

ランプ部における交通量の車線分布*

On lane distribution of traffic volume in the vicinity of motorway ramp

渡辺 智紀**・大蔵 泉***・竹鼻 淳志****

By Tomonori WATANABE, Izumi OKURA, Atusi TAKEHANA

This study aims at developing a lane distribution model at the ramp zone. It is indispensable to estimate the traffic volume at the ramp zone for both the highway design and the control of road traffic. Detector data collected on the Metropolitan Expressway have been applied to the analysis. At the first stage of analysis we analyzed the effects of some factors affecting the traffic volume of outside lane at the ramp zone. Based on these results, three models of estimating lane volume distribution have been examined, and among them, the model best fitted to the observed data has been proposed for the lane-volume-estimation model.

1. はじめに

自動車専用道路のランプ分合流部におけるランプ流出入交通は、本線交通の速度低下や交通量の車線分布に影響を及ぼしていると考えられる。首都高速道路においてもランプ合流による影響と思われる渋滞の発生が見られる場合がある。わが国における自動車専用道路はランプ部における交通容量、サービスレベルの検討に資する十分なデータの蓄積がなかったことから、これまでのところアメリカでの長年の研究の成果であるHighway Capacity Manual (196

5, 1985; 以下H.C.Mと略す)を拠り所としてきた。

H.C.Mの中には、ランプ部のサービス水準のチェックのために合流あるいは分流側車線の交通量を算出する計算式が記されている。この計算式は観測データをもとにして回帰分析したものであるが、近年のわが国の道路状況にはうまく当てはまらないことが知られるようになってきた。このような状況の中でわが国でも、ランプ部でのサービス水準を検討する研究が始められているが、分析のための十分なデータが集められないなどの問題があり、明確な影響構造の特定ができていない。

本研究では、首都高速道路の車両感知器データに基づいてランプ直近部での断面交通量の車線分布の特性を明らかにし、推定式の開発を行うことを目的としている。道路の車線利用状況を把握することは、道路の設計・計画・及び交通運用に必要不可欠である。

*キーワード : ランプ形態, 交通量車線分布

**学生員 横浜国立大学大学院工学研究科
計画建設学専攻

***正会員 工博 横浜国立大学工学部教授
(〒240 横浜市保土ヶ谷区常盤台156)

**** 首都高速道路公団計画部
(〒101 東京都千代田区霞が関1-4-1)

2. 在来の調査研究

(1) アメリカでの研究例

1965年及び1985年のH. C. M¹⁾の中では、4車線以上の自動車専用道路の第一車線(路側に近い最外側車線)交通量を求める計算式及びノモグラムが提示されている。

第一車線交通量(Q_1)を求める推定式の係数については、ランプ形態ごとに多重回帰分析を行い決定している。観測地点数は、4車線フリーウェイの場合、一般的に4地点から7地点である。ただ、単独オフランプや単独オンランプの場合には、20地点位で観測されたデータに基づいている。以下に計算式を示す。

ランプ交通量： Q_r

ランプ上流側の全本線交通量： Q

上流側の隣接ランプの交通量： Q_{ru}

上流側の隣接ランプと当該ランプとの距離： L

とすると

①単独サイドオンランプ

$$Q_1 = 136 + 0.345Q - 0.115Q_r$$

②単独サイドオフランプ

$$Q_1 = 165 + 0.345Q + 0.520Q_r$$

③上流にサイドオンランプがあるサイドオフランプ

$$Q_1 = 202 + 0.362Q + 0.496Q_r - 0.069L + 0.096Q_{ru}$$

④上流にサイドオンランプがあるサイドオンランプ

$$Q_1 = 123 + 0.376Q - 0.142Q_r$$

(Q_u 及び L は式の中に直接入っていない)

となる。

このように、HCMモデルでは4車線フリーウェイの場合、基本的に上記4つのモデル式しか存在しない。つまりHCMモデルでは、上流のオフランプの影響を考えていない。センターランプについては、直接の回帰結果ではなく、上述の式による推定結果を補正することになっている。

