

都市間高速道路における交通容量の現状と課題

石田 貴志¹・Jian XING²

¹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）

E-mail: t_ishida@doro.co.jp

²正会員 株式会社 高速道路総合技術研究所（〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1）

E-mail: xing@ri-nexco.co.jp

階層区分に応じた道路交通サービスを提供するにあたっては、道路の持つ機能を明確にすることが必須である。とりわけ、トラフィック機能が卓越した高速道路においては、渋滞を抑制し、高速移動を担保することが求められている。渋滞は到達する交通需要がある一定の交通量を超過することで発生し、一度渋滞が発生すると捌け得る交通量は低下する。そのため、高速道路の計画・設計時にはこれら交通量を把握していることが重要である。しかし、これら交通量、いわゆる交通容量は一定のものではなく、天候や明暗等様々な条件によって変動するばかりか、条件を揃えたとしても日々変動するため、簡易に把握することが困難となっている。本稿では、都市間高速道路単路部の渋滞発生メカニズムを整理した上で、交通容量の考え方について「渋滞発生時交通量」と「渋滞発生後捌け交通量」に区分して、既往文献よりそれぞれの算出方法や影響要因、渋滞発生確率に関する知見をまとめる。また、交通容量が改善される交通運用方法に関する事例を紹介する。

Key Words : *interurban expressways, bottleneck phenomenon, highway capacity, traffic congestion*

1. はじめに

階層区分に応じた道路交通サービスを提供するにあたっては、道路の持つ機能を明確にすることが必須である。とりわけ、トラフィック機能が卓越した高速道路においては、渋滞を抑制し、高速移動を担保することが求められている。渋滞は到達する交通需要がある一定の交通量を超過することで発生し、一度渋滞が発生すると捌け得る交通量は低下する。そのため、高速道路の計画・設計時にはこれら交通量を把握していることが重要である。しかし、これら交通量、いわゆる交通容量は一定のものではなく、天候や明暗等様々な条件によって変動するばかりか、条件を揃えたとしても日々変動するため、簡易に把握することが困難となっている。

本稿では、今後の性能照査型道路設計に向けて、都市間高速道路単路部の渋滞発生メカニズムを整理した上で、交通容量の定義をレビューする。交通容量の考え方については、「渋滞発生時交通量」と「渋滞発生後捌け交通量」に区分して、既往文献よりそれぞれの算出方法や影響要因、渋滞発生確率に関する知見をまとめる。また、交通容量が改善される交通運用方法に関する事例を紹介する。

2. 都市間高速道路における渋滞発生状況の俯瞰

NEXCO各社では、車両感知器（都市近郊では概ね2km毎、地方部ではIC間に1基設置）およびパトロールなどによって渋滞を把握している。渋滞は「時速40km以下で低速走行、あるいは停止発進を繰り返す車列が1km以上かつ15分以上継続した状態」と定義しており、路線によって定義を適宜変更していることもある。

都市間高速道路では、工事による渋滞が全体の13%、事故が17%、その他要因が6%であり、交通集中渋滞が64%と多くを占める（H23年 NEXCO3社の高速道路と一般有料道路計）。図-1はNEXCO西日本のWEB上の資料¹⁾

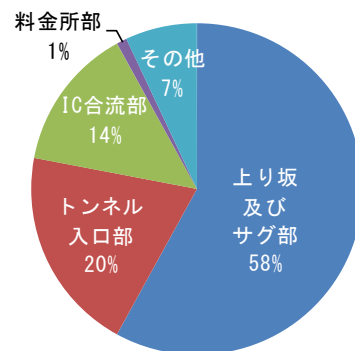


図-1 交通集中渋滞の内訳（NEXCO西日本）¹⁾

による交通集中渋滞の内訳である。上り坂及びサグ部を原因としたものが58%で最も多く、次いでトンネル入口部の20%、IC合流部の14%である。近年のETC車の普及により（平成25年3月のETC利用率は88.2%²⁾）、料金所渋滞は1%と少なくなっている。

なお、以降では上り坂及びサグ部やトンネル入口部を原因とした高速道路単路部の交通集中渋滞を対象とし、渋滞発生メカニズムや交通容量に関する知見を整理する。

3. 渋滞発生メカニズム

我が国で初めて高速道路単路部のサグやトンネルが交通容量上のボトルネックになり得ることが指摘されたのは、1984年以降のことである^{3,4)}。越ら^{3)~5)}は単路部の交通集中渋滞（自然渋滞）発生メカニズムについて「交通量が増加するにつれて追越車線を走行する車両が増加し、大きな車群がボトルネックにさしかかるとアクセル操作が不十分ため速度低下が生じ、後方へショックウェーブとして伝わることで追越車線から発生する」と考察した。

XING⁶⁾は、我が国で初めてサグ部における減速波の上流増幅伝搬とこれによる交通集中渋滞の発生を観測し、追越車線から渋滞が発生することを実証した（図-2）。また、渋滞先頭地点は一地点に留まっているのではなく、一定区間内を移動していることを明らかにした。これは、サグの下流で発生した減速波が上流へ伝搬し渋滞の先頭が上流側へ移動するも、ここから加速した車両が下流側の低速流に追いつくことで減速挙動を起し、再び減速波が発生し先頭地点が下流側に移動すると説明している。この渋滞先頭地点の遷移現象は岡村ら⁷⁾によっても報告されており、1kmに満たない範囲で先頭地点が移動することをフローティング調査より観測している。

なお、大口⁸⁾や渡辺ら⁹⁾は複数のサグを対象にどのようなサグがボトルネックとなるかを検証し、サグの勾配変化の視認性や、サグの勾配差、縦断曲線半径等が影響していることを考察したが、現在のところボトルネックとなるサグの明確な条件は分かっておらず、今後の研究に期待するところである。

