

京都大学工学部 正員 明神 証
〃 〃 〇井上 矩之

1. はじめに

走行、追越の車線区別のある1方向2車線道路において、交通量の増加につれて追越車線の利用率が増加し、ついには50%を超過してしまうという現象がみられる。本文は、追い越しモデルにより、この交通量の車線分布のようすを検討したものである。

2. 追い越しモデル

2.1 車線変更のルール

車種は低速車と高速車の2種類とする。それぞれの走行ルールを次のように仮定する。

- 1) 低速車は一定速度 v でつねに走行車線上を走行する。
- 2) 高速車は走行車線上を速度 V で走行しているが、低速車に追いついたときには、追越車線に必要な車頭間隔(前後に各 d_2 以上)が見い出されるまでは速度 v で追従する。車線変更後は速度 V で追い越し走行を行なうが、走行車線上に必要な車頭間隔(前車と d_2 、後続車と d_1 、さらにある一定の時間連続して高速走行が期待できる距離 d の和、 d_1+d_2+d 以上)が見い出されれば、走行車線に戻る。

2.2 追越車線利用率

走行、追越車線の交通量 λ_1, λ_2 および追越車線利用率 γ は次のように表わされる。¹⁾

$$\lambda_1 = \psi\lambda + (1-\psi)\lambda\{vp\theta + V(1-p\theta - p\tau)\}/u, \quad \lambda_2 = (1-\psi)\lambda V p\tau / u; \quad \gamma = \lambda_2 / \lambda \quad \text{--- (1)}$$

ここに、 ψ = 低速車混入率; λ = 2車線合計の交通量; p = 1台の高速車が単位時間に行なう追越回数, $p = \psi\lambda(\mu-1) / \{\beta + \psi\lambda\theta(\mu-1)\}$; u = 高速車の実際の速度, $u = vp\theta + V(1-p\theta)$; β, θ, τ は1回の追い越しあたりの平均追越台数, 平均追従時間, 平均追越車線走行時間; $\mu = V/v$ である。

2.3 β, θ, τ について

(1) 平均追越台数 β --- 低速車の車頭間隔を最小間隔 d_1 の指数型の分布, 密度関数 $g(s) = Be^{-\beta(s-d_1)}$, 分布関数 $G(s) = 1 - e^{-\beta(s-d_1)}$ と仮定すると, $\beta = \sum_{n=1}^{\infty} n \{G(d_1+d_2+nd_1)\}^{n-1} \cdot \{1 - G(d_1+d_2+d_1)\} = e^{\beta(d_1+d_2+d_1)}$ と表わされる。ただし, $1/\beta = \frac{v}{\psi\lambda} - d_1$ である。

(2) 平均追従時間 θ --- 追越車線上の車頭間隔を最小間隔 d_2 の指数型の分布, 密度関数 $f(s) = Ae^{-A(s-d_2)}$, 分布関数 $F(s) = 1 - e^{-A(s-d_2)}$ と仮定する。ただし, $1/A = V/\lambda_2 - d_2$ 。低速車に追いついた高速車から隣の追越車線をみたとき, 次の4つの場合が考えられる。

- 1) 前後の車と各 d_2 以上の車頭間隔をとることができ、直ちに車線変更のできる場合。確率 $p(0) = \int_{2d_2}^{\infty} \frac{s-2d_2}{s} \cdot \frac{s}{s_2} \cdot f(s) ds$ で生じ、追従時間は $\theta(0) = 0$ である。ここに, $s_2 = \int_{d_2}^{\infty} s f(s) ds$ 。
- 2) $2d_2$ 以上の長い車頭間隔と隣りあわせているが、前方 d_2 以下の所か先行車があり、 $\theta(1) = \frac{d_2}{2} / (V-v)$ の追従が必要な場合。確率 $p(1) = \int_{2d_2}^{\infty} \frac{d_2}{s} \cdot \frac{s}{s_2} \cdot f(s) ds$ で生じる。
- 3) 2)と同様であるが、後方 d_2 以下の距離に後続車があり、この間隔には入れぬ場合。確率 $p(2) = p(1)$ で生じ、 $\theta(2) = \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \frac{d_2}{2} + (n-1)s_{21} + d_2 \right\} \cdot \{F(2d_2)\}^{n-1} \cdot \{1 - F(2d_2)\} / (V-v) = \left\{ \frac{d_2}{2} + s_{21}(e^{-Ad_2} - 1) + d_2 \right\} / (V-v)$

となる。ここに、 $\bar{s}_{21} = \int_{d_2}^{2d_2} s f(s) / F(2d_2) ds$, ($2d_2$ 以下の車頭間隔の平均値)である。

