

首都高速道路の合流部近傍における渋滞発生時 交通現象の比較分析

遠藤 学史¹・割田 博²・岡野 孝司³

¹正会員 首都高速道路(株) 保全・交通部 (〒100-8930 東京都千代田区霞が関1-4-1)
E-mail: s.endo5944@shutoko.jp

²正会員 首都高速道路(株) 保全・交通部 (〒100-8930 東京都千代田区霞が関1-4-1)
E-mail: h.warita1116@shutoko.jp

³非会員 首都高速道路(株) 建設事業部 (〒100-8930 東京都千代田区霞が関1-4-1)
E-mail: t.okano85@shutoko.jp

首都高速道路の主なボトルネックとして、合流部や織込み区間等が挙げられる。このうち合流部においては、合流車線と被合流車線の交通量や合流比率、左右合流の違い、被合流側本線（複数車線）車線の車線利用率等により、車両挙動特性が異なるため、渋滞発生時の交通量が変動する可能性がある。

首都高速道路の交通容量と交通現象については、様々な研究が行われており、定量的な知見も得られている。しかしながら、分析に用いられているデータが、中央環状線（大橋JCT~江北JCT）の供用前のデータが多く、最近の交通データを扱った文献が少ない。

そこで、本稿は、最近の首都高速道路のデータに基づき、首都高速道路における合流部近傍の渋滞発生時交通現象を比較分析する。また、道路幾何構造等が交通容量に与える影響について、今後の課題と検討の方向性についても示唆するものである。

Key Words : highway capacity, bottleneck phenomenon, merging section

1. はじめに

道路の階層区分に応じた道路交通サービスの提供にあたり、道路の交通容量とサービスの質に関する議論が各方面で行われている¹⁾。道路が提供すべき交通サービスを考慮した性能照査型の計画・設計法を確立し、実務へ展開を図るために、現況の交通容量についての知見の整理や課題への取り組みが必要である。

首都高速道路のボトルネック現象の交通容量に関しては、様々な研究が行われており、実証的な研究^{2), 3)}など、多くの知見が得られている。中でも、割田ら⁴⁾は、Q-V図から臨界状態における分布領域をキャパシティーボールと称し、ボトルネック箇所の特定を行っている。また、降水の有無、曜日（平日・休日）および時間帯（昼夜）別による影響をキャパシティーボールの分析を用いて行うなど、定量的な知見も得られている。

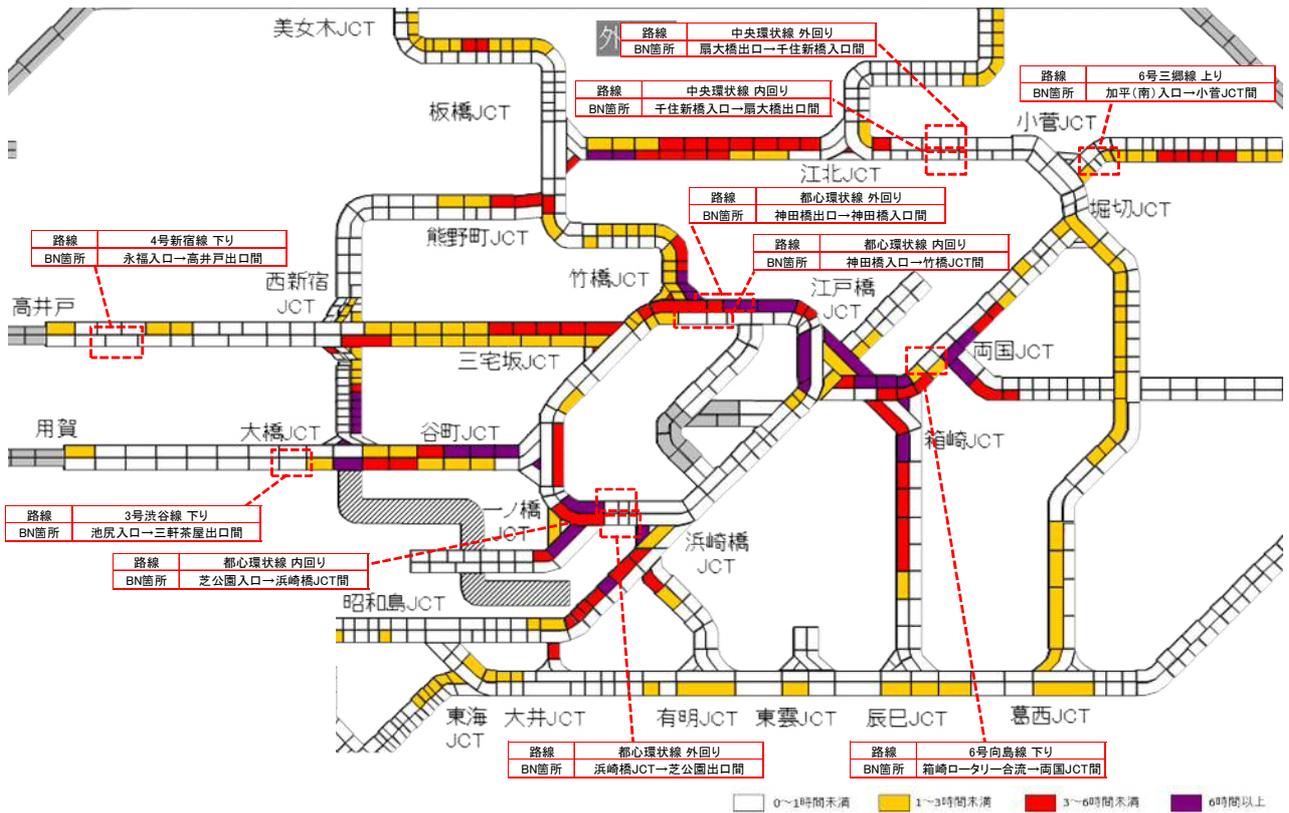
一方、首都高速道路における渋滞ポイントは、合流部が多く占めているため、合流部における交通容量に関する研究⁵⁾が多く取り組まれている。