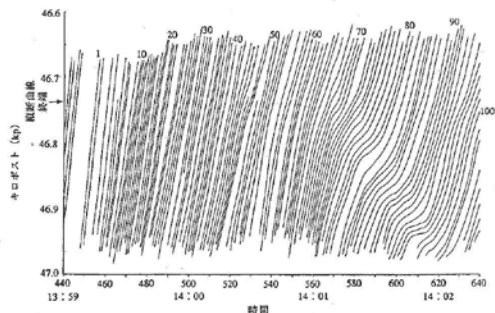


図-2 渋滞直前におけるTime-Space図（秦野サグ追越車線）⁶⁾

越ら^{4,5)}は渋滞発生前の追越車線利用率は片側2車線区間で60%程度であることを指摘した。栗原ら¹⁰⁾は交通量が増加するほど走行車線と追越車線の速度差が生じ、速度の高い追越車線に交通量が偏る傾向を示した。単路部渋滞の解析を行う際に追越車線を対象とする研究が多いことから、単路部渋滞が追越車線から発生することは、疑う余地がなさそうである。

野中ら^{11,12)}は初期渋滞発生地点と渋滞が形成された後の渋滞先頭地点が相違する場合があることを実証し、渋滞列が渋滞の先頭地点として落ち着くことを「定着」と定義した（図-3）。また、渋滞定着要因として、縦断勾配や左カーブ（視認性が悪くなるため）の影響を考察している。稲野^{13,14)}らは渋滞現象を発生と定着に区分することで同一IC区間内でボトルネックの位置が変動する現象の解明を試みた結果、区間内の様々な地点が発生/定着地点になり得ることを明らかにした。

4. 交通容量の定義と計測方法

(1) 「道路の交通容量¹⁵⁾」による定義

1984年に発行された「道路の交通容量¹⁵⁾」では、交通容量を「一定の道路条件と交通条件の下で、ある一定の時間内にある道路の断面を通過することが期待できる自動車の最大数」と定義している。また、道路条件や交通条件、交通容量の使われ方により「基本交通容量」、 「可能交通容量」、 「設計交通容量」の3種類に分けている。基本交通容量は、道路・交通条件が基本的な条件を満たしている場合に通過することが期待できる乗用車の最大数である。多車線道路の基本交通容量は、1車線当たり2,200pcu/hである。可能交通容量は、現実の道路の道路・交通条件の下で通過することが期待できる乗用車の最大数であり、基本交通容量に道路・交通条件に関する補正率を乗じることで低減させる。設計交通容量は、道路を計画・設計する場合にその道路の種類、性格、重要性に応じ、その道路が年間を通じて提供すべきサービスの質の程度に応じて規定される交通量である。交通容量の単位は「1時間当たりの乗用車換算台数（pcu/h）」で表すことを基本としている。

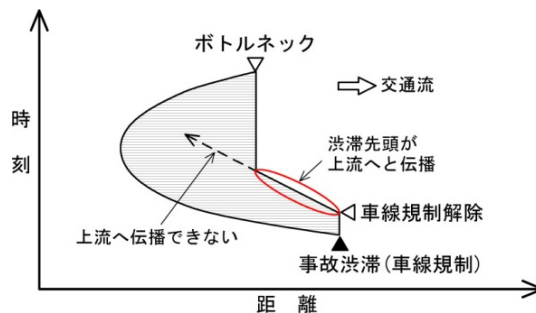


図-3 渋滞定着現象の概念図¹¹⁾

(2) 渋滞前の容量と渋滞中の容量

越ら^{3)~5)}はボトルネック近傍の車両感知器データより、渋滞が発生する過程の交通量と速度の変化を分析した(図-4)。交通量が図に示すlevel Aに示されるような値に達すると速度と交通量が急激に低下し、渋滞が発生する。このlevel Aの交通量を「渋滞前の容量」とした。この瞬間以降はボトルネックの上流で渋滞列が形成されるので、交通量はボトルネック容量を示していることになる。渋滞発生後は遷移期間 T_t を経て比較的安定した渋滞速度になり、交通量もlevel Bを経てlevel Cに低下する。このlevel B~Cの値を「渋滞中の容量」とした。初めて渋滞発生の瞬間と、渋滞発生後で交通容量が異なることを示したものである。渋滞中の容量は5分間フローレートで2,200~2,700pcu/時/2車線であり、これまでに信じられていた可能交通容量4,000pcu/時/2車線を大幅に下回る。渋滞中の容量が渋滞前の容量より低い理由は、一度渋滞列が形成されると渋滞先頭地点から加速する必要があり、前車の加速に伴う発進遅れがあるためと考えられる。図-5は東名(上)の綾瀬BS付近のボトルネックを対象に車両感知器データより描いた1年間分のQV図である。これをみても渋滞中の容量が渋滞前の容量より低いことが

