

信号交差点における飽和交通流率の変動の基本特性

Fluctuation of Saturation Flow Rate at Signalized Intersections

鹿田成則*、片倉正彦**、大口 敬***

by Shigenori SHIKATA, Masahiko KATAKURA, Takashi OGUCHI

1. はじめに

都市内街路における交通渋滞の主要な原因が信号交差点の交通容量の不足にあることは周知の事実であり、交差点改良や信号制御の高度化等の主要な交通渋滞対策の眼目が交差点の交通容量の増大にあることは現在も変わりはない。

信号交差点の交通容量は信号制御方法に応じて決まるものであるが、その基本となるのは交差点流入部の飽和交通流率である。従来の調査研究結果から飽和交通流率の値が交差点ごとに大きく変動することが指摘されているが、飽和交通流率の変動に対する説明論理が十分に説明されたとはいいがたく、未だ未解明のままといつてよい状況にある。

都市内においては新たな道路建設や道路拡幅等の対策が今後ますます困難になり、既存の道路網の中で交通容量の増大を図る必要がある。具体的には、飽和交通流率の変動を小さくし、飽和交通流率をできるだけ高いレベルに維持できるような方策を立案することであり、そのためには飽和交通流率の変動要因を明らかにしなければならない。

本研究の目的もこの点にあり、飽和交通流率の観測データを基本に、何が飽和交通流率を変動させているのかを実証的に解明していくことにある。

2. 従来の飽和交通流率の観測結果

わが国で従来実施されてきた飽和交通流率の観測結果の分布を示したものが図-1である¹⁾。図-1は、全国104箇所の直進車線で観測された飽和交通流率の値であり、大型車を除いた（または大型車を乗用車換算した）小型車のみで構成された値である。飽和交通流率の値は、約1,400～2,400pcu/青1時間という非常に広範囲の値が得られており、交差点（車線）ごとに大きな変動があることを示している。

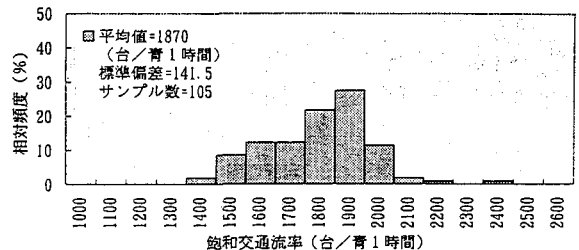


図-1 従来の飽和交通流率の観測結果

図-1の観測結果の中には、観測された交差点の条件が明確でないもの、飽和交通流率の算出に必要な飽和状態の定義が明らかでないもの、飽和交通流率に用いたデータが不十分であるなどの観測値の問題を含んでいるものもあり、図-1の結果が飽和交通流率の変動の実態を示しているとはいいがたい面がある。

キーワード：交通流、交通容量

* 正会員 工修 東京都立大学工学部土木工学科

** 正会員 工博 同上

*** 正会員 工博 同上

〒192-03 東京都八王子市南大沢 1-1

TEL:0426(77)1111, FAX:0426(77)2772

3. 観測方法および飽和交通流率の算出に用いたデータ

本研究では、東京都内の都心部と郊外部に位置する11箇所の交差点（14直進車線）において観測を行った。観測方法は、交差点周辺のビルの

屋上からビデオカメラによって撮影し、ビデオカメラを設置できる建物がない場合はカセットレコーダを用いて読み取り基準点（対象流入部の横断歩道の側線）を車両の後端が通過した時点を音声によって録音するという方法で行った。

観測後に収集したデータは、読み取り基準点（対象流入部の横断歩道の側線）の通過時刻、車種（大型車と小型車）、信号表示（青、黄、赤）の切り替わり時刻、飽和／不飽和サイクルの別、待ち行列末尾車両（不飽和サイクルの場合）である。カセットレコーダを用いた観測では、基準点通過時の合図とともに観測時に上記のデータを音声によって録音した。

飽和交通流率の算出に用いるデータは飽和交通流の状態にある車両を対象にしなければならず、次の条件によってデータを選別した。信号サイクルごとに、先頭から3台目までの車両を発進遅れの影響を受けるものとみなして除外し、飽和サイクルの場合、信号現示切り替わり時に生じるクリアランス損失の影響を除くため青終了時までには通過した車両を対象とした。不飽和サイクルの場合は待ち行列末尾車両までとし、飽和交通流率の値の安定性を確保するため4台目以降の車両通過台数が10台以上あるサイクルのみを対象とした。

