

2車線高速道路における交通量の車線分布について

ON THE TRAFFIC DISTRIBUTION ON LANES
OF A TWO-LANE EXPRESSWAY

井上 矩之*・田中 清剛**

By Noriyuki INOUE and Seigou TANAKA

1. はじめに

走行、追越しの車線区別のある1方向2車線道路において、2車線合計の交通量が少ないうちは走行車線を走行する車の割合が大きいが、交通量が多くなるにつれて追越し走行のために追越し車線を走行する車の割合が増加していき、やがて追越し車線利用率は50%を超過し、さらに交通量が増加すると利用率は逆に減少し始め、交通量が容量近くになると利用率は50%前後となる現象がみられる。この利用率の逆転現象が解明され、合計交通量と車線別利用率の関係が明らかにされれば、1車線の交通量観測のみで両車線交通量を推定したり、車線利用率から異常事態を検知するといった交通流監視上有用な方法が可能になるものと考えられる。

多車線高速道路各車線上の交通量分布を扱った研究として次のものをあげることができる。D.C. Gasis, R. Herman, G.H. Weiss は1方向多車線道路を対象に各車線上の交通密度の振動現象を考察している¹⁾。また、P.K. Munjal, L.A. Pipes は同じく1方向2車線道路を対象に、オンランプからの流入交通が流下にしたがって各車線にどのように分散していくかを考察している²⁾。しかしながら、いずれの研究も平衡状態での分布比率は仮定されており、この平衡状態への復元過程あるいは過渡状態を論じたものといえる。

また、交通流の追越し現象を解析した研究としては、対向2車線道路を対象にして車頭間隔の分布を仮定し、追越し走行を行えるまでの平均追従時間や追越しに要する時間などを解析していくという佐佐木の追越し走行モデルがよく知られている^{3),4)}。本文は、この対向2車線道路の追越し現象のモデルを、1方向2車線道路の場合に応用して、平衡状態の分布比率そのものを2車線合

計交通量との関係において明らかにしようとするものである。

2. 追越し車線利用率の表示

(1) 走行のルール

車種は低速車と高速車の2種類とし、おのおのの最小車頭間隔は d_1, d_2 とする。2車線合計の交通量を λ とし、そのうち低速車による交通量を $\psi\lambda$ 、高速車による交通量を $(1-\psi)\lambda$ とする。ここに、 ψ は低速車の混入率を表わす。各車種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、追越し車線上に車線変更に必要な車頭間隔(先行車と d_2 以上、後続車とも d_2 以上)が見い出されるまでは低速車に速度 v で追従する。追越し車線への車線変更後は速度 $V' = vV$ ($V' > V > v$) で追越し走行を行うが、走行車線上に必要な車頭間隔(先行車と d_2 、後続車と d_1 に加えて、さらにある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。

運転者はあまりにも頻りに車線変更をくり返すことを好まないのではないかと考えたので、その影響を評価するために次の追越しを行うまで連続して高速走行のできる最小自由走行距離 d を新たに導入した。ところで、この d は運転者の心理面を表わしたものであり、交通量の多少によってその値は変化すると考えられる。つまり、交通量が多くなると平均車頭間隔が小さくなるので、運転者には“今のうちに割り込もう。”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、 d の値は小さくなる。

* 正会員 工博 京都大学助教授 工学部交通土木教室

** 正会員 大阪市役所

(2) 平均追越し回数 p

いま、 p を1台の高速車が単位時間に行う平均追越し回数、 θ を1台の高速車が1回の追越し当りに低速車に追従して走行する平均時間、 τ を1台の高速車が1回の追越し当りに追越し車線上を走行する平均時間とする。高速車は単位時間中に、 $p\tau$ 時間は追越し走行(速度 vV)、 $p\theta$ 時間は追従走行(速度 v)、 $(1-p\tau-p\theta)$ 時間は自由走行(速度 V) することになるから、高速車が単位時間に進む距離、つまり平均走行速度 u は