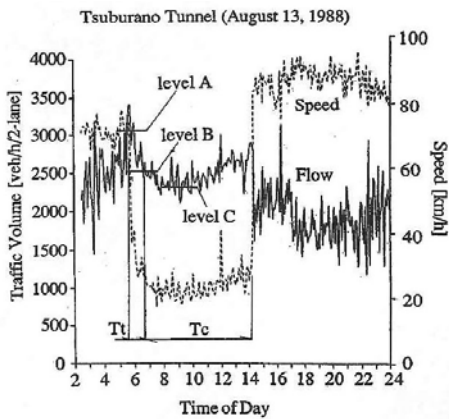


図-4 都夫良野トンネルの交通量速度変動図 (5分データ)⁵⁾

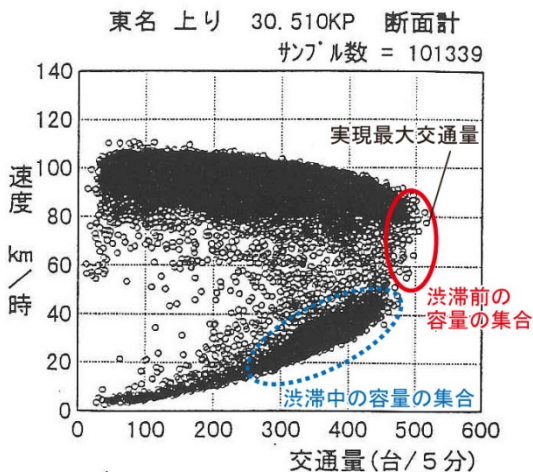


図-5 綾瀬BS付近(上)のQV図(H8)¹⁶⁾

確認できる。ちなみに、渋滞発生確率の項で後述するが、高い交通量が到達しても渋滞が発生しないこともあるため、QV図の赤丸の領域全てが渋滞前の容量とならない。実現最大交通量と区分する必要がある。

(3) 渋滞発生時交通量と渋滞発生後捌け交通量

交通容量の判読方法を明確に示したのは、平成7年度~10年度に(社)交通工学研究会内に設けられた「高速道路の交通容量に関する調査検討委員会(委員長:越正毅 日本大学理工学部教授)」である。それらをまとめた報告書¹⁶⁾や岡村ら¹⁷⁾によると、「渋滞前の容量」と「渋滞中の容量」は、それぞれ「渋滞発生時交通量」と「渋滞発生後捌け交通量」に置き換えられ、渋滞発生時交通量は渋滞発生直前の15分間フローレート、渋滞発生後捌け交通量は渋滞流中のフローレートと定義し、観測値として議論することとなった(図-6)。当委員会で、渋滞発生時交通量を15分間フローレートとしたのは、複数ボトルネックを対象に図-7に示す5種類のフローレートを判読した結果、主観によるものが最も標準偏差が小さいことを認めつつ、最も主観の値に近いのは15分間フローレートであること、主観の最頻値は15分間であったためとしている¹⁷⁾¹⁸⁾。

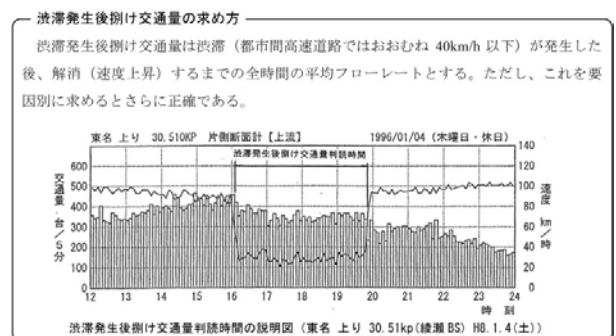
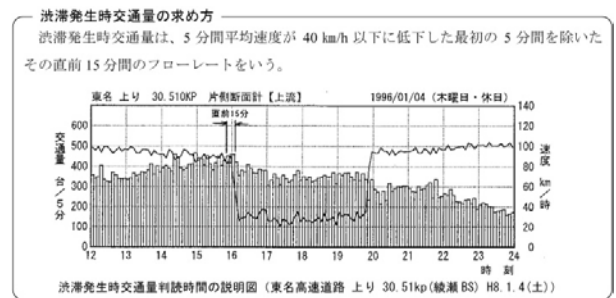


図-6 渋滞発生時交通量と渋滞発生後捌け交通量の判読方法¹⁶⁾

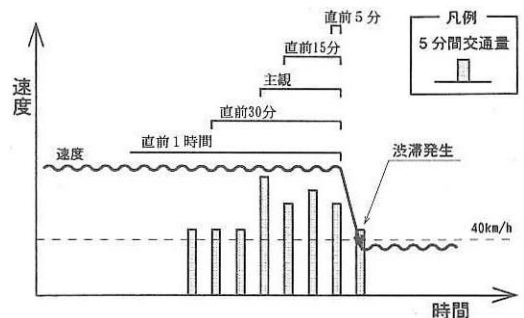


図-7 渋滞発生時交通量算出にあたっての比較対象¹⁸⁾

このように、ある一定の定義の下で、車両感知器データより渋滞1件毎の交通容量を求めることで、様々な分析者が同じ土俵で交通容量を議論することが可能となり、交通容量の変動要因に対して深い考察が加えられるようになった。これら交通容量の算出方法はNEXCOで多く採用されているが、あくまでも1つの定義であり、分析の目的によってはこの限りではない。交通容量算出方法を明記しておくことが重要である。また、単位は乗用車換算台数ではなく実台数で表現することが多い。これは、主に休日に渋滞が多発するボトルネックを対象としており、大型車混入率が低いためと考えられ、大型車混入率が明記されていればよい。ただし、高橋ら¹⁹⁾が分析対象とした平日の集中工事時のような場合は、大型車混入率が高くその影響が大きいため、乗用車換算台数を考慮して交通容量を算出する方が望ましい。

次に交通容量を判読する際の留意点を述べる。前述で示した判読方法では、渋滞開始時刻を渋滞の定義に合わせて速度が40km/h以下となった時刻としているが、実務上では厳密に40km/hにこだわることはなく、交通量と速度の変動より渋滞開始時刻を定めている。そもそも、渋滞流になる臨界速度はボトルネック毎に異なるため、40km/hで一律に渋滞を判定することは困難である。また、図-2に示すような場合、ボトルネックにおける渋滞発生時交通量は求めることができず、渋滞先頭地点がボトルネックに遷移し定着した後に渋滞発生後捌け交通量のみ求めることができる。いずれにせよ、下流側で渋滞が発生しており、先詰まりがあるような場合は、交通容量を求めることが出来ない。

