

首都高速道路における工事規制箇所の 交通容量影響要因に関する基礎的分析

山下 賢一郎¹・深井 靖史²・遠藤 学史³・渡辺 剛史⁴・浅野 靖⁵

¹正会員 株式会社福山コンサルタント 東京支社 (〒112-0004 東京都文京区後楽2-3-21)
E-mail: k.yamashita@fukuyamaconsul.co.jp

²正会員 株式会社福山コンサルタント 東京支社 (〒112-0004 東京都文京区後楽2-3-21)
E-mail: y-fukai@fukuyamaconsul.co.jp

³正会員 首都高速道路株式会社 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

⁴正会員 都高速道路株式会社 神奈川管理局 (〒221-0044 横浜市神奈川区東神奈川1-3-4)
E-mail: t.watanabe816@shutoko.jp

⁵非会員 首都高速道路株式会社 東東京管理局 (〒103-0015 東京都中央区日本橋箱崎町43-5)
E-mail: s.asano71@shutoko.jp

首都高速道路では、構造物の長寿命化や走行環境改善に向けた効率的な工事実施のため、昼夜連続での車線規制が実施されているが、一方で、交通渋滞を引き起こし、走行安全性を著しく低下させている。このため、ドライバーが交通状況を的確に把握し、適切な交通行動を選択できるよう、精度の高い渋滞状況・所与時間の予測・提供が求められる。一方、予測を行う際に必要となる規制箇所の交通容量は、道路構造だけでなく規制方法の違いによっても変化する事が知られており、規制箇所の交通容量を決定付ける影響要因に関する知見を得ることは極めて重要と考える。しかしながら、交通容量の影響要因に関する研究・報告は、日常的なボトルネック箇所を対象としたものが多く、工事規制箇所を対象とした研究は殆ど見られない。本稿では、過去に首都高速道路で実施された昼夜連続車線規制工事を対象に、ボトルネックとなる規制区間の交通容量への影響要因について分析を行う。

Key Words : *partial lane regulations, traffic capacity, factors effect*

1. はじめに

(1) 分析の背景

首都高速道路では、構造物の長寿命化や走行環境改善に向けた効率的な工事実施のため、昼夜連続での長時間車線規制が実施されている。しかし、こうした長時間に渡る車線規制工事は、大規模な交通渋滞を引き起こす可能性が高いため、渋滞緩和に向けた効果的かつ効率的な対策を併せて実施していく必要であり、そのためには、精度の高い渋滞予測が不可欠である。また、渋滞予測情報を事前にドライバーに提供できれば、自発的な迂回や自粛によって、工事規制箇所に流入する交通需要の減少が期待でき、渋滞緩和対策としても有効である。

工事規制時の渋滞予測においては、車線が減少しボトルネックとなる工事規制箇所の交通容量、および流入する交通需要を適切に設定する必要がある。交通需要につ

いては、交通状況に多大な影響を及ぼすような周辺環境の変化がない限り、月変動や曜日変動を考慮し、昨年同時期の観測交通量を適用することが妥当であろう。一方、交通容量については、規制形態や道路構造によって変化するものと考えられ、個々の工事規制に応じた交通容量を設定する必要がある。交通容量を決定付ける影響要因やその影響力を把握する事は極めて重要である。また、影響要因を明確にすることで、交通容量に配慮した、よりの確な規制形態の検討が可能となり、交通容量の向上による渋滞緩和も期待できる。このように、工事規制箇所の交通容量への影響要因を明確に捉えることは、様々な渋滞緩和対策を講じる上で極めて重要である。

(2) 既往研究の概観

ここで、交通容量への影響要因、及び工事規制時の交通容量に着目し、既往研究を概観する。まず、交通容量

への影響要因について、越らり²⁾は、渋滞中におけるトンネル部およびサグ部の交通容量を示し、また、越ら³⁾は、渋滞前と渋滞中の交通容量が異なることを示すとともに、渋滞中の交通容量は、ドライバーの渋滞巻き込まれ時間が10分以上で安定することや、日の出によって変化すること等の特徴も見出している。さらに米川ら^{4), 5)}は、関西圏の高速道路を対象に、交通容量に影響を及ぼすと考えられる各種要因について、その影響を重回帰分析により統計的に解明し、縦断勾配、側方余裕、大型車混入率、平日休日、明暗、トリップ長を説明変数とした交通容量算定式を示している。一方、工事規制時の交通容量については、菅野ら⁶⁾が、首都高速道路での昼夜間連続長時間工事規制において、右車線規制よりも左車線規制の方が渋滞発生中の捌け交通量が大きい傾向にあることを示し、森田ら⁷⁾は、規制長と捌け交通量との関連性について着目し、両者には負の相関があることを示している。