合流部においては、合流車線と被合流側本線（複数車線）車線の交通量や合流比率、左右合流の違い、被合流車線の車線利用率等により、車両挙動特性が異なるため、渋滞発生時の交通量が変動する可能性がある。

このような交通現象に対し、合流時の車両挙動特性の変動性を巨視的に見立て確率的に扱った交通容量分析⁶⁾や、微視的に交通現象をモデル化し交通容量を説明しようとする研究⁷⁾など行われている。

首都高速道路の交通容量と交通現象については、交通容量データブック⁸⁾に代表的な合流部のボトルネック（13箇所：都心環状線内回り3箇所、都心環状線外回り4箇所、3号渋谷線下り1箇所、4号新宿線下り1箇所、5号池袋線下り1箇所、6号向島線下り1箇所、中央環状線外回り1箇所、神奈川3号狩場線上り1箇所）を対象にした分析結果が掲載され、次のような知見が得られている。

- ・断面交通量の最大値は300~400台/5分（3,600~4,800台/時）程度となっており、ボトルネック箇所によりばらつきがあること



※渋滞：区間速度が20km/h以下の状態

図-1 首都高速道路における渋滞*発生時間とボトルネック推定箇所（平成24年9月平日平均）

- ・道路の交通容量⁹⁾に記載されている都市高速道路の最大交通量の観測値と概ね同等の値となっていること
- ・車線別交通量の最大値は、左側車線と右側車線で同等な箇所もあるが、概ね右側車線の方が大きいこと
- ・断面最大交通量の発現時は左側車線あるいは右側車線の最大交通量発現時と必ずしも一致しないこと
- ・最大断面交通量が他の箇所よりも小さい断面交通量を示している箇所については、合流後のカーブや織り込み挙動による容量低下の可能性が考えられること
- ・大型車混入率と断面最大交通量の間には明確な因果関係は見られないこと
- ・速度閾値を下回る回数やQ-V相関図を作成し、臨界状態や渋滞領域の出現状況から、ボトルネック箇所の推定が可能であること

