

道路の追従禁止区間における交通流の遅れについて

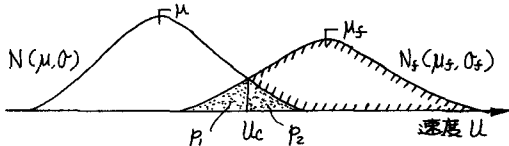
山口大学 正夏 田村 洋一

1. はじめに：道路の混雑と交通流の速度との関係を表わすものとして、これまで一般に用いられているものに、交通密度を混雑の尺度として、交通流の圧縮性流体へのアナロジー、および追従理論に基づいて導かれたモデルがある。しかし、これらのモデルは全ての交通状態に対して満足すべきものであるとは言えない。とくに、交通密度が低い場合には、これらのモデルは誘導の前提となる、密度が速度の説明変数となり得るとする最も基本的な仮定が成立し得なくなる。また現実にも相当大なる交通量が生じている場合でも速度がそれほど大きく低下しないことは、よく観測されることである。そこで、本研究においては、交通流の速度低下を車群の形成過程としてとらえることにより、交通流の遅れを表現するモデルを誘導することを試みた。以下その基本的な考え方を実験データに対しておこなった結果を報告して、批評を仰ぐたい。

2. モデルの基本的考え方：モデルの基本的仮定は、

- ① 交通流を構成している個々の車は各々希望速度を持ち全体として速度分布は正規分布すること。
- ② 連続する車の速度差の分布は平均が0の正規分布とし、その分散は車頭時間の増加関数であること。
- ③ 速度の低下(遅れ)は、高速車が低速車に追従走行することを強制されることにより生ずるものとする。

2.1. 速度低下(遅れの発生)：自由速度分布が概知であるとして、 $N_f(\mu_f, \sigma_f^2)$ で表われ、また任意の交通量時の速度分布を $N(\mu, \sigma^2)$ で表わす。速度低下は図1.の自由速度分布のうち μ_f で示された部分の高速車が、 μ で示されている部分の低速車に追従走行を強制されることにより生じ、速度分布は $N(\mu, \sigma^2)$ へと変化するものとする。2つの分布の交点 u_c に対する標準変量とそれぞれ z_c , z_{cf} とすれば、それぞれ次式で表わされ



—図1. 速度分布の変化—

$$z_c = \frac{u_c - \mu}{\sigma} \dots\dots\dots (1) \quad -z_{cf} = \frac{u_c - \mu_f}{\sigma_f} \dots\dots\dots (2)$$

式(1)(2)より u_c を消去し μ について解くと次式が得られる。

$$\mu = \mu_f - \sigma_f z_{cf} - \sigma z_c \dots\dots\dots (3)$$

ここで、もし μ_f , σ_f , σ , z_{cf} , z_c が知られれば、式(3)により速度の計算が可能となる。 $P_f = P_1 + P_2 \dots\dots\dots (4)$

を自由車率と呼ぶことにすれば、 P_f が決まれば u_c が決まり、これより z_{cf} , z_c を知ることが出来る。また、 $\sigma_f = 0$ なる場合には、式(3)はさらに簡単な次式となる。

$$\mu = \mu_f - 2\sigma_f z_{cf} = \mu_f - 2\sigma z_c \dots\dots\dots (5)$$

2.2. P_f の決定：自由車率 P_f は次のようにして決定

する。すなわち速度差の分布の分散 $\sigma_b^2(t)$ が車頭時間 t の関数であるとし、 $\sigma_b^2(t)$ は $t \leq t_0$ で最小値 σ_{b0}^2 となり、このとき、すなわち車頭時間 t_0 以下の車は全て追従車であるとし、また $\sigma_b^2(t)$ は $t \geq t_0$ で最大値 σ_{bf}^2 となり、車頭時間 t_f 以上の車は全て自由車であるとする。車頭時間 $t_0 < t < t_f$ なる範囲の車は、自由車と追従車の混合したものであり、この範囲の車頭時間 t における $\sigma_b^2(t)$ は、自由車割合 $\alpha(t)$ を用いて次式で表わされるものとする。

$$\sigma_b^2(t) = \alpha(t) \sigma_{bf}^2 + [1 - \alpha(t)] \sigma_{b0}^2 \dots\dots\dots (6)$$

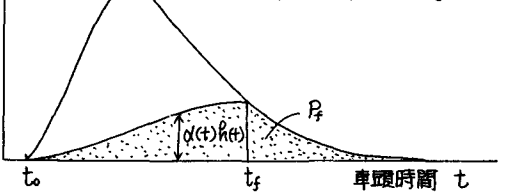
これを $\alpha(t)$ について解くと次式が得られる。

$$\alpha(t) = \frac{\sigma_b^2(t) - \sigma_{b0}^2}{\sigma_{bf}^2 - \sigma_{b0}^2} \quad (\sigma_{bf}^2, \sigma_{b0}^2: \text{定数}) \dots\dots\dots (7)$$

上の $\alpha(t)$ を用いて P_f は次式により計算される。(図2参照)

$$P_f = \int_{t_0}^{t_f} \alpha(t) h(t) dt + \int_{t_f}^{\infty} h(t) dt \dots\dots\dots (8)$$

