

都市間高速道路単路部を対象とした交通容量推定モデルの構築*

Building Models of Traffic Capacity on the Basic Motorway Sections *

村重至康**・山口孝***・野中康弘****

By Yoshiyasu MURASHIGE **・Takashi YAMAGUCHI***・Yasuhiro NONAKA****

1. はじめに

都市間高速道路における交通集中渋滞は休日を中心に発生し、特にゴールデンウィークやお盆などの交通混雑期には渋滞継続時間、渋滞長とも非常に大規模なものとなっている。渋滞がもたらす社会的損失には走行時間遅れ、交通事故誘発等があり、交通の円滑性・安全性向上の観点から、その解消・緩和に向けた取組みが求められている。これに対して、全国ネット系高速道路3会社では平成5年度から「渋滞対策プログラム」を策定し、車線拡幅や付加車線の設置、料金所レーンの増設といったハード対策に加え、LED標識による渋滞先頭情報の提供、あるいは渋滞予測情報の提供や料金割引によるTDMといったソフト対策を実施してきている。

しかしその一方で、渋滞対策後においてその上下流に埋没している別のボトルネック(以降、「潜在的ボトルネック」という)が新たに顕在化し、渋滞対策計画時に想定していた効果が十分に得られないケースもみられ、こうした事態を回避するためには、潜在的ボトルネックの位置や交通容量を予め把握しておくことが肝要となる。

本研究では、都市間高速道路の単路部を対象として、顕在化ボトルネックの道路幾何構造と交通容量の関係性を分析し、道路幾何構造を説明変数とする交通容量推定モデルを構築する。

2. 既往研究のレビューと本研究の位置付け

都市間高速道路の単路部におけるボトルネックは、主にサグや上り坂、トンネル坑口などで顕在化する傾向にある。米川ら¹⁾は、車線数や側方余裕、縦断勾配などの道路幾何構造に加え、ボトルネックが存在するインター

*キーワード：交通容量、道路幾何構造、推定モデル

** 非会員、修(工)、(株)高速道路総合技術研究所
(東京都町田市忠生1-4-1, TEL 042-791-1673,
E-mail y.murashige.aa@ri-nexco.co.jp)

***非会員、(株)道路計画 技術部
(東京都豊島区東池袋2-13-14 マルヤス機械ビル5階,
TEL03-5979-8855, E-mail: t.yamaguchi@doro.co.jp)

****正員、博(工)、(株)道路計画
(東京都豊島区東池袋2-13-14 マルヤス機械ビル5階,
TEL 03-5979-8855, E-mail y_nonaka@doro.co.jp)

チェンジ区間の大型車混入率やトリップ長(25%マイル値)などの交通特性を説明変数として、重回帰分析により渋滞中の交通容量を推定するモデルを構築している。また、吉川ら²⁾は暫定2車線区間を対象に、福島³⁾らは片側2車線区間と片側3車線区間を対象に道路幾何構造を説明変数として、重回帰分析により渋滞発生時交通量と渋滞発生後捌け交通量を推定するモデルをそれぞれ構築している。

いずれのモデルも高い推定精度を有しており、道路幾何構造が交通容量を規定する大きな要因であることを示唆している。一方で、明暗や天候(降雨の有無)によって交通容量は大きく変動することが既往研究において明らかにされているが⁴⁻⁶⁾、上記のモデルではこれらの要因の一部が考慮されるにとどまっている。

そこで、本研究では昼間であつ無降雨時の渋滞サンプルのみを用いていわゆる基本となる交通容量を推定し、夜間および降雨時の交通容量は、基本となる交通容量に対する低減率をもって推定するモデルの構築を試みる。

3. 交通容量分析データの整備

(1) 分析対象地点

分析対象地点は、都市間高速道路における片側2車線区間と片側3車線区間の単路部に位置するボトルネックとする。本稿では、このうち片側2車線区間の分析結果について論じる。