$$u = v p \theta + v V p \tau + V(1 - p\tau - p\theta) \dots\dots\dots(1)$$

で表わされる。また、1台の高速車が1回の追越し当りに追越す低速車の平均台数を m とすると、単位時間当りに追越す低速車の台数 $m p$ は、 $(u-v)$ なる長さの区間上に存在する低速車の台数に等しいから

$$m p = \frac{\psi \lambda}{v} (u - v) \dots\dots\dots(2)$$

なる関係が成立する。

式(2)に式(1)を代入し、 p について解けば

$$p = \frac{(\mu - 1)\psi \lambda}{m + \psi \lambda \{(\mu - 1)\theta + \mu(1 - \nu)\tau\}} \dots\dots\dots(3)$$

が得られる。ここに

$$\mu = V/v \dots\dots\dots(4)$$

である。

(3) 各車線交通量 λ_1, λ_2

高速車の交通量 $(1-\psi)\lambda$ のうち、追従車の交通量を λ_{11} 、自由車の交通量を λ_{12} 、追越し車の交通量を λ_2 とする。高速車は単位時間に u の距離だけ進むが、そのうち $\{v p \theta + V(1 - p\tau - p\theta)\}$ が走行車線上を $vV p \tau$ が追越し車線上を進む距離である。したがって、高速車がある1地点を通過するとき、走行車線、追越し車線を通過する確率はそれぞれ

$$\frac{v p \theta + V(1 - p\tau - p\theta)}{u}, \quad \frac{v V p \tau}{u}$$

となる。走行車線、追越し車線の交通量 λ_1, λ_2 はおのおの次式のように表わされる。

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \psi \lambda + \lambda_{11} + \lambda_{12} \\ &= \psi \lambda + (1 - \psi) \lambda \cdot \frac{v p \theta + V(1 - p\tau - p\theta)}{u} \dots\dots\dots(5) \end{aligned}$$

$$\lambda_2 = (1 - \psi) \lambda \frac{v V p \tau}{u} \dots\dots\dots(6)$$

また、1台の低速車に追従している追従車の平均台数を K とすると、 λ_{11} は $K\psi\lambda$ に等しく、 λ_{12} は

$$\lambda_{12} = \lambda - \psi \lambda - \lambda_{11} - \lambda_2 = \lambda - (K + 1)\psi \lambda - \lambda_2 \dots\dots\dots(7)$$

で表わされる。

(4) 追越し車線利用率 r

追越し車線交通量 λ_2 の全交通量 λ に対する割合を追

越し車線利用率とよぶことにし、 r で表わす。式(1)、(3)、(4)、(6)を用いて r を θ, τ, m で表わすと

$$r = \frac{\lambda_2}{\lambda} = \frac{\psi(1-\psi)\lambda\mu(\mu-1)\nu\tau}{\mu m + \psi\lambda\{(\mu-1)\theta + \mu(1-\nu)\tau\}} \dots\dots\dots(8)$$

となる。 r を求めるためには、平均追越し低速車台数 m 、平均追従時間 θ 、平均追越し車線走行時間 τ を λ, ψ, μ, ν など既知のパラメータで表示することが残された問題となる。

3. 平均追従時間、平均追越し台数、平均追越し時間

(1) 走行車線から追越し車線への車線変更

ある低速車に追従している高速車(追従車)の台数が r 台であるとき、この状態を $E\{r\}$ 、確率を E_r で表わす。また、追越し車線上の車頭間隔を、図-1に示すような指数型の分布と仮定し、密度関数、分布関数を

