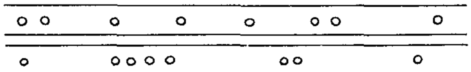
IV-185 道路交通流における車群について

山口大学 正員 田村洋一

1\. はじめに　　交通の混雑度を表わすためによく用いられる交通特性として、交通密度があるが、これは図1に示すように、必ずしも完全な尺度であるとは言えない。一般に交通量の増加に伴なって、車輌は車群を形成する傾向がある。追従理論より考えれば、一連の車輌はその各々が、その先行車の速度変化に対して瞬間的に反応しなくてはならない場合に車群と見なすことができる。すなわち、車輌間の時間的あるいは空間的距離がある限界値以下の場合に車群を形成しているものとみなし得る。こうして、車群の定義が可能となれば、平均車群台数が、より正確に交通の混雑度を表わす指標として利用可能になると考えられる。著者の行なった調査によると車頭時間が9秒前後より追従車が先行車の影響を受け始め、5秒前後でその影響は急激に大きくなり、3秒以下でほぼ完全に先行車の拘束を受けるようになる傾向がある。[1] そこで、ここでは限界車頭時間として、9秒、5秒、3秒としたときの車群分布について検討した。

図 1



2\. 車群モデル　　ここではベルヌーイ試行による車群モデルについて考察する。[2] 連続する車輌の車頭間隔が独立であると仮定すれば、車群がちょうど1台である確率は車頭間隔がある限界車頭間隔より小さな確率を p とすると、$P_1 = 1-p$ で表わされる。ここで P_1 は車群が1台である確率であり、n台である確率は P_n で表わすことにする。($n=1,2,\cdots$) 次に車群が2台である確率は、先頭車と追従車の車頭間隔が限界値より小さく、追従車と次の追従車との間隔が限界値より大きいような場合であり、この確率は $P_2 = p(1-p)$ となる。これを順次繰り返すと車群がn台である確率は、式(1)で求められる。この車群台数の期待値は次のように求められる。すなわち式(2)は式(3)のように変形でき、式(3)の第2項はその和が $1/(1-p)^2$ となる級数であることから、期待値は式(4)で求められる。ここで任意の車輌の車頭間隔もが任意的な車群を定義する限界車頭間隔 H_c より大きくなる確率 $1-p$ は道路上の車輌の車頭間隔の分布に依存するものである。車頭間隔の分布が $f(t)$ で表わされるものとすれば、車頭間隔が H_c より大きくなる確率 $1-p$ は式(5)により求められる。そこで、車頭間隔分布を決定することが問題となるが、ここでは、指数分布と複合指数分布とをあてはめた結果について以下考察することにする。さらに分布のあてはめを行なうことなく、観測されたデータより直接 H_c に対する $1-P$ を求めて車群分布を求めた結果についてもまた考察を行なうことにする。

$$P_n = p^{n-1}(1-p) \tag{1}$$

$$\begin{aligned} E(n) &= \sum_{n=1}^{\infty} n P_n \\ &= 1\cdot P_1 + 2\cdot P_2 + 3 P_3 + \cdots\cdots \\ &= 1\cdot(1-p) + 2\cdot p(1-p) + 3\cdot p^2(1-p) + \cdots\cdots \\ &= (1-p)(1+2p+3p^2+\cdots\cdots) \end{aligned} \tag{2, 3}$$

$$E(n) = (1-p)^{-1} \tag{4}$$

$$1-p = P(t>H_c) = \int_{H_c}^{\infty} f(t)\,dt \tag{5}$$

3\. 車群分布　　車群分布に関する観測データは、国道2号線、国道190号線の異なった4地点で取得されたが、ここでは、国道190号線宇部市柳ヶ瀬付近で得られた結果について述べることにする。なお観測台数は、460台、平均車頭時間 8.5秒、1時間換算交通量 425台であった。なお、他の地点に対する解析結果については、講演日当日に報告する予定である。指数分布はよく知られた分布であるが、複合指数分布は式(6)で与えられるような分布であり、この分布のパラメータの決定方法については、高田氏ら[3] により詳しく説明されているのでここでは省略し、パラメータの値のみ記しておくことにする。

$$f(t) = \frac{\gamma}{\bar{t}_g - \varepsilon} e^{-\frac{t-\varepsilon}{\bar{t}_g-\varepsilon}} + \frac{1-\gamma}{\bar{t}_f} e^{-\frac{t}{\bar{t}_f}} \tag{6}$$

$(\bar{t}_g = 3.0\,\text{sec.}\quad \bar{t}_f = 12.9\,\text{sec.}\quad \varepsilon = 1.11\,\text{sec.}\quad \gamma = 0.42)$