(3) 本分析の目的

このように、通常交通渋滞を対象としたボトルネックの交通容量への影響要因に関しては、これまで多くの研究がなされており、算定式の構築にまで至っているが、工事規制箇所の交通容量に関しては、特定の影響要因に限った分析に留まっており、要因相互の関係性の解明にまでは至っていない。

そこで、本分析では、首都高速道路で実施された長時間車線規制工事を対象に、工事規制箇所の交通容量への影響要因やその影響力について明らかにするとともに、交通容量算定式の構築を試みた。

2. 分析対象工事

本分析では、平成17年度～平成26年度の10年間で、首都高速道路の片側2車線区間において、右車線または左車線の一方を昼夜連続で長時間規制し、かつ、大規模な渋滞が発生した工事を対象工事として選定した。選定した対象工事箇所および工事実施回数については、図表-1に示すとおりであり、6路線で実施された合計118回の工事を対象とした。

なお、高速湾岸線などの片側3車線区間においても、同様の昼夜連続1車線規制工事（2車線開放）が実施されているが、開放車線数が交通容量に与える影響は、他の要因に比べ多寡であり、分析対象としては2車線区間の車線規制と明確に区分する必要があること、また、工事規制に伴う渋滞発生事例が少ないことから、本分析では対象外とした。



図表-1 分析対象工事箇所

3. 工事規制箇所の交通容量

(1) 本分析における交通容量の定義

単路部の交通容量は、「渋滞発生中におけるボトルネック下流側の5分間平均捌け交通量」と定義される場合が多い。しかし、工事規制箇所の場合、工事車両の出入りやその他の特異事象によって、極端に小さい交通量となっている時間帯が存在する可能性が高く、平均値の適用は本来の交通容量を適切に表現できない懸念がある。そこで、本分析では、平均値ではなく中央値を適用した。

また、「渋滞発生中」の定義については、既往研究³⁾において、渋滞安定領域が渋滞巻き込まれ時間10分以上であることが報告されているが、この定義を厳密に適用するとデータ処理が煩雑になるため、本分析では、渋滞長が2km（渋滞区間の速度を10km/hとし、 $10\text{km/h} \times 10/60\text{分} = 1.7\text{km} \approx 2\text{km}$ ）以上発生している時間帯とした。図-2にそのイメージ図を示す。加えて、算出した交通容量の信頼性の観点から、上記定義のもと集計した渋滞発生時間が2時間未満であった工事については、本分析から除外した。

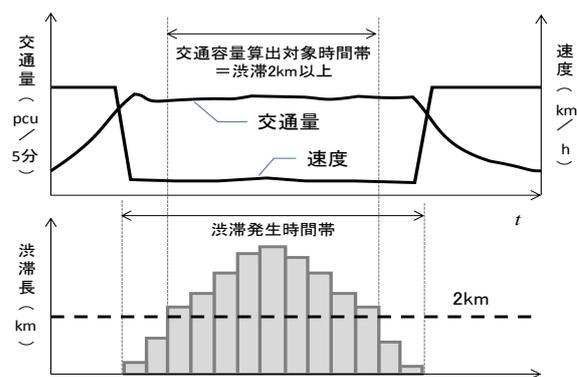


図-2 交通容量算出イメージ

(2) 使用データ

交通容量については、上述した定義に基づき、車両感知器で計測された5分間交通量データを基に算出した。

なお、ボトルネックとなる工事規制区間には、複数の車両感知器が設置されているが、計測誤差の程度に差がある。また、計測誤差は上振れよりも下振れする可能性の方が高い。このため、交通容量の算出に際しては、工事規制区間において、渋滞発生時間帯の計測交通量が最大となる車両感知器のデータを使用している。

また、本分析では、実交通量ではなく、乗用車換算台数（換算係数は一律1.7）を適用している。これは、大型車混入率が、交通容量を決定付ける一要因と考えられるものの、時系列的な変化が大きく、個別に影響要因として取り入れると、渋滞予測の際の交通容量設定が煩雑になることを避けるためである。一方で、換算係数を一律1.7としているが、厳密には道路構造等による違いを考慮する必要があることに留意する。

渋滞長については、車両感知器データを基に、単位区間情報として記録される「交通状態」を基に計測した。具体には、工事規制区間およびその上流側区間において、「渋滞」と判定された区間の合計区間長を渋滞長とした。なお、工事規制以外の事象（事故や故障車など）に起因して発生していると思しき渋滞は除外している。

