

# 自動車交通流の車頭時間間隔分布

Time Headway Distribution of Traffic Flow

越 正 毅・片 倉 正 彦

Masaki KOSHI and Masahiko KATAKURA

## 1. ま え が き

他の到着分布と同様に、自動車の到着もポアソン到着と考え、その間隔の分布すなわち車頭間隔の分布は、負の指数分布があてはまるとして、各種の理論解析、シミュレーションに利用されている。これは交通量の少ない場合には、適合することが確かめられている。

しかし、実際の交通で問題となるものの多くは、交通量が大きくポアソン到着の仮定が成り立たない場合である。そこで、交通量がかなり多く、交通容量に近い状態、または混雑状態の交通流に対して、その車頭時間間隔の分布はどのようになっているか、シミュレーションなどの入力データとしてどんな分布を考えたならばよいかを調べてみた。

## 2. 実測された車頭時間間隔分布

観測は、交通流自体の特性をみるため、直線平担路で交通信号などの交通規制の影響がない所を対象とし、名神高速道路、首都高速道路、横浜新道、一般道路では千葉街道で写真観測を行なった。このうち横浜新道は非常に混雑し限界密度を超えた状態であった。また千葉街道は信号交差点からかなり離れた所であったがやはり信号の影響を受けていた。首都高速道路についてはこの場合連続観測できず、資料も少ないので比較のためのものである。

この観測結果から求めた車頭時間分布は、表1のようになる。図1にその一部を示す。これらから車頭時間分布の特性を考察すると、次のようなことが言える。

表1 車頭時間分布の代表値

道路 車線	N	M	Var	$\sigma$	C.V	Mode の級	$M_e$	$M_e/M$
名神下り外側	453	2.94	3.93	1.98	0.67	1.0~1.4	2.2	0.75
名神上り外側	299	4.43	8.88	2.99	0.68	1.5~1.9	3.5	0.79
名神下り内側	316	4.21	26.49	5.17	1.22	0.5~0.9	2.0	0.47
名神上り内側*	288	7.81	88.66	9.42	1.21	0.5~0.9	3.7	0.46
首都高下り外*	217	3.22	6.22	2.49	0.77	1.5~1.9	2.4	0.75
首都高下り内*	220	3.16	21.03	4.59	1.42	1.0~1.4	1.7	0.54
横浜新道下り外	406	2.87	11.49	3.39	1.18	1.5~1.9	2.2	0.77
横浜新道下り内	372	3.14	14.44	3.80	1.20	1.5~1.9	2.2	0.70
千葉街道下り	398	3.55	17.04	4.13	1.16	1.5~1.9	2.05	0.58
千葉街道上り	365	3.76	21.47	4.63	1.23	1.5~1.9	2.10	0.56

\* 連続観測ではない。しかし名神では、前後半ともほとんど同じ平均値、分散であり、分布形も等しい。

N: サンプル数, C.V: 変動係数, 平均値 M, 中央値  $M_e$  の単位は秒。

i) 4車線道路の名神、首都、両高速道路では、内側車線と外側車線に相違がある。すなわち外側車線では変動係数が1以下で約0.7~0.8であり、最頻値が1.5~1.7秒(広くとると1.2~2.3秒)の部分にあらわれ、内側車線では変動係数が1以上、約1.3位で、分布の最頻値は0.9~1.1(広くは0.6~1.7)秒の部分にある。

ii) しかし、限界密度以上に混雑した交通流では、横浜新道の結果から、内側車線の特徴が失われることがわかる。両車線ともに変動係数は1以上になるが、最頻値の位置など分布形は外側車線の形状を示す。

iii) 一般の2車線道路である千葉街道では、4車線道路の外側車線の形と同様の分布形である。ただし信号の影響とも思われるが変動係数は1より大きい。

## 3. 車頭時間間隔分布の理論分布

この観測結果について、外側車線に対しては、指数分布の一般形で位相Kの値によってランダムとレギュラーの中間状態をあらわすアラン分布の適合を以前に試みた。今回はさらに、実際の交通流が車群を形成して流れていることから、自動車交通流は2種類の流れから成り立っていると考え、二つのアラン分布を合成したL分布をあてはめてみた。

すなわち、車群内で前車に追従走行している車の流れ(Follower)と、前方の車の影響を受けず自由に走行している車(車群先頭車, 単独車, Leader)から成るとする。追従車の車頭時間分布は、平均値( $M_F$ )が容量時の値に近く、その回りに集中した。したがって位相 $K_F$ が比較的大きいアラン分布と考えられる。自由走行車については、平均車頭時間( $M_L$ )は交通量によって変わるが、自由流として、ある微小時間( $\tau_L$ )から分布する位相 $K_L$ の小さいアラン分布になるとした。したがって合成した車頭時間分布の確率密度は追従車の割合(車群率)をrとすると、

$$g(t) = f_F(t) \cdot r + f_L(t - \tau_L) \cdot (1 - r)$$

$$\text{ただし } f(t) = (K\lambda)^K t^{K-1} e^{-\lambda K t} / (K-1)!$$

$\lambda$  は平均値の逆数。  $f_L$  については  $\lambda_L = 1/(M_L - \tau_L)$  となる。

この理論分布の合成は、平均値(M)と分散(V)が実測分布に一致するように、次の連立方程式から、表2のように定数を仮定してrと $M_L$ を求めた。ただしアラン分布には分散と平均値の間に  $V = M^2/K$  が成立つ。