$$f(S) = A e^{-A(S-d_2)} \dots\dots\dots(9)$$

$$F(S) = 1 - e^{-A(S-d_2)} \dots\dots\dots(10)$$

で表わす。ここに

$$A = \lambda_2 / (vV - \lambda_2 \cdot d_2) \dots\dots\dots(11)$$

であり、その逆数 $1/A$ と d_2 の和は追越し車の平均車頭間隔となり、 \bar{S}_2 なる記号で表わす。

高速車(自由車)が低速車群(低速車と追従車)に追いつく場合、次の4つに分けて考えることができる。

a) 追従車がなく、ただちに車線変更できる場合

図-2に示すように、低速車に追いついた高速車がただちに車線変更できるのは、追越し車線上の先行車と d_2 、後続車とも d_2 以上の車頭間隔があるときである。

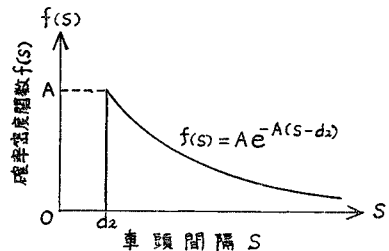


図-1 追越し車線走行中の高速車(追越し車)の車頭間隔の密度関数

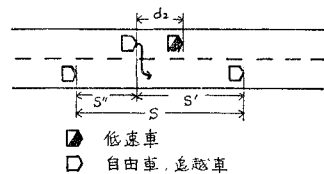


図-2 追越しをしようとする自由車と追越し車線上の高速車との位置関係

走行車線上にいるとき、となりの追越し車線上の車頭間隔が S である確率は $(S/\bar{S}_2) \cdot f(S) \cdot dS$ であり、先行車との間隔 S' 、後続車との間隔 S'' がともに d_2 以上である確率は $(S-2d_2)/S$ であることから、低速車に追いついた高速車がただちに車線変更できる確率 $P(0)$ は

$$P(0) = \int_{2d_2}^{\infty} \frac{S-2d_2}{S} \frac{S}{\bar{S}_2} f(S) dS = \frac{e^{-Ad_2}}{1+Ad_2} \dots \dots \dots (12)$$

である。したがってこの a) の場合の生起確率は $E_0 \cdot P(0)$ で表わされる。

b) 追従車があり、ただちに車線変更できる場合

高速車が追従車の後方 d_2 なる地点にくる瞬間までその追従車は車線変更が可能であったことに注意して、追従車の車線変更できない条件を a) の条件に加えればよい。($2d_2 \leq S < 3d_2$) の場合は 図-3 (i) に示すように、 S' 、 S'' がともに d_2 以上で、 S が $3d_2$ 未満であればよい。また、($S \geq 3d_2$) の場合は 図-3 (ii) に示すように、 S' が d_2 以上で $2d_2$ 未満、 S'' が d_2 以上、 S が $3d_2$ 以上であればよい。a) と同様にして、 $P(1)$ を求めると

$$P(1) = \int_{2d_2}^{3d_2} \frac{S-2d_2}{S} \frac{S}{\bar{S}_2} f(S) dS + \int_{3d_2}^{\infty} \frac{d_2}{S} \frac{S}{\bar{S}_2} f(S) dS = \frac{e^{-Ad_2} - e^{-2Ad_2}}{1+Ad_2} \dots \dots \dots (13)$$

となる。したがってこの b) の場合の生起確率は $(1-E_0) \cdot P(1)$ で表わされる。

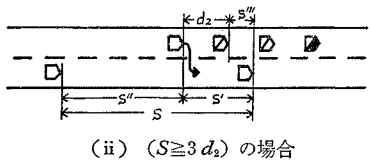
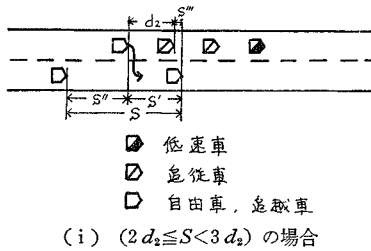