なお、「渋滞発生時交通量」はBDF (Breakdown Flow)¹⁴⁾、PQF (Prequeue Flow)²⁰⁾、Saturation flow rate²¹⁾と、「渋滞発生後捌け交通量」はQDF (Queue Discharge Flow)^{14),20)}、DCF (Discharge Flow)²¹⁾とも称する。

5. 交通容量の変動要因と観測値

交通容量は、道路条件や交通条件によって変動することが知られている。ここでは、その要因を整理する。

(1) 渋滞発生時交通量と渋滞発生後捌け交通量

岡村ら¹⁷⁾は全国の都市間高速道路における19箇所のボトルネックを対象に渋滞発生時交通量と渋滞発生後捌け交通量を算出し、渋滞発生後捌け交通量は渋滞発生時交通量の0.82~0.91倍であることを実証した。図-8は本研究において52箇所のボトルネックを対象に交通容量を算出し、同様の比較を試みた結果である。52箇所の対象路線は東北道、関越道、京葉道路、東名、中央道、東名阪道、名神、近畿道、中国道、九州道であり、片側2車線区間

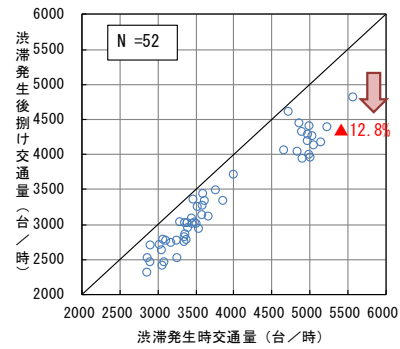


図-8 渋滞発生時交通量と渋滞発生後捌け交通量の関係 (全時間帯・無降雨)

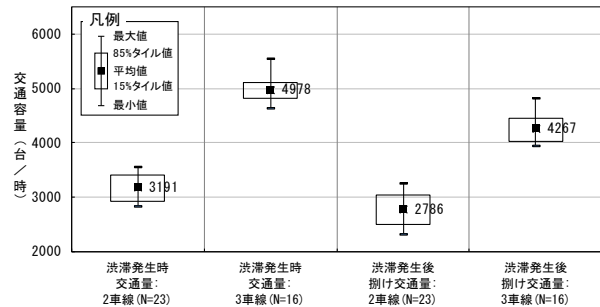


図-9 交通容量算出結果 (全時間帯・無降雨)

が36箇所、片側3車線区間が16箇所としている。全時間帯かつ無降雨日を対象としたところ、渋滞発生後捌け交通量は渋滞発生時交通量の0.78~0.98倍、中央値は0.87倍であった。上位には平日に渋滞が多発する京葉道路や東名の名古屋地区、近畿道のボトルネックが多く、平日型のボトルネックは渋滞発生時交通量と渋滞発生後捌け交通量の差が小さい可能性がある。

(2) 車線数

岡村ら²²⁾渋滞発生時交通量の比率が片側1車線：片側2車線：片側3車線=0.4：1.0：1.7、渋滞発生後捌け交通量が0.3：1.0：1.7であるとし、交通容量に及ぼす影響は車線数倍以上であることを明らかにした。吉川ら^{23)~25)}は片側1車線区間(暫定2車線区間)と片側2車線区間の交通容量を比較し、1車線区間は2車線区間の0.34~0.37倍であるとしている。

図-9は前述の52箇所のボトルネックうち都市高速道路の要素が強く平日に渋滞が多く発生する京葉道路、東名の名古屋地区、近畿道のボトルネックを対象外とした交通容量である。片側3車線区間の渋滞発生時交通量の平均は4,978台/時であり片側2車線区間3,191台/時の1.56倍、渋滞発生後捌け交通量は片側3車線区間が4,267台/時であり片側2車線区間2,786台/時の1.53倍となっている。岡村らが示した1.7よりやや低いのは、その他の様々な要因が影響しているためと考えられ、おおよそ交通容量に及ぼす影響は車線数倍以上であることは間違いなさそうである。

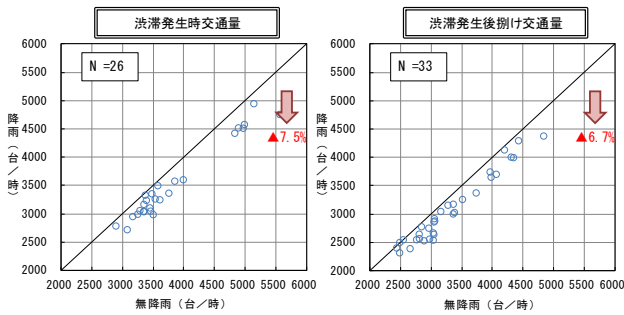
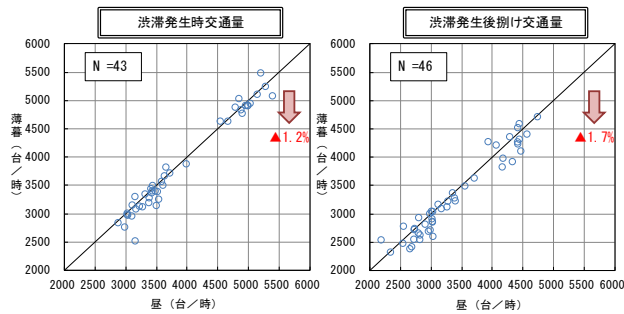


図-10 無降雨・降雨別の交通容量比較結果 (全時間帯)

