

はしご型道路網上の交通量に関する基礎的考察

京都大学工学部 正 明神 証
 日本道路公団 ○西谷 亨一
 京都大学大学院 福本 俊明

1. 緒言. 本研究で対象とするはしご型道路網は、格子形道路網の中に幾本かの高速道路を建設するという状況を想定し、その道路網を単純化したものである。この時、道路網構成規模(渡り間隔・渡り長さ)・高速道路通行料金・ランプでの流入車制御の各道路交通量に与える影響の算定、さらに収支均衡の条件のもとに高速道路の最大容量レベルでの利用のためにはいかなる構成規模・交通制御の組み合わせが適切かについて考察を加えた。

2. モデル構成上の仮定. ○無限に延びる一般道路と高速道路が平行に、両者を連絡する道路が(渡り)等間隔に設置されている道路網を対象とする。(図-1参照) ○一般道路は高速道路に平存する街路を一つに集約したものと考え、渡り長さは高速道路利用のトリップ発生点から高速道路までの平均到達距離とする。○自動車トリップ長分布は、確率密度関数が $f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$ で示される指数分布を採用する。平均トリップ長は $\frac{1}{\lambda} = 7 \text{ km}$ と定める。○トリップ発生・吸収は一般道路上のみで起こり、片方向のものだけを考えると発生密度は α (車/km・時)、両方向を考えると 2α となる。○走行時間関数は、いわゆるT-Q式 $T = L(AQ + B)$ を採用する。道路形状・道路定数は表-1に示す。○限界トリップ長より長いトリップ長を持つ全てのトリップは高速道路も利用、それ以外は一般道路を利用する。○区間AB(図-1)で発生した高速道路利用のトリップは、渡りI・IIのいずれかを利用するが、P・P'を境にして逆流して流入かそうでないかが分割され、ここに逆流存在区間長 L を定義する。吸収に関しても全く同様である。

3. 交通量配分モデルの定式化. 前節で定義された L ・ λ を用いて配分交通量、各区間所要時間が次式で求められる。

(図-1を参照)

$$\begin{aligned}
 X &= \alpha \left(\frac{1}{\lambda} + L - I_L + 2L \right) e^{-\lambda L} & T_1 &= I_L (A_1 X + B_1) \\
 U &= 2\alpha I_L e^{-\lambda L} & T_2 &= I_R (A_2 U + B_2) \\
 \rho_3 &= \frac{\alpha}{\lambda} - \alpha \left(\frac{1}{\lambda} + L - I_L + 2L \right) e^{-\lambda L} & T_3 &= (I_L - 2L) (A_2 \rho_3 + B_2) \\
 \rho_5 &= \frac{\alpha}{\lambda} - \alpha \left(\frac{1}{\lambda} + L - I_L + L \right) e^{-\lambda L} & T_5 &= L (A_2 \rho_5 + B_2)
 \end{aligned}$$

	高速道路	一般道路(溯)
最高速度	80 km/時	40 km/時
車線数(片側)	2	20
一車線あたりの交通容量	1800 vph	1200 vph
道路定数	A (分/km・台)	$A_1 = 0.208 \times 10^3$ $A_2 = 0.625 \times 10^3$
	B (分/km)	$B_1 = 0.950$ $B_2 = 1.50$

表-1 道路形状と道路定数

この時 L の定義により $T_1 = T_3 \dots (1)$ が成立せねばならない。次に L に関する条件を導く。トリップ長が L に等しいものは一般道路を利用するが、その利用時間と仮想の高速道路利用時間が等しくなるように L を決定する。この条件を満たす L は、 $L = (n+1)I_L - L \dots (2)$ 以外

にはあり得ず、従ってこの時、 nI_L の距離の渡り間で等時間が成立していなければならぬことになる。すなわち、 L に関する条件 $T_2 = nT_5 \dots (3)$ が得られる。(1)(2)(3)を解けば配分

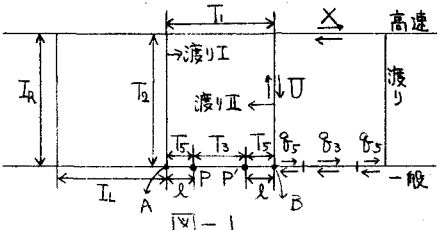


図-1

交通量が求められるが n という離散変数を含んでいるので解けない。そこで次のようにモデル1を定式化する。モデル2は逆流現象を無視したものでありその配分交通量は前述のものにおいて $l=0$ として得られる。モデル3はモデル2を改良したものである。

