関係上にあるかを判断するのは極めて困難である。従って本手法は統計的手法により客観的に閾値速度を求める点では有効であるが、より確実な判定手法の開発の余地はまだ残されていると考えられ、今後の課題である。

#### 4. 渋滞発生割合

3.で示した渋滞の定義によれば、渋滞発生時刻には隘路の交通容量を超えた交通需要が流入しているはずである。但し渋滞発生を判断している62.00kpの車両感知器は、隘路の直近上流位置とは言え時間遅れが全く無いとは限らないので、ここでは渋滞発生時刻の5分前も含めて「渋滞発生時」と考える。

図4の上半分は、24日間の車両感知器から得られた全5分間交通流率について、10[台/5分]毎の交通流率ランク別の頻度を交通需要の多い200[台/5分]以上についてのみ示したものである。一方図4の下半分は、このうち交通集中による渋滞発生が明確な31回の「渋滞発生時」の交通流率(31×2=62サンプル)の各交通流率ランク別の頻度を考え、各交通流率ランク別の「渋滞発生時」の頻度の全頻度に対する比率を「渋滞発生割合( $R_s$ )」として示している。

この図から250[台/5分]レベル程度以上からは交通流率ランクが高いほど出現頻度が低下する傾向が分かる。

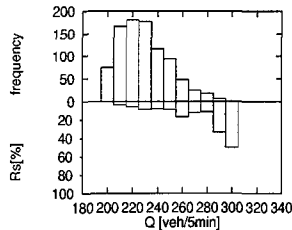


図4 交通流率の総頻度分布と渋滞発生割合

また200[台/5分]レベルで渋滞が起こる場合もあれば、300[台/5分]レベルで渋滞が起こる場合もあり、渋滞発生時の交通流率には大きな幅がある。一方渋滞発生割合: $R_s$ を見ると、交通流率ランクが高くなると $R_s$ が高くなる傾向が見られ、交通需要が高い場合ほど渋滞が発生しやすいことがわかる。しかし最大でも $R_s$ は50[%]であり必ず渋滞発生するわけでもない。つまり渋滞発生時の交通流率には変動幅があり、渋滞が発生することのある交通需要が流入しても渋滞しない場合もだいぶある。

#### 5. 渋滞発生時交通流率の変動要因

途中に相模湖IC・上野原ICがあるものの、鳥沢橋付近の隘路へ流入する交通需要のほとんどは八王子IC以遠から流入する交通である。一方図1からわかるように、鳥沢橋付近の上流には鶴川大橋付近や元八王子BS付近などの頻繁に渋滞を起こしている別の隘路が存在する。

渋滞発生後の渋滞先頭からの発進加速交通流率が、当該渋滞の巻き込まれ時間に影響を受けることが指摘されている<sup>2)</sup>ように、こうした別々の隘路に起因する渋滞現象が複数発生する場合には、当該隘路よりも上流に存在する別の隘路で発生している渋滞に巻き込まれた経験によって、当該隘路での渋滞発生時交通流率の値( $Q_s$ )が影響されるのではないかと考えられる。

この仮説を検証するために、鳥沢橋付近よりも上流区間(八王子ICよりも上流の高井戸ICまで)に設置された車両感知器の各5分間平均速度を用い、62.00kpの車両感知器と同じ方法で各車両感知器毎に閾値速度を求めて渋滞判定を行い、各5分毎の渋滞区間を特定する。ある車両感知器をある5分間に通過した車両は、その車両感知器の勢力範囲区間を5分間平均速度で走行するものと考え勢力範囲区間の旅行時間を算定し、その車両はその旅行時間だけ遅れて次の車両感知器の勢力範囲区間に

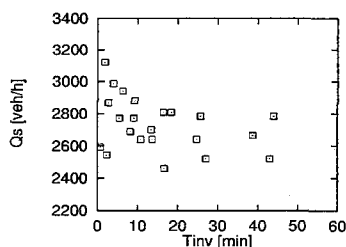


図5 渋滞発生時交通流率と渋滞巻き込まれ時間の関係

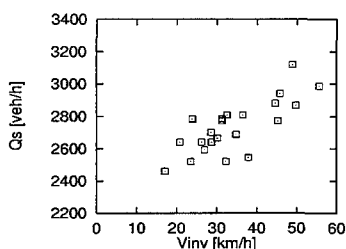


図6 渋滞発生時交通流率と渋滞巻き込まれ旅行速度の関係

入る。この考え方を利用して、車両感知器データを利用して高井戸ICから八王子ICを経て鳥沢橋付近の隘路に到着するまでの旅行時間が推定される。一方各車両感知器位置の渋滞判定を用いて、各車両の旅行時間の中で渋滞状態の中を旅行した時間長と区間長が求まる。これをそれぞれ「渋滞巻き込まれ時間： $T_{inv}$ 」,「渋滞巻き込まれ距離： $D_{inv}$ 」とし、また  $T_{inv}/D_{inv}$  を「渋滞巻き込まれ速度： $V_{inv}$ 」と定義する。