《昼と薄暮の比較》



《昼と夜の比較》

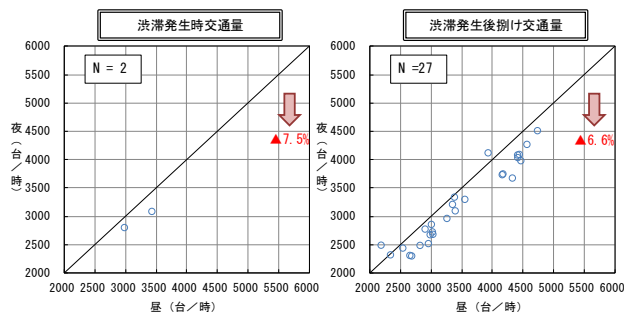


図-11 明暗別の交通容量比較結果 (無降雨)

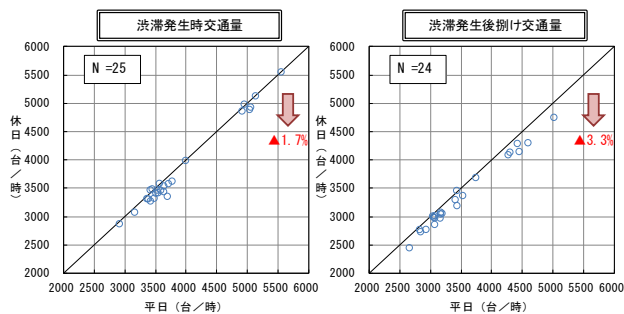


図-12 曜日別の交通容量比較結果 (全時間帯・無降雨)

(3) 道路幾何構造

岡村らは²²⁾側方余裕 (左側路肩幅員) が0.3~2.5mの範囲にあれば渋滞発生時交通量に与える影響は少ないと考察している。吉川ら²⁵⁾は片側1車線区間、米川ら^{26, 27)}は片側2車線区間、XINGら²⁸⁾は片側2車線区間と3車線区間を対象に交通容量推定モデルを構築している。米川らの研

究は渋滞発生後捌け交通量のみを対象としている。いずれのモデルもサグの縦断勾配や縦断勾配差、縦断勾配長等の変数が導入されており、縦断勾配が交通容量に影響を与えるとしている。また、吉川ら²⁵⁾やXINGら²⁸⁾が構築したモデルではトンネルダミー変数があり、トンネルの交通容量がサグに比べて低いことを表現している。トンネルの圧迫感や、明暗の影響であると考えられている。なお、明暗の影響については (4) 気象条件で後述する。

(4) 気象条件

降雨時は無降雨時と比べて交通容量が低下することが経験的に知られている。そのため、交通容量を分析するにあたっては、降雨時のデータを対象外にすることが行われる。また、降雨時の交通容量データが少ないため、降雨が交通容量に与える影響を把握することを困難にしている。図-10は前述の52箇所のボトルネックのうち、無降雨時、降雨時とも交通容量データが3サンプル以上あったボトルネックを対象に、無降雨時と降雨時の交通容量を比較した結果である。降雨のデータは気象庁のホームページに掲載されている1時間毎の降雨量とし、交通容量を算出した対象時間のうち1時間でも0.5mm以上の降雨があった場合を降雨時としている。降雨時は渋滞発生時交通量、渋滞発生後捌け交通量とも、無降雨時より7~8%低く、降雨時の交通容量が無降雨時より高いボトルネックはほとんどみられない。降雨は交通容量を低下させる要因の1つといえる。

越ら^{3, 5)}は明暗が交通容量に影響を与えることを指摘し、明るさの絶対値が高いほど車間距離や相対速度が認識しやすいと考察している。また、前述の米川ら^{26, 27)}のモデルでは太陽光有無を変数に導入し、太陽光がない場合に渋滞発生後捌け交通量が低下することを表現している。図-11は、昼と薄暮、昼と夜の交通容量を比較した結果である。ここでは、理科年表の日出・日入時刻より季節別に日出・日入時刻を30分単位で丸めた上で前後30分を薄暮としている (例えば冬の日出が6:00~7:00の場合、5:30~7:30を薄暮とした)。薄暮は昼に対して1~2%、夜は昼に対して7~8%交通容量が低い。明暗は交通容量に影響を与えられる。

(5) 交通条件

前述の米川ら^{26, 27)}のモデルでは大型車混入率が高いほど、トリップ長が長いほど渋滞発生後捌け交通量が低くなることを表現している。

岡村ら²²⁾は休日と比べて平日の方が交通容量が高いことを実証し、運転者特性の違いであることを考察している。前述の52箇所のボトルネックを対象として曜日別に交通容量を比較した結果を図-12に示す。休日は平日に比べて交通容量が2~3%低いことが確認できる。

越ら⁵⁾は渋滞巻き込まれ時間が長くなると、渋滞発生後捌け交通量が低下することを実証した。中谷ら²⁹⁾や竹内ら³⁰⁾は渋滞巻き込まれ時間が30分未満の場合は巻き込まれ時間が大きくなるほど渋滞発生後捌け交通量が低下し、それ以降は一定になることを明らかにした(図-13)。渋滞巻き込まれ時間が長くなると、前車に真剣に追従する意欲を失い、車間距離を大きく開けて走行するためと考察している。