(2) 交通容量の分析時間帯設定

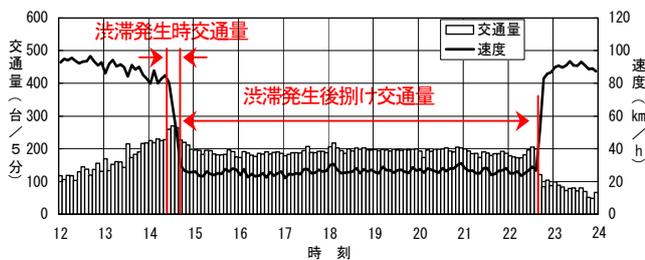
交通容量は、『高速道路の交通容量に関する調査検討委員会』⁷⁾で提示されている分析手法に基づき、渋滞先頭地点の直近上流に位置する車両感知器データによる交通量速度変動図を用いて以下のとおり集計する。

a) 渋滞発生時交通量

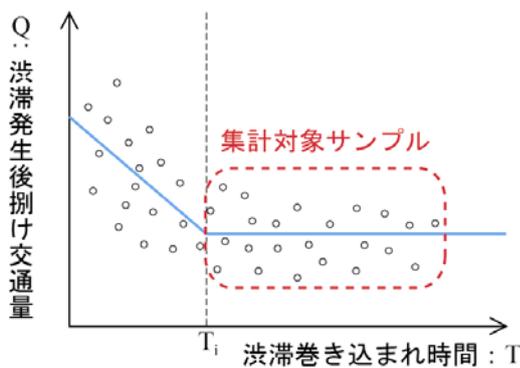
車線合計の5分間平均速度が40km/h以下に低下した最初の5分間を除いた直前15分間のフローレートとして集計する(図-1)。

b) 渋滞発生後捌け交通量

車線合計の5分間平均速度が40km/h以下に低下している間の平均フローレートとして集計する(図-1)。



図一 交通量の分析時間帯の設定方法



図二 渋滞巻き込まれ時間を考慮した渋滞発生後捌け交通量集計イメージ

(3) 昼夜および降雨の有無によるカテゴリ分類

本研究では、上記(1)で集計したデータを昼夜・降雨有無別にカテゴリ分類する。ここで、昼夜別のカテゴリ分類は理科年表の日の出・日の入時刻を用いる。また、降雨有無別のカテゴリ分類は気象庁の気象観測データを用いる。

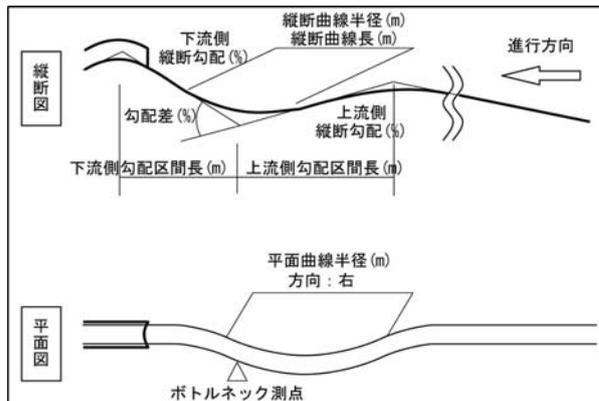
(4) データクレンジング

交通容量データは地点ごとに平均値を算出してデータセットとする。この際、日々の交通容量は大きく変動していることから、平均値の算出にあたってはデータの安定性を考慮し、全サンプルの平均値±2σの外側にある値を除外した上で、残りのサンプルによりあらためて平均値を算出する。また、上記の手順を踏んだ結果、十分な分析サンプル数(渋滞件数5件以上)が残らなかったボトルネックは分析対象外とする。

(5) 渋滞巻き込まれ時間の考慮

渋滞発生後捌け交通量は、渋滞巻き込まれ時間(ドライバーが渋滞の中を通過してきた時間)がある時間(図-2: T_i)未満の時は渋滞巻き込まれ時間が長くなるに従って徐々に低下していき、それ以降はほぼ一定に推移することが既往研究において指摘されている^{8)~10)}。よって、本研究では上記既往研究の手法を用いて、渋滞巻き込まれ時間と渋滞発生後捌け交通量の関係性を把握した上で、5分間の捌け交通量が安定する領域のサンプルを対象として平均フローレートを算出する。

