追越車線利用率についての一考察

京都大学工学部　正　員　　井上矩之
〃　大学院　学生員　○田中清剛

1. はじめに

走行，追越車線の区別のある1方向2車線道路における追越車線利用率は、交通量の増加とともに増加し、2車線合計の交通量が「100／5分」あたりから50％を越えるが、さらに交通量が増加すると次第に減少し始め、ついには50％付近で平衡状態となることが知られている。本文は、従来のモデル[1]では説明し得なかったこの現象を、いくつかの仮定や待ち行列理論を導入した走行，追い越しモデルを解析することにより、説明しようとしたものである。

2. 走行，追い越しモデル

2－1　仮定

1) 走行，追越の区別のある1方向2車線道路について考え、車種は低速車と高速車の2種類とする。低速車の全交通量λに対する混入率はp、低速車，高速車の最小車頭間隔はd_1，d_2である。

2) 低速車はつねに一定速度vで走行車線上を走行する。

3) 高速車は通常一定速度V'で走行車線上を走行するが、低速車に追いついたときには追越車線上に車線変更に必要な車頭間隔（先行車，後続車に各d_2以上）が見い出されるまで速度vで低速車に追従する。車線変更後は一定速度$\bar{V}$で追越車線上を走行するが、走行車線上に必要な車頭間隔（先行車とd_1，後続車とd_1，さらにある一定時間連続して高速走行が期待できる距離dの和，$d_1 + d_1 + d$，以上）が見い出されれば、直ちに走行車線に戻る。

4) 短時間のうちに何度も車線変更を繰り返さないで、ある程度連続して自由走行（V'）ができるための必要な距離を最小自由走行距離と呼ぶ。これは運転者の心理面を表わしたものであり、交通量が多くなると平均車頭間隔が小さくなるので"合い間に割り込もう"という意識が働き、その結果、交通量の少ないときに比べてこの値dは小さくなる。今回は、dの値を交通量の一次関数として計算する。

5) 低速車，追越車線上の高速車の車頭間隔sを指数型分布とし、密度，分布関数，

$$g(s)=Be^{-B(s-d_1)},\quad G(s)=1-e^{-B(s-d_1)}\qquad (1/B+d_1=v/w_2)$$

$$f(s)=Ae^{-A(s-d_2)},\quad F(s)=1-e^{-A(s-d_2)}\qquad (1/A+d_2=\bar{V}/\lambda_2)$$

である。

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rは次のように表わされる。

$$\lambda_1=p\lambda+(1-p)\lambda\{v\varphi\theta+V'(1-\varphi C-\varphi\theta)\}/u,\quad \lambda_2=(1-p)\lambda\bar{V}\varphi C/u\ ;\ r=\lambda_2/\lambda$$

ここに　u＝高速車の平均走行速度　$u=(v\varphi\theta+\bar{V}\varphi C+V'(1-\varphi C-\varphi\theta))$　；　φ＝一台の高速車が単位時間に行なう平均追越回数，$\varphi=p\lambda(\nu/\mu-1)/[m+p\lambda(\nu/\mu-1)\theta+(\nu/\mu-\nu)C]$　；$\mu=V'/v$，$\nu=V'/\bar{V}$　；　m，θ，Cは、各高速車の1回の追い越し当りの平均追

越低速車台数，平均追従時間，平均追越車線走行時間である。

2－3　各パラメータ　K，θ，m，τ

ある低速車に追従している高速車（υ）の台数がr台である状態を$E\{r\}$，確率をE_rで表わす。高速車（V'）が低速車群（低速車とそれに追従する高速車）に追いつき、直ちに車線変更できる確率は　$E_0 \cdot P(0) + (1-E_0)P(1)$　である。ここに$P(0)$，$P(1)$は追従車がない場合（$E\{0\}$），ある場合（$1-E\{0\}$）に直ちに車線変更できる確率で

$$P(0) = e^{-Ad_2}/(1+Ad_2) \quad , \quad P(1) = (e^{-Ad_2} - e^{-2Ad_2})/(1+Ad_2)$$ である。