図-3 追従車がある場合の追越しをしようとする自由車と追越し車線上の高速車との位置関係

c) 追従車がなく、ただちに車線変更できない場合

この場合の生起確率は、 $E_0 \cdot (1-P(0))$ である。ここで、1 台の低速車に対する追従車が r 台のとき、どの追従車が車線変更を行う可能性があるかということを考えてみる。前から r 番目の車が追従し始める直前まで (r

1) 台の追従車は、車線変更が不可能であったことと、追従車群の後方から追越し車がやってくることに注意すれば、車線変更する可能性があるのは前から $(r-1)$ 番目と r 番目の追従車であることがわかる。

($r-1$) 番目の追従車が車線変更できるのは、 r 番目が追従し始めたわずかの時間内のみチャンスがあり、それは次のようにして求められる。図-4 に示すように、 r 番目の車が追従し始める瞬間において、次の条件が満たされればよい。

- (i) r 番目の車の車線変更が不可能であった。
- (ii) ($r-1$) 番目の車の車線変更がこの瞬間まで不可能であった。
- (iii) しばらくしてから ($r-1$) 番目の車の車線変更が可能になる。

(i) は $(S'' < d_2)$ 、(ii) は $(S''' < d_2)$ 、(iii) は $(S \geq 2d_2)$ で表わされる。したがって、($r-1$) 番目の追従車の車線変更の生起確率は

$$\int_{2d_2}^{3d_2} \frac{d_2}{S} \frac{d_2 - (S-2d_2)}{d_2} \frac{S}{\bar{S}_2} f(S) dS = \frac{e^{-2Ad_2} + (Ad_2 - 1)e^{-Ad_2}}{1+Ad_2} \dots \dots \dots (14)$$

で与えられる。

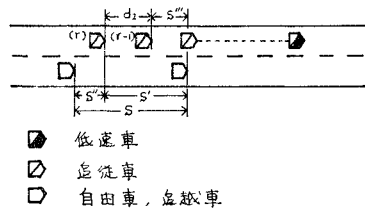


図-4 r 番目の追従車が追従し始める瞬間の位置関係

d) 追従車があり、ただちに車線変更できない場合
この場合の生起確率は $(1-E_0) \cdot (1-P(1))$ である。

(2) 平均追従車台数 K

式 (14) からわかるように、最後から 2 番目の追従車が車線変更する確率はかなり小さい。したがって、追従車群の車線変更は最後方の追従車が行い、また解析の便宜上、走行車線上の自由走行中の高速車の車頭間隔は指数分布をなすとする。高速車を「客」、低速車を「窓口」、高速車が低速車に追いつき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うまでの時間を「待ち時間」、車線変更後、その車のあとに次の車が車線変更できる余裕が生ずるまでを「サービス時間」と考えると、追越し車線上の車頭間隔は前述のように指数型分布を仮定しているので、「 $M/M/1$ 、(後着順)」なる待ち行列モデルの適用が可能となる。到着率 α は

$$\alpha = \{1-P(1)\} \lambda_{12} \frac{V-v}{V} \dots \dots \dots (15)$$

で与えられる。ただし、 $E\{0\}$ の場合にかぎり

$$\{1-P(0)\} \lambda_{12} \frac{V-v}{V} = \frac{1-P(0)}{1-P(1)} \alpha$$

である。ここに、 λ_{12} は自由車の交通量であり、式 (7) で与えられている。また、サービス率 β は

$$\beta = P(0) \lambda_2 \frac{\nu V - v}{\nu V} \dots\dots\dots (16)$$

である。さて、平衡状態における方程式は

$$\left. \begin{aligned} (\alpha + \beta) E_n &= \alpha E_{n-1} + \beta E_{n+1} \\ (\alpha + \beta) E_1 &= \left\{ \frac{1-P(0)}{1-P(1)} \right\} \alpha E_0 + \beta E_2 \\ \left\{ \frac{1-P(0)}{1-P(1)} \right\} \alpha E_0 &= \beta E_1 \end{aligned} \right\}$$