4) $2d_2$ より小さい車頭間隔と隣りあったとき。確率 $P(3) = \int_{d_2}^{2d_2} \frac{s}{s_2} f(s) ds$ で生じ、

$$\theta(3) = \left\{ \frac{1}{2} \bar{s}_{21} + \bar{s}_{21} (e^{-\lambda d_2} - 1) + d_2 \right\} / (V - v) \text{ である。}$$

以上の結果をまとめると、平均追従時間 θ は次式のようになる。

$$\theta = \sum_{i=0}^3 P(i) \theta(i) = \left[2d_2 (1 - e^{-\lambda d_2}) + \frac{\{ (1 + \lambda d_2) - e^{-\lambda d_2} (1 + 2\lambda d_2) \}^2}{(1 + \lambda d_2) A (1 - e^{-\lambda d_2})} \cdot \frac{Z - e^{-\lambda d_2}}{2e^{-\lambda d_2}} \right] / (V - v) \quad \text{--- (2)}$$

(3) 平均追越車線走行時間 τ 直ちに追越車線へ出られる場合は、 $\tau(0) = \{ d_2 + (B-1) \times \bar{s}_{11} + d_1 \} / (V - v)$ であり、追従の後に出られる場合は $\tau(1) = \{ d_1 + (B-1) \bar{s}_{11} + d_1 \} / (V - v)$ である。

こゝに、 $\bar{s}_{11} = \int_{d_1}^{d_1+d_2+d} s g(s) / G(d_1+d_2+d) ds$, (d_1+d_2+d 以下の車頭間隔の平均値)である。したがって、全体の平均値では次式のように表わされる。

$$\tau = \tau(0) P(0) + \tau(1) \{ 1 - P(0) \} = \left[\{ d_1 + (B-1) \bar{s}_{11} + d_1 \} + P(0) \cdot (d_2 - d_1) \right] / (V - v) \quad \text{--- (3)}$$

3. 計算例

結局、(2)、(3)式を連立させて θ , τ を求めれば (1)式より γ を求めることができる (解析的に解けぬ)。

$v = 60$, $V = 80$ km/時; $d_1 = 0.03$, $d_2 = 0.04$, $d = 0.1$ km の場合の γ , λ に対する γ の値を図-1に示す。 λ が大きくなると $\gamma > 50\%$ となることが示されている。図-2に観測データとの比較を示す。 $d = 0.2$ km 程度 (速度 V で約 10 秒) にとれば観測結果によく適合しているようである。また、 $\lambda = 200$ 台/5分を越えると、 γ は逆に減少する傾向がみられるが、これは追越車線に出にくくなり、追従車の増加量が相対的に大きくなるからであると考えられる。

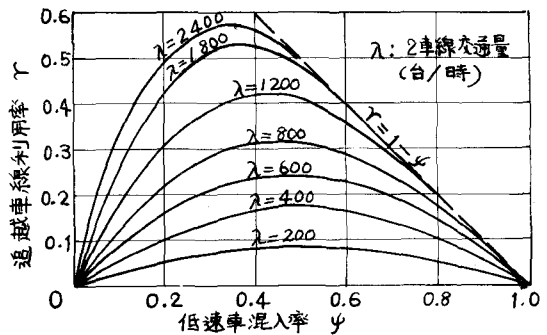


図-1 追越車線の利用率

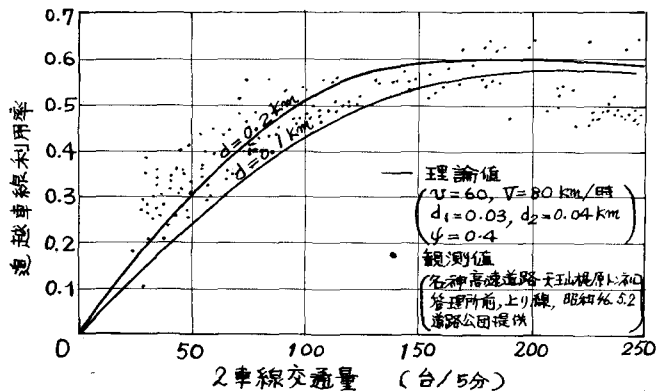


図-2 交通量に対する追越車線利用率の変化

4. おわりに

本モデルでは、一度追越車線へ出た車が走行車線へ戻る条件として、走行に必要な最小の車頭間隔の他に、戻った場合にある一定時間以上連続して高速走行ができる距離 d があるという条件をつけ加えてみた。 $d = 0$ の場合には γ が 50% を超過する現象をうまく説明できなかったが、このモデルで $d = 0.2$ km 程度にとれば、観測データによく適合するという結果が得られた。

〈参考文献〉1) 佐佐木綱, 井上短之: 1方向2車線道路における交通量の車線分布について, 土木学会第26回学術講演会講演集, 第4部, 昭和46年10月, pp. 165-166