

自動車からの排出ガス総量からみた道路の通行料金の1つの意義

岡山大学 正 明神 証
学 〇阿部 芳典

1. モデルの記述

A, B 2地地点間に2本の道路があり、この間の総交通量が与えられている。図-1で、道路1を高速道路(有料)、道路2を一般道路としよう。このときAB間での排出ガス総量を極小にするような通行料金水準について吟味する。ただし、排出ガスの種類としては、CO, HCを考えている。NOxについては用いる実験式の精度がわるいので対象外とする。

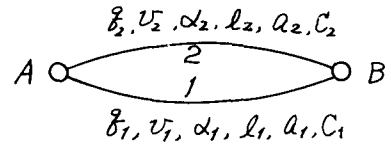


図-1

排出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。

$$E(v_1, v_2) = \sum l_i g_i e_i = \sum q_i l_i v_i (2\alpha_i - v_i) f(v_i) \quad (\text{グラム/時}) \quad (1)$$

ここで、 $e_i = f(v_i)$ は排出ガス原単位(グラム/台・km), α_i は臨界速度(km/時), q_i は定数である。速度・交通密度の関係を線形と仮定している。与えられた条件は所与の総交通量がさばけることであって、次式で表わされる。

$$g = \sum g_i = \sum q_i v_i (2\alpha_i - v_i) \quad (2)$$

ここで、 g は所与の総交通量(台/時)である。

2. モデルの解と料金水準

条件式(2)のもとで、式(1)のEを最小にする。ラグランジュ関数

$$\mathcal{L} = \sum q_i l_i v_i (2\alpha_i - v_i) f(v_i) + \lambda \{ g - \sum q_i v_i (2\alpha_i - v_i) \}$$

$\partial \mathcal{L} / \partial v_i = 0$ より、

$$\lambda = l_i \left\{ f(v_i) + \frac{v_i (2\alpha_i - v_i)}{2(\alpha_i - v_i)} \frac{df(v_i)}{dv_i} \right\}, \quad i = 1, 2. \quad (3)$$

式(3)に実験式 $f(v) = (c/v) + d$ を代入して整理すれば

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

ただし、 c, d は道路の種類によらず、CO, HC にそれぞれ固有の定数。

式(2), (4)の連立解が排出ガス総量の極値を与える。これを図示したのが図-2である。ちなみに式(2)はつぎのような長円を表わす。

$$q_1(v_1 - \alpha_1)^2 + q_2(v_2 - \alpha_2)^2 = C_1 + C_2 - g \quad (2')$$

C_i は交通容量である。式(4)で、 $l_1 = l_2$ とおくと $v_1 - \alpha_1 = v_2 - \alpha_2$ となる²⁾。さて、道路1に料金 p (円/台・km) を課し、これの時間換算が可能であるとすると、等時間条件式はつぎのようにかける。

$$l_1(1/v_1 + p/\delta) = l_2/v_2 \quad (5)$$

各車は等時間原則に従って道路1, 2を流れるとすれば、排出ガス総量を極小にするには、式(5)の p を操作してこれが図-2の実点を通るようにすればよい。 $l_1 = l_2$ の場合、この p は容易に求めることができる。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, 佐々木康之; 文44回全国大会概要集, 第4部, p. 57, 昭54.10.