であり、これを解くと

$$\begin{aligned} E_0 &= \frac{1-\rho}{1-\rho\{(P(0)-P(1))/(1-P(1))\}} \dots\dots\dots (17) \\ E_n &= \frac{(1-\rho)\{(1-P(0))/(1-P(1))\}}{1-\rho\{(P(0)-P(1))/(1-P(1))\}} \rho^n \quad (n \geq 2) \end{aligned} \dots\dots\dots (18)$$

となる。ここに、 ρ は

$$\rho = \frac{\alpha}{\beta} = \frac{\nu(\mu-1)(1-P(1))\lambda_{12}}{(\nu\mu-1)P(0)\lambda_2} \quad (\rho < 1) \dots\dots\dots (19)$$

で表わされる。したがって、平均追従車台数 K は

$$\begin{aligned} K &= \sum_{n=0}^{\infty} n E_n \\ &= \frac{\rho\{(1-P(0))/(1-P(1))\}}{(1-\rho)[1-\rho\{(P(0)-P(1))/(1-P(1))\}]} \dots\dots\dots (20) \end{aligned}$$

となる。

(3) 平均追従時間 θ

「 $G/M/S(\infty)$ 」の平衡状態において、平均待ち時間はサービスの選択の順序によらないから、平均待ち時間 W は次式のようになる。

$$W = \frac{K}{\alpha} = \frac{\mu K}{(\mu-1)(1-P(1))\lambda_{12}}$$

となる。1 台の高速車が低速車群に追いついた時、追従する確率は、 $[1 - \{E_0 \cdot P(0) + (1-E_0) \cdot P(1)\}]$ であるから、平均追従時間 θ は

$$\begin{aligned} \theta &= W[1 - \{E_0 \cdot P(0) + (1-E_0)P(1)\}] \\ &= \frac{\mu K[1 - \{E_0 \cdot P(0) + (1-E_0)P(1)\}]}{(\mu-1)(1-P(1))\lambda_{12}} \dots\dots\dots (21) \end{aligned}$$

で表わされる。

(4) 平均追越し台数 m

低速車の車頭間隔を指数型の分布と仮定し、その密度関数、分布関数をそれぞれ

$$g(S) = B e^{-B(S-d_1)} \dots\dots\dots (22)$$

$$G(S) = 1 - e^{-B(S-d_1)} \dots\dots\dots (23)$$

で表わす。ここに

$$B = \psi \lambda / (v - \psi \lambda \cdot d_1) \dots\dots\dots (24)$$

であり、その逆数 $1/B$ と d_1 の和が低速車の平均車頭間隔となる。

図-5 に示すように、1 台の低速車に追従する追従車の平均台数は K であるから、追越し走行中の高速車は走行車線上に $\{d_1 + (K+1)d_2 + d\}$ 以上の低速車間の距離が見つけれられたときにはじめて走行車線に戻ることになる。 n 台の低速車を追越したとき、はじめて走行車線に戻る確率を q_n とすると

$$\begin{aligned} q_n &= \{G(d_1 + (K+1)d_2 + d)\}^{n-1} \\ &\quad \cdot \{1 - G(d_1 + (K+1)d_2 + d)\} \end{aligned}$$

となる。したがって、1 台の高速車が 1 回の追越し当りに追越す低速車の平均台数 m は

$$\begin{aligned} m &= \sum_{n=1}^{\infty} n q_n = 1 / \{1 - G(d_1 + (K+1)d_2 + d)\} \\ &= e^{B\{d_1 + (K+1)d_2 + d\}} \dots\dots\dots (25) \end{aligned}$$