- ・ 上下流側縦断勾配 (%)
- ・ 上下流縦断勾配差 (%)
- ・ 上下流側縦断勾配区間長 (km)
- ・ 縦断曲線長 (m)
- ・ 縦断曲線半径 (m)
- ・ 平面曲線半径 (m)
- ・ 直上流平面曲線半径 (m)
- ・ TNの有無 (0 : TNなし, 1 : TNあり)
- ・ 平休区分 (平日 : 0, 休日 : 1)



図三 交通容量推定モデルの説明変数候補

4. 交通容量推定モデルの構築

(1) 交通容量推定モデルの構築方法

交通容量推定モデルの構築にあたっては、既往研究と同様に重回帰分析を採用し、車線数別に渋滞発生時交通量と渋滞発生後捌け交通量を推定するモデルを構築する。ここで、説明変数の候補はボトルネックの道路幾何構造に加えて、交通容量に強い影響を及ぼす平休日区分とする(図-3)。

(2) 交通容量推定モデルの構築結果

交通容量推定モデルの構築結果を表-1および表-2に示し、実績値との比較結果を図-4に示す。

構築したモデルにより推定される交通容量(昼間無降雨時)と実績値を比較した結果、渋滞発生時交通量および渋滞発生後捌け交通量ともに比較的良好な精度が得られていることが確認される。

次いで、分析地点ごとの昼間無降雨時の実績交通容量に対する夜間(無降雨時)および(昼間)降雨時の交通容量の割合を平均して、夜間および降雨による交通容量低減率を算出した結果、夜間における渋滞発生時交通量および渋滞発生後捌け交通量は、昼間に比べて1~3%の低減にとどまる。一方、降雨時における渋滞発生時交通量および渋滞発生後捌け交通量は、無降雨時に比べて5~8%低減しており、交通容量に与える影響は、夜間よりも降雨の方が大きいといえる(表-2)。

表-1 交通容量推定モデルの構築結果
(片側2車線区間)

渋滞発生時	$(-336.93) \times [\text{平休区分}(\text{休日}:1)]$ $+ (-72.80) \times [\text{下流側縦断勾配}(\%)]$ $+ (-29.54) \times [\text{上流側縦断勾配}(\%)]$ $+ (86.26) \times [\text{直上流平面曲率}(1/\text{km})]$ $+ 3623.67$
渋滞発生後	$(-199.41) \times [\text{平休区分}(\text{休日}:1)]$ $+ (-291.37) \times [\text{TNの有無}(\text{TNあり}:1)]$ $+ (-60.70) \times [\text{下流側縦断勾配}(\%)]$ $+ (-117.79) \times [\text{下流側縦断勾配区間長}(\text{km})]$ $+ (64.53) \times [\text{平面曲率}(1/\text{km})]$ $+ (154.64) \times [\text{直上流平面曲率}(1/\text{km})]$ $+ 2952.27$

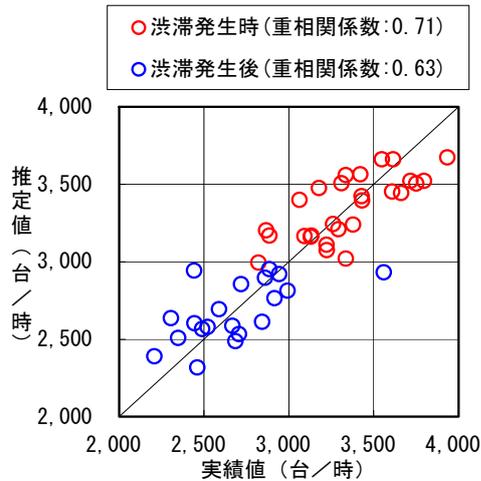


図-4 交通容量推定モデルの精度検証
(片側2車線区間)

また、表-2 の低減率を昼間無降雨時の交通容量推定結果に乗じて夜間および降雨時の交通容量を推定し、これと実績値を比較した結果、平均誤差率は5~8%となり推定精度は良好であることが確認される(図-5)。

表-2 昼間の無降雨時に対する交通容量減率
(片側2車線区間)