(2) 日本での研究例

加藤・大蔵・山本・森田²⁾(1991年)らは、首都高速道路の実測データをもとに車線利用率のパターンとそれに与える各種の要因の相関を調べるとともに、H. C. M.の中で提起されている計算式の適合性を検討し、さらに首都高速道路実測データに基づい

たモデル式の作成を行っている。

この研究において適用されたモデル式は、

$$Q_1 = aQ + bQ_r + c$$

であり、上流部のランプの影響を考えていない。

そこで本研究においては、上流部のランプの影響も考慮し、ランプ形態ごとにモデル式の開発を行ってみることにした。

3. データについて

(1) データの内容

データより得られる情報は、走行車線および追越車線それぞれについて、以下の通りである。

データ形式 : 5分間集計値(車両感知器データ)

観測年月日 : 1991年 5月22日(水曜日)

観測時間 : 午前4時から翌日の午前4時まで
の24時間

データの内容 : 交通量(台/5分間)

速度(km/h)

オキュパンシー(%)

速度は、個々の車両の速度を5分間に渡って単純平均をとった5分間平均速度である。

また、今回の車両感知器データからは大型車のデータは得られない。

(2) データの処理方法

分析を行う前に、感知器の故障などによるデータの異常値を除くために各感知器ごとに1日の交通量の総和を計算し、前後の感知器のデータと比較検討し、特異なデータは削除した。また、時速40km未満のデータは、渋滞領域であると考えて別に考えることにした。

(3) データベースから得られる情報

データベースより得られる情報はそのまま直接利用することのできる交通量、速度などもあるが、これらを組み合わせて、次式に示す走行車線利用率(U)も求め、その特性を考察した。

$$U = \frac{Q_1}{Q_1 + Q_2} \times 100$$

ただし、 Q_1 : 走行車線(第一車線)交通量

Q_2 : 追越車線(第二車線)交通量

4. ランプ形態の分類

まず、H.C.Mのランプ形態分類に基づいて上流1ヶ所のランプとの組み合わせによるランプ形態に分類し分析を行うことにした。首都高速道路には、H.C.Mの分類にはない独特なランプ形態がいくつかあるが、サンプル数の少ない形態は省くことにした。

こうした検討を踏まえ分析に用いることにしたランプ形態の分類と地点名、及び実測データに基づく本線交通量(Q)～走行車線交通量(Q_i)との関係で示すランプ形態ごとの散布図は、次の通りである。

- ①上流にサイドオフランプがあるサイドオフランプ
(目黒, 護国寺, 東池袋, 渋谷)

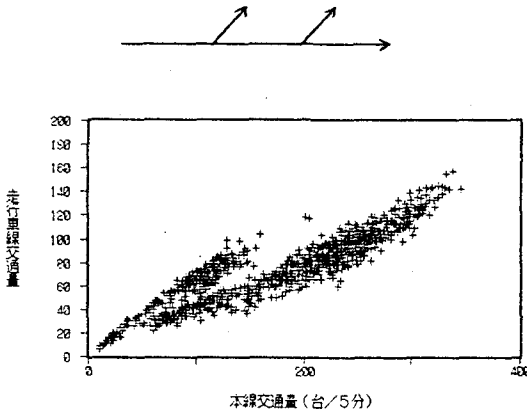


図1 本線交通量～走行車線交通量散布図

- ②上流にサイドオンランプがあるサイドオフランプ
(早稲田, 八潮, 代々木, 向島)

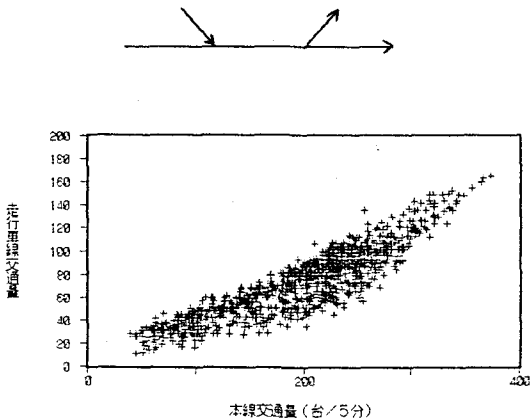


図2 本線交通量～走行車線交通量散布図

- ③上流にサイドオフランプがあるサイドオンランプ
(外苑, 向島, 八潮南, 飯田橋, 永福, 東池袋, 錦糸町)

