

首都高速道路における交通量-速度曲線への 影響要因分析

末益 元気¹・遠藤 学史²・田沢 誠也³

¹正会員 首都高速道路(株) 計画・環境部 (〒100-8930 東京都千代田区霞が関 1-4-1)
E-mail:g.suemasu177@shutoko.jp

²正会員 首都高速道路(株) 西東京管理局 (〒102-0093 東京都千代田区平河町 2-16-3)
E-mail:s.endo5944@shutoko.jp

³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.tazawa78@shutoko.jp

性能照査型道路計画設計を確立し、実務への展開を図るためには、与えられた様々な条件の下で変化する交通運用状態に対応するサービスの質を把握することが重要となる。その中でもトラフィック機能が重視される高速道路の交通性能を評価するためには、道路条件や交通条件、走行条件などにより変化する交通量と速度の関係を明らかにすることが重要である。

高速道路のうち都市間高速道路は交通性能について数多くの分析がなされているが、都市内高速道路に着目した事例は少なく議論の余地があると言える。そこで、本稿では首都高速道路を対象に単路部の車両感知器における観測データを用いて、道路幾何構造や大型車混入率、天候等の要因がQ-V関係に与える影響について定量的な分析を行った結果を報告する。

Key Words : road planning and design, traffic performance, running speed

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⁾。また、道路交通サービスの質を考えた性能照査型の道路計画設計を確立し、実務への展開を図るためには、与えられた様々な条件の下で変化する交通運用状態に対応するサービスの質を把握することが重要となる。

その中でも、最も高規格な交通サービスが要求される高速道路では走行安全性を確保しつつ、高い交通性能を保障しなければならない。このようなトラフィック機能が重視される高速道路の交通性能を評価するためには、道路構造や路面状況などの道路条件、天候や明るさなどの走行環境条件、大型車混入率などの交通条件など、各種条件により変化する交通量と速度の関係(以下 Q-V 関係と言う。)を明らかにすることが重要である。

そのため、高速道路における Q-V 関係について数多くの研究がなされており、日々結果や実績が蓄積されている。洪²⁾らは多車線の都市間高速道路を対象とし、稲野³⁾らは暫定供用の往復 2 車線の都市間高速道路を対象として Q-V 関係に影響を与える要因の分析を行って

る。しかし、これらの多くは都市間高速道路を対象としており、都市内高速道路に着目した事例は少なく議論の余地があると言える。

そこで、本稿では交通性能という交通サービスの質を考慮した道路の設計・運用を実現するための基礎的な段階として、首都高速道路を対象に単路部の車両感知器における観測データを用いて、道路幾何構造や大型車混入率、天候等の要因が Q-V 関係に与える影響についての定量的な分析を行う。

2. 分析データ

本稿では、首都高速道路上に設置された車両感知器における平成 24 年度の観測データを使用する。車両感知器データは、普通車交通量、大型車交通量、速度等のデータが車線別、方向別に 1 分単位で記録されたものであるが、不安定な変動の影響を排除するために、5 分間交通量に集計し直して使用する。その際、5 分間平均速度は交通量による加重調和平均である。また、大型車交通量は車長 6m 以上の車両を対象としている。

図-1 の青いプロットは、3 号渋谷線下り三軒茶屋出口先における 5 分間交通量と平均速度の関係を示したもの

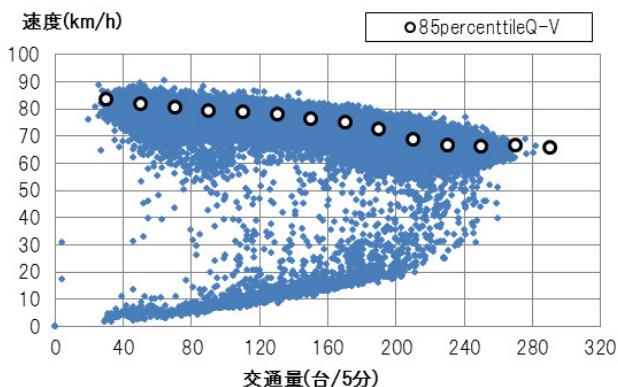


図-1 3号渋谷線下り三軒茶屋出口先でのQ-V特性

である。図-1のようなQ-V関係を性能曲線として1本のQ-V曲線として代表させるために、交通階層別に代表速度を求める。ここでは、交通量20台/5minを1つのレンジとした。そして、そのレンジ内の速度分布の85パーセントタイル値をその交通階層の代表速度とする。

