

排出ガス減少のための高速道路と一般道の交通量分担について

京都大学 正員 明神 証
兵庫県庁 正員・永井隆夫

1 はじめに

都市における自動車による汚染は深刻化しており、その対策が工学、経済学等の各分野で研究されている。しかし技術上、経済上の制約のため環境基準の大軒な改善は早急には望めそうもない。本研究は比較的容易な都市高速道路の建設によって、高速道路と街路との交通量分担を考え、排出ガスによる汚染の減少効果を検討するものである。交通量は等時間原則に従って流れるものと考え、交通量配分は交通密度及び、交通量について比較していく。

2. 汚染物質の算定式

昨年四月阪神高速道路および平面街路で行なわれた試験結果を利用して、排出量算定式は次式

$$E = aV^b \quad \dots (1), \quad E = c/V + d \quad \dots (2) \quad V: \text{平均走行速度}$$

が考えられ、道路の種類により、区別する必要はない。
そうである。各々の式の係数は表1のとおりである。

3. 等時間原則に従う流れと総排出量

簡単化のため図1のように1組のODとその間に2本のルートがある場合について、ネットワークに流れ込む交通量および総排出ガス量を検討する。

(a) 交通密度で取り扱いの場合、OD間に流しある交通量を q とすると $q = q_1 + q_2$ 。これに $q_i = K_i V_i, V_i = -A_i K_i + B_i (i=1, 2)$ を代入して変形すれば

$$\text{OD条件式: } q = C_1 + C_2 - A_1(K_1 - K_0)^2 - A_2(K_2 - K_0)^2 \quad \dots (3)$$

ここで $K_0 = \text{最大交通容量} \times \text{走行速度} (= k_j/2), C_1, C_2 = \text{ルート1, 2の定数}$

の最大交通容量 $(= A_1 k_0^2, A_2 k_0^2)$, $A_1, A_2, B_1, B_2 = \text{定数}, k_j = \text{jam density}$

また $\frac{l}{V_i} = l_i/V_i$ に $V_i = -A_i K_i + B_i (i=1, 2)$ を代入して整理すると
等時間条件式: $K_i - K_j = \alpha (K_i - K_0) \quad \dots (4)$ となる。これは

に $K_j = \frac{B_1}{A_1} (i=1, 2), \alpha = \frac{T_1}{T_2}, T_i = \frac{l_i}{B_i} (i=1, 2), l_i: \text{ルート}i (i=1, 2) \text{の距離}.$

(3), (4) & $\alpha > 1$ の場合について図2に示す。

$q'' < q < q' \dots (5)$
である。等時間条件が成立するための条件は $K_1 \geq (1-\alpha) K_0, K_2 \geq (1-\alpha) K_0$

≥ 0 である時の最大交通量は $q = K_1 V_1 + K_2 V_2$ と(4)より $q_{\max} =$

$$\frac{(A_1 + A_2 \alpha)^2}{A_1 + A_2 \alpha^2} K_0^2 \quad \dots (5)$$

で与えられる。またこれに対する交通密度 K_1, K_2 は $K_1 = \frac{(2\alpha^2 - \alpha + \beta) K_0}{\alpha^2 + \beta}$

, $K_2 = \frac{(\alpha^2 - \alpha \beta + 2\beta) K_0}{\alpha^2 + \beta}$ ただし $\beta = A_2/A_1$ でルート1は渋滞($K_1 > K_0$), ルート2は非渋滞($K_2 < K_0$)で流れることを意味している。 $q_{\max} \leq C_1 + C_2$ が容易に示される。総排出量 E は

汚染物質	a	b	c	d	$E = aV^b / (V + d)$
CO	511	1.13	305	202	0.929 0.880
HC	64.8	1.03	37.4	0.821	0.934 0.885
NO _x	3.75	0.129	37.7	2.32	0.310 0.261

*参考資料「排出ガス汚染量を軽減する3つの
都市高速道路と街路との交通分担に関する
考察」、佐佐木綱、明神証

表1 汚染物質と相關係数(資料数443)
E: 排出量(g/km), V: 速度(km/h)

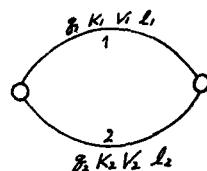
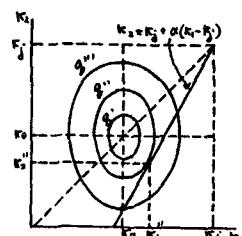