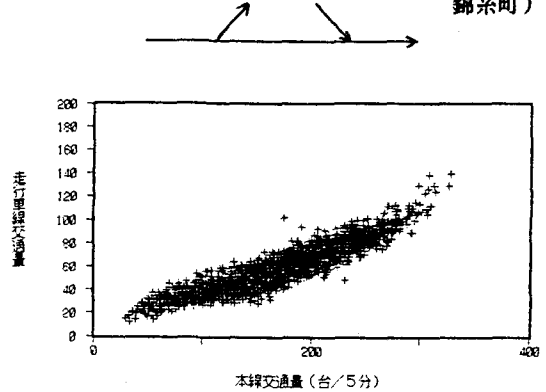


図3 本線交通量～走行車線交通量散布図

- ④上流にサイドオフランプがあるセンターオフランプ
(羽田, 新宿, 堤通)

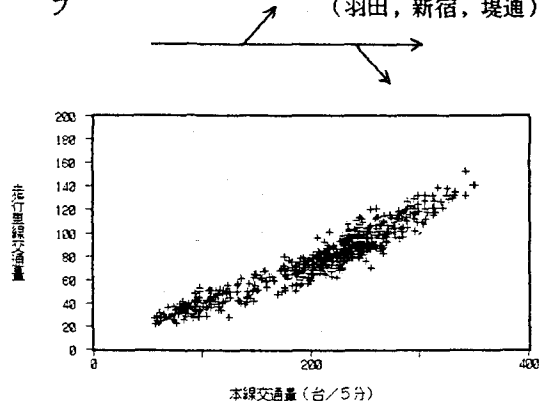


図4 本線交通量～走行車線交通量散布図

- ⑤上流にサイドオンランプがあるセンターオフランプ
(小松川, 北池袋)

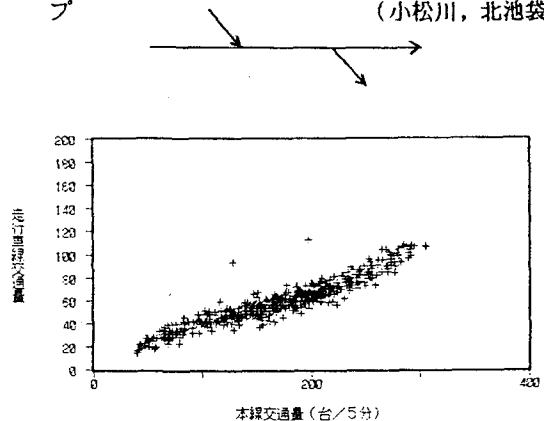


図5 本線交通量～走行車線交通量散布図

⑥上流にセンターオンランプがある

センターオフランプ

(鈴ヶ森, 三軒茶屋, 幡ヶ谷, 安行, 扇大橋,
鹿浜橋, 加賀, 新郷, 上野, 中台)

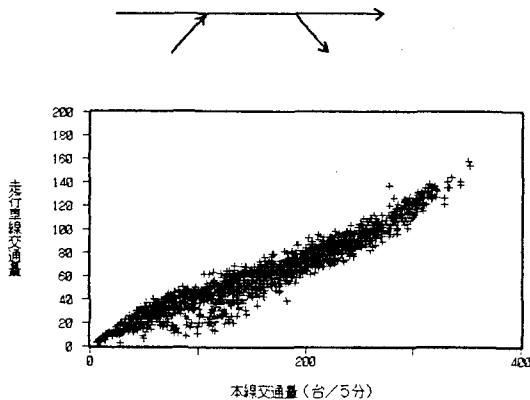


図6 本線交通量-走行車線交通量散布図

⑦上流にセンターオンランプがある

センターオンランプ

(初台, 板橋本町, 堤通, 千住新橋, 扇大橋,
鹿浜橋, 足立入谷, 新郷, 芝浦)