また、代表速度を求めるにあたり、渋滞、工事、異常データを取り除くためにデータのクレンジング作業を行った。今回実施したクレンジング作業は下記の通りである。

- ①データの欠損や通行止めなどの異常データを削除する。
- ②非渋滞時を分析対象としているため、路線ごとに速度の閾値を設定し、その閾値以上のデータを使用する。今回は、図-1のような路線ごとのQ-V特性を基に速度の閾値について、片側三車線で比較的走行しやすい湾岸線では60km/hとし、その他の路線については55km/hと設定した。
- ③データの信頼性を確保するため、サンプル数が少なく速度のバラつきが大きい交通量0-20台/5minの階層については分析対象外とする。

このようにして得られるQ-V曲線を後述の図-2の分析対象地点ごとに求めている。

3. 道路幾何構造のQ-V曲線への影響

3.1 分析対象地点の抽出

本章では、道路幾何構造の影響について分析する。首都高速道路の道路幾何構造は「道路構造令」に基づき設計されており、その大部分は設計速度60km/hの2種2級の道路であるが、湾岸線などの一部の路線は設計速度80km/hの2種1級の道路となっている。地形条件などから止むを得ない場合は、それぞれ40km/h~50km/h(2種2級)、60km(2種1級)で設計されている。図-2の赤線で示す都心環状線は「旧道路構造令」に基づき設計されていることに加え、既存の道路、川、堀、水路の上空を極力活用し建設されたため、他の路線に比べて線形条件の厳

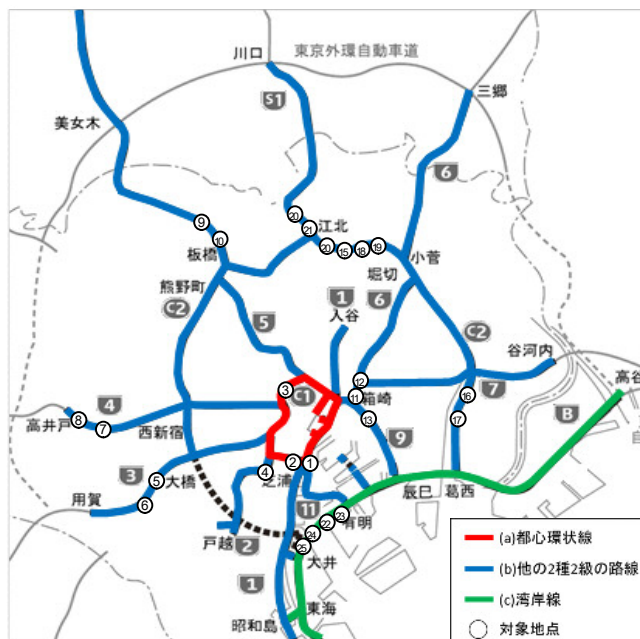


図-2 分析対象地点の概要

しい路線となっている。以上をふまえ、図-2に示すように、首都高速道路の路線を(a)都心環状線、(b)他の2種2級の道路、(c)湾岸線の3つのグループに分け、ボトルネック下流側の地点を中心に25地点抽出した。

3.2 分析結果

2で示した手順で代表させた85パーセントタイルQ-V曲線を使用して線形回帰分析を行うことにより道路幾何構造のQ-V関係に与える影響の分析を行った。

表-1に抽出した分析対象地点において道路幾何構造と線形回帰分析を行った結果を示す。(a)の都心環状線と(b)の他の2種2級の道路のうち、No.7, 8の4号新宿線とNo.14~19の中央環状線およびNo.20, No.21の川口線を除く路線については、概ね定数項は75~85km/h、回帰係数は-0.06~-0.07に分布している。No.7, 8の4号新宿線とNo.14~19の中央環状線およびNo.20, No.21の川口線については、概ね定数項が90km/h~100km/h、回帰係数が-0.07~-0.08に分類しており、No.22~25の湾岸線を除く他の路線に比べて、交通量が少ない閑散時の速度が高く、交通量の増加に伴う速度の減少率が大きい傾向が見られる。No.7, 8の4号新宿線については下り方向の端末部であり、一般道路からの流入がないことが影響していると考えられる。No.14~19の中央環状線およびNo.20, No.21の川口線においては路肩幅員に着目すると、概ね左側路肩の幅員が1,250cm、右側路肩の幅員が750cmと他の路線と比べて広がっていることが、交通量が閑散時の速度が高くなっている一つの要因であると考えられる。