(3) 交通容量の概況

上述した定義に基づき得られた交通容量と標準偏差の概況について図-3に示す。この図より、交通容量は80～155台/5分（960～1,860台/時）となっており、同一路線・方向でも大きくばらついていることが分かる。また、標準偏差についても、0～60台/5分（0～720台/時）とばらつきが大きい。このことから、工事規制区間の交通容量は、路線特性だけではなく、工事規制の方法や形態等も大きく関与していることが窺える。

4. 影響要因の設定

分析対象とする影響要因については、「道路の交通容量(日本道路協会)」や「HCM(HIGHWAY CAPACITY MANUAL)」および既往研究にて挙げられている影響要因に加え、規制形態に関わる影響要因についても加味する必要がある。一方で、本分析では、事前の渋滞予測に際して、交通容量の設定を比較的容易に行うことに主眼を置いており、取り扱う影響要因は、現場にて容易に得られる事が重要である。

上記を踏まえ、本分析では、各種影響要因のうち、表-2に示す9項目を分析対象として抽出した。図-4には、規制方法および幾何構造に関する影響要因の概要図を、

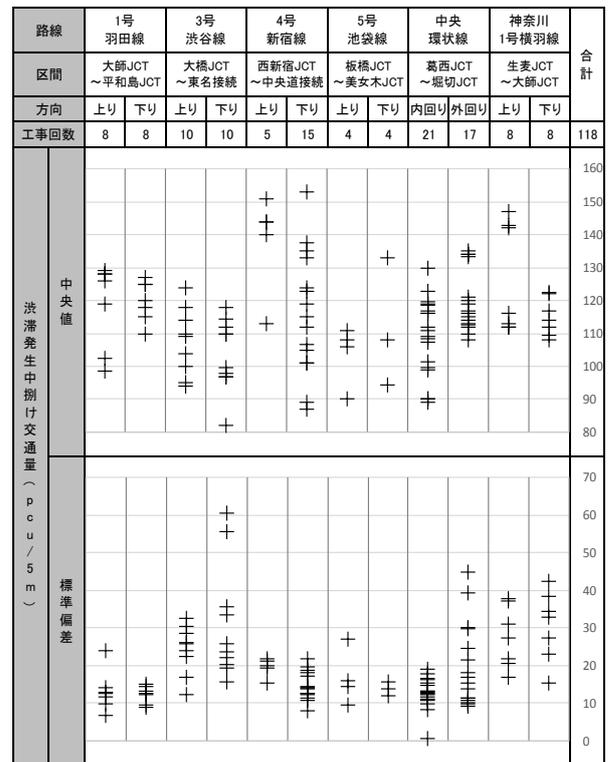


図-3 対象工事における交通容量の概況

表-2 分析対象とした影響要因

項目	影響要因	対象	記号	単位等	対象外とした主な理由
規制方法	規制車線	○	C	右/左	
	規制長	○	L	m	
	工事箇所数	○	N	箇所	
幾何構造等	車線数			車線	2車線区間のみを対象
	最小曲率半径	○	R	m	
	最大上り縦断勾配	○	I	%	
	最大上り縦断勾配長	○	Li	m	
	最小側方余裕	○	W	m	
走行環境	トンネル部			有/無	対象工事箇所全て明かり部
	天候			晴/雨	悪天候時の工事実績なし
	路面状態			乾/湿	悪天候時の工事実績なし
交通特性	昼夜(明暗)	○	S	昼/夜	
	曜日特性	○	D	平/土/休	
	大型車混入率			%	乗用車換算台数にて考慮
	トリップ長			km	把握が困難
	渋滞巻き込まれ時間			分	把握が困難

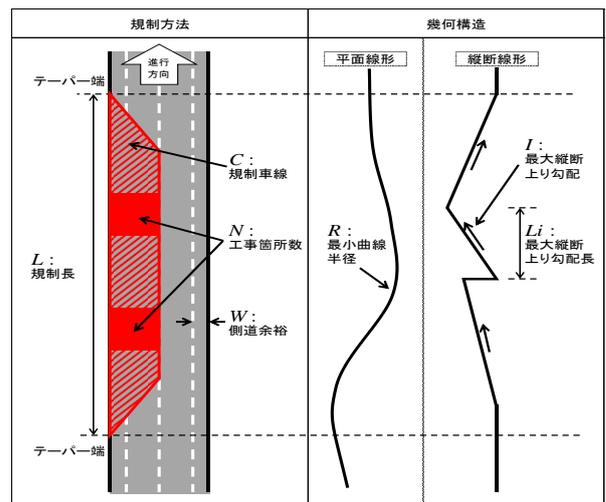


図-4 規制方法および幾何構造に関する影響要因概要図

表-3には、分析対象工事における各影響要因データの概況を示す。また、以下より、本分析で対象とした影響要因の概要と、対象外とした影響要因とその理由について概説する。