交通容量	夜間(無降雨時)	降雨時(昼間)
渋滞発生時交通量	0.97	0.92
渋滞発生後捌け交通量	0.99	0.95

- 渋滞発生時-夜間(平均誤差率:7.3%)
- × 渋滞発生時-降雨時(平均誤差率:7.1%)
- 渋滞発生後-夜間(平均誤差率:8.1%)
- × 渋滞発生後-降雨時(平均誤差率:5.1%)

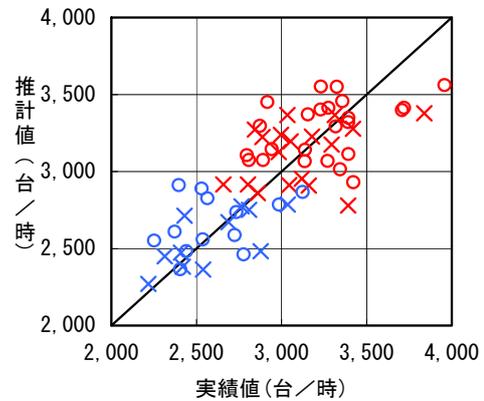


図-5 夜間および降雨時の交通容量精度検証
(片側2車線区間)

表-3 交通容量推定モデル構築に用いた分析データと交通容量推定結果の比較(片側2車線区間)