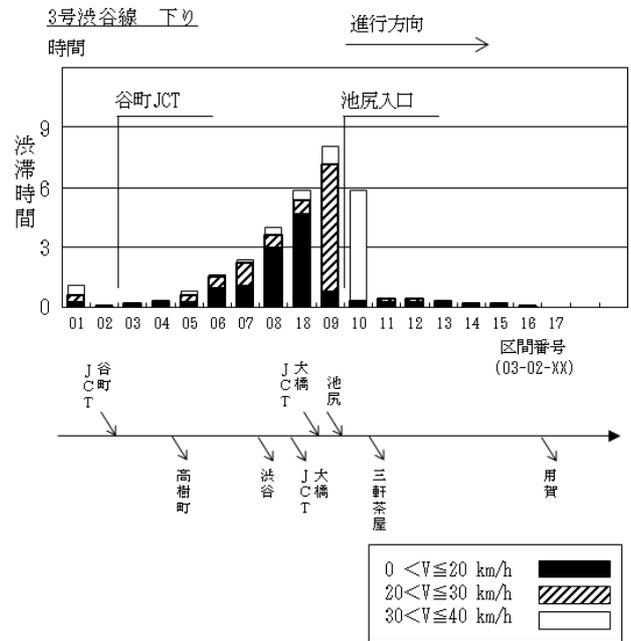


図-2 3号渋谷線下り渋滞時間と速度域の関係例（平成24年6月平日平均）

しかしながら、これらの分析結果は平成12年のデータを扱っており、最近の首都高速道路上の代表的なボトルネック箇所が変わってきていることや、最近のデータを扱った文献が少ない。

そこで、本稿では最近の首都高速道路のデータに基づ

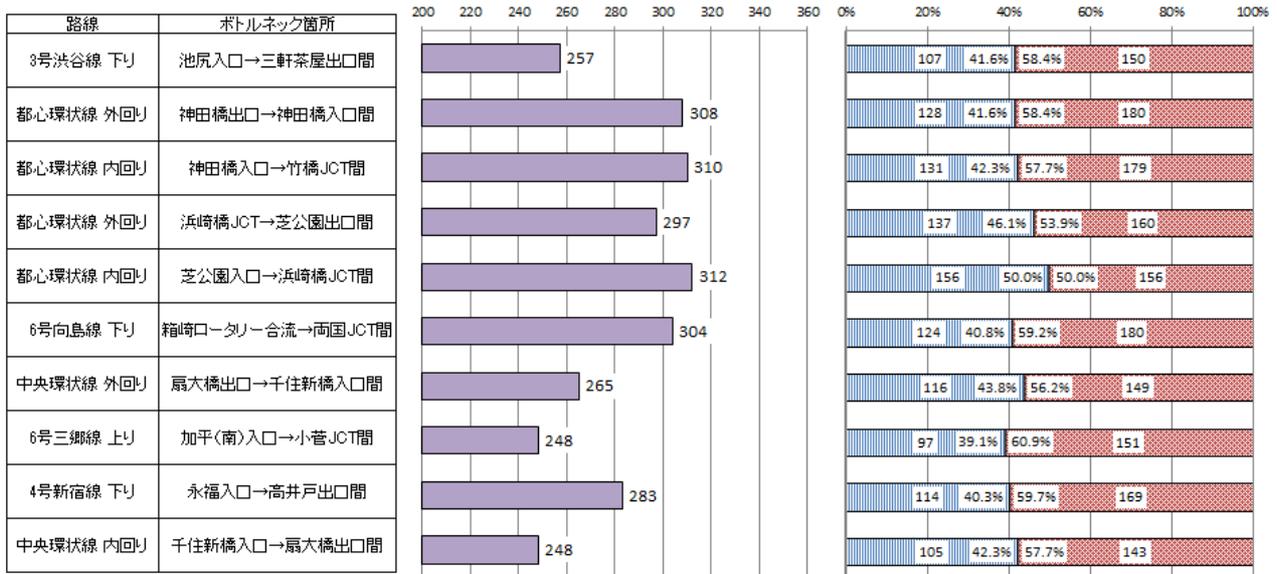


図-3 主なボトルネック箇所の断面交通量の最大値と車線利用率（平成24年9月）（平日平均）

※値は最大断面交通量の95%タイル値（台/5分）

※右側のグラフは断面95%観測時間帯の車線利用率の平均値、青：第1車線、赤：第2車線

※都心環状線外回り神田橋出口→神田橋入口間のデータのみ平成24年6月平日平均データ

き、首都高速道路の合流部近傍における渋滞発生時交通現象を比較分析する。また、道路幾何構造が交通容量に与える影響や、合流部近傍の交通容量について、今後の課題と検討の方向性についても示唆するものである。

2. 首都高速道路の交通状況

図-1は、平成24年9月の平日における首都高速道路における1日あたりの渋滞発生時間を区間単位に0～1時間未満、1～3時間未満、3～6時間未満、6時間以上の階層ごとに色分けし、図化したものである。ここに、渋滞発生時間とは区間速度が20km/h以下の時間を累積している。