6. 渋滞発生確率

大口ら³¹⁾は交通流率階層別を実現するその交通流率の頻度(交通渋滞状態を除く)と、その交通流率の需要により渋滞が発生する頻度より渋滞発生割合を求め、高い交通流率でも渋滞が発生しないことを示した。XINGら³²⁾はある交通量レベルの需要がボトルネックに到達しても渋滞する時としない時があることに着目し、渋滞の発生を確率的に表現する必要を説いている。渋滞発生確率を表現するにはPLM法(Product Limit Method)と最尤推定法があり、PLM法は観測された渋滞発生時交通量データに依るところが大きく完全な交通容量分布を推定できない欠点があること、最尤推定法は仮定した分布形状に依存することを述べている。ここでは、車両感知器データより得られる交通量階層別出現頻度と渋滞発生時交通量をもとに、PLM法と最尤推定法(ワイブル分布、極値分布、ロジスティック分布)の4つを比較しこれらが概ね一致していることを確認している。また、渋滞発生時交通量の平均値はワイブル分布で表現した渋滞発生確率の1~10%に位置することを明らかにしている。XINGら²⁸⁾はワイブル分布で表現した渋滞発生確率を用いて年間渋滞予測への適用を行った。稲野ら¹⁴⁾は複数のボトルネックが存在する同一IC区間を対象に区間における渋滞発生確率を算出し、区間の評価を試みている。

最尤推定法で渋滞発生確率を求める場合、分布形状を仮定しパラメータを得ることができる。そのため、複数ボトルネックの渋滞発生確率について、パラメータ値を

基に比較考察することができる利点がある。Brilon et al.³³⁾は、正規分布、ガンマ分布、ワイブル分布の中で、ワイブル分布が最もあてはまりがよいとしている。また、実務で比較的良好に適用されていることから、ワイブル分布に簡単な解説を加える。

ワイブル分布は式(1)で表現され、図-14の例に示すような形状となる。

$$F(q) = 1 - e^{-\left[\frac{q}{\beta}\right]^\alpha} \quad (1)$$

ここで、 $F(q)$: 渋滞発生確率
 α : 形状パラメータ
 β : スケールパラメータ
 q : 交通量

α は形状パラメータでありその値が大きいほど分布の広がりが小さくなる。 β はスケールパラメータであり値が大きいほど図中の分布が右にシフトする。稲野ら¹⁴⁾は α が7~22の値をとることを実証した。また、図-15は前述の52箇所のボトルネックを対象に α と β を推定した結果である。 α は2車線で17~41、3車線で22~47の値をとり、2車線の平均は28、3車線の平均は34である。 β は2車線で3,000~4,300、3車線で5,000~5,900の値をとり、2車線の平均は3,785、3車線の平均は5,506である。

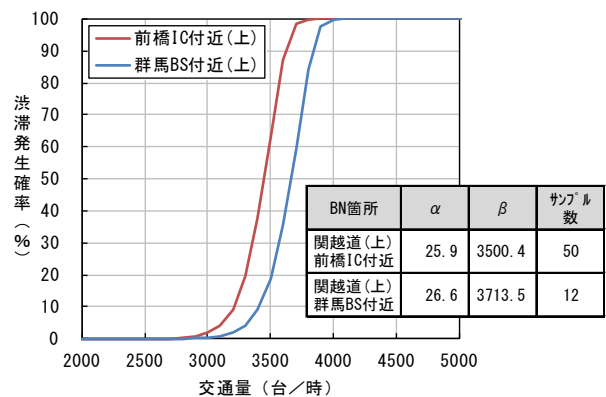


図-14 関越道(上)の渋滞発生確率分布

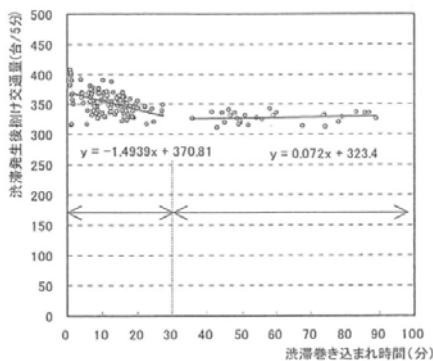


図-13 渋滞巻き込まれ時間と渋滞発生後捌け交通量の関係²⁹⁾

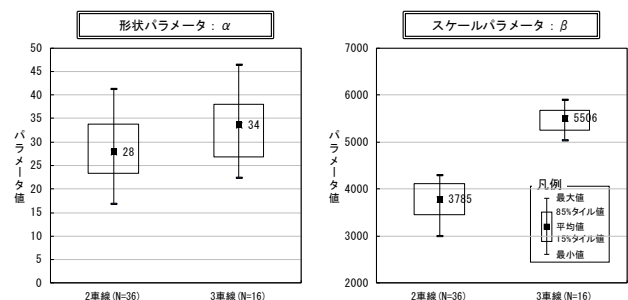


図-15 ワイブル分布のパラメータ推定結果

7. 交通容量の改善方法

(1) ハード対策

渋滞対策の一番の処方箋は車線拡幅である。車線拡幅は、交通容量を大きく増加させ、ボトルネックが解消するため、渋滞軽減効果大きい。最近では、東名高速道路の岡崎地区で既存の路肩を走行車線として運用することで、暫定的に片側2車線の道路を3車線にし、渋滞を大きく軽減させた事例が報告されている^{34,35)}。

付加車線は道路交通条件次第では数kmの車線増で渋滞軽減効果が期待でき、改築費用もIC間の車線拡幅に比べて低く抑えられるメリットがある。原山³⁶⁾は関越道の付加車線事業（加速車線延伸，減速車線延伸，付加車線設置）を対象に交通容量を比較し、渋滞発生時交通容量のみならず、渋滞発生後捌け交通容量も増加することを示している。多くは、付加車線設置後に渋滞が解消するため、当該地点の交通容量を把握することが困難であるが、観測できた事例を基にすると、花園IC下流の付加車線設置によって渋滞発生後捌け交通容量が4,056台/時から4,176台/時へ3%増加したことを確認している。XING³⁷⁾はミクロシミュレーションをもとにサグ部の付加車線設置位置，付加車線長を渋滞発生時交通容量から評価している。付加車線は設置形態，運用方法，設置位置，長さによって交通容量改善効果が異なるため，これらについての実績のデータを蓄積し知見を整理していくことが望まれる。