4. 観測結果と変動要因の分析

飽和交通流率は信号サイクルごとに次式によって算出した。

$$S_i = (N_i - 1) / t_i$$

S_i : 飽和交通流率（台／秒）

t_i : 先頭4台目の車両から飽和交通流率の対象とした末尾車両までの通過所要時間（秒）

N_i : t_i の間に通過した台数（台）

飽和交通流率の実測値の分布状況を箱ひげ図を用いて交差点（車線）ごとに比較したのが図-2である。この飽和交通流率の値は大型車を乗用車換算していない実台数の値である。図から交差点ごとに飽和交通流率の値がかなり大きく変動しているのがわかる（平均値は1,440～1,880台／青1時間）。

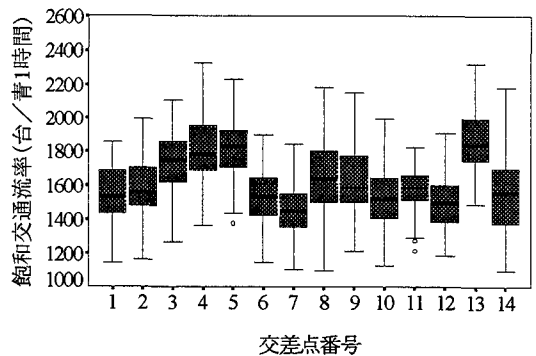


図-2 飽和交通流率の観測結果

変動要因としてここでは従来から指摘されている大型車、車線幅員、青時間長の3要因を取り上げ、これらの要因の飽和交通流率に対する影響分析を行った。図-3は飽和交通流率と大型車混入率の関係を示したもので、従来の調査研究と同様に、大型車混入率が増加するほど飽和交通流率が低下するという傾向を明確に示している。

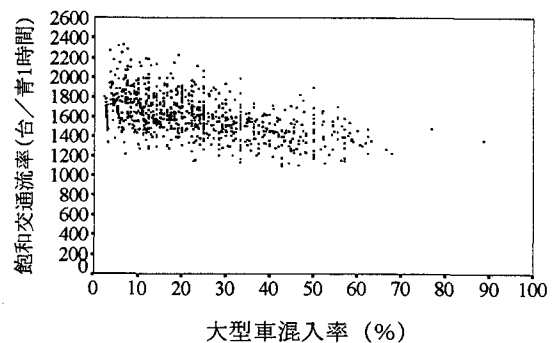


図-3 飽和交通流率と大型車混入率の相関

上記の要因がどの程度飽和交通流率の変動に寄与しているかをみるために重回帰分析を行った（分析に用いたサンプル数は883サイクル）。寄与率は、大型車混入率のみを説明変数とした場合0.267（重相関係数0.516）、3要因すべてを説明変数とした場合0.300（重相関係数0.548）となり、大型車を除く2要因は飽和交通流率の変動に対しほとんど寄与していない。従来から指摘されている3要因を説明変数としたときの寄与率の値は低く、大型車の影響は明らかに存在して