で与えられる。

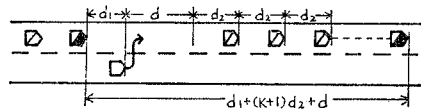


図-5 追越し車線から走行車線への車線変更

(5) 平均追越し時間 τ

低速車の車頭間隔のうち $\{d_1 + (K+1)d_2 + d\}$ 未満のもの平均長を \bar{S}_{11} とすると

$$\begin{aligned} \bar{S}_{11} &= \int_{d_1}^{d_1 + (K+1)d_2 + d} \frac{S \cdot g(S)}{G(d_1 + (K+1)d_2 + d)} dS \\ &= \left(d_1 + \frac{1}{B} \right) - \frac{(K+1)d_2 + d}{e^{B\{d_1 + (K+1)d_2 + d\}} - 1} \end{aligned}$$

である。図-6 に示すように、追越し車は 1 回の追越し当りに距離 $\{d_1 + Kd_2 + (m-1)\bar{S}_{11}\}$ を相対速度 $(\nu V - v)$ で追越している。したがって、その所要時間 τ は

$$\begin{aligned} \tau &= \{d_1 + Kd_2 + (m-1)\bar{S}_{11}\} / (\nu V - v) \\ &= [d_1 - d_2 - d + \{(m-1)\nu/\psi\lambda}] / (\nu V - v) \dots\dots\dots (26) \end{aligned}$$

となる。

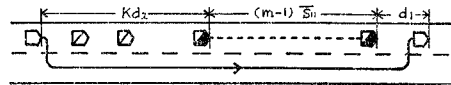


図-6 1 回の追越し当りに要する追越し走行距離

4. 結果と考察

式 (7), (11), (12), (13) を式 (19), (20) に代入し、 ρ, K についての連立方程式を解けば、 ρ, K は λ_2 で表わされる。さらに、この ρK と式 (24) を式 (17),

(21), (25), (26) に代入すると, θ, m, τ も λ_2 で表わされる。この θ, m, τ を式 (8) に代入することにより, λ_2 のみについての方程式が得られ, 数値計算によりこれを解くと, λ_2 が求まる。したがって, r は求められる。

各車種の速度, 最小車頭間隔, 低速車混入率を $v=70, V=85$ km/時, $\nu=1.06, d_1=0.03, d_2=0.04$ km, $\psi=0.3$ とし, また, 計算を容易にするために $P(0)$ と $P(1)$ を等しいとする。2車線合計の交通量 λ (台/5分) と追越し車線利用率 r との関係を示したものが図-7である。ただし, 破線は最小自由走行距離 d の値を一定値 ($d=0.1, 0.3, 0.5$ km) としたものであり, 実線は d の値を λ の関数 ($d=0.45-0.0015\lambda$ km) としたものである。同図によれば, λ の増加につれて r も増加し, d の値によっては r が 50% を越える可能性があり, また, λ に対する 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る。

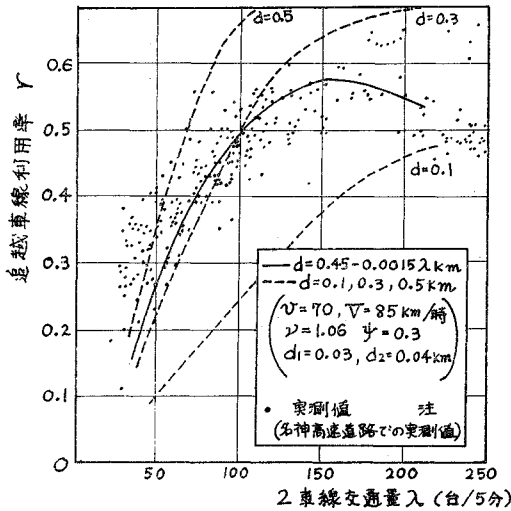


図-7 交通量と追越し車線利用率

(注) 昭和 46 年 5 月 2 日, 名神高速道路天王山髙原トンネル管理所前の上り線で観測されたもの。日本道路公団吹田管理所の御好意により資料をいただいた。

また, 図-7 には都市間高速道路における実測データも同時に示した。 $\lambda < 200$ 台/5 分なる範囲においては, 本モデルの結果は観測結果の傾向をよく説明しているように思われる。この観測地点は上流, 下流のオン, オフのランプからともに 10 km 以上離れており, 交通流が流入交通による影響をまったく受けないと考えられるので, 追越し車線の利用は単に速度差に起因する追越し時のみであると考えた本モデルの結果がよく適合したものと考えられる。図-7 では顕著に現われていないが, 観測値によれば, λ が 200 台/5 分以上になると r は逆に減少しはじめ, λ がさらに大きくなるにしたがって 50% に近づいていくようにみえる。これは追越

