

交通量の変動に基づいた旅行時間分布の推定に関する研究

九州大学 学生員○姜 元義

九州大学 正 員 橋木 武

九州大学 正 員 辰巳 浩

東南開発研究院 金 興官

1. はじめに

道路の利用者が直接的に感じることができる道路のサービス水準を表現する指標としては、走行速度や旅行時間などが挙げられる。その中で、旅行時間は、道路の交通流状態と関連させることにより、わかりやすい道路状況の情報として道路利用者へ提供することができる。また、旅行時間が推定できれば、ドライバーの希望速度で走行した場合の旅行時間と実際に要した旅行時間との差である損失時間の算出が可能となり、損失時間にドライバーの時間価値を乗ずることによって、損失時間による経済的損失へと換算評価することができる。

そこで本研究は、各交通流状態における旅行時間分布を交通量の変動に基づいて推定する手法を提案するとともに、各交通流状態におけるその統計的特性について検討するものである。

2. 旅行時間分布モデル

2.1 旅行時間分布モデルの構築

著者らは、先に1分間交通流を非渋滞流と渋滞流に区分し、各交通量レベルごとの速度分布特性と交通量との関係を求め、交通量レベルに応ずる速度分布が表現できる基本速度分布モデルを提案した。以下に示す提案モデルは、非渋滞流では正規分布に、また、渋滞流では対数正規分布に従う確率密度関数であり、各交通流状態における実際データに対して十分な精度で適合していることを確認した¹⁾。

$$S_n(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} d_n} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{u-m_n}{d_n}\right)^2\right\} \quad (1)$$

$$S_c(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \rho_b u} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln u - \rho_a}{\rho_b}\right)^2\right\} \quad (2)$$

ここで、 $S_n(u)$ 、 $S_c(u)$ ：非渋滞流と渋滞流における各交通量レベルごとの速度分布の確率密度関数。 u ：速度。 m_n 、 d_n ：非渋滞流状態での交通量レベルごとの速度の平均と標準偏差。 ρ_a 、 ρ_b ：対数正規分布のパラメータ。

式(1)、(2)に含まれるパラメータは、いずれも交通量との関係から求められ、観測が容易な交通量を与えるのみで基本速度分布が計算できる(文献1))。

一方、固定された距離 d について、ある速度 u で走行する場合の旅行時間を t とすれば、次の通りである。

$$u = d/t \quad (3)$$

ここで、 d は固定された距離であるが、 u が確率変数であることから、 t も確率変数であり、しかも、 u の確率分布と t のそれとは無関係でない。すなわち、非渋滞流と渋滞流における各平均交通量ごとの速度 u の確率密度関数は既知であるので、式(3)の関係をを用いれば、両状態における旅行時間 t の確率密度関数は、次のようにえられる(式の誘導過程に関しては文献2)を参照)。

$$p_n(t) = \left|\frac{d}{t^2}\right| \frac{1}{\sqrt{2\pi} d_n} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{d/t-m_n}{d_n}\right)^2\right\} \quad (4)$$

$$p_c(t) = \left|\frac{d}{t^2}\right| \frac{1}{\sqrt{2\pi} \rho_b d/t} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln d/t - \rho_a}{\rho_b}\right)^2\right\} \quad (5)$$

ここで、 $P_n(t)$ 、 $P_c(t)$ ：非渋滞流と渋滞流における平均交通量ごとの旅行時間 t の確率密度関数。

式(4)、(5)により、式(1)、(2)のパラメータをそのまま使いながら、両状態における各交通量レベルごとの旅行時間分布を理論的に表すことが可能となる。

以上の過程を踏まえて、次に実際の交通流に適用できる旅行時間分布モデルの構築について検討する。実際の長時間に及ぶ交通流は、大きく分けて非渋滞流、渋滞流および両状態が混在する混合流に分類できる。実際交通流に適用する際の旅行時間分布モデルの考え方は、交通量レベルごとの旅行時間分布に交通量分布の確率密度を乗じたものを集積する方法である。このような考え方に基いて非渋滞流と渋滞流での旅行時間分布モデルである $J_n(t)$ と $J_c(t)$ を求めれば次のようになる。

$$J_n(t) = \sum_{i=0}^{q_{max}} \{R_n \cdot \phi_n(i)\} P_{n,i}(t) \quad (6)$$

$$J_c(t) = \sum_{i=0}^{q_{max}} \{R_c \cdot \phi_c(i)\} P_{c,i}(t) \quad (7)$$

ここに、 R_c (渋滞車の割合) $=1-R_n$ 。 $\phi_n(i)$ 、 $\phi_c(i)$ ：各交通流状態での交通量分布において交通量が i

台/分の時の確率密度。

なお、式(6)、(7)に含まれる R_c に関しては、交通量の変動に基づいて交通流状態を推定する方法³⁾を既に提案していることから、式(6)、(7)に含まれるパラメータは、全てが交通量の関数となり、観測しやすい交通量がわかれば、その時の旅行時間分布が把握できることとなる。