図1 2本のルートを持つOD



(2) に $V_i = -A_i K_i + B_i$, $g_{ij} = -K_j V_i$ を代入して変形すれば $E = -\partial A_i d \{K_i - (1+e_i) K_0\}^2 - \partial_x A_2 d \{K_2 - (1+e_2) K_0\}^2 + d K_0^2 \frac{\partial}{\partial K_0} d \{A_i \cdot (1+e_i)^2\} \dots (6)$ ここで $e_i = C/dB_i$ ($i=1, 2$) となる。図3(下) (6) を E をパラメータとして最大交通量 g'' に対する E の大きさを表わしたものである。総排出量を減少させることの方法は等時間原則(この時の排出量 E'')をくずして E' と g'' の接点で与えられる密度で流れるように制御すれば良い。また2本のルートのうちの少くとも一方をより高い規格の道路($A_i \rightarrow \infty$, $B_i \rightarrow \infty$)にして可能である。

(b) 交通量を取り扱う場合: 走行時間(関数)を線形で近似し、(a)と α 比較のため次の形で図4(上)。 $t_i = \frac{T_1}{A_i K_0^2} + T_1$, $= i = 1, 2$
 $=$ ゼロフロー時の走行所要時間($= \frac{L_i}{B_i}$), $A_i K_0^2 (= C_i) =$ リンジ i の最大許容交通量。この時

$$OD\text{条件式}: g = g_1 + g_2, (g_1 \leq A_1 K_0^2, g_2 \leq A_2 K_0^2 \text{ と } 1 \leq 113) \quad (7)$$

$$\text{等時間条件式}: \frac{T_1}{A_1 K_0^2} g_1 + T_1 = \frac{T_2}{A_2 K_0^2} g_2 + T_2 \quad \dots (8)$$

となる。 (7), (8) を図4(上) に示した。等時間フローパターンが成立するための条件は $1 < \alpha \leq 2$ である。かつ OD 交通量 Q_0 が $Q_0 \geq (\alpha - 1) A_1 K_0^2$ を満たすことである。この時流れうる最大交通量 g_{max}

$$(1) g_{max} = A_1 K_0^2 + \frac{2-\alpha}{\alpha} A_2 K_0^2 \dots (9) \text{ と 与えられる。} (g_1 = A_1 K_0^2, \text{ 図4 交通量 } g \text{ と等時間条件} \\ g_2 = \frac{2-\alpha}{\alpha} A_2 K_0^2) \text{ 次に (2) を用いて総排出量を求めよ}$$

$$E = \frac{C T_1}{A_1 K_0^2} (g_1 + \frac{1+e_1}{2e_1} A_1 K_0^2) + \frac{C T_2}{A_2 K_0^2} (g_2 + \frac{1+e_2}{2e_2} A_2 K_0^2) - \sum_{i=1}^2 \frac{A_i K_0^2}{4} (\frac{1+e_i}{e_i}) C T_i \dots (10)$$

となる。図4(下) (9) を E をパラメータとして書き加えたのが図5である。等時間原則を満たす場合の総排出量(は E'' で E' , E''' は交通量 g'' に対するそれそれ最小, 最大の排出量であり $E' < E'' < E'''$ となる)。総排出量を減少させることは等時間原則をくずして E' と g'' の接点で与えられた交通量で流れるように制御すれば良い。ここで各々の場合の等時間フローパターンが成立する

時の最大交通量を比較してみると、 $1 < \alpha \leq 2$ の時常に交通密度で配分した結果の方が大きい、である。これは (a) ではルート 1 が渋滞領域に入り、交通量が減少しても全体としては増加する場合を考えているのに對し、(b) では各リンク交通量は最大交通容量を越えないとしているのである。したがって渋滞を考へるには交通密度で取り扱う方が都合が良いと思われる。

4. おわりに

(1) つかの簡単なネットワークについて等時間原則が成り立つものとして配分計算を行ない、OD の総排出量を比較してみた。対象道路は都市高連絡と平面道路と想定して113。具体的な数値の発表は講義時にあらかじめ交通量が一定と考えた時の排ガス量の減少効果は極めて大きい、である。なお、一般的なネットワークについて交通密度による配分計算手法はまだ確立されておらず今後の課題である。

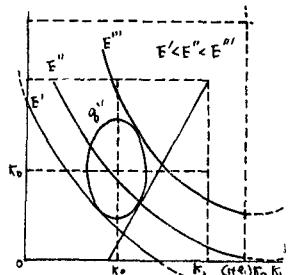


図3 総排出量Eと交通密度

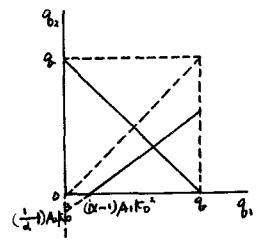


図4 交通量 g と等時間条件

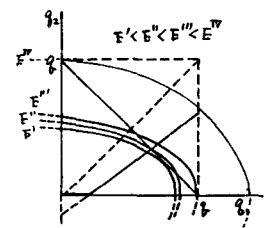


図5 総排出量Eと交通量 g