

1. はじめに 交通流記述の基本量としては速度と車頭間隔とが考えられる。速度は道路の流れ易さを直接表わす指標であり、車頭間隔は道路混雑の程度を表わす指標であるから、これら2つの物理量の諸特性ならびに両者の相互関係を知ることは、交通流現象解明の基礎を与えるものである。速度、車頭間隔については、それぞれ多くの調査・研究がなされてきており、両者の平均的な関係については、追従理論あるいは流体アナロジーにもとづくモデルによる研究がなされてきている。しかしながら、両者の分布相互間の関係についての研究は十分であるとは言えず、また、車頭間隔分布については、自由車・追従車構成という交通流の内部構造を明らかにするといった観点から多くの研究が行われる、いくつかの複合分布モデルが提案されているが、速度分布に関してはこのような観点からの研究はほとんど行われていない。本研究は、以上の諸点を考慮し、車頭時間分布と速度分布との関係が明らかになり、交通流の自由車・追従車構成を反映する速度分布モデルの構築を目的とするものである。

2. 速度分布モデル

(1) モデル構築の考え方: 車頭時間分布の密度関数を $h(t)$ として、車頭時間 t で走行している車の速度分布の密度関数を $S(u)$ とする。このとき、交通流全体における速度分布 $S(u)$ は $h(t)$ と $S(u)$ の積を車頭時間 t に関して積分することにより求められる。(図1) するわけ、

$$S(u) = \int_{t_0}^{\infty} h(t) s(u) dt \quad (1)$$

ここで、 u : 速度、 t_0 : 最小車頭時間

したがって、 $h(t)$ 、 $S(u)$ を知ることができれば、式(1)より速度分布を求めることができる。

(2) 車頭時間分布 $h(t)$: 著者らは、これまでの研究により、非渋滞流は自由車と追従車とから構成され、渋滞流は追従車のみから構成されること、また1分間交通量に依りクラス分けされたデータを用いて、均質な交通量レベルにおける車頭時間分布が式(2)で表わされる複合分布で、自由車、追従車の車頭時間分布の理論分布として、式(3)に示す対数正規分布を用いることにより良好に表現されることを確認し、モデルのパラメータと交通量の関係を定式化している。

$$h(t) = P_f f(t) + P_g g(t) \quad (2)$$

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_f (t - t_0)} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(t - t_0) - \bar{x}_f}{\sigma_f} \right)^2 \right\} \quad (3)$$

ここで、 $f(t)$ 、 $g(t)$ はそれぞれ、自由車、追従車の車頭時間分布の密度関数であり、 P_f 、 P_g は交通流中に占める自由車、追従車の割合で、渋滞流の場合は、 $P_f=0$ 、 $P_g=1.0$ である。非渋滞流・渋滞流における追従車の車頭時間分布は、式(3)で $\bar{x}_f$ 、 σ_f をそれぞれ $\bar{x}_g$ 、 σ_g あるいは $\bar{x}_c$ 、 σ_c に置換したものである。

(3) 速度分布 $S(u)$ と車頭時間の関係: 観測データと解析した結果、速度分布 $S(u)$ は式(4)に示す正規分布により表わされ、その平均と車頭時間との関係が、式(5)により表わされ、分散は車頭時間に関して変化せず一定であると見なされることになった。

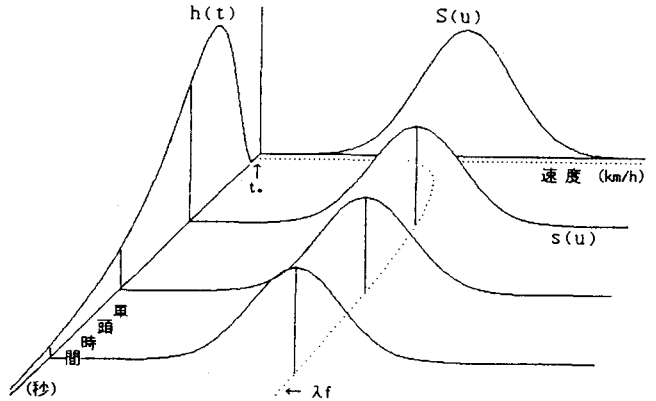


図1. 速度分布モデル構築の概念

$$S(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\eta} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{u-\lambda}{\eta}\right)^2\right\} \quad (4)$$

$$\lambda = A + B \ln(t-t_0) \quad (5) \quad \eta^2 = \text{const} \quad (6)$$

ここで、 λ, η^2 は車頭時間 t で走行する車の速度分布の平均、分散であり、 A, B は回帰定数であり、非波滞流、波滞流における λ と λ_f, λ_c として、式(5)と η^2 にあてはめた結果を図2に示す。