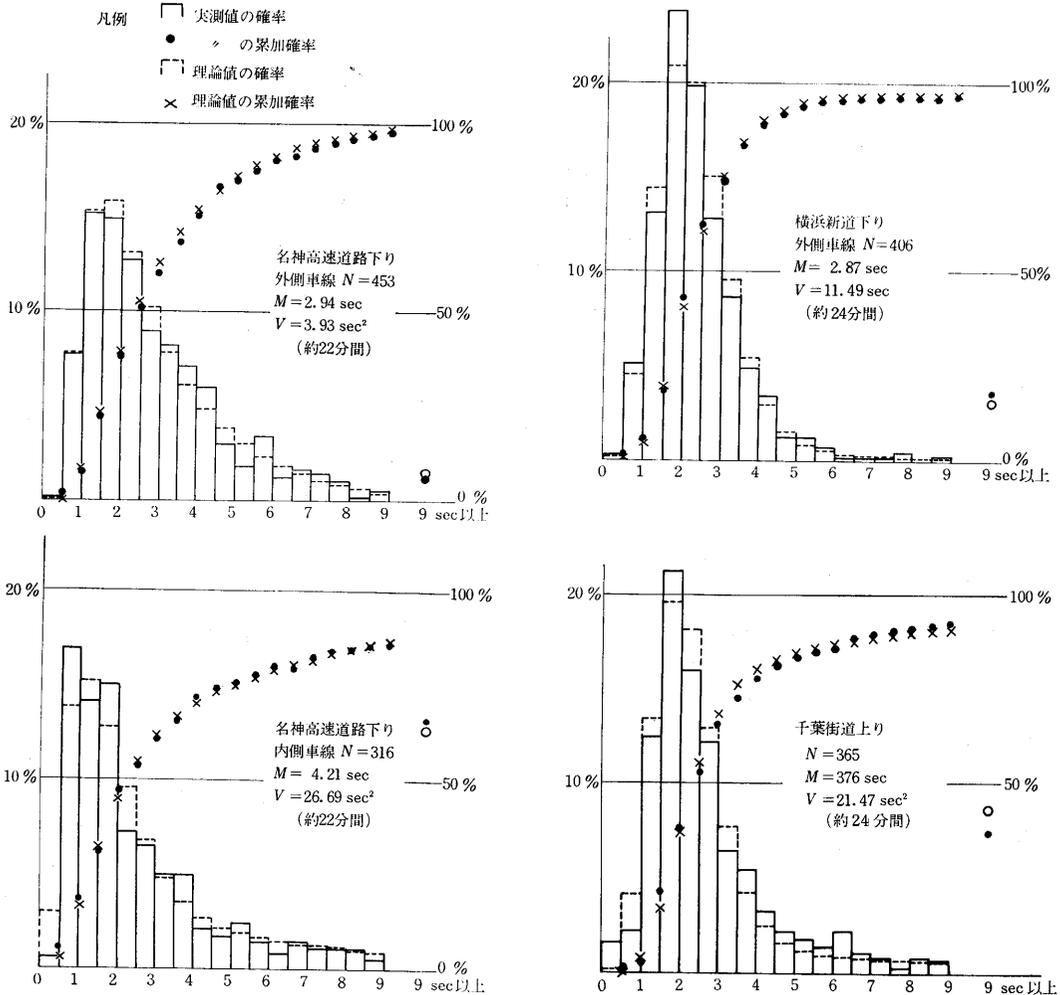


図1 車頭時間間隔の分布

表2 仮定した定数

	$K_F$	$M_F$	$K_L$	$\tau_L$
外側車線	5, 6, 7, 8	1.6~2.4	1, 2	0.5~0.8
内側車線	3, 4, 5	1.4~1.8	1, 2	0.4~0.5

$$\{M_F \cdot r + M_L(1-r) = M$$

$$\{(M_F^2 + V_F) \cdot r + (M_L^2 + V_L) \cdot (1-r) = M^2 + V$$

こうして得られた理論分布と実測分布との適合性を $\chi^2$ 検定した。その結果のうち適合性のよかったものを示すと表3のようになる。また図の破線は計算した理論分布の値である。

#### 4. 結 び

この検定結果から見ると、一様性のある流れでは非常によく適合するといえよう。したがって均質流(Uniform flow)と考えられる交通流に対しては、以上のようなL分布をあてはめてよいと考えられる。その際、追従車群には、その平均車頭時間が交通量が少ない場合多少大き