道路名	上下	分析期間	ポトルネック		道路幾何構造										渋滞発生状況	渋滞原因	渋滞発生時交通量			渋滞発生後捌け交通量					
			名称	渋滞先頭(kp)	平面曲線		直上流平面曲線		縦断線形				勾配区間長				平休別	TN	実績値		推計値(台/時)	実績値		推計値(台/時)	
					方向	半径(m)	方向	半径(m)	上流側		下流側		勾配差(%)	曲線長(m)					曲線半径(m)	サンブル数		平均(台/時)	サンブル数		平均(台/時)
									勾配(%)	延長(km)	勾配(%)	延長(km)													
東名	上	H8	日本坂TN	170.0	L	2,000	L	2,400	0.10	0.72	2.50	1.83	2.40	29,000	平日	○	36	3,177	3,475	129	2,208	2,390			
		H18	295KP付近	295.4	R	2,500	L	1,800	-1.50	0.52	0.75	0.56	2.25	480	21,000	平日		50	3,547	3,661	338	2,885	2,953		
		H18	岩津BS付近	299.4	R	3,000	R	1,500	-3.00	0.58	1.50	0.56	4.50	480	11,000	平日		34	3,614	3,661	276	2,944	2,920		
		H14	日進地区	319.4	L	1,500	R	1,800	-2.75	0.84	1.10	0.70	3.85	600	16,000	平日		24	3,934	3,673	236	3,559	2,932		
		H18	宇利TN付近	258.8	L	600	R	600	1.60	2.86	2.50	1.19	0.90	600	65,000	休日	○	5	2,866	3,202	-	-	-		
	下	H9	291KP付近	291.3	L	4,000	L	800	-2.00	1.06	0.81	0.68	2.81	800	28,500	休日		6	3,432	3,395	-	-	-		
		H18	岡崎IC	293.3	R	1,200	L	4,000	0.50	0.46	1.00	0.36	0.50	440	88,000	平日		15	3,335	3,558	44	2,442	2,942		
		H18	295KP付近	295.0	L	2,500	R	1,200	1.00	0.36	2.00	0.42	1.00	280	28,000	平日		17	3,717	3,520	-	-	-		
		H18	297KP付近	297.4	R	1,800	L	2,500	-0.50	0.70	1.50	0.68	2.00	400	20,000	平日		7	3,421	3,564	-	-	-		
		H9	東名三好IC	317.3	L	1,500	R	1,200	1.00	1.08	2.00	0.90	1.00	400	40,000	平日		28	3,797	3,520	98	2,860	2,897		
名神	上	H9	日進地区	321.4	R	1,800	L	1,800	-1.10	0.70	0.70	0.84	3.85	600	16,000	平日		7	3,751	3,504	-	-	-		
		H6	旭BS付近	329.5	R	1,600	L	3,000	-0.31	1.40	3.00	1.43	3.31	1,200	36,000	平日		9	3,662	3,443	61	2,588	2,694		
		H18	稲沢高架橋	356.8		∞	R	5,000	-1.75	0.44	2.00	0.42	3.75	340	9,100	休日		21	3,293	3,210	45	2,843	2,613		
		H9	木曾川橋付近	364.4		∞	R	2,700	-0.41	0.46	2.28	0.31	2.69	300	11,000	休日		10	3,092	3,165	89	2,305	2,636		
		H18	彦根TN	409.2	L	410			1.25	0.58	3.50	0.76	2.25	200	8,900	休日	○	10	2,822	2,995	98	2,461	2,317		
	下	H10	456KP付近	456.1		∞	R	570	1.82	0.42	2.00	1.17	0.18	468	254,000	休日		6	3,379	3,239	355	2,916	2,765		
		H6	旧天王山TN	496.7	L	1,000			2.93	0.53	1.60	1.31	-1.33	300	23,000	平日	○	110	3,063	3,399	244	2,686	2,488		
		H17	深大寺BS	4.7	L	2,000	R	2,250	0.44	0.39	2.70	0.65	2.26	400	17,700	平日		15	3,609	3,452	69	2,994	2,813		
		H17	小仏TN	41.0	R	1,000	L	660	0.50	0.52	3.20	0.50	2.70	200	7,400	休日	○	43	2,885	3,170	608	2,348	2,508		
		H7	中野橋	61.0	L	1,000	L	1,500	-3.20	1.10	3.70	1.00	6.90	800	11,600	休日		17	3,133	3,169	274	2,522	2,578		
中央道	上	H18	306KP付近	305.6	L	600	L	10,000	5.61	0.53	2.10	0.60	-3.51	300	8,600	休日		8	3,224	3,075	242	2,707	2,532		
		H17	日野BS	20.7	R	4,000	R	1,750	-0.01	1.20	2.40	1.24	2.41	1,280	53,000	休日		14	3,129	3,162	22	2,489	2,566		
	下	H17	元八王子BS	31.8	L	1,400	R	1,800	1.00	1.24	2.70	1.00	1.70	1,000	59,000	休日		17	3,222	3,109	266	2,443	2,603		
		H18	賤洞川橋付近	318.5	R	1,500	R	460	-2.20	0.45	1.60	0.80	3.80	400	14,700	休日		5	3,428	3,423	-	-	-		
関越道	上	H6	糸井橋付近	122.5	L	1,200	R	1,000	-2.27	1.35	2.70	1.80	4.97	1,500	30,000	休日		11	3,262	3,243	48	2,668	2,585		
京葉道	上	H15	穴川東IC付近	26.3	L	1,000			-0.50	0.80	1.80	0.44	2.30	356	14,000	平日		238	3,310	3,507	15	2,718	2,856		
西名阪道	上	H6	香芝IC	12.6	L	1,700	R	2,460	2.50	0.34	3.12	1.27	0.62	120	19,000	休日		5	3,337	3,021	-	-	-		

5. ボトルネック位置判定モデルとの整合性検証

(1) ボトルネック位置判定モデル

村重ら¹¹⁾は、ボトルネック位置を確率的に判定するモデルを渋滞発生地点と渋滞定着地点に区分して構築している。ここでは、本研究で構築した交通容量推定モデルに基づく推定交通容量と、ボトルネック位置判定モデルによるボトルネック位置判定確率を比較し、「交通容量が大きいほどボトルネック位置判定確率が低くなる傾向にあるか否か」を確認することにより、双方のモデルを相互検証する。なお、渋滞発生時交通量の推定値は渋滞発生位置判定確率と比較し、渋滞発生後捌け交通量の推定値は渋滞定着位置判定確率と比較検証する。

(2) 検証結果

中央道(下)の調布 IC~相模湖 IC を対象に、各モデルの推定結果を比較して図-6 に示す。図-6 の上段では渋滞発生時交通量と渋滞発生位置の判定確率を比較し、下段では渋滞発生後捌け交通量と渋滞定着位置の判定確率を比較している。この結果、渋滞発生時交通量、渋滞発生後捌け交通量ともに、交通容量の推定値が大きくなるほどボトルネック位置判定確率が低くなる傾向がみられる