一方で、No.3の都心環状線外回り代官町出口手前とNo.12の6号向島線下り両国JCT分岐先の2地点については、定数項が約65km/hと低く、回帰係数は約-0.03と

表-1 分析対象地点の道路幾何構造および線形回帰分析の結果

No.	区分	路線	場所	設計速度 (km/h)	左側路肩 (cm)	右側路肩 (cm)	分合流形態	縦断勾配 (%)	平面線形		回帰分析			
									R(m)	緩和曲線		回帰係数	定数項	決定係数
										A(m)	L(m)			
1	(a)	都心環状線(内)	芝公園入口先	60	1,000	250	左側	0.0%	-	3000	91.9	-0.060	82.1	0.977
2		都心環状線(内)	芝公園入口先	60	1,000	250	左側	0.9%	∞	-	-	-0.059	81.4	0.970
3		都心環状線(外)	代官町出口手前	40	1,000	250	左側	5.9%	-	790	63.4	-0.027	63.1	0.978
4	(b)	2号目黒線(下)	天現寺出口手前	60	1,000	250	-	0.5%	-	90.5	57.7	-0.078	79.4	0.752
5		3号渋谷線(下)	三軒茶屋出口先	60	650	400	右側	0.3%	90.5	-	-	-0.074	86.3	0.959
6		3号渋谷線(下)	三軒茶屋出口先	60	650	400	右側	0.5%	-	141.6	83.8	-0.059	84.5	0.919
7		4号新宿線(下)	永福入口先	60	650	400	左側	-2.1%	1,608	-	-	-0.071	94.0	0.959
8		4号新宿線(下)	高井戸出口先	60	650	400	左側	1.3%	-	270.0	110.5	-0.050	90.5	0.968
9		5号池袋線(上)	志村本線料金所先	60	1,250	500	右側	1.9%	-	160.2	80.1	-0.058	84.7	0.942
10		5号池袋線(上)	志村本線料金所先	60	1,250	500	右側	0.6%	∞	-	-	-0.063	83.6	0.933
11		6号向島線(下)	箱崎ロータリー先	60	650	400	左側	0.8%	-	75.2	62.5	-0.068	82.2	0.941
12		6号向島線(下)	両国JCT分岐先	40	650	400	左側	5.5%	-	70.0	49.0	-0.034	64.1	0.981
13		9号深川線(下)	福住入口手前	60	1,250	500	右側	0.7%	-	120.0	10.5	-0.039	76.9	0.916
14		中央環状線(外)	扇大橋入口先	60	1,250	750	左側	0.8%	∞	-	-	-0.070	97.5	0.755
15		中央環状線(外)	扇大橋入口先	60	1,250	750	左側	-3.3%	6,500	-	-	-0.081	91.2	0.944
16		中央環状線(外)	船堀橋入口先	60	1,250	750	左側	-1.5%	∞	-	-	-0.079	96.5	0.886
17		中央環状線(外)	船堀橋入口先	60	1,250	750	左側	0.3%	∞	-	-	-0.078	93.3	0.876
18		中央環状線(内)	千住新橋入口先	60	1,250	750	右側	-0.7%	∞	-	-	-0.098	98.8	0.938
19		中央環状線(内)	千住新橋入口先	60	1,250	750	右側	-0.7%	3,450	-	-	-0.085	95.4	0.914
20		川口線(上)	鹿浜橋入口手前	60	1,250	750	左側	0.5%	∞	-	-	-0.065	89.4	0.902
21		川口線(上)	鹿浜橋入口先	60	1,250	500	左側	0.5%	∞	-	-	-0.049	96.3	0.900
22	(c)	湾岸線(東)	東京港1N	80	2,500	500	-	4.0%	∞	-	-	-0.065	95.3	0.960
23		湾岸線(東)	臨海副都心出口先	80	3,250	500	-	0.0%	∞	-	-	-0.034	99.9	0.478
24		湾岸線(西)	東京港1N	80	2,500	500	-	4.0%	∞	-	-	-0.064	93.9	0.934
25		湾岸線(西)	大井出口手前	80	3,250	500	-	0.9%	297	-	-	-0.047	96.6	0.724

表-2 分析対象地点の概要

No.	区分	路線	場所
1	(b)	3号渋谷線(下)	三軒茶屋出口先
2	(b)	3号渋谷線(下)	三軒茶屋出口先
3	(b)	3号渋谷線(下)	用賀出口手前

なっており、交通量が少ない閑散時の速度が低く、交通量が增加しても速度はあまり変化していない。これは、この2地点は設計速度が40km/hで設計されており、平面線形が厳しくなっていることが一つの要因であると考えられる。

