

山口大学 正員 ○田村洋一

九州大学 正員 榎木 武

1. はじめに 車頭間隔分布に関する従来の研究は多様であるが、その中で代表的なものは、交通流を自由車、追従車の二面構成としてとらえ、それぞれに異なる分布を仮定した複合分布モデルの適用である。この研究はSchuhlの複合指数分布に始まるが、その多くの研究に共通する根本的な問題は、交通流の自由車、追従車構成は単に複合モデル仮定の理念として用いられ、具体的な諸分布のパラメータは、観測データより総括的に推定されることである。このため、えられたモデルはデータ良好な表現になり得るとしても、交通流の内部構造把握に直接寄与するものではなく、諸交通状態に対する汎用性、交通流挙動の内部構造説明といった点であいまいであり、疑問が残る。上述の問題点をふまえて本研究では、交通流が自由車、追従車より構成されることを前提として、その内部構造が把握できること、現象に対する適合性が高く、交通状態の応答変化に対して汎用性があることを意図し、新たな車頭間隔分布モデルの構築をほかるものである。

2. 自由車率の定義と誘導 進行する2台の車の速度差を相対速度(Δ)と呼ぶことにする。また先行車の影響を受けて速度低下を生じている車を追従車と定義する。図1にみられるように、相対速度分布の変化は、与えられた車頭時間における自由車割合の多少を反映するものと解釈でき、その分散は、すべて2台の車が自由走行しているとき最大、すべてこの車が追従走行に至るとき最小になると考えられる。そこで、相対速度分布の密度関数 $\phi(\Delta)$ について、 $\phi(\Delta)$, $\phi_f(\Delta)$, $\phi_g(\Delta)$ とそれぞれ、相対速度分布、全車自由走行時の相対速度分布、全車追従走行時の相対速度分布の密度関数とし、 α を $\phi(\Delta)$ において、 $\phi_f(\Delta)$ の占める割合として、次式を仮定する。

$$\phi(\Delta) = \alpha \phi_f(\Delta) + (1-\alpha) \phi_g(\Delta) \quad (1)$$

式(1)より相対速度の分散に関して、

次式がえられる。

$$V = \alpha V_f + (1-\alpha) V_g \quad (2)$$

ここで、 V_f , V_g は、 V の最大値、最小値であり、それぞれ、全車自由走行、全車追従走行時の相対速度の分散に対してロジスティック曲線を仮定することから妥当であると考えられる。式(2)を α について解くと次式がえられる。

$$\alpha = \frac{V - V_g}{V_f - V_g} \quad (3) \quad 1-\alpha = \frac{V_f - V}{V_f - V_g} \quad (4)$$

ここで、 V は車頭時間 α 関数として表わされ、結局、 α は車頭時間の関数となる。すなわち $\alpha = \alpha(t)$ であり α は車頭時間 t で走行する車における自由車の割合を表わすものと考えられ、この意味でこれを自由車率と呼ぶことにする。問題となるのは、 V と t との関係であるが、

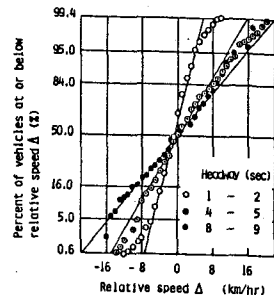


図1. 相対速度分布の変化

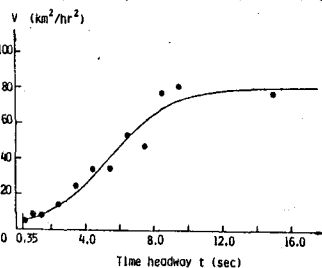


図2. 相対速度の分散と車頭時間との関係

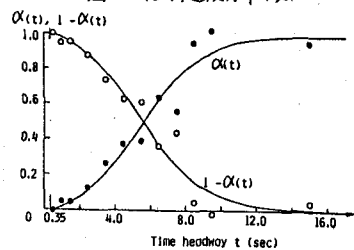


図3. 自由車率、追従車率

これに関して観測結果をプロットすると図2. aと通りであり、データプロットの傾向からみて、 $V(t)$ の関数形としてロジスティック曲線を仮定することから妥当であると考えられる。すなわち、

$$V(t) = \frac{K}{1 + m e^{-a(t-t_0)}} \quad (5)$$

ここで、 K , m , a : 定数, t_0 : 最小車頭時間

式(5)と式(3)(4)に代入し整理すれば、 $\alpha(t)$, $1-\alpha(t)$ として結局、次式がえられる。

$$\alpha(t) = \frac{1 - e^{-a(t-t_0)}}{1 + m e^{-a(t-t_0)}} \quad (6) \quad 1-\alpha(t) = \frac{(m+1)e^{-a(t-t_0)}}{1 + m e^{-a(t-t_0)}} \quad (7)$$

