

IV-115 自動車排ガス汚染対策としてみた高速道路の料金の1つの意義

岡山大学 正会員 明神 証
岡山大学 学主員 ○阿部孝典

1. まえがき

建設費用、維持管理費用を料金収入でまかなうという制度上の制約に基づいて課せられる高速道路の通行料金が、自動車から排出される排ガスの総量に対して及ぼす効果について考察する。さめめて単純なモデルを用いて高速道路の隣接する流入ランプ間を1つの区間とみなし、この間に代替的な1本の一般道路が存在するとき、所与の交通需要量に対して排ガス総量を極小にするような高速道路の料金水準を求めるというものである。交通需要量は、時間によらず一定の場合と時間によって不連続に変化する場合の2つのケースを考えている。排ガスの種類としては、CO、HCを想定し、それぞれの排ガス原単位の実験式をもちいる。

2. モデルの記述

2-1 モデルの前提

AB2地点間に2本の道路があり、この間の交通需要量が与えられているとする。記号を図-1のようにつけ、道路1を高速道路(有料)、道路2を一般道路とする。 $i=1, 2$ を道路1, 2と対応させて記号の右下に付ける。 g_i :交通需要量, v_i :走行速度, d_i :臨界速度, l_i :AB2地点間の距離, a_i :速度・交通密度の関係と仮定したときの定数, C_i :道路の交通容量。モデルの前提としてつぎの4項目をあげる。1) 所与の交通需要量は、道路1, 2の交通容量の和とこえない。2) 交通需要量はAB2地点間の1方向のみと考える。3) 車種は1種類とする。4) 排ガスの種類は、CO、HCと考え、 NO_x については用いる実験式の精度が悪いので対象外とする。¹⁾

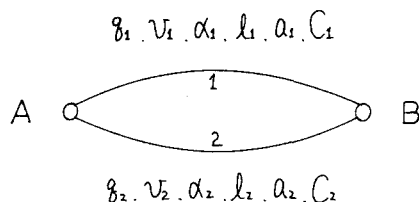


図-1

関係と線形と仮定したときの定数, C_i :道路の交通容量。モデルの前提としてつぎの4項目をあげる。1) 所与の交通需要量は、道路1, 2の交通容量の和とこえない。2) 交通需要量はAB2地点間の1方向のみと考える。3) 車種は1種類とする。4) 排ガスの種類は、CO、HCを考え、 NO_x については用いる実験式の精度が悪いので対象外とする。¹⁾

2-2 モデルの定式化

排ガス総量をつぎのように、各道路の走行速度の関数で表わす。 E_i を排ガス原単位とすれば、

$$E = E(v_1, v_2) = \sum l_i g_i E_i = \sum a_i l_i v_i (2d_i - v_i) f(v_i)$$

ただし、 $E_i = f(v_i) = (c/v_i) + d$ (c, d は、道路の種類によらずCO、HCにそれぞれ固有の定数)であり、これを用いれば、

$$E = E(v_1, v_2) = \sum a_i l_i (2d_i - v_i) (c + d v_i) \quad (\text{g/時}) \quad (1)$$

所与の交通需要量は、つぎのように表わされる。

$$g = \sum g_i = \sum a_i v_i (2d_i - v_i) \quad (\text{台/時}) \quad (2)$$

また、道路1の通行料金を P (円/台・km)とする。これを時間価値 δ (円/台・単位時間)を用いて時間に換算できるとすると、この換算時間を含めた等時間条件式はつぎのように表わされる。

$$l_1 (1/v_1 + P/\delta) = l_2/v_2 \quad (3)$$

3. モデルの解と料金水準

3-1 所与の交通需要量が一定の場合

式(2)の条件のもとでの排ガス総量の極値は、次式の連立解として得られる。²⁾

$$l_1 / (\alpha_1 - v_1) + l_2 (\alpha_2 - v_2) = (2d/c) (l_1 - l_2) \quad (4)$$

$$\alpha_1 (v_1 - \alpha_1)^2 + \alpha_2 (v_2 - \alpha_2)^2 = C_1 + C_2 - \delta \quad (\delta \leq C_1 + C_2) \quad (5)$$

これを示したのが図-2である。点 S_1 は、排ガス総量の極小を与える。排ガス総量を極小にする料金は、式(3)に点 S_1 を代入して得られる。 $l_1 = l_2$ の場合、この P は容易に求まりつぎようになる。

$$P = \delta \left\{ \frac{1}{\left(\frac{C_1 + C_2 - \delta}{\alpha_1 + \alpha_2} \right)^{1/2} + \alpha_2} - \frac{1}{\left(\frac{C_1 + C_2 - \delta}{\alpha_1 + \alpha_2} \right)^{1/2} + \alpha_1} \right\} \quad (\alpha_1 > \alpha_2) \quad (6)$$