(c)の湾岸線については、定数項が90km/h~100kmと同路線内の地点間に大きな差は見られていないが、(a)の都心環状線や(b)の他の2種2級の道路と比較すると定数項の値は大きくなっている。湾岸線は設計速度80kmの2種1級の道路であることや片側3車線の道路であることが要因であると推察される。また、No.22~25の湾岸線の4地点の回帰係数に着目すると、No.22、No.24の東京港トンネルの2地点が回帰係数-0.06と-0.07に対して、No.23の臨海副都心出口先とNo.24の大井出口先では定数項が-0.03と-0.05であり、トンネル部と明かり部で交通量増加に伴う速度の減少率に差が見られている。

4. 交通要因、気象要因のQ-V曲線への影響

本章では、車線構成、大型車混入率といった交通要因や、降雨に代表される気象要因によるQ-V曲線への影響について分析する。2.で示した手順で代表させた85

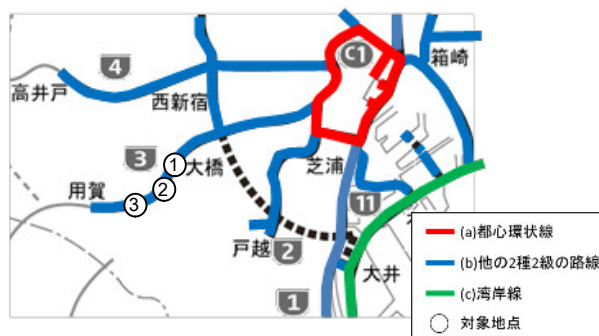


図-3 分析対象地点の概要

パーセントタイル Q-V 曲線を使用して線形回帰分析を行うことにより、交通要因、気象要因の Q-V 曲線への影響の分析を行った。なお、分析対象地点については、道路幾何構造による影響を小さくするため、表-2 に示す同一路線の3地点を抽出した(図-3)。

4.1 車線構成による影響

ここでは、車線構成と Q-V 関係について分析する。表

-3 に車線別での線形回帰分析の結果を示す。表-3 を見ると、回帰係数は概ね-0.15~-0.16に分類しており、顕著な差は見られていないが、定数項においては第1車線と第2車線で差が見られている。池尻入口や三軒茶屋出口の分合流の近傍の No.1 と No.2 では第2車線の方が第1車線より定数項が 10km/h 以上大きくなっている。一方で用賀出口の近傍である No.3 では第1車線のほうが第2車線より定数項が大きくなっているが、差はさほど大きくない。以上の結果から車線構成により Q-V 曲線に違いがあると考えられる。その中で、今回抽出した No.1 と No.2 の近傍にある池尻入口や三軒茶屋出口は右側分合流であり、用賀出口は左側分合流であることから、分合流が車線別の Q-V 曲線に大きく影響していると考えられる。このため、今後は分合流の形態などとの関係についても詳細に分析する必要がある。

4.2 大型車混入率による影響

次に大型車混入率を 0-20%と 20%以上の2つのレベルに分類して分析を行う。表-4 に示すように回帰係数は概ね-0.07~-0.09 に分類しており顕著な差は見られていない。定数項についても大型車混入率が 20%以上の方が小さくなっているが、あまり大きな差は見られていない。これは、都市間高速道路の Q-V 関係を分析した既往の研究²⁾³⁾の「大型車混入率の増加に伴い速度は低下する」という知見とはあまり一致していない。この理由としては、都市間高速道路に比べて首都高速道路は規制速度が低く、線形条件も厳しいため、交通量の少ない閑散時でも都市間高速道路ほど速度が高ならないためであると考えられる。今後は、平面線形や勾配等の道路幾何構造と大型車混入率の関係についても詳細に分析することが必要である。

4.3 降雨による影響

本頁では降雨の Q-V 曲線への影響の分析を行う。今回は降雨なしと降雨ありの2つのグループに分類をし、85 パーセントタイル Q-V 曲線を使用して線形回帰分析を行う。なお、気象庁の統計資料では、1時間ごとの降水量が記録されている。今回は東京地区の降水の有無により、降雨なしと降雨ありの2つのグループに分類した。表-5 の分析結果をみると、回帰係数は-0.07~-0.09 に分類している。定数項については全ての地点で降雨ありの方が小さくなっている。今回の分析により降雨の有無が Q-V 曲線に影響を及ぼしていることを示すことができたが、既往の研究²⁾³⁾で整理されているように、降雨量により走行速度は変化すると考えられる。今後は、降雨量との関係についても詳細に分析を行う必要がある。