2. 2 旅行時間分布モデルの統計的特性

式(6)、(7)を用いて、非渋滞流と渋滞流状態での交通量レベルごとの旅行時間分布を導出した結果を図-1に示す。図は、1 kmの距離に対して、1時間長の平均交通量が5台/分から25台/分まで5台ずつ増やした場合での旅行時間分布を計算した結果を表している。この図より、両状態での旅行時間分布特性はその状態によって異なり、また、当然ながら平均交通量が大きくなるにつれて非渋滞流状態では旅行時間の平均が大きくなり、分布のピーク性が少しずつ低くなることが確認できる。一方、渋滞流状態では非渋滞流とは反対に平均交通量が大きくなるにつれて旅行時間の平均が小さくなり、分布のピーク性が高くなることがわかり、その変化は非渋滞流に比べて著しいといえる。

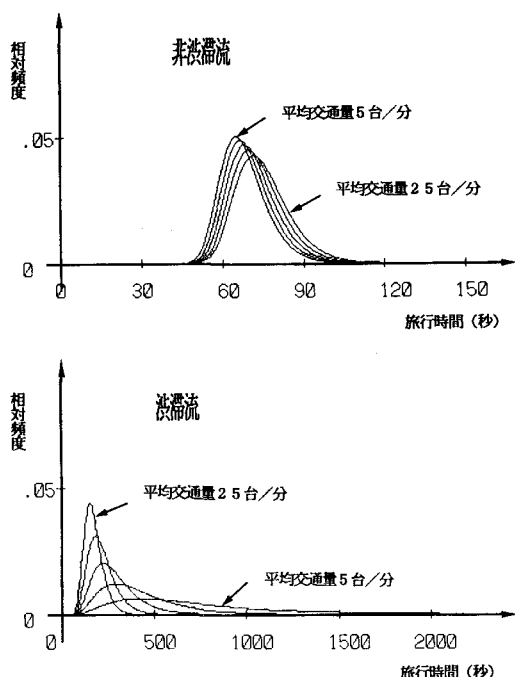


図-1 非渋滞流と渋滞流での旅行時間分布

表-1 旅行時間分布の統計的特性

交通量 台/分	非渋滞流		渋滞流	
	平均	S.D.	平均	S.D.
5	66.936	8.691	519.398	421.301
6	67.255	8.716	466.563	382.804
7	67.576	8.759	423.485	340.711
8	67.901	8.815	387.689	298.813
9	68.229	8.880	357.473	259.984
10	68.559	8.950	331.626	225.807
11	68.894	9.026	309.265	196.693
12	69.231	9.106	289.729	172.298
13	69.572	9.190	272.515	151.942
14	69.916	9.276	257.231	134.900
15	70.264	9.366	243.571	120.538
16	70.615	9.457	231.288	108.338
17	70.969	9.551	220.185	97.896
18	71.327	9.648	210.099	88.884
19	71.689	9.746	200.896	81.081
20	72.055	9.847	192.466	74.257
21	72.424	9.949	184.715	68.263
22	72.797	10.05	177.564	62.970
23	73.174	10.16	170.946	58.274
24	73.554	10.26	164.803	54.086
25	73.939	10.37	159.087	50.338

また、式(6)、(7)を用いて非渋滞流と渋滞流状態における各平均交通量レベルごとの旅行時間分布の平均と標準偏差を算出した結果を表-1に示す。この表より、両状態における旅行時間分布の統計的な特性を確認することができるが、分布のばらつきの度合いを表す標準偏差に関して、非渋滞流では各交通量レベルに対しさほど変わらないが、渋滞流のそれは大きく変化することが確認できる。

3. おわりに

本研究は、交通量の変動に基づいて各交通流状態での旅行時間分布を表す理論モデルの構築について考察を行った。その結果、速度と旅行時間との関係を踏まえ、非渋滞流と渋滞流における各交通量レベルごとの速度分布の確率密度関数から両状態における旅行時間分布モデルが提案できた。また、提案モデルを用いて非渋滞流と渋滞流状態における旅行時間分布の統計的な特性を明らかにすることができた。

参考文献

- 1) 姜・樗木・白・施: 道路交通流における速度分布モデルの構築について, 土木計画研究・講演集, No. 15 (1), pp. 293~298, 1992.
- 2) 樗木 武・渡辺 義則: 土木計画数学 (1), pp. 37~39, 森北出版株式会社, 1983.
- 3) 樗木 武・姜 元義: 交通量の変動に基づいた交通流状態の推定とその速度分布モデルの構築に関する研究, 土木学会論文集, 投稿中, 1993.