ここで $h(t)$ は車頭時間分布の確率密度関数である。



—図2. 車頭時間分布と P_f —

3. 実験データ：データは全て道路の追越禁止区間で観測されたものである。 $\alpha(x)$ の関数形を決定するために車頭時間と速度差の分布の標準偏差 σ との関係をプロットしたのが図3である。これより σ_0 と σ_f とは直線関係にあると仮定され、 σ が x に比例する二次関数となること加わった。 $\alpha(x)$ が求められたので、車頭時間分布を正規分布と指数分布の複合分布として、式(7)より P_f を計算したところ表1の値を得た。

速度分布の標準偏差 σ と交通量との関係をプロットしたところ図4の結果を得た。これより σ は交通量により変化せず、ほぼ一定であるが見られ、式(5)を用いて速度計算が可能であることがわかった。また σ が一定である場合には P_f に対して z_c の値は一意的に定まり、速度計算は非常に簡単に行なわれる。(4)

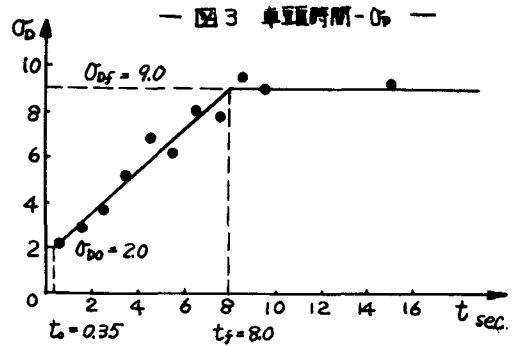
以上のことから式(5)による速度の計算が可能となったが、実際にはデータより直接求めるには問題があるので、ここでは次のような方法により平均速度 u_f を推定した。すなわち、交通データが取られる際の平均速度を u^* とする。このときの交通量 Q に対する z_c を計算し、これらの値を用いて、式(5)を u_f について解いた式により u_f を推定した。

$$u_f = u^* + 2\sigma z_c \quad \dots \dots \dots (9)$$

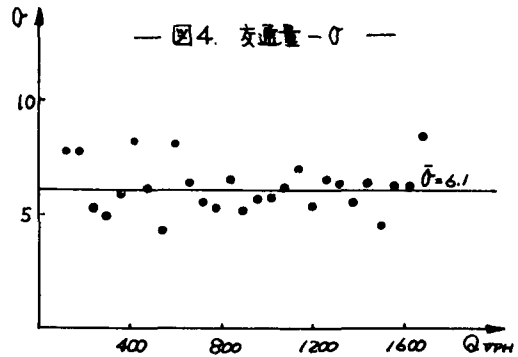
以上の方法により求められた諸数値を用いて計算された速度と実験された速度の比較を図5に示す。ただし、交通量 $Q=1566$ 以後については図中に示されている。交通密度を説明変数とするモデルを当てはめている。図より、ここで提案したモデルは実際の交通流を十分に良く表わすことがわかる。

4. おわりに：本報で提案したモデルにより交通流の遅れが、簡単に得られることが明らかとなった。

しかし交通現象は連続的な現象ではなく、不連続な現象は交通密度をパラメータとするモデルの適用が有効であると考えられる。そこで今後の研究の課題となるのは、その不連続な現象をどのようにして明らかにしておくかである。(本研究は、科学技術庁研究費補助金奨励研究(A)に属するもので、ここに記すに謝意を表わす。)



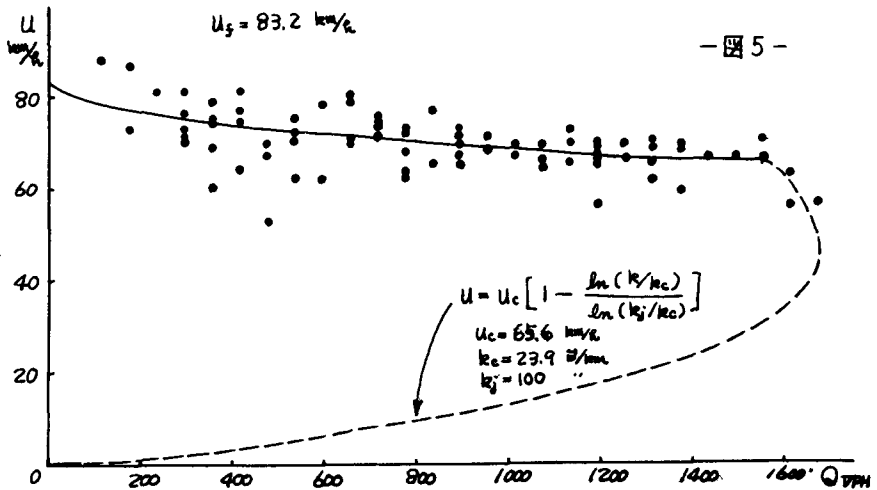
— 図3 車頭時間- σ —



— 図4. 交通量- σ —

— 表1. 交通量に対する P_f , z_c の値 —

交通量	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1566
P_f	0.725	0.608	0.523	0.456	0.401	0.355	0.317	0.276	0.256	0.233	0.212	0.194	0.178	0.166	0.155	0.148
z_c	0.35	0.51	0.64	0.75	0.84	0.93	1.00	1.09	1.14	1.19	1.25	1.30	1.35	1.39	1.42	1.45



— 図5 —