表-3 分析対象工事における各影響要因の概況

路線	区間	方向	工事回数	曜日			規制車線		規制長 (km)				最小曲線半径 (m)			最大縦断上り勾配 (%)				縦断上り勾配長 (m)				側方余裕 (m)				
				平日	土曜	日曜	左	右	1.5未満	2未満	3.5未満	3.5以上	3.0未満	3.0以上	1.5未満	2未満	3.5未満	3.5以上	4.0未満	6.0未満	8.0未満	8.0以上	0.4未満	0.5未満	0.6未満	0.6以上		
1号羽田線	大師JCT～平和島JCT	上り	8			8	4	4	5	3			8			5			3	2	6			4			4	
		下り	8			8	4	4	2	3	3			8			5			3			4	4	4			4
3号渋谷線	大橋JCT～東名接続	上り	10			10	5	5				2	8	10					8	2			10		2	4	4	
		下り	10			10	5	5				4	6	2	8					10			10		2	4	4	
4号新宿線	西新宿JCT～中央道接続	上り	5	3		2	1	4	1	1			3	3	2								5			5	1	4
		下り	15	13		2	5	10	2				13	13	2					2	13			1	14	10	1	4
5号池袋線	板橋JCT～美女木JCT	上り	4			4	2	2			2	2		2	2				2	2			4				2	2
		下り	4			4	2	2			2	2		2	2				2	2			2	2			1	3
中央環状線	葛西JCT～堀切JCT	内回り	21			21	11	10	12	6	3		5	16	4	12	5		16				5				11	10
		外回り	17			2	15	9	8	6	1	10		7	10		13	4		17							9	8
神奈川1号横羽線	生妻JCT～大師JCT	上り	8			2	6	4	4			2	2	4					8	4	4					4	4	
		下り	8			2	6	4	4			4		4					8	4	4					4	4	
合計			118	16	6	96	56	62	30	22	28	38	60	58	22	31	25	40	35	22	36	25	22	18	23	55		

(1) 分析対象とした影響要因の概要

規制車線は、走行車線規制と追越車線規制の2区分とし、規制長は、テーパー端(始点)からテーパー端(終点)の延長(m)とした。工事箇所数は、規制区間内において施工された工事箇所数とした。

規制区間の幾何構造(曲率半径、縦断上り勾配、縦断勾配)については、線形台帳を基に、工事規制区間における最小曲率半径(m)、最大縦断上り勾配(%), および最大上り勾配長(m)を適用した。なお、工事規制区間内では、速度低下箇所が時空間的に変動する場合が多く、ボトルネックの特定が困難である場合も多いため、本分析では、規制区間内の最小値(曲率半径)もしくは最大値(縦断上り勾配、縦断勾配)とした。

開放車線側の側方余裕についても、線形台帳を基に、工事規制区間内の最小値を適用した。なお、この影響要因は、開放車線側の最小幅員を代替するものであり、工事規制区間では、ポストコーンの配置状況(中央線から走行可能車線への食み出し状況)が不明であるため、ポストコーンの配置状況は、全対象工事規制において同様であったものと仮定し、走行可能車線側の側方余裕幅(m)と同義と考え、本分析ではこれを採用した。

明暗については、昼・夜の2区分とし、昼を日出から日没まで、夜を日没から日出までとし、明暗が不明確な時間帯として日出、日没の前後30分間については分析対象から除外した。

(2) 分析対象外とした影響要因とその理由

天候や路面状態、トンネル部か否かについては、過去にこのような状況下での工事实績が無いことから除外した。渋滞巻き込まれ時間については、既往研究より交通容量との関連性が示されているが、この影響要因を加えるとデータ処理が煩雑となること、また、既往研究では、渋滞巻き込まれ時間が10分以上であれば、交通容量は安定することから、交通容量の算出にあたり、渋滞長が

2km(渋滞区間の速度を10km/hとし、 $10\text{km/h} \times 10/60\text{分} = 1.7\text{km} \approx 2\text{km}$)以上発生している時間帯のみを対象とすることで、便宜上、渋滞巻き込まれ時間による影響を除外した。トリップ長については、把握が困難であるため、対象外とした。大型車混入率については、交通容量を乗用車換算台数とすることで、この影響を加味した。

5. 各影響要因と交通容量との関係

設定した個々の影響要因と交通容量との関連性について把握するため、可能な限り他の影響要因が同じである工事規制を抽出し、その交通容量を比較した。他の影響要因を排除する考えから、基本的には同一路線での工事規制から比較対象を抽出した。