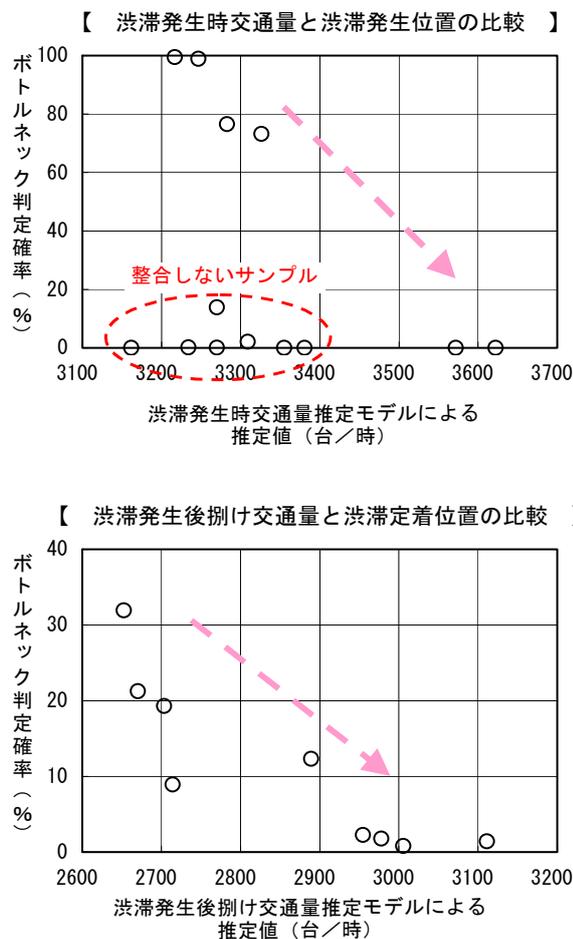


図-6 ボトルネック位置判定モデルとの比較検証

が、図-6 の上段では推定交通容量が小さいにもかかわらず、渋滞発生地点として推定されないサンプルも散見される。これらの地点は八王子 IC から都心寄りに多く分布していることから、交通特性が都市高速に類似する(道路幾何構造に影響を受けにくい)ことなどが、この乖離要因になっているのではないかと考えられる。

6. おわりに

本研究では、昼間無降雨時の交通容量推定モデルを構築した上で、推定値に夜間および降雨時の交通容量低減率乗じることにより、夜間、降雨時の交通容量を推定するモデルを提案した。また、構築した交通容量推定モデルについて、ボトルネック位置判定モデルと相互検証した結果、各モデルが概ね整合がとれていることが確認できた。しかし、分析精度にはまだ課題が残るため、今後は分析サンプル数を増やすことにより、より高い精度の交通容量推定モデルを構築し、実用性を高めるていくことが重要であると考えられる。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 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
- 3) 福島賢一, Jing Xing, 瀬戸稔和, 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・講演集, Vol. 38, 2008
- 4) 松尾武, 大窪剛文: 高速道路交通容量の変化, 日本道路会議論文集, Vol. 16, pp. 337-339, 1985
- 5) 岩崎征人, 田宮敬士: 高速道路のボトルネックにおける交通容量低下について, 土木学会年次学術講演会, Vol. 47, IV-147, pp. 338-339, 1992
- 6) 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, Vol. 17, pp. 915-926, 2000.
- 7) 交通工学研究会: 交通ボトルネックの渋滞要因分析及び対策手法の検討別冊資料編(日本道路公団委託), 2004.
- 8) 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/IV18, pp. 65-71, 1993.
- 9) 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書, pp. 173-176, 2005
- 10) 竹内利夫, 佐藤久長, 皆方忠雄: 高速道路渋滞対策の最前線, 土木学会誌, vol. 91, No. 5, 2006.
- 11) 村重至康, 野中康弘, 柳沼秀樹: 都市間高速道路単路部におけるボトルネック位置の推定手法に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol. 40, 2009