表－1 飽和交通流の状態における車頭時間分布の統計量

No.	交差点名	平均値		標準偏差		変動係数		中央値		四分位偏差		歪度		尖度		データ数		極外値データの割合(%)
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
1	江田	2.13	1.95	1.191	0.741	56.0	38.0	1.76	1.73	0.90	0.81	3.01	1.56	11.67	2.90	478	461	3.6
2	橋本五差路	1.99	1.92	0.893	0.712	44.8	37.1	1.77	1.76	0.89	0.90	2.19	1.19	7.45	1.42	844	828	1.9
3	日野橋	1.82	1.80	0.511	0.458	28.1	25.5	1.73	1.73	0.59	0.57	2.07	0.95	11.10	1.32	633	630	0.5
4	西参道口(3)	1.96	1.88	1.027	0.830	52.3	44.2	1.70	1.70	1.00	0.95	2.02	1.22	5.62	1.58	667	654	1.9
5	西参道口(4)	1.86	1.80	0.819	0.632	44.0	35.1	1.67	1.66	0.73	0.73	3.17	1.30	18.51	1.87	552	544	1.4
6	大原2丁目	2.08	2.01	0.971	0.787	46.7	39.1	1.84	1.83	0.96	0.94	2.41	1.33	9.37	2.18	899	886	1.4
7	大和田小学校前	2.08	1.97	1.039	0.760	49.9	38.5	1.77	1.76	0.93	0.83	2.76	0.43	11.50	2.16	673	657	2.4
8	大横町	2.03	2.00	0.676	0.556	33.2	27.8	1.87	1.87	0.67	0.67	2.86	1.05	17.51	1.08	716	710	0.8
9	東名入口(2)	2.00	1.95	0.778	0.609	38.9	31.3	1.80	1.80	0.74	0.71	2.84	1.17	15.35	1.50	1181	1164	1.4
10	東名入口(3)	1.93	1.86	0.837	0.657	43.4	35.4	1.73	1.73	0.80	0.76	2.37	1.31	8.82	1.99	545	534	2.0
11	若林踏切(1)	2.19	2.15	0.699	0.602	32.0	27.9	2.04	2.04	0.74	0.73	2.19	1.05	10.20	1.43	3413	3383	0.9
12	若林踏切(2)	2.08	2.04	0.727	0.641	35.0	31.3	1.94	1.93	0.80	0.77	1.92	1.04	7.54	1.33	1914	1898	0.8
13	谷保	1.79	1.76	0.618	0.531	34.5	30.3	1.63	1.63	0.63	0.60	1.88	1.04	6.61	1.22	1093	1079	1.3
14	矢野口	2.06	1.96	0.842	0.597	41.0	30.4	1.87	1.86	0.70	0.67	2.70	1.06	11.10	1.19	410	400	2.4
	平均値	2.00	1.93	0.831	0.651	41.4	33.7	1.79	1.79	0.79	0.76	2.46	1.12	10.88	1.65			1.63
	標準偏差	0.117	0.108	0.184	0.105	8.232	5.316	0.110	0.110	0.128	0.116	0.428	0.257	3.912	0.506			0.815

注) 表中のAは全データ、Bは全データから極外値を除いたデータ。

いるもののこれらの要因だけでは飽和交通流率の変動を十分に説明しきれていないことがわかる。この結果は、飽和交通流率の変動を説明するのに単に変動要因に着目した分析だけでは限界のあることを示している。

5. 飽和交通流における車頭時間の分布

飽和交通流率を信号サイクルごとにとらえた場合、飽和交通流の状態にある車両の中で長い車頭時間が1つでも発生すると、そのサイクルの飽和交通流率の値に大きく影響を及ぼす。図－3において大型車混入率 0～10%付近で飽和交通流率が大きく変動しているのはこの現象によるものと考えられる。サイクルごとに飽和交通流率を求めた場合、変動要因による影響以外に上記の現象の発生によって飽和交通流率を変動させる可能性がある。そこで、飽和交通流率の変動を分析するのに、サイクルごとの飽和交通流率ではなく、飽和交通流の状態にある車頭時間に着目して分析を行うことにする。

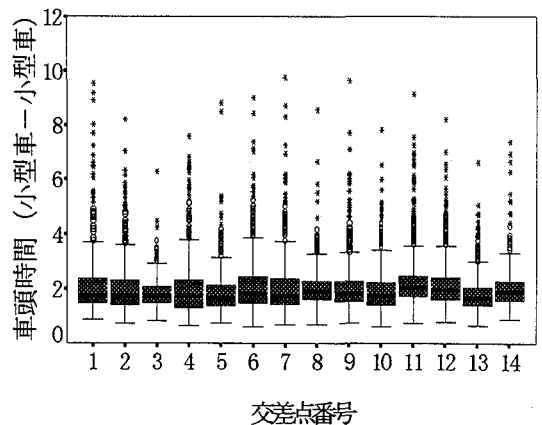
大型車の影響は明らかであり、飽和交通流の状態にある車頭時間の中から大型車の影響を除くために、小型車同士の車頭時間だけを対象とした。

図－4は、飽和交通流の状態にある車頭時間(4. の飽和交通流率算出式中の N_1 に含まれる車両の車頭時間)の分布状況を箱ひげ図を用いて交差点ごとの比較を行ったものである。各交差点とも分布の中心傾向を示す中央値、ばらつきの状態を示す四分位範囲にはほとんど差がみられず、分布の外れ値(四分位範囲の1.5～3.0倍、図中

の○)および極外値(四分位範囲の3.0倍以上の値、図中の*)に大きなばらつきが表れている。この結果から、交差点間の飽和交通流率の変動は分布から大きく外れている車頭時間のデータが関与しているとみることができる。

上記の結果を確認するために、車頭時間分布の統計量について車頭時間の全データと極外値のデータを除いた車頭時間との比較を行った。表－1にその結果を示す。分布統計量の中で平均値、標準偏差、変動係数および分布の形状を表す歪度、