図5、図6は、鳥沢橋付近の隘路の上流に位置している、鶴川大橋付近及び元八王子付近の2箇所の隘路に起因する渋滞全体について  $T_{inv}$ 、 $V_{inv}$  を求め、渋滞発生時交通流率： $Q_s$  との関係を示している。図5から、上流隘路に起因する  $T_{inv}$  が10[分]程度以下の場合には、 $Q_s$  と  $T_{inv}$  の間に負の相関があるように見えるが、あまり明確ではない。一方図6から、 $V_{inv}$  と  $Q_s$  にはかなり明確な正の相関関係が見て取れる。

以上より、上流に位置する別の隘路に起因する別の渋滞がある場合に、その渋滞での巻き込まれ時間が長くなるほど、またその渋滞中での旅行速度が低下するほど、当該隘路での渋滞発生時交通流率が低くなる関係があることを見出すことができ、この5.の初めに示した仮説を支持する結果と言える。

但し、上流に位置する隘路に起因する渋滞には全く巻き込まれずに当該隘路に到着した場合だけを取り上げる

と、渋滞発生時交通流率には依然として220~270[台/5分]程度の変動が見られる。従って必ずしも上流側での渋滞巻き込まれ経験だけでは、渋滞発生時交通流率の全ての変動を説明できるわけではない。

## 6. おわりに

本稿では、高速道路単路部における渋滞状態を客観的に定義し、隘路上流の車両感知器データを用いてその発生を判別する閾値速度を具体的に算定した。またこの閾値速度により渋滞の発生時刻を判定し、その渋滞発生時の交通流率を調べた結果、中央自動車道下り鳥沢橋付近の隘路の場合には200~300[台/5分]と大きく変動幅を持つことが見出された。さらに上流に位置する別の隘路で発生した別の渋滞に巻き込まれた経験がある場合、その渋滞巻き込まれ時間や渋滞巻き込まれ速度が渋滞発生時交通流率の変動要因の一つとして考えられることを示した。

渋滞発生時の交通流率に大きな変動幅がある理由については、まだ不明な点が多く残されており、今後も要因の検討が必要と考えられる。

なお本研究を進めるに当たり、日本道路公団東京第3管理局交通技術課には車両感知器データをご提供頂いた。また解析作業の一部は本学大学院修士課程の原野悟君の協力を得た。ここに謝意を表したい。

## 参考文献

- 1) 越正毅, 高速道路のボトルネック容量: 土木学会論文集, No.371/4-5, pp.1-7, 1986.
- 2) 越正毅, 桑原雅夫, 赤羽弘和: 高速道路のトンネル, サグにおける渋滞現象に関する研究, 土木学会論文集, No.458/4-18, pp.65-71, 1993.
- 3) 越正毅, 岩崎征人, 大蔵泉, 西宮良一: 渋滞時の交通流現象に関する研究, 土木学会論文報告集, No.306, pp.59-70, 1981.
- 4) 大口敬, J. Xing, 越正毅: 高速道路単路部の交通流の動的な特性, 土木計画学研究・講演集, Vol.14, pp.621-628, 1991.
- 5) 栗原光二, 日置洋平: 4車線高速道路の交通実態と交通容量改善策, 土木計画学研究・講演集, No.17, pp.563-566, 1995.
- 6) 中央自動車道(八王子~大月間) 渋滞対策検討報告書, 日本道路公団, 1998.
- 7) 仲柴二三夫, 竹本勝典, 折野好倫: 可変情報板が交通通に及ぼす影響について, 交通工学研究発表会論文報告集, No.17, pp.153-156, 1997.
- 8) 越正毅編著: 交通工学通論, pp.112, 1989.
- 9) 赤羽弘和, 越正毅: 渋滞検出閾値のオンライン設定法, 土木学会第42回年次学術講演会概要集, pp.70-71, 1987.