式(6)よりつぎのことが言える。所々の交通需要量が各道路の交通容量の和とこえないという条件のもとで、1) 排ガス総量を極小にするような料金の設定は可能である。2) 料金を表す式中に排ガス原単位の実験式中の定数 c 、 d を含んでおらず、各排ガスの総量の極小化が同一の料金水準で達成できる。

3-2 所々の交通需要量が時間によって変化する場合

2つの時間帯で交通需要量が不連続に変化する場合を考える。所々の交通需要量が t_1 時間続き、同じく t_2 時間続くものとする($t_2 > t_1$)。このとき、排ガス総量を極小にする料金を求める。所々の交通需要量が g_1 、 g_2 のときの排ガス量を E_1 、 E_2 とすれば、排ガス総量 E_0 はつぎのように表わせる。

$$E_0 = t_1 E_1 + t_2 E_2 \quad (7)$$

つぎに、ある料金 P のときの各道路の速度は、式

$$l_1 (1/v_1 + P/\delta) = l_2 / v_2 \quad (3)$$

$$\alpha_1 (v_1 - \alpha_1)^2 + \alpha_2 (v_2 - \alpha_2)^2 = C_1 + C_2 - \delta \quad (5)$$

の連立解として得られる。所々の交通需要量が g_1 、 g_2 のときの各道路の速度を (v_{11}, v_{21}) 、 (v_{12}, v_{22}) とすると、これらは式(5)にそれぞれ、 $\delta = g_1$ 、 $\delta = g_2$ を代入して求められる。したがって、交通需要量 g_1 、 g_2 が与えられれば、各道路の速度は料金 P の関数として定まる。排ガス量は各道路の速度の関数であるから、結局料金 P の関数となる。排ガス総量の極小を与える料金は

$$dE_0/dP = 0 \quad (8)$$

を満たす。ただし、これは解析的には求めることができない。図-3において P^* 、 P^* は、それぞれ排ガス量 E_1 、 E_2 を極小にする料金であり、これらは3-1の方法で求めることができる。2つの時間帯での排ガスの総量を極小にする料金 P^* は、 $P^* < P^* < P^*$ でなければならぬ。以上より、交通需要量が時間によって変化する場合においても、所々の交通需要量が各道路の交通容量の和とこえないという条件のもとで、排ガス総量を極小にする料金の設定が可能である。また、式(3)、(5)から、式(8)を成立させるような条件式中には、排ガス原単位の実験式の定数 c 、 d を含まないことが示される。このことは、3-1と同様に本ケースにおいても一定の料金水準で CO 、 CH の各総量と同時に極小化することができることを意味する。

参考文献

- 1) 佐佐木 綱、明神 証：排出ガス汚染量を軽減するための都市高速道路と街路との交通分担に関する考察、昭49特定研究「環境汚染制御」シンポジウム論文集、PP. 365 ~ 372、昭50.1.
- 2) 明神 証、阿部孝典：第33回中国四国大会一般講演概要、昭56.5.

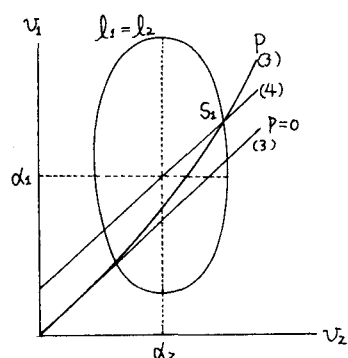
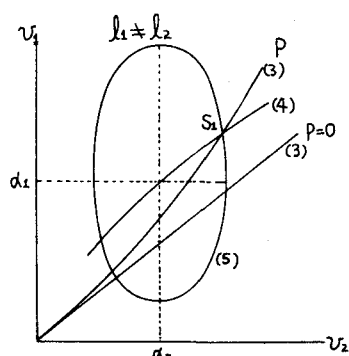


図-2

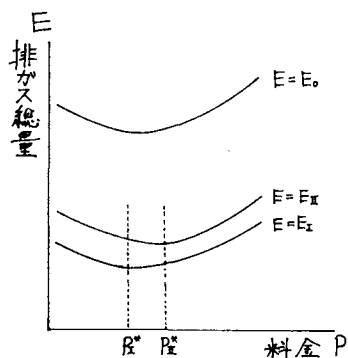


図-3