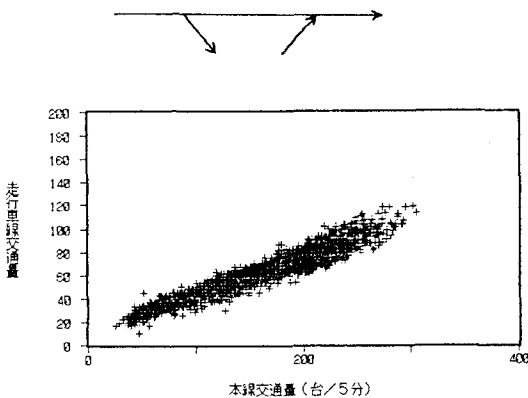


図7 本線交通量-走行車線交通量散布図

実測データの散布図を見ると、特異な傾向は見られないが、①のランプ形態の中で一部のデータ（目黒ランプに相当）が他の部分と幾分異なっていることが知られる。。これは、当該ランプ交通量が他のランプ形態のランプ交通量より多いためと考えられる。

次の分析段階では、本線交通量では説明しきれなかった部分（回帰残差）について有効な説明変数を見出し、これらの散布図にみられるパラツキの内容

を明確に説明することが必要である。

5. 交通量の車線分布モデルの作成

(1) 分析方法

走行車線（第一車線）の交通量を被説明変数として、それぞれのランプ形態ごとに、次に示すような3つのモデル式で重回帰分析を行った。

$$(a) Q_1 = aQ + bQr + c(Qru/L) + d$$

$$(b) Q_1 = aQ^2 + bQ + cQr + d(Qru/L) + e$$

$$(c) Q_1 = aQ^3 + bQ^2 + cQ + dQr + e(Qru/L) + f$$

ここで、(a)のモデルは、H. C. Mと同じタイプのモデル式であるが、H. C. Mの4車線モデルではランプ間距離Lを直接的に説明変数として、単独に扱っているが、このモデルでは、上流ランプ交通量(Qru)をランプ間距離(L)で割ったものを説明変数として考えている。尚、ランプ間距離の影響を表現する方法としては、ここで用いた L^{-1} の他に e^{-L} 、 L^{-2} といった表現も考えられることから、これらを相互に比較した結果、いずれをとっても回帰結果に大きな差がみられないことから、式の操作性を優先して、 L^{-1} を本研究では採用することにした。

(c)のモデルは、 Q^3 の項を計算式のなかに入れているが、これは、走行車線利用率 $U(=Q_1/Q)$ が本線交通量Qの二次式で比較的良好に表現できる（横浜国立大学・小野の研究⁴⁾）ことに基づいたものである。

(b)のモデルは、(a)と(c)との中間のモデルとして検討する事にした。

(2) 分析結果

それぞれのモデル式((a), (b), (c)のモデル式)の回帰分析の結果は表1~3のようになった。

表1 ランプ形態ごとの回帰結果(モデル式(a))

形態	R		Q	Q ²	Qru/L	定数項
	RMS誤差					
①	0.957	係数	0.321	0.655	-290.8	7.237
	7.982	t値	81.97	37.18	-5.924	
②	0.906	係数	0.362	-0.081	88.40	8.787
	12.201	t値	62.99	-2.708	8.823	
③	0.933	係数	0.328	-0.112	-43.11	6.724
	7.714	t値	187.47	-11.87	-6.647	
④	0.961	係数	0.367	-0.069	118.99	-8.959
	7.222	t値	75.54	-0.628	18.53	
⑤	0.940	係数	0.297	0.026	-113.8	8.549
	6.422	t値	29.39	0.781	-1.581	
⑥	0.970	係数	0.361	-0.119	36.10	5.053
	7.139	t値	145.81	-10.15	7.343	
⑦	0.962	係数	0.305	0.161	-53.38	12.37
	5.437	t値	149.58	13.06	-5.886	

表2 ランプ形態ごとの回帰結果(モデル式(b))