表3 理論分布の適合度検定結果

道路 車線	Follower			Leader			$\chi^2$	$\phi$	適合度
	$K_F$	$M_F$	$r$	$K_L$	$M_L$	$\tau_L$			
名神下り外側	5	1.70	302	2	3.46	0.5	2.46	12-3=9	98%
名神上り外側	7	2.00	182	2	4.97	0.7	13.99	12-3=9	10%
名神下り内側	3	1.70	511	1	6.83	0.5	6.11	12-3=9	75%
名神上り内側*	3	1.90	337	1	10.81	0.5	3.70	12-3=9	90%
首都高下り外*	7	1.80	472	2	4.48	0.5	7.94	12-3=9	50%
首都高下り内*	3	1.70	779	1	8.30	0.7	7.43	7-3=4	10%
横浜新道下り外	6	2.30	929	1	10.31	0.8	3.24	10-3=7	90%
横浜新道下り内	6	2.40	905	1	10.18	0.8	7.12	11-3=8	50%
千葉街道下り	6	2.20	739	1	7.38	0.8	12.42	10-3=7	5%
千葉街道上り	6	2.20	731	1	8.01	0.7	21.11	10-3=7	25%

\* 表1に同じ。

くなるがほぼ1.7~2.0秒のアーラン分布であり、4車線  
(p. 11 へつづく)

- 16) G. M. Rimmer: *Trudy GGI* **36**, 90, 18 (1952)
- 17) D. E. Hull: *Int. J. Appl. Rad. & Isotopes*, **13**, 63~73 (1962)
- 18) L. O. Timblin, et al.: *IAEA Symp. on Radioisotopes in Hydrology*, 37~57 (1963)
- 19) J. C. Schuster: *Proc. of ASCE, HY-2*, 102~124, (1965)
- 20) R. P. Gardner: *Int. J. Appl. Rad. & Isotopes*, **16**, 75~80 (1965)
- 21) 加藤, 佐藤, 森田, 小浜, 林: *IAEA Symp. on Radioisotopes in Hydrology*, 89~108 (1963)
- 22) L. F. Ballard, et al.: *Final Report on AEC Contract No. AT-(40-1)-2513* (1965)
- 23) H. Moser, et al.: *Atomkernenergie*, **5**, 462~471, (1960)
- 24) T. Dincer: *IAEA Symp. on the Use of Isotopes in Hydrology, SM-83/8* (1966)
- 25) *Guide to the Safe Handling of Radioisotopes in Hydrology, IAEA, Vienna*, (1966)
- 26) 加藤, 河添, 佐藤: *Radioisotopes*, **11**, 23~32 (1962)
- 27) 加藤, 佐藤, 松坂, 渡辺, 林: *Radioisotopes* **11**, 363~372 (1962)

次 号 予 告 (12 月 号)

研 究 解 説

鉄鉱石の熱割れの機構..... ——イタピライトにおける結晶学的アプローチ——	植 谷 暢 男 本 間 楨 文 一 色 貞 一
生産工程無人化の基本的な手法.....	森 政 弘
Donau 川の河床状態に関する Girardon 調査について .....	井 口 昌 平

研 究 速 報

ひずみ増分理論による液圧バルジ試験の解析.....	山 田 嘉 昭 横 内 康 人
光学的自己相関計.....	松 本 和 也 小 瀬 輝 次
軟弱層内での管路の振動実験について.....	岡 本 舜 三 田 村 重 四 郎
ガラス球充てん層の熱伝導率測定.....	棚 沢 一 郎 永 田 眞 一

研 究 室 紹 介

坪井研究室.....	川 股 重 也
------------	---------

研 究 速 報

(p. 37 よりつづく)

道路の外側車線や一般2車線道路ではその  $K$  値が 5~7 で、追越流の特徴をもつ内側車線には  $K$  値が 3 ぐらいのものである。自由走行流には 0.5~0.8 秒をトランケートした指数分布、または4車線道路の外側車線には  $K=2$  のアーラン分布をあてはめたらよいであろう。

またこの結果から容量時の交通流がすべて追従車群となった場合としても、多少のバラツキが残り平均車頭時間 1.7 秒すなわち 2100 台/時が安定した可能容量といえると思う。さらに横浜新道の結果から、限界密度を越えたと追従走行車の平均車頭間隔が 2.3~2.4 秒と大きくなり、交通量が低下することがあらわれている。

次にこの理論分布を応用する上での問題点としては、不連続の観測結果を合わせた分布や、小時間の後半の観

測結果では、適合度が低いことからみて、有意な時間トレンドがある場合、時間範囲に比べて何かの乱れが大きい場合は、均質流といえず適合しない。したがって、何かの入力データとしてこの理論分布を利用する場合、同一の均質流と考えられる時間範囲、すなわち同じ平均値、分散を考えてよい範囲が問題である。確言できないが一応 20~30 分間をとったらよいと思う。このほかにまた、交通量を設定すれば平均値は定まるが、分散は未定である。しかしそれは、応用する道路の条件によって類似道路の観測結果から変動係数を仮定することによって求められる。一応4車線の外側車線では 0.8、内側では 1.3、一般2車線道路では、1.2 がめやすになるであろう。

(1967 年 9 月 1 日受理)