(1) 昼夜(明暗)

昼夜については、昼夜にわたり渋滞が発生していた85回の工事規制を対象に、工事規制日別に比較を行った。

図-5は、昼間に対する夜間の交通容量比を昇順に並べたものである。図より、対象とした85回の工事規制のうち、67回が1.0未満となっており、昼間に対して夜間の交通容量が低下する傾向にあることが窺える。なお、既往研究において、米川ら⁴⁾による高速道路単路部における交通容量への昼夜の影響報告とも整合する結果となっている。

(2) 曜日(平日/土曜/日曜)

首都高速道路では、交通需要が少ない日曜日に実施される事が多いが、4号新宿線では中央自動車道の集中工事とともに平日に実施されたり、中央環状線や横羽線では土曜日に実施されたケースも散見される。そこで、曜日以外の影響要因が概ね同じである工事規制を抽出し、交通容量の比較を行った。

表-4 工事規制実施曜日と交通容量

比較No	工事規制の概要										交通容量 (pcu/5分)												
	規制箇所		規制日時			規制方法			工事規制区間の幾何構造														
	路線	方向	箇所	年月日	曜日	昼夜	規制車線	規制長 (km)	工事箇所数 (箇所)	平面線形	縦断線形			80	90	100	110	120	130	140	150	160	
I	4号新宿線	上り	高井戸入口→西新宿JCT	平成23年5月16日	平日	昼間	右	3.8	—	160.00	3.00	878.03	0.65										
	4号新宿線	上り	高井戸入口→西新宿JCT	平成23年5月17日		昼間	右	3.8	—	160.00	3.00	878.03	0.65								++	+	
	4号新宿線	上り	高井戸入口→西新宿JCT	平成23年5月18日	昼間	右	3.8	—	160.00	3.00	878.03	0.65											
	4号新宿線	上り	永福入口→幡ヶ谷入口	平成26年4月20日	日	昼間	右	1.9	—	332.93	3.00	878.03	0.65					+					
II	4号新宿線	下り	西新宿JCT→高井戸出口	平成23年5月16日	平日	昼間	右	3.8	—	160.27	3.68	878.03	0.65										
	4号新宿線	下り	西新宿JCT→高井戸出口	平成23年5月17日		昼間	右	3.8	—	160.27	3.68	878.03	0.65									++	+
	4号新宿線	下り	西新宿JCT→高井戸出口	平成23年5月18日	昼間	右	3.8	—	160.27	3.68	878.03	0.65											
	4号新宿線	下り	幡ヶ谷出口→永福出口	平成26年4月20日	日	昼間	右	1.4	—	5155.00	2.25	878.03	0.65					+					
III	中央環状線	下り	葛西～清新町	平成25年11月16日	土	昼間	右	2.0	2	319.50	1.60	189.00	2.50						+				+
	中央環状線	下り	葛西～清新町	平成25年11月30日		昼間	右	2.2	3	319.50	1.60	189.00	2.50										
	中央環状線	下り	葛西～清新町	平成25年9月22日	日	昼間	右	2.0	3	319.50	1.60	189.00	2.50										
	中央環状線	下り	葛西～清新町	平成25年11月3日		昼間	右	2.2	3	319.50	1.60	189.00	2.50						++				
IV	神奈川1号横羽線	上り	浅田出口→大師出口	平成25年5月25日	土	昼間	左	1.6	—	307.30	1.35	456.38	0.65						+				+
	神奈川1号横羽線	下り	大師入口→浅田入口	平成25年4月13日		昼間	左	1.5	—	300.00	0.73	456.38	0.40										
	神奈川1号横羽線	上り	浅田出口→大師出口	平成24年5月13日	日	昼間	左	2.0	—	307.30	1.35	456.38	0.40										
	神奈川1号横羽線	下り	大師入口→浅田入口	平成24年5月13日		昼間	左	1.8	—	300.00	0.73	500.00	0.40										
V	神奈川1号横羽線	上り	浅田出口→大師出口	平成25年4月13日	土	昼間	右	1.6	—	307.30	1.35	456.38	0.40							+			+
	神奈川1号横羽線	下り	大師入口→浅田入口	平成25年5月25日		昼間	右	1.5	—	300.00	0.73	456.38	0.65										
	神奈川1号横羽線	上り	浅田出口→大師出口	平成24年5月20日	日	昼間	右	2.0	—	307.30	1.35	456.38	0.65										
	神奈川1号横羽線	下り	大師入口→浅田入口	平成24年5月20日		昼間	右	1.8	—	300.00	0.73	500.00	0.65										