(2) ソフト対策

原田³⁸⁾は渋滞が追越車線から発生することから，片側2車線区間を対象にLED標識を用いて走行車線の利用を促す「車線利用率平準化対策」を行った。これにより高いフローレートが出現しても渋滞に至らず，渋滞発生を遅らせることができることを明らかにした。また，XING³⁹⁾は片側3車線区間を対象に同様の対策を実施している。ここでは，走行車線側のみでなく追越車線側にあたる中央分離帯にもLED標識を設置し，LEDの視認性を高めた結果，対策なし46日と対策あり12日の平均値として，渋滞発生時交通容量が4,789台/時から5,079台/時へ290台/時（6%）増加することを確認している。特に走行車線の利用率が高くなり，低い交通容量レベルでの渋滞発生を抑制している。

中谷²⁹⁾，竹内³⁰⁾，山田⁴⁰⁾は路肩にLED標識を設置し，渋滞先頭地点を知らせるとともに，速度回復を促す情報を提供したところ，渋滞発生後捌け交通容量が4～7%増加することを明らかにした。情報により緩慢になったアクセルワークを是正し，加速を促すことで渋滞発生後捌け交通容量の増加を狙ったものである。現在は，図-16に示すLED標識車ではなく，F型の情報板や固定式LED標識板を設置し，車両感知器データと連動して情報内容

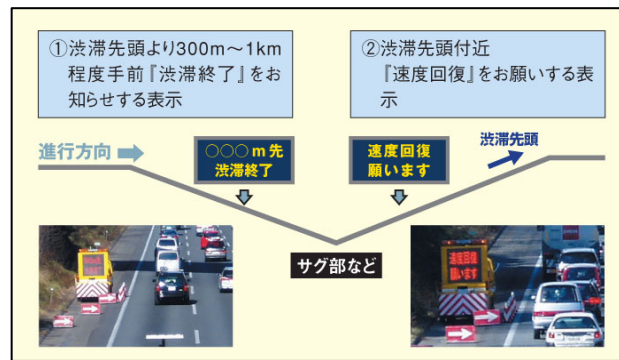


図-16 LED標識による速度回復情報提供の様子³⁰⁾

をコントロールするシステムを構築している箇所が全国でみられ，効果を上げている。

8. まとめと今後の課題

本稿では，都市間高速道路単路部の渋滞発生メカニズムを整理した上で，交通容量に関する知見をまとめた。

交通容量は，「渋滞発生時交通容量」，「渋滞発生後捌け交通容量」に区分でき，車両感知器データより一定の定義に基づき観測できる。これにより，様々な分析者が同じ土俵で交通容量を議論することが可能となった。渋滞発生後捌け交通容量は渋滞発生時交通容量より最大で2割低く，渋滞を発生させないことがトラフィック機能を確保する上で重要である。

交通容量の変動要因は，車線数，道路幾何構造，気象条件，交通条件等である。道路幾何構造についていえば，縦断勾配の影響があるものの，これだけで交通容量が定まることはなく，平面線形やその組み合わせ，大口が指摘したサグの視認性⁹⁾についても考慮することが必要である。気象条件では，降雨や明暗の影響が指摘されているが，降雨量や路面状態との関係は明らかでない。交通条件は大型車混入率や渋滞巻き込まれ時間が交通容量に影響を与える。視認性の観点から近年増加したミニバンや，加速特性として軽自動車の影響もあるかもしれない。いずれにせよ，交通容量は何か1つの要因で決定されることはなく，複数の要因が影響している。ここで挙げた要因以外にも，地域特性や季節等も考えられる。その他，交通容量は個々の車両挙動の集積結果という観点から追従モデル・シミュレーションによるアプローチもある。渋滞発生確率についても，交通容量と同様，パラメータの影響要因を探ることが必要であろう。今後はこれら要因を明らかにし，性能照査型道路設計を行う際の基礎的な知見とすることが望まれる。また，交通容量改善方法についても知見を蓄積していくことが望まれる。