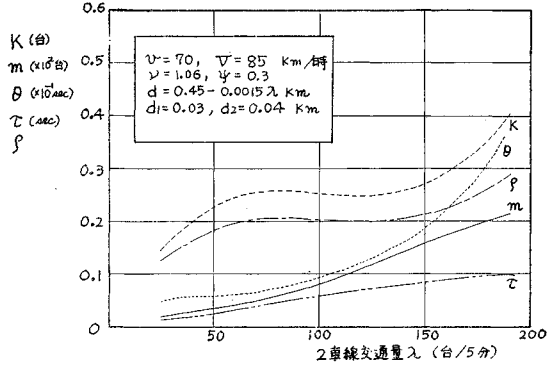


図-8 交通量と各パラメータ

し車線上にもはや車線変更に必要な車頭間隔を見つけるのが困難になり, 追従する車の割合が急激に増加したため, 結果的に再び走行車線を利用する車の台数が増してくるからであると考えられる。

また, 交通量 λ (台/5分) の増加とともに, 平均追従台数 K , 平均追越し低速車台数 m , 平均追従時間 θ , 平均追越し車線走行時間 τ , $\rho (=a/\beta)$ の値がどのように変化していくかを 図-8 に示す。

また, 図-9 に都市内高速道路における車線利用率の実測データを示す。この例でも明らかなように, 一般に都市内高速道路では観測点の位置により相違が大きい。これは都市内高速道路では分合流の影響や, ランプ間隔が短かいため流入交通の影響などが, 観測地点まで強く残っている可能性があること, および走行, 追越しの車線区分が厳格なものでなく, 運転者が必ずしも車線指定を守っていないことなどの理由によるものと思われる。このように都市内高速道路では, 追越し以外の要因で追越し車線 (内側車線) が利用されるので, 本文に述べるような追越しモデルが適合しがたくなるのは当然である。都市間高速道路の場合はインター間隔が大きく, 車線指定もよく守られているので, 追越しモデルの適合可能性がでてくるわけである。

5. むすび

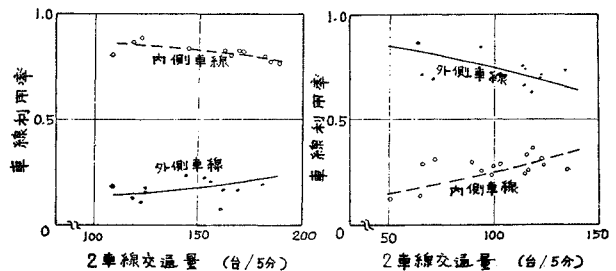


図-9 都市内高速道路における車線利用率³⁾

対向2車線道路を対象にした追越しモデルを、1方向2車線道路の場合に応用して、交通量が走行車線と追越し車線にどのように分布するかを考察した。一度追越し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、戻った場合にある時間以上連続して高速走行ができる距離があるという条件をつけ加えることにより、2車線合計の交通量の増加とともに追越し車線の利用率が増加し、ついには追越し車線の交通量の車線利用率の逆転現象をよく説明しようということを示した。また、2車線交通量が約100台/5分以上になると、追越し車線利用率と交通量の関係がきわめて弱くなるので、どちらかの車線上に設置した1個の交通量検知器だけの情報から全交通量を推定するという方法や、全交通量に車線比率の情報を加えることにより交通量のみの計測で渋滞を検知しようとする方法の実用性は乏しいと思われる。ただ、2車線交通量が100台/5分程度以下であることがあらかじめはっきりとわかっている閑散な区間、もしくは時間帯においては、その可能性を考察することができよう。なお、本文は車頭間隔を指数型の分布と仮定しているため交通量の多い場合は適用しがたい。したがって、このような場合の考察が今後の課題となるであろう。