なす、式(5)(6)(7)の理論曲線と観測データによる結果を対比すれば、図2,3の通りであり、両者はよく合致している。

3. 車頭時間分布モデル 2. で求められた $\alpha(t)$, $1-\alpha(t)$ を用いれば、車頭時間分布を自由車に関するものと、追従車に関するものとに分けることができる。これから、車頭時間分布の密度関数を $h(t)$, 自由車、追従車に関する車頭時間分布の密度関数とそれぞれ $f(t)$, $g(t)$ とし、全交通流中に占める自由車の割合を P_f とすれば、車頭時間分布を次のようにモデル化することができる。

$$h(t) = P_f f(t) + (1-P_f)g(t) \quad (8)$$

すなわち

$$P_f = \int_{t_0}^{\infty} \alpha(t) h(t) dt, \quad 1-P_f = \int_{t_0}^{\infty} [1-\alpha(t)] h(t) dt$$

あるいは、別法として、図4に示す $\alpha(t)$ の定義より、 $h(t)$ と $f(t)$, $g(t)$ との関係は次式のように導くこともできる。

$$h(t) = \frac{P_f}{\alpha(t)} f(t) \quad (9) \quad h(t) = \frac{1-P_f}{1-\alpha(t)} g(t) \quad (10)$$

4. 実測データによるモデルの評価

式(8)(9)(10)に示されるモデルに対し、 $f(t)$ として、ガンマ分布、指数分布、対数正規分布、 $g(t)$ として、ガンマ分布、対数正規分布

を仮定して、その適合性を検討した。その一例として、交通量590veh/hに対して各分布のあてはめ結果を図6,7に示す。また分布モデルの適合度検定結果が表1に要約されている。検定の結果、今回検討したデータに対しては、自由車、追従車のいづれに対しても、対数正規分布を用いたものが最も適合が良いという結果が得られた。

5. 要約 本研究では、車頭時間分布を自由車、追従車のそれぞれに基づいて記述し、定式化することを提案し、追越禁止区間で得られたデータに対してあてはめたが、その結果、交通流は相対速度分布の分散と指標として導かれる自由車率 $\alpha(t)$ により、自由車、追従車とに分れる可能性あり、追越禁止区間の交通流に対しては、自由車、追従車ともに、対数正規分布を適用して複合分布モデルにより、車頭時間分布が最も良く表現されるということが明らかになった。

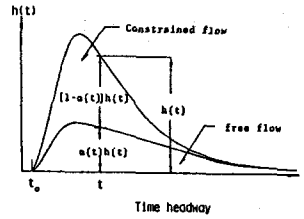


図4. 車頭時間分布の構成

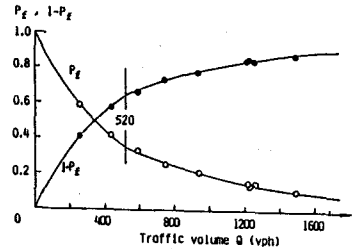
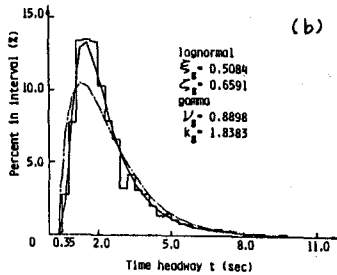


図5. P_f と交通量との関係



(b)

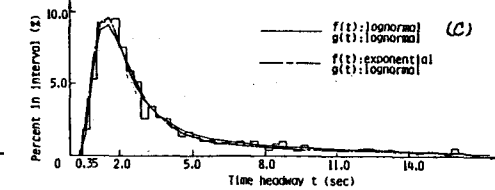
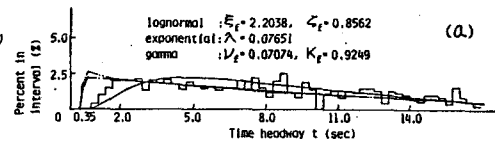


図6. モデル式(8)のデータへのあてはめ。(a)自由車 (b)追従車 (c)全体 (Q=590vph)

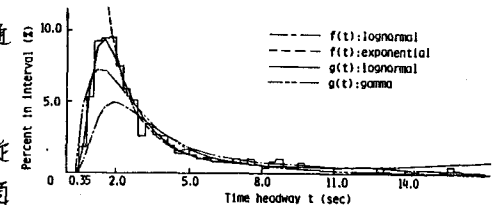


図7. モデル式(9)(10)のデータへのあてはめ (Q=590vph)

Data No	Traffic Volume (vph)	Model 1					Model 2				
		d.f.	χ^2	Good Fit	K-S	Good Fit	d.f.	χ^2	Good Fit	K-S	Good Fit
1	254	14	23.3	Yes	0.037	Yes	15	30.0	No	0.075	No
2	436	16	23.8	Yes	0.022	Yes	17	34.8	No	0.049	No
3	590	15	23.4	Yes	0.023	Yes	16	34.2	No	0.026	Yes
4	747	15	17.6	Yes	0.017	Yes	16	45.7	No	0.048	No
5	938	14	22.5	Yes	0.020	Yes	15	39.0	No	0.021	Yes
6	1216	10	16.5	Yes	0.020	Yes	11	28.4	No	0.040	No
7	1283	10	15.0	Yes	0.009	Yes	11	28.3	No	0.027	Yes

表1. 複合分布モデル式(8)の適合度検定結果

(Model 1: $f(t)$: 対数正規分布, $g(t)$: 対数正規分布)
(Model 2: $f(t)$: 指数分布, $g(t)$: 対数正規分布)