尖度は、極外値データの出現割合が0.5～3.6%とわずかであってもその影響をかなり受けているのがわかる。極外値データの割合が3.6%の交差点では、車頭時間の平均値が2.13秒から1.95秒に減少し、飽和交通流率に換算すると1,690pcu/青1時間、1,850pcu/青1時間の相違になる。



図－4 交差点別の車頭時間の分布

6. 極外値データを除いた車頭時間分布の比較

車頭時間分布の極外値データの出現割合（確率）が交差点間で一定であれば、飽和交通流率の変動に対して極外値の存在を考慮する必要はないが、極外値データの出現割合が一定でないという結果は、地点固有の何らかの変動要因が存在する可能性を示している。この影響を除いた車頭時間分布は、飽和交通流での ideal な状態に近い基本分布を示すものと考えられる。このような極外値データを除いた車頭時間分布が交差点間でのような差があるかどうかを分析するために、多重比較（修正 LSD 法）による検定を行った。その結果を表-2に示す。この結果から、交差点間に有意な差が認められない等質な交差点グループのあることがわかる。これらの等質な交差点グループをあわせて一つの分布とし、再度多重比較検定を行い、等質なグループがなくなるまで同様の処理を行った結果、表-3に示すような4つのグループに分類された。極外値を除いた車頭時間分布においても交差点間で異なる分布の存在することが示された。これらのグループの車頭時間分布は分布の形状はいずれもよく似ており、理論分布としては対数正規分布に近似している。一例を図-5に示す。グループの特徴としてグループDは路側よりの第1車線の車頭時間分布であり、他の直進車線の分布とは異なっている。他の3グループには明確な特徴はみあたらず、グループ間の特徴を見いだすには今回の観測地点数では不十分である。

表-2 交差点間の平均車頭時間の比較

交差点 No.	平均車頭 時間(秒)	交差点 No.													
		13	3	5	10	4	2	9	1	14	7	8	6	12	11
13	1.76														
3	1.80														
5	1.80														
10	1.86														
4	1.88	*													
2	1.92	*													
9	1.95	*	*	*	*										
1	1.95	*	*	*	*										
14	1.96	*	*	*	*										
7	1.97	*	*	*	*										
8	2.00	*	*	*	*	*	*								
6	2.01	*	*	*	*	*	*								
12	2.04	*	*	*	*	*	*								
11	2.15	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

注) 表中の*は、有意水準5%で有意差ありを示す。

表-3 交差点グループ間の平均車頭時間の比較

交差点 グループ	平均車頭 時間(秒)	交差点グループ			
		A	B	C	D
A	1.79				
B	1.93	*			
C	2.02	*	*		
D	2.15	*	*	*	

注) 交差点グループと交差点No.

グループ A=13, 3, 5, 10 B=4, 2, 9, 1, 14
C= 7, 8, 6, 12 D=11

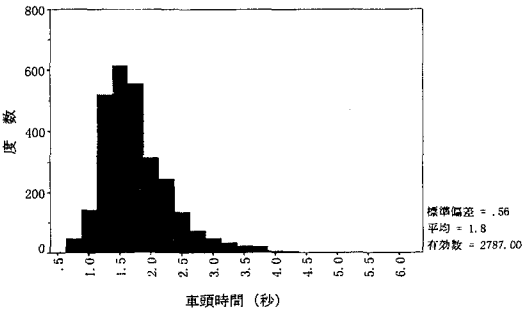


図-5 グループAの車頭時間分布

7. おわりに

本研究で得られた結果をまとめると以下の通りである。

①従来から指摘されている飽和交通流率の変動要因として大型車、車線幅員、青時間長について影響分析を行った結果、大型車は明確な変動要因であるが、これらの3要因は飽和交通流率の変動に対し十分な説明力を持っていない。

②飽和交通流の状態にある車頭時間分から飽和交通流率の変動に対して極外値の車頭時間が影響している。

③極外値の車頭時間データを除いた車頭時間分布を交差点ごとに比較した結果、有意な差のある4グループの車頭時間分布が得られ、交差点間で異なる分布の存在することを示した。

今後の課題として、車頭時間分布における極外値の出現割合（確率）と交差点固有の変動要因との関係、グループ化された車頭時間の基本分布の妥当性の検証の2つの観点からさらに分析を進めていく必要がある。

<参考文献>

1) 道路交通容量調査マニュアル検討資料 VOL. 2, (社)交通工学研究会, pp. 61-70, 1995