表-4は、抽出した5つの比較サンプル群(I~V)の各工事規制概要と交通容量を示す。表より、平日よりも日曜日の方が小さく、上述の既往研究⁴⁾での報告と整合する傾向である。一方、土曜日と日曜日は明確な差は確認できなかった。

(3) 規制車線

首都高速道路で実施される昼夜連続工事規制は、同一時期において、同一区間の右車線規制と左車線規制をそれぞれ1回ずつ、合計2回を1セットで実施される場合が多い。そこで、規制車線の影響については、上記に該当する工事規制の組み合わせを抽出し、交通容量の比較を行った。

図-6は、抽出した21の組み合わせについて、左車線規制に対する右車線規制の交通容量比を昇順に並べたものである。図より、対象とした21の組み合わせのうち、16の組み合わせが1.0未満となっており、左車線規制に比べ、右車線規制の方が交通容量が低下する傾向にあることが窺える。以下、この傾向について考察する。

右車線規制の場合、規制開始箇所付近において右車線から左車線への車線変更が想定されるが、運転者とは反対側への合流となるためギャップが確認しづらく、結果的に工事規制区間内の密度が低くなる可能性があるという点、また、走行車線側である左車線側には、防音壁が設置されていることが多く、圧迫感によって速度低下が生じやすい点から、感覚的に合点していく。一方で、この傾向が逆転している5つの組み合わせは、3号渋谷線と神奈川1号横羽線であり、いずれも防音壁が設置されていることから、防音壁等による圧迫感よりも、合流しづらさが交通容量の低下を招く主要因であると推察する。

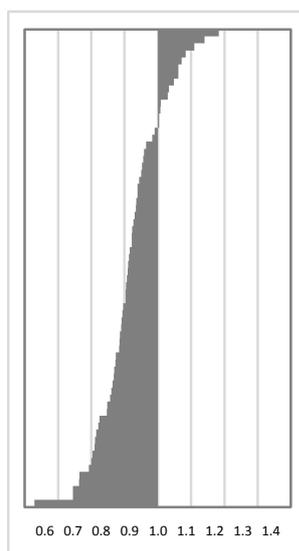


図-5 交通容量比(夜/昼)

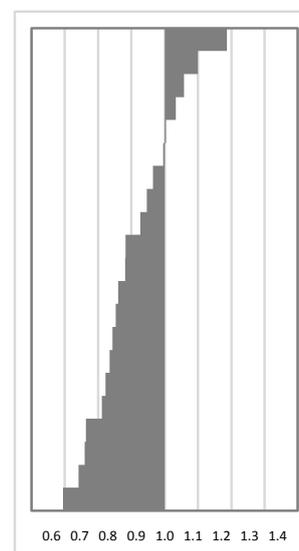


図-6 交通容量比 (右車線規制/左車線規制)

(4) 規制長, 工事箇所数

表-5には、規制長が大きく異なり、他の影響要因が概ね同じである3つの比較サンプル群(VI~VIII)の工事規制概要と交通容量を、表-6には、工事箇所数が異なり、他の影響要因が概ね同じである1つの比較サンプル(IX)の工事規制概要と交通容量を示す。

規制長が長くなると、低速車両の存在確率が高くなり、また、工事箇所数が多くなると、脇見等による低速車両の発生確率が高くなるということが想像され、交通容量の低下を招く可能性が考えられる。比較サンプルが少ないこともあり明確には言い難いが、少なくともここで抽出した比較サンプルからは、上記の傾向を読み取ることはできない。

(1) 説明変数の設定

まず、多重共線性による不都合を避けるため、各説明変数の独立性について確認を行った。表-11には、各説明変数間の相関係数を示す。ここで、数値化できない「曜日」「昼夜」「規制車線」については、ダミー変数を設定している。

表より、特に相関が強いのは、「規制長」と「最大縦断上り勾配」(相関変数: 0.706)、「曜日」と「最大縦断上り勾配」(相関変数: -0.765)であることが分かる。

「規制長」と「最大縦断上り勾配」については、規制長が長くなると最大縦断上り勾配が大きくなる可能性があり、少なからず因果関係があると考えられる。このため、各変数と交通容量との偏回帰係数の絶対値を求め(曜日: 0.264 < 最大上り縦断勾配: 0.300)、この値が小さい「規制長」を説明変数から除外した。

一方、「曜日」と「最大縦断上り勾配」については、実績が少ない平日工事が、たまたま最大縦断上り勾配が大きな区間で実施されたことによる見かけ上の相関であり、因果関係があるとは考えにくい。しかし、分析の正確性を期すため、いずれか一方を説明変数から除外することとし、同様に交通容量との偏回帰係数の絶対値(曜日: 0.264 < 最大上り縦断勾配: 0.300)が小さい「曜日」を説明変数から除外した。なお、「曜日」については、表-3に示すとおり、休日に比べ平日のサンプル数が極端に少ない事からも除外することが好ましいと考えられる。