○モデル1

(1) $n=m-1$	$\begin{cases} L=(n+1)I_L-l \\ T_2 > nT_5 \\ T_1 = T_3 \end{cases}$	(2) $n=m-1$	$\begin{cases} L=(n+1)I_L-l \\ T_1 \neq T_3 \end{cases}$	(3) $n=1$	$\begin{cases} L=(n+1)I_L-l \\ T_1 = T_3 \\ T_2 \leq nT_5 \end{cases}$
$n=m$	$\begin{cases} L=(n+1)I_L-l \\ T_1 = T_3 \\ T_2 \leq nT_5 \end{cases}$	$n=m$	$\begin{cases} L=(n+1)I_L-l \\ T_1 = T_3 \\ T_2 \leq nT_5 \end{cases}$	の時 $n=1$ を解とする。	

の時 $n=m$ を解とする。の時 $n=m$ を解とする。

○モデル2 $f(n, L) = nT_1 + 2T_2 - nT_3$ と定義する。

(1) $n=m-1$	$\begin{cases} L=(n+1)I_L \\ f(n, L) > 0 \end{cases}$	この時 $f(n-1, L) \geq 0$ でありは $n=1$ 解を解とする。	(2) $n=1$	$\begin{cases} L=(n+1)I_L \\ f(n, L) \leq 0 \end{cases}$	の時 $n=1, 2, \dots, L$ を解とする。
$n=m$	$\begin{cases} L=(n+1)I_L \\ f(n, L) \leq 0 \end{cases}$	の時 $n=m, L=(m+1)I_L$ を $n=1$ 解とする。	$n=m$	$\begin{cases} L=(n+1)I_L \\ f(n, L) < 0 \end{cases}$	の時 $n=1, 2, \dots, L$ を解とする。

の時 $n=m, L=(m+1)I_L$ を $n=1$ 解とする。の時 $n=m, L$ を解とする。

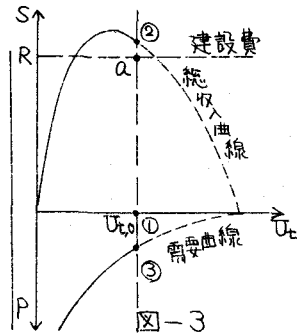


図-3

○モデル3

モデル2の結果において、
 $X = a e^{-\lambda L} (\frac{1}{\lambda} + L - I_L \frac{T_1}{T_3})$
 $Q = \frac{a}{\lambda} - X$
 とする。

4. 交通制御への適用。高速道路通行料金(均一料金制)とランプでの流入車制御を取り扱う。前者は前節の定式化において T_2 を $T_2 + \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{\text{料金}}{\text{時間価値}}$ と置き換えれば、料金 P の影響を評価できる。一般道路単位距離あたりの高速道路への転換交通量 U_t は、 $U_t = U/I_L$ と表現でき $P-X, P-U_t$ の関係は最小自乗法により $P = \alpha \ln X + \beta \dots (4) P = \alpha \ln X + \delta \dots (5)$ と得られる。ランプで流入制限を行う時、流入許容量を C とすれば、考察の結果最終的に $C=U$ となり高速道路流入前に一定の損失時間 W を持つ平衡状態に至ると考えるのが妥当である。高速道路流入前に損失時間を必要とする事は通行料金を支払う事と全く等価であると考えられ、時間価値を Δt とすれば、式(4)(5)を使用し $W = (\alpha \ln \frac{C}{I_L} + \beta) / \Delta t$ (分/台)

$X = \text{EXP}\{[(\beta - \delta) + \alpha \ln \frac{C}{I_L}] / \alpha\}$ (台/時) が得られる。

5. 収支均衡を条件にしたランプでの流入車制御・料金・道路網構成規模の組み合わせ。一般道路単位距離あたりから得られる総収入は $S = U_t (\alpha \ln U_t + \beta) \dots (6)$ であり、 R (高速道路建設費) = S のもとに高速道路の最大容量レベルでの利用を目的とする。従って、 X がその容量に等しい時の需要量を $U_{t,0}$ とすると $U_{t,0} = \text{EXP}\{[(\beta - \delta) + \alpha \ln 3600] / \alpha\}$, $C = I_L \cdot U_{t,0}$ でなければならぬ。また図-3のA点が総収入曲線((6)式)の内か外かでこの制御が必要かどうか決定される。需要曲線((4)式)、総収入曲線は図-3実線部分のようになり図中①②間、①③間では $W \cdot \Delta t + P = \text{Const.}$ でなければならぬ。従って、 $C = I_L \cdot U_{t,0}$, $R = S$ を満たすためには、 $P = R/U_{t,0}$, W は $W \cdot \Delta t + P = \text{Const.} = \alpha \ln U_{t,0} + \beta$ であるから $W = (\alpha \ln U_{t,0} + \beta - R/U_{t,0}) / \Delta t$ と与えられる。……なお、計算結果や詳細については講演時に述べたい。参考文献：明神証、都市高速道路の交通抑制手法に関する研究、京大博士論文；山田浩之、都市高速道路の最適規模と料金水準、高速道路と自動車 IV-14-2