$\bar{t}_g$：車群車の平均車頭時間、$\bar{t}_f$：自由車の平均車頭時間、
ε：臨界車頭時間、γ：車群比（車群車の台数比率）

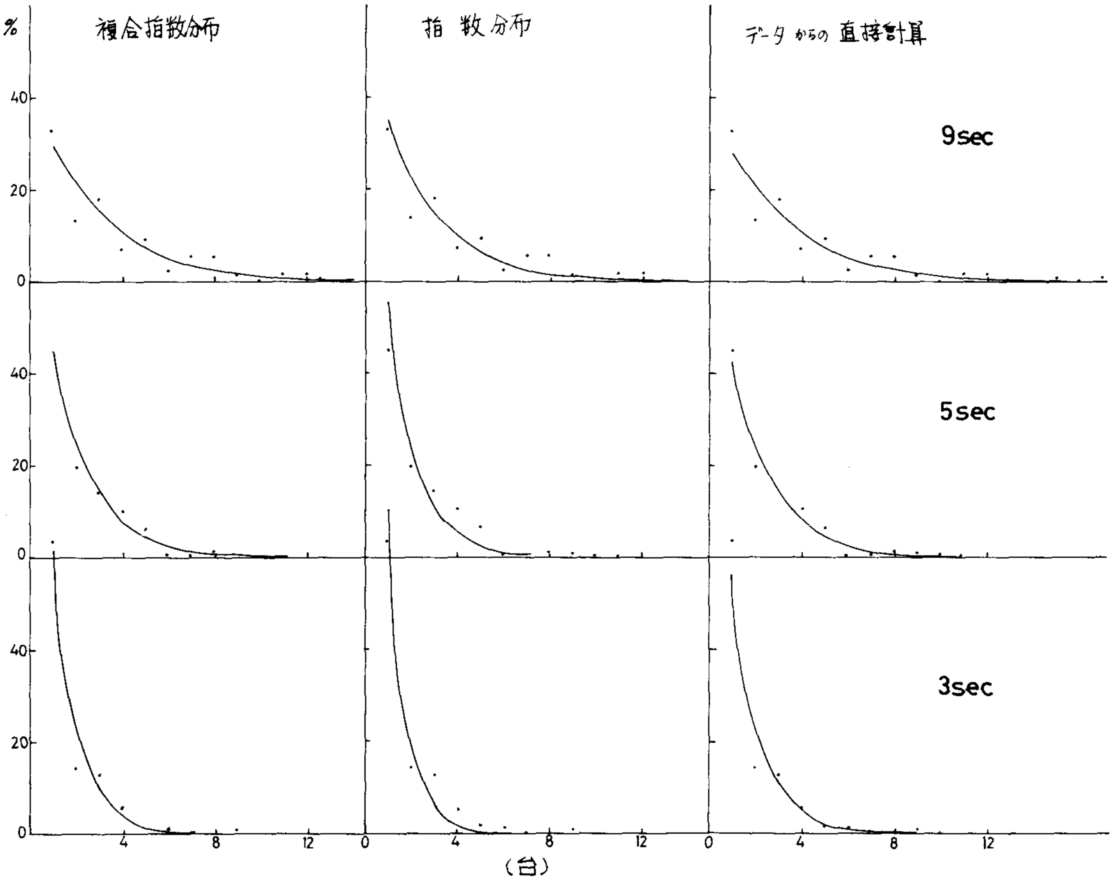
車群分布に対して指数分布，複合指数分布を適用した結果ならびにデータより直接1−Pを計算した結果は表1，図2．に示すようになった。指数分布は他の2つの方法と比較してあまり良好な結果を与えていないが，これはこの分布が，車頭間隔分布を正確に表現していないことによるものと思われる．複合指数分布は良好な結果を示しているが，r，$\bar{E}_g$，$\bar{E}_f$，ε などのパラメータを推定する計算が繁雑である．データより直接計算する方法は最も簡単で良好な結果を示している．しかし今後理論的研究を進めてゆくことを考えると，より簡単な手続きで正確に車頭間隔分布を表現する分布形についての研究を進めてゆく必要がある．また今回は行なっていないが，*Erlang* 分布のような分布形の適用についても今後研究を進めてゆきたい。

表1．P．1−P．平均車群台数（計算値）

分布形	Hc	1−P	P	平均車群台数
複合指数分布	3	0.615	0.385	1.63
	5	0.448	0.552	2.23
	9	0.295	0.705	3.39
指数分布	3	0.703	0.297	1.42
	5	0.555	0.445	1.80
	9	0.347	0.653	2.88
データより直接計算の場合	3	0.556	0.444	1.80
	5	0.420	0.580	2.38
	9	0.277	0.723	3.61

表2．平均車群台数（観測値）

Hc	3	5	9
平均車群台数	1.79	2.37	3.59



参考文献　1)．近日中に報告の予定

2)．D.R. Drew, *Traffic Flow Theory and Control*, pp. 236～240, McGRAW-HILL, 1968.

3)．高田 弘 他，道路交通流における車群の走行特性について，防大理工研，第2巻．第2号，pp175～189．1964．