表-3 車線構成と Q-V 曲線の関係

No.	第1車線			第2車線		
	回帰係数	定数項	決定係数	回帰係数	定数項	決定係数
1	-0.166	82.8	0.936	-0.178	94.5	0.986
2	-0.170	85.9	0.952	-0.156	102.3	0.997
3	-0.169	101.9	0.950	-0.119	98.9	0.992

表-4 大型車混入率の Q-V 曲線への影響

No.	大型車混入率					
	0-20%			20%以上		
	回帰係数	定数項	決定係数	回帰係数	定数項	決定係数
1	-0.084	88.1	0.954	-0.077	86.3	0.941
2	-0.089	94.6	0.848	-0.070	90.9	0.966
3	-0.084	101.6	0.984	-0.085	101.3	0.969

表-5 降雨の Q-V 曲線への影響

No.	降雨なし			降雨あり		
	回帰係数	定数項	決定係数	回帰係数	定数項	決定係数
1	-0.081	87.2	0.951	-0.092	85.9	0.985
2	-0.068	91.4	0.966	-0.076	90.2	0.972
3	-0.083	101.4	0.983	-0.075	96.3	0.969

5. おわりに

本稿では交通性能という交通サービスの質を考慮した道路の設計・運用を実現するための基礎的な段階として、首都高速道路を対象に単路部の車両感知器における観測データを用いて、Q-V 関係に影響を与えようと考えられる、道路幾何構造、交通要因、気象要因などの要因について線形回帰分析を行い、影響の有無を統計的に検討した。

道路幾何構造については、「道路構造令」の区分を基に首都高速道路の路線を(a)都心環状線、(b)他の2種2級の道路、(c)湾岸線の3つのグループに分類し、Q-V 関係の変動を検討した。その結果として、道路幾何構造の Q-V 関係への影響をある程度示すことができた。しかし、平面線形や縦断勾配など詳細な要因との明確な因果関係は見ることができなかった。今後は、(a)都心環状線、(b)他の2種2級の道路、(c)湾岸線の3つのグループを(a-1)都心環状線+平面線形の厳しい箇所というように道路幾何構造の違いによりセグメント化を図り、Q-V 関係の変動の詳細な分析を行うことが必要である。

また、交通要因、気象要因として、車線構成、大型車混入率、降雨の Q-V 関係への影響を検討した。車線構成および降雨については Q-V 関係の変動が見られたが、大型車混入率については明確な因果関係がみられなかった。本稿では、交通要因・気象要因として3つの要因の

影響を検討したが、今回検討しなかった降雨量や上流側の渋滞状況などの要因も Q-V 関係に影響を及ぼしていると考えられる。今後、Q-V 関係に影響を及ぼしていると考えられる要因のうち算定可能なものについて逐次考慮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外観と展望, 土木学会論文集D3(土

木計画学), Vol67, No.3, pp.217-229, 2011.

2) 洪性俊, 大口敬: 高速道路における交通性能の変動要因分析, 土木計画学講演集, Vol33, CD-ROM, 2006.

3) 稲野晃, 中村英樹, 内海泰輔: 往復分離2車線自専道における交通量-速度曲線への影響要因分析, 土木計画学講演集, Vol33, CD-ROM, 2006.

STUDY ON FACTORS AFFECTING SPEED-FLOW RELATIONSHIP ON TOKYO METROPOLITAN EXPRESSWAY

Genki SUEMASU, Satoshi ENDO and Seiya TAZAWA

For implementing the performance-oriented highway planning and design, it is crucial to understand properly the quality of service of traffic flow. In particular, not only safety of vehicle traveling but also traffic function are demanded in the highways recently, and it is necessary to describe speed-flow relationship according to diverse conditions, in order to evaluate traffic performance in the highways. This study attempts to analyze factors affecting speed-flow relationship on Tokyo Metropolitan Expressway, like geometric design of road and commercial vehicles ratio, climate and so on. The result of analysis shows that factors like geometric design of road and traffic lane, rainfall influence speed-flow relationship. On the other hand, there isn't a clear correlation between speed-flow relationship and commercial vehicles ratio.