例えば、都心環状線外回りの竹橋JCTから江戸橋JCTを經由して6号向島線下り両国JCT付近や、中央環状線内回りから3号渋谷線の大橋JCT付近等において渋滞発生時間が大きいことが読み取れる。

ボトルネック箇所の推定については、速度閾値を40,50km/hとした場合の臨界状態や渋滞領域の出現状況から判断する方法⁸⁾があるが、本稿では、簡易的に区間データを用い抽出している。図-2のように、渋滞時間と速度域の関係から、30km-40kmの速度領域が40km-50kmの領域に遷移していると想定される箇所03-02-10をボトルネック箇所の候補として抽出している。これは、ボトルネック箇所の臨界状態における速度閾値が40,50km/hであること⁸⁾から30km-40kmの速度領域の有無からボトルネック候補箇所を判断したものである。

ボトルネック候補箇所として抽出した箇所のうち主なボトルネック箇所を図-1に赤点線の囲みとして示す。

図-1より、平成12年のデータ⁹⁾では、中央環状線より内側（中央環状線を含む）の主なボトルネック箇所が、13箇所中12箇所であるが、平成24年9月のデータでは、主なボトルネック箇所が、中央環状線の外側の放射線や中央環状線で多く発生している。平成12年当時は、中央環状線の北側区間（板橋JCT～江北JCT）や西側区間（大橋JCT～熊野町JCT）が未開通であった。そのため、当時の主な交通の集中であった都心環状線から、ボトルネック箇所が変遷したと考えられる。

変遷要因として、ボトルネック箇所については、中央環状線の北側区間や西側区間が開通し、既存の路線とJCTを形成することで新たに合流箇所が発生し、合流部近傍にてボトルネック箇所が出現することとなったと考えられる。

一方、都心環状線神田橋付近や芝公園付近、6号向島線箱崎ロータリー付近を先頭とした渋滞は、平成12年と同様にボトルネック箇所として、現状でも渋滞発生の起因となっている箇所も存在する。

ボトルネック箇所については、高速道路ネットワークの拡充や高速道路の利用状況の変化等により、その箇所が変遷する可能性があるため、継続的な分析が必要である。

路線	3号渋谷線下り	都心環状線内回り	中央環状線内回り
BN箇所	池尻入口→三軒茶屋出口間	神田橋入口→竹橋JCT間	千住新橋入口→扇大橋出口
地点番号	03-02-27	00-01-70	20-01-10
第1車線			
第2車線			
断面			
縦断線形			
合流形態	右側合流	左側合流	右側合流
95%タイル値の平均大型車混入率	14.3%	15.3%	25.2%

図4 ボトルネック箇所における断面交通量の最大値と車線別Q-V相関図例（平成24年9月）（平日平均）

※値は最大断面交通量の95%タイル値（台/5分）
 ※▽は車両感知器の位置を示す

3. 合流部近傍の主なボトルネック箇所

(1) 主なボトルネック箇所の交通容量

図-3は、主なボトルネック箇所における最大断面交通量の95%タイル値と車線利用率を示している。本来、渋滞発生直後時間帯のみの交通量を抽出する作業が必要であるが、便宜的にデータを扱うために95%タイル値を用いている。

ボトルネック箇所によって、最大断面交通量の95%タイル値は大きく異なっており、6号三郷線上り加平（南）入口→小菅JCT間および中央環状線内回り千住新橋→扇大橋出口間が248（台/5分）と最も小さく、最大

値の都心環状線内回り芝公園入口→浜崎橋JCT間312（台/5分）に比べ、約8割程度となっている。また、断面交通量のフローレート（5分間値の1時間換算値）は3,000～3,700台/時程度である。これは、平成12年時のボトルネック箇所におけるフローレート3,600～4,800台/時の8-9割程度の値であり、同様に道路の交通容量⁹⁾に記載のあるフローレート3,900～4,500台/時の8割程度の値である。これらの違いについては、ボトルネック箇所の相違や、以前に比べ大型車混入率が高くなっていることによる起因が考えられるが、今後より詳細な分析が必要である。

最大断面交通量の95%タイル値は、左側車線と右側車線で同等な箇所もあるが、概ね右側車線の方が大きく、

平成12年のデータと同様な結果を示している。なお、車線利用率と最大断面交通量の95%タイル値との間に明確な因果関係は今回の分析からも見受けられない。

(2) 主なボトルネック箇所のQ-V相関図

図-4は、3号渋谷線下り（池尻入口→三軒茶屋出口間）、都心環状線内回り（神田橋入口→竹橋JCT間）および中央環状線内回り（千住新橋入口→扇大橋出口）における車線別のQ-V相関図を表したものである。