(3) 速度分布モデル：以上の結果を用いて式(1)を計算すると速度分布モデルとして次式が求められる。

$$S(u) = \frac{P_f}{\sqrt{2\pi}\eta_f^*} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{u-\lambda_f^*}{\eta_f^*}\right)^2\right\} + \frac{P_g}{\sqrt{2\pi}\eta_g^*} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{u-\lambda_g^*}{\eta_g^*}\right)^2\right\} \quad (7)$$

ここで

$$\left\{ \begin{aligned} \lambda_f^* &= A_f + B_f \xi_f \\ \eta_f^{*2} &= \eta_f^2 + B_f^2 \xi_f^2 \end{aligned} \right. \quad (8) \quad \left\{ \begin{aligned} \lambda_g^* &= A_g + B_g \xi_g \\ \eta_g^{*2} &= \eta_g^2 + B_g^2 \xi_g^2 \end{aligned} \right. \quad (9)$$

式(7)の右辺第1項は自由車、第2項は追従車に対する速度分布を表わす。 A_f, B_f, η_f は非波滞流に対する A, B, η であり、波滞流の場合には、式(7)で $P_f=0, P_g=1.0$ として各定数を波滞流に対するものに置換することにより求められる。

3. 計算例 速度分布モデル式(7)の各交通量レベルにおける計算例を図3.4に示す。図4は交通量の変化に伴う速度分布構成の変化を示すものであるが、非波滞流にありては、交通量が増加し、追従車の占める割合が大きくなっても全体的には、速度分布はほとんど変化しないことがわかる。

4. あわりに 本研究では、車頭時間分布モデルとして複合対数正規分布モデルを用いることにより、速度分布が複合正規分布モデルにより表わされることを示した。モデルは、交通量の自由車・追従車構成と反映しうるものであるが実測データより、十分な検証をするには至っていないので、今後さらに研究を進めようとする。

参考文献：田村，橋本：自由車・追従車構成に着目した車頭時間分布モデルに関する研究，土木学会論文集，No.336，1983（掲載予定）

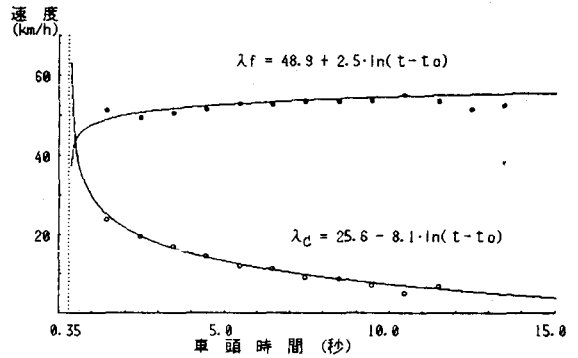


図2. 速度分布 $S(u)$ の平均値と車頭時間の関係

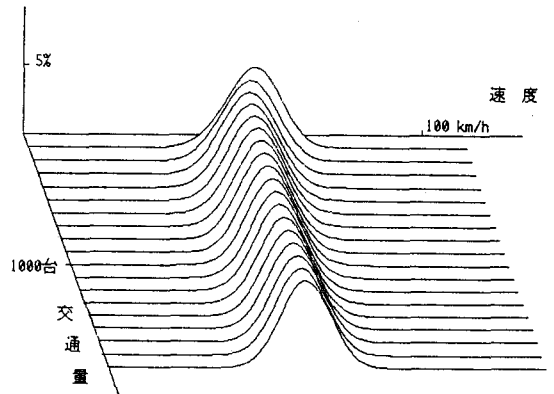


図3. 速度分布の計算結果

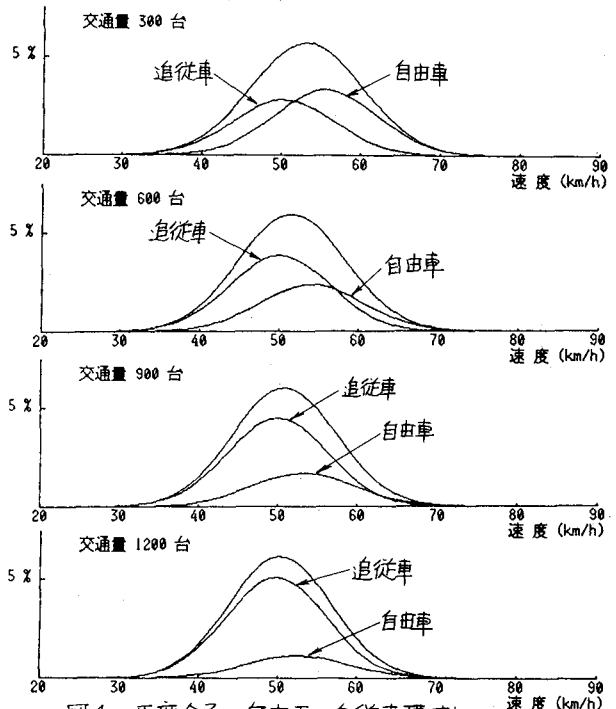


図4. 速度分布の自由車・追従車構成