(2) 重回帰分析

上記で除外した2つの説明変数を除く、6つの説明変数を基に、重回帰分析を行った。なお、重回帰分析における説明変数については、本分析が現場で容易に活用可能な交通容量算定式を構築することであり、説明変数は必要最小限に留める事が望ましいとの考えから、変数増減法(投入基準: $F_{in}=2$, 除去基準: $F_{out}=2$)によって選定を行った。

表-12には重回帰分析により最終選定された説明変数とその統計量を、図-7には重回帰分析結果に基づく交通容量のモデル値と実績値との関係を、表-13には分散分析表を示す。これらの重回帰分析結果から読み取れる主な点を以下に列挙する。

- 最終選定された全ての説明変数について、偏回帰係数、標準偏回帰係数、偏相関係数、単相関係数の符号は整合しており、符号の向きも交通現象を説明する上で感覚的にも常識的な数値である。
- 各説明変数の標準偏回帰係数から、昼夜の影響が最も大きく、規制車線、および最大縦断上り勾配長の影響力は同程度である。
- 各偏回帰係数の有効性を示すP値から、昼夜は1%水

表-11 説明変数の相関係数

	曜日	昼夜	規制車線	規制長	最小曲線半径	最大上り縦断勾配	最大上り縦断勾配長	側方余裕
曜日 (平日:0, 休日:1)	1.000	0.015	-0.186	-0.625	0.163	-0.765	-0.442	0.243
昼夜 (昼間:0, 夜間:1)	0.015	1.000	-0.015	0.019	0.021	0.047	-0.012	0.055
規制車線 (左:0, 右:1)	-0.186	-0.015	1.000	0.068	-0.042	0.095	0.055	0.485
規制長 (km)	-0.625	0.019	0.068	1.000	-0.280	0.706	0.490	-0.432
最小曲線半径 (m)	0.163	0.021	-0.042	-0.280	1.000	-0.102	0.007	-0.013
最大上り縦断勾配 (%)	-0.765	0.047	0.095	0.706	-0.102	1.000	0.536	-0.359
最大上り縦断勾配長 (m)	-0.442	-0.012	0.055	0.490	0.007	0.536	1.000	-0.496
側方余裕 (m)	0.243	0.055	0.485	-0.432	-0.013	-0.359	-0.496	1.000

表-12 重回帰分析により得られた説明変数と統計量

説明変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	P値	T値	標準誤差	偏相関係数	単相関
昼夜 (昼間=0, 夜間=1)	-13.907	-0.404	0.000	-5.962	2.333	-0.418	-0.410
規制車線 (左=0, 右=1)	-5.598	-0.163	0.018	-2.392	2.341	-0.181	-0.173
最大縦断上り勾配 (%)	-1.137	-0.170	0.013	-2.502	0.454	-0.190	-0.205
定数項	127.094			54.708	2.323		

表-13 分散分析表

変動	偏差平方和	自由度	不偏分散	分散比(F値)	P値
全体変動	50.402	171			
回帰による変動	11.537	3	3.846	16.623	0.000
回帰からの残差変動	38.865	168	231		

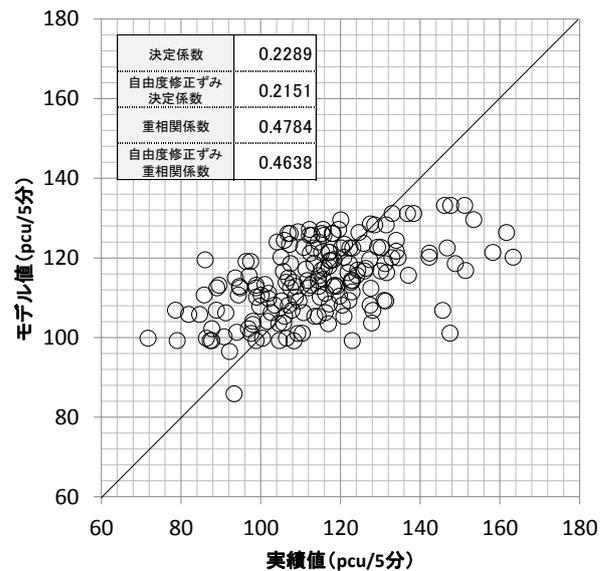


図-7 モデル値と実績値との関係

準で、規制車線と最大縦断上り勾配は5%水準で有意であり、採用した3つの説明変数は交通容量の予測に必要である。

- 得られた重回帰式は、有意水準1%で統計的に有意であり、工事規制区間の交通容量は、採用した3つの説明変数で説明可能な範囲は約22%程度である(自由度修正済み決定係数: 0.2151)。
- モデル値と実績値の修正済重相関係数は0.4638であり、統計上「かなり相関関係がある」といえる。
- 概ね実績値が110pcu/5分を境に、実績値が小さければモデル値は過大に、実績値が大きければモデル値は過小になる傾向にある。