最後に、この交通量分布逆転現象の問題の示唆をいただいた京都大学 佐佐木綱教授、考察にあたって御討議をいただいた京都大学 明神証助教授に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Gazis, D.C., Herman, R. and Weiss, G.H.: Density Oscillations Between Lanes of a Multilane Highway, *Opns. Res.*, Vol. 10, No. 5, 1962, pp. 658~667
- 2) Munjal, P.K. and Pipes, L.A.: Propagation of On-Ramp Density Waves on Uniform Unidirectional Multilane Freeways, *Transportation Science*, Vol. 5, No. 4, 1971, pp. 390~402
- 3) 佐佐木綱：混合交通を考慮した2車線道路の交通容量について、第4回日本道路会議論文集、昭和33年6月、pp. 665~668
- 4) 佐佐木綱：交通流理論、交通工学シリーズ3、技術書院、昭和40年、pp. 13~19
- 5) 首都高速道路協会：首都高速道路の交通特性調査研究、p. 99、昭和44年2月

記号一覧表

r : 追越し車線利用率
 V : 高速車の自由速度
 V' : 高速車の追越し速度
 v : 低速車の自由速度、高速車の追従速度
 μ : 速度比 $\mu = V/v$
 ν : 速度比 $\nu = V'/V$

λ : 2車線交通量
 λ_1 : 走行車線交通量
 λ_2 : 追越し車線交通量
 λ_{11} : 追従走行中の高速車の交通量
 λ_{12} : 自由走行中の高速車の交通量
 ψ : 低速車混入率
 d_1 : 低速車の最小車頭間隔
 d_2 : 高速車の最小車頭間隔
 d : 高速車が走行車線上で連続して高速走行を期待する距離、すなわち最小自由走行距離
 u : 高速車の平均走行速度
 p : 1台の高速車が単位時間に行う平均追越し回数
 θ : 1台の高速車の1回の追越し当りの平均追従時間
 τ : 1台の高速車の1回の追越し当りの平均追越し時間
 m : 1台の高速車が1回の追越し当りに追越す低速車の平均台数
 K : 1台の低速車に追従している高速車の平均台数
 S : 車頭間隔
 \bar{S}_2 : 追越し車線上の高速車の平均車頭間隔
 \bar{S}_1 : 低速車の車頭間隔のうち $\{d_1 + (K+1)d_2 + d\}$ 未満のすもの平均長
 A : 交通密度の次元をもつパラメータ、 $1/A = \bar{S}_2 - d_2$
 B : 交通密度の次元をもつパラメータ
 $f(S)$: 追越し車線上の高速車の車頭間隔の確率密度関数
 $F(S)$: 追越し車線上の高速車の車頭間隔の分布関数
 $g(S)$: 低速車の車頭間隔の確率密度関数
 $G(S)$: 低速車の車頭間隔の分布関数
 $P(0)$: 低速車に追いついた高速車がただちに車線変更できる確率
 $P(1)$: 低速車群(低速車とそれに追従する高速車)に追いついた高速車がただちに車線変更できる確率
 $E\{r\}$: 1台の低速車に追従している高速車の台数が r 台である状態をいう
 E_r : $E\{r\}$ なる状態の確率
 α : 待ち行列モデルの到着率
 β : 待ち行列モデルのサービス率
 ρ : 待ち行列モデルの利用率、 $\rho = \alpha/\beta$
 W : 待ち行列モデルの平均待ち時間
 q_n : 1台の高速車が1回の追越しでちょうど n 台の低速車を追越す確率

(1974.3.18・受付)