（1）平均追従車台数K，平均追従時間θ

低速車を「窓口」，追従車を「客」，高速車（V'）が追従し始める瞬間を「客の到着」追従し始めてから車線変更を行なうまでの時間を「サービス時間」と考えると、「M/M/1，後着順」なる待ち行列モデルの適用が可能となる。ただし、高速車（V'）の車頭間隔は指数分布を仮定する。到着率α，サービス率β，確率E_n，平均追従車台数Kは次式で表わされる。　$\alpha = \{1-P(1)\}\lambda_{12}(V'-\upsilon)/V'$，ただし$E\{0\}$では$\{1-P(0)\}\lambda_{12}(V'-\upsilon)/V'$

$$\beta = P(0)\lambda_2(V-\upsilon)/V , \quad E_n = (1-\rho)\{1-P(0)\}\rho^n/[\{1-P(1)\}-\rho\{P(0)-P(1)\}]$$

$$K = \sum_{n=0}^{\infty} nE_n = \rho\{1-P(0)\}/(1-\rho)[\{1-P(1)\}-\rho\{P(0)-P(1)\}] \qquad (\ \rho = \alpha/\beta < 1\ )$$

ここに、λ_{12}は速度V'の高速車の交通量，　$\lambda_{12} = \lambda - (K+1)\psi\lambda - \lambda_2$

また、平均追従時間

$$\theta = 0 \times [E_0 P(0) + (1-E_0)P(1)] + \frac{K}{\alpha}[1-\{E_0 P(0) + (1-E_0)P(1)\}]$$

$$= V'K[1-\{E_0 P(0) + (1-E_0)P(1)\}]/(V'-\upsilon)(1-P(1))\lambda_{12}$$

（2）平均追越低速車台数m，平均追越車線走行時間τ

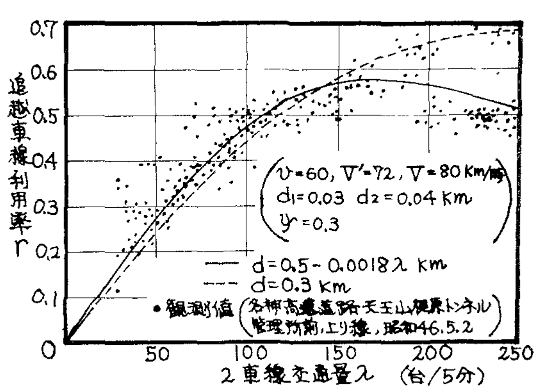
$$m = \sum_{n=0}^{\infty} n q_n = e^{B\{(K+1)d_2+d\}} \qquad ここに、q_n = [G(d_1+(K+1)d_2+d)]^{n-1}[1-G(d_1+(K+1)d_2+d)]$$

$$\tau = \{d_1 + Kd_2 + (m-1)\overline{S_{11}}\}/(V-\upsilon) \quad = \quad \{d_1 - d_2 - d + \frac{(m-1)\upsilon}{\psi\lambda}\}/(V-\upsilon)$$

ここに、$\overline{S_{11}} = \int_{d_1}^{d_1+(K+1)d_2+d} S g(S)/G(d_1+(K+1)d_2+d)\,dS$　（$(d_1+(K+1)d_2+d)$未満の車頭間隔の平均値）

2－4　計算例

いま計算を容易にするため、$P(0) \fallingdotseq P(1)$として、数値計算を行なうと、右図のようになる。dの値を一定，交通量λの関数としたものを，破線，実線で表わす。



3．むすび

従来のモデルに比べて、本モデルの特長は a) 低速車1台に何台かの高速車が追従しており、それを別の高速車が追い越していく現象を考慮した。b) 高速車の速度は走行状態によってυ，V'，Vとなる。c) 最小自由走行距離dは交通量の増加とともに減少する。等　である。また、dの値によってはrが50％を越すことが可能であり、dの変化の割合によってはrは極大値をとり得ることがわかった。

〈参考文献〉　1）明神証，井上矩之　：交通量の車線分布について，土木学会関西支部年次学術講演概要　昭和46年6月　Ⅳ-2-1 ～ Ⅳ-2-2