式-1 交通容量算定式

工事規制区間の交通容量：Q = 1,525.12

記号	説明変数	
S	昼夜（昼間=0, 夜間=1）	-166.88 × S
C	規制車線（左=0, 右=1）	-67.18 × C
I	最大縦断上り勾配（%）	-13.64 × I

(3) 交通容量算定式の構築

重回帰分析結果を基に構築した、交通容量算定式を式-1に示す。なお、重回帰分析に使用したデータは5分間交通量であったが、実務上は1時間単位が使い勝手が良いと考え、係数を単純12倍して補正している。なお、本算定式は、休日における2車線区間の車線規制工事のみに限定されることに留意する必要がある。

7. 今後の課題

工事規制区間における交通容量算定式の構築に向け、説明変数の設定方針を中心に、今後の課題について以下に列挙し、本稿の末尾とする。

- 平日のサンプル数が少ないこともあり、平/休を説明変数から除外したが、既往研究を見ても、交通容量に与える影響は大きいと考えられる。一方で、夜間工事を含めれば、平日での工事規制実績は数多く存在する。今後は、こうした平日のサンプル数を増やし、平/休（または曜日）が交通容量に与える影響についても分析を行う必要がある。
- 幾何構造に関する影響要因については、最大上り縦断勾配以外は、算定式を構築する上で、必ずしも必要ではないという結果となった。ただし、本分析で設定したこれらの影響要因は、工事規制区間内における最小値(曲率半径、側方余裕)、または最大値(上り縦断勾配、上り縦断勾配長)を適用しており、ボトルネック箇所の幾何構造を的確に示したものではない。一方で、時間的にボトルネックが変化するケースも多く、今後は、幾何構造に関する影響要因の適切な設定方法についても検討すべきである。
- 規制車線が交通容量に及ぼす影響が大きく、右車線規制では合流のしづらさがその一要因であると推察した。

一方で、工事規制区間では、入口等の合流部が存在する場合も多く、これらの存在による影響も分析する必要がある。

- 周辺環境も影響を及ぼしている可能性がある。例えば、高層ビルや看板広告が隣接する路線では、脇見による速度低下が生じやすいものと想定される。定性的かつ不明瞭な事項であるため、交通容量算定式にどのように考慮するかも含め、交通容量との因果関係を分析することも必要である。
- 本分析では、サンプル数の少なさから、2車線区間のみを対象としたが、対象を夜間工事に広げ、3車線区間における車線規制時の交通容量についても影響要因分析と算定式の構築が必要と考える。

謝辞：本分析で使用したデータは、首都高速道路㈱から提供されたものです。また、データ分析や本稿執筆の際には、特に、遠藤様、渡辺様、浅野様に適宜ご助言を頂きました。この場をお借りして、首都高速道路㈱の皆様に対し厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 越正毅：高速道路のボトルネック容量，土木学会論文集，第371号/IV-5, pp.1-7, 1986.
- 3) 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/IV-18, pp.65-71, 1993.
- 4) 米川英雄，森康男，飯田克弘：高速道路単路部における交通容量影響要因の基礎的研究，土木計画学研究・論文集，No.17, pp.915-926, 2000.
- 5) 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.
- 6) 菅野寛政，岡田 知朗，深井 靖史：首都高速4号新宿線集中工事時の交通容量分析，第26回交通工学研究発表会論文報告集，pp.53-56, 2006.
- 7) 森田緯之，安井一彦，大谷修，佐藤亨貴：首都高速道路におけるリアルタイム予測シミュレーションの開発，日本大学理工学部交通土木工学科 卒業論文概要集，pp.87-88, 2002.

(2015.4.24 受付)

ANALYSIS OF FACTORS EFFECT ON THE TRAFFIC CAPACITY AT TRAFFIC RESTRICTED SECTION IN THE METROPOLITAN EXPRESSWAY WHEN THE ROAD REPAIR WORKS WITH PARTIAL LANE REGULATIONS.

Kenichiro YAMASHITA, Yasushi FUKAI,
Satoshi ENDO, Takeshi WATANABE and Sei ASANO