参考文献

- 1) http://www.w-nexco.co.jp/traffic_info/trafficjam_comment/index2.html
- 2) <http://www.mlit.go.jp/road/yuryo/riyou.pdf>
- 3) 越 正毅: 高速道路トンネルの交通現象, 国際交通安全学会誌, Vol.10, No.1, pp.32-38, 1984.
- 4) 越正毅: 高速道路のボトルネック容量, 土木学会論文集, Vol.371/IV-5, pp.1-7, 1986.
- 5) 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, Vol.458/IV-18, pp.65-71, 1993.
- 6) 邢健, 越 正毅: 高速道路のサグにおける渋滞現象と車両追従挙動の研究, 土木学会論文集, Vol.506/IV-26, pp.45-55, 1995.
- 7) 岡村秀樹, 渡辺修治, 泉正之: 都市間高速道路における単路部渋滞先頭地点の交通現象, 交通工学, Vol.35, No.6, pp.48-56, 2000.
- 8) 大口敬: 高速道路サグにおける渋滞の発生と道路線形との関係, 土木学会論文集, Vol.506/IV-29, pp.69-78, 1995.
- 9) 渡辺亨, 山岸将人, 安積淳一: 高速道路におけるサグ渋滞の要因分析, 第 20 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.33-36, 2000.
- 10) 栗原光二, 日置洋平: 4 車線高速道路の交通事象と交通容量改善策, 土木計画学研究・講演集, Vol.17, pp.563-566, 2007.
- 11) 野中康弘, 石田貴志, 内山久雄: 都市間高速道路単路部における渋滞定着要因に関する一考察, 土木計画学研究・講演集, Vol.26, 2002.
- 12) 野中康弘, 石田貴志, 長井伸太郎: 高速道路単路部における渋滞定着地点の幾何構造特性に関する一考察, 第 23 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.5-8, 2003.
- 13) 稲野晃, 中村英樹, 内海泰輔: ボトルネックが連続する区間における渋滞現象の分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.36, 2007.
- 14) 稲野晃, 中村英樹, 内海泰輔: 複数ボトルネックを含む高速道路区間における渋滞現象の確率的解析, 高速道路と自動車, Vol.52, No.1, pp.19-29, 2009.
- 15) (社) 日本道路協会: 道路の交通容量, 丸善, 1984
- 16) 日本道路公団: 都市間高速道路の交通容量マニュアル (平成 11 年版) 作成業務報告書, 日本道路公団技術部, 2000.
- 17) 岡村秀樹, 渡辺修治, 泉正之: 高速道路単路部の交通容量に関する調査研究 (上), 高速道路と自動車, Vol.44, No.2, pp.31-38, 2001.
- 18) (社) 交通工学研究会: 平成 7 年度~平成 10 年度 高速道路の交通容量に関する調査検討報告書(日本道路公団委託), (社) 交通工学研究会, 1999.
- 19) 高橋秀喜, Jian XING, 伊東弘行, 飯田克弘: 東名高速道路集中工事区間のボトルネック交通容量分析, 第 28 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.97-100, 2008.
- 20) Banks, James H: Effect of Site and Population Characteristics on Freeway Bottleneck Capacity, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, pp 108-114, 2007.
- 21) Adolf D. May: Traffic Flow Fundamentals, Prentice Hall, 1989.
- 22) 岡村秀樹, 渡辺修治, 泉正之: 高速道路単路部の交通容量に関する調査研究 (下), 高速道路と自動車, Vol.44, No.3, pp.30-40, 2001.
- 23) 吉川良一, 長浜和実, 寒河江克彦: 東海北陸自動車道における暫定 2 車線区間の交通容量に関する検討, 第 24 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.89-92, 2004.
- 24) 吉川良一, 長浜和実, Jian XING, 吉井稔雄, 北村隆一: 高速道路暫定 2 車線区間におけるボトルネック交通容量に関する考察, 土木計画学研究・論文集, Vol.22, pp.839-846, 2005.
- 25) 吉川良一, 塩見康博, 吉井稔雄, 北村隆一: 暫定 2 車線高速道路のボトルネック交通容量に関する研究, 交通工学, Vol.43, No.5, pp.48-58, 2008.
- 26) 米川英雄, 飯田克弘, 森康男: 高速道路の渋滞中交通容量に影響を及ぼす要因の車線相違に関する研究, 交通工学, Vol.36, No.2, pp.53-63, 2001.
- 27) 米川英雄, 飯田克弘, 森康男: 高速道路における渋滞中交通容量の算定式構築に関する実証的研究, 高速道路と自動車, Vol.44, No.8, pp.25-30, 2001.
- 28) Jian XING, 宇佐見純二, 福島賢一, 佐藤久長: 潜在的ボトルネック交通容量の推定及び交通容量の確率分布を用いた年間の渋滞予測検討, 土木計画学研究・論文集, Vol.27, No.5, pp.973-980, 2010.
- 29) 中谷了, 皆方忠雄, 佐藤久長, 市川昌: 渋滞巻き込まれ時間を考慮した LED 標識による速度回復情報提供の効果検証, 第 25 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.173-176, 2005.
- 30) 竹内利夫, 佐藤久長, 皆方忠雄: 高速道路渋滞対策の最前線—サグ部の速度低下による渋滞の緩和を目指して—, 土木学会誌, Vol.91, No.5, pp.60-63, 2006.
- 31) 大口敬, 片倉正彦, 鹿田成則: 高速道路単路部をボトルネックとする渋滞発生特性に関する実証的研究, 高速道路と自動車, Vol.44, No.12, pp.27-34, 2001.
- 32) Jian XING, 佐藤久長, 高橋秀喜, 吉川良一: 高速道路のボトルネック交通容量分布及び渋滞発生確率の推定, 第 26 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.49-52, 2006.
- 33) Brilon, W., Geistefeldt, J. and Regler, M.: Reliability of Freeway Traffic Flow: A Stochastic Concept of Capacity, Proceedings of the 16th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, 2005.
- 34) 佐藤久長, 前川利聡, 田中真一郎, 森北一光: 現有道路資産の有効活用による高速道路の渋滞・事故対策の試み, 土木計画学研究・講演集, Vol.43, 2011.
- 35) 佐藤久長, 前川利聡, 田中真一郎: 東名岡崎地区における新たな渋滞・事故対策の試み, 日本道路会議, Vol.29, 2011.
- 36) 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.
- 37) Jian XING, 福島賢一, 川崎洋輔, 田中淳: 高速道路サグ部における付加車線の効果的な設置方法の検討, 第 29 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.121-124, 2009.
- 38) 原田秀一, 深瀬正之, 前島一幸, 佐藤久長, 瀬古賢司: 交通工学, Vol.42, No.5, pp.74-79, 2007.
- 39) Jian XING, 鶴元史, 石田貴志, 村松栄嗣: 片側 3 車線区間における LED 標識を用いた車線利用率平準化渋滞対策の効果検証, 第 31 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.167-171, 2011.
- 40) 山田芳嗣, 阿部重雄, 長瀬博紀: LED 表示板を活用した渋滞対策について, 第 23 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.205-208, 2003.