形態	R		Q*	Q	Q ²	Qru/L	定数項
	RMS誤差						
①	0.961	係数	0.0004278	0.170	0.074	-206.8	16.71
	7.444	t値	10.61	11.58	39.91	-4.324	
②	0.918	係数	0.0007984	0.058	-0.019	110.28	24.51
	11.454	t値	12.03	2.268	-0.954	11.25	
③	0.936	係数	0.0004145	0.188	-0.091	-35.28	16.48
	7.530	t値	9.448	12.41	-9.784	-5.523	
④	0.970	係数	0.0007661	0.088	-0.042	141.61	21.36
	6.362	t値	14.06	4.364	-4.995	14.03	
⑤	0.944	係数	0.0004078	0.178	-0.024	-110.0	17.85
	6.198	t値	6.626	7.894	-0.727	-1.584	
⑥	0.973	係数	0.0003809	0.248	-0.123	6.252	11.58
	6.781	t値	18.84	35.03	-11.05	1.288	
⑦	0.962	係数	0.0000954	0.276	0.159	-44.22	14.15
	5.426	t値	3.226	29.42	12.96	-4.683	

表3 ランプ形態ごとの回帰結果(モデル式(c))

形態	R		Q*	Q*	Q	Q ²	Qru/L	定数項
	RMS誤差							
①	0.965	係数	0.0000045	-0.001927	0.524	0.624	-200.9	3.525
	7.236	t値	11.84	-8.889	14.96	37.49	-4.426	
②	0.920	係数	0.0000035	-0.001252	0.415	-0.011	116.53	6.883
	11.347	t値	4.526	-2.736	5.009	-0.376	11.98	
③	0.937	係数	0.0000027	-0.001818	0.418	-0.100	-34.97	6.639
	7.496	t値	4.614	-3.248	8.137	-10.45	-5.490	
④	0.970	係数	0.0000017	-0.002267	0.275	-0.068	143.69	11.74
	6.335	t値	2.363	-0.613	3.404	-5.249	14.23	
⑤	0.949	係数	0.0000064	-0.002851	0.668	-0.017	-116.4	-2.968
	5.914	t値	7.337	-6.363	9.441	-0.557	-1.684	
⑥	0.974	係数	0.0000032	-0.001244	0.471	-0.124	-2.730	4.835
	6.564	t値	13.28	-9.966	25.99	-11.53	-0.575	
⑦	0.962	係数	0.0000023	-0.001818	0.428	0.165	-42.23	8.222
	5.394	t値	5.361	-4.850	14.29	13.49	-4.417	

(3) 考察

まずモデル式(a)についてみていくことにする。

回帰結果をみると重相関係数が0.906から0.970と高い相関を得ている。t値に関しては、有意水準 $\alpha=0.05$ で1.96であるから、交通量Qのt値は、非常に高く、大きな説明力を持った変数とみることができる。QrとQru/Lといった変数は、④⑤⑥のランプ形態を除くとt値の値が高く、第一車線交通量に影響する要因の一つということが言える。

モデル式(b)については、モデル(a)の式にQ²の項をたしたもののだが、この項を入れることにより重相関係数が上がり、RMS誤差も減っている。さらにQ²やQのt値も高いためQ²も独立した説明変数として有意であると言える。

モデル式(c)は、モデル(b)の式にさらにQ³の項を入れたもののだが、Q³の項に関してもt値で判定して有意であると言える。

Q³の項までモデル式の中に入れた理由には、二つの背景がある。(1)のなかで述べたように、第一車線利用率Uが交通量の二次式によって比較的良好に近似できるということである。残る一つの理由は、モデル式(a)によって知られた残差傾向の偏りが修正されることである。つまり、モデル(a)の回帰結果をみると、一部のランプ形態において断面交通量が小さな部分で過大推定となり、断面交通量が大きな部分で過小推定となる結果が知られる。この残差の偏りは、図8～10にみられるように、変数の追加によって修正されることが分かる。

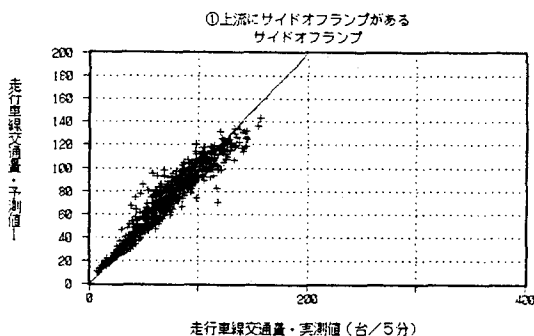


図8 実測値-予測値散布図(モデル式(a))