本稿では3箇所を例示しているが、合流形態や大型車混入率、車線利用率等により様々な要因が考えられ、車線利用率と最大断面交通量の95%タイル値との間に明確な因果関係は見ることができないため、これらの関係については、今後詳細な分析が必要である。

また、3号渋谷線下り（池尻入口→三軒茶屋出口間）および中央環状線内回り（千住新橋入口→扇大橋出口）においては、縦断勾配+3%~3.5%と上り坂になっており、最大断面交通量の95%タイル値がほぼ同じ台数であるが、急勾配であることによる大型車混入率の影響など、前後の勾配変化率とともに、今後の道路の幾何構造と交通容量の関係について、詳細に調べる必要がある。

(3) 渋滞発生メカニズムについて

渋滞発生メカニズムについては、3号渋谷線下り（池尻→三軒茶屋間）において例を挙げると、一般道路の信号サイクルに起因して池尻入口の合流部における流入交通量の一時的な増大（合流摩擦）による影響、大橋JCT→池尻入口間のサグ部の速度低下による影響、池尻入口→三軒茶屋出口間の縦断勾配の影響など様々かつ複合的な要因が考えられる。今後は、これらの要因と交通容量の関係についても詳細に調べる必要がある。

4. おわりに

本稿は、最近の首都高速道路の交通データに基づき、合流部近傍の渋滞発生時交通現象について比較分析を行い、道路幾何構造等が交通容量に与える影響について、今後の課題と検討の方向性についても示唆するものである。その結果、次のような知見を整理している。

- ・最大断面交通量の95%タイル値は250~310台/5分(3,000~3,700台/時)程度となっており、ボトルネック

箇所によりばらつきがあること

- ・交通容量データブック⁸⁾や道路の交通容量⁹⁾に記載されている都市高速道路の最大交通量の観測値（フローレート）に比べ8~9割程度の値を示していること
- ・車線別交通量の最大値は、左側車線と右側車線で同等な箇所もあるが、概ね右側車線の方が大きく、平成12年のデータと同様な結果を示していること
- ・合流形態や大型車混入率、車線利用率による、車線利用率と最大断面交通量の95%タイル値との間に明確な因果関係は見ることができないこと

今後の課題として、ボトルネック箇所が合流部によるものであるか、合流部下流の道路幾何構造等によるものであるか、メカニズムのパターン化を図ったうえで、箇所ごとに整理していく必要がある。

参考文献

- 1) 大口敬, 中村英樹: 日本における交通容量・サービスの質に関する研究の概観と展望, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol.67, No.3, pp.217-229, 2011.
- 2) 原靖丘, 森田緯之, 安井一彦: 首都高速道路合流部の交通容量に関する研究, 第24回交通工学研究発表会論文報告集, pp.93-96, 2004.
- 3) 片倉正彦: 織り込み区間に関する研究の現状と課題, 土木学会論文集, No.440/IV-16, pp.33-40, 1992.
- 4) 割田博, 赤羽弘和, 船岡直樹, 岡村寛明, 森田緯之: 首都高速道路におけるキャパシティポールの抽出とその特性分析, 第29回土木計画学研究・講演集(CD-ROM), 2004.
- 5) 割田博, 植田和彦, 森田緯之, 野間哲也: 首都高速道路の合流部における交通容量の分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.25, 2002.
- 6) Mohamed Shawky, Hideki Nakamura: Characteristics of Breakdown Phenomenon in Merging Sections of Urban Expressways in Japan, Transportation Research Record, No.2012, pp.11-19, TRB, 1998.
- 7) 倉内文孝, 宇野伸宏, 飛ヶ谷明人: 都市高速道路合流部における渋滞発生メカニズムに関する画像データ解析, 土木計画学研究・論文集, Vol.24, pp.609-618, 2007.
- 8) 交通工学研究会: 交通容量データブック 2006, 丸善, 2006.
- 9) 日本道路協会: 道路の交通容量, 丸善, 1984.

(2013.5.7 受付)

A Comparative Analysis on Phenomenon of Traffic Congestion inat Merging Section of Tokyo Metropolitan Expressway

Satoshi ENDO, Hiroshi WARITA and Takashi OKANO