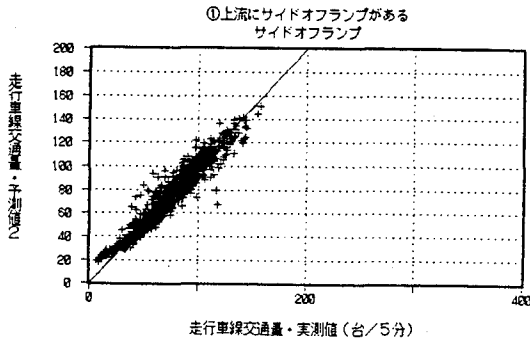


図9 実測値-予測値散布図(モデル式(b))

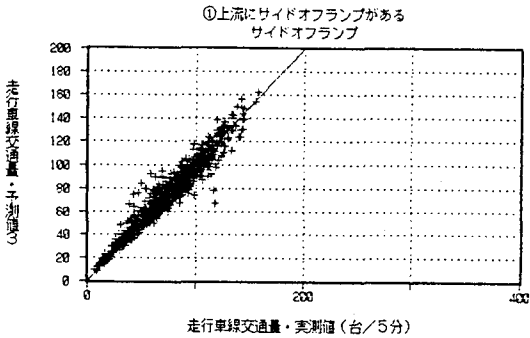


図10 実測値-予測値散布図(モデル式(c))

次に、導入した変数の影響構造の妥当性を偏回帰係数の符号を介して検討してみることにする。ランプ交通は、様々な形で交通量の車線分布に影響しているが、代表的には次のような要因で説明することが出来ると考えられる。

回避・・・運転者が先のランプ交通を避けるために車線変更をしたもの

残留・・・上流ランプ交通の流出入の影響が当該ランプ位置まで残ったもの。

吸引・・・運転者がランプ交通の流出により空いた車線へ動いたもの。

目的・・・オフランプで見られ、運転者が流出するために車線変更したもの。

例えば、ランプ形態①について、当該ランプ Q_r の係数は正であり、上流ランプの影響 Q_{ru}/L の

係数は負である。 Q_r は、サイドオフランプであり、このランプから外に出る者は、第一車線側に寄るためこのランプの影響は、正となる。 Q_{ru} もサイドオフランプであるが、これは上流のランプであり、このランプで車の流出があるため、相対的に第一車線交通量は少なくなる。つまりこの形態においては、当該ランプ、上流ランプの交通がそれぞれ「目的」、「残留」という形で着目地点の車線の車線分布に影響していると考えることができる。

ただ、ランプ形態の中には、上記の4要因が、ランプ交通量の大小や、本線交通量の大小によって、複雑に入り混じっているものもあると考えられるため、今後は、昼夜別、曜日別、交通量別に、それらの影響構造を検討し、その結果を踏まえてモデル式を整理してみる必要がある。

6. 今後の課題

本研究においては、ランプの上流側の影響をモデル式の中に入れたが、同様にランプ下流部の影響も考える必要がある。また、今回は、渋滞の比較的小さい、首都高速道路の下り線についてのみを対象として分析を行ったが、今後は、上り線についても検討する必要がある。

さらには、今回用いたデータは、大型車のデータがなかったため、大型車の影響を分析することができなかったが、今後は、大型車の影響についても検討を有する。

参考文献

- 1) National Research Council, Washington D.C.: HIGHWAY CAPACITY MANUAL Specil Report 209 TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 1965, 1985
- 2) 加藤, 大蔵, 山本, 森田: 自動車専用道路における交通量の車線分布モデルの作成, 土木計画学研究・講演集NO.14(1) PP.629~636, 1911, 11
- 3) 山本太志: 修士論文 高速道路における交通量の車線分布の推定方法, 1991
- 4) 小野丈広: 卒業論文 高速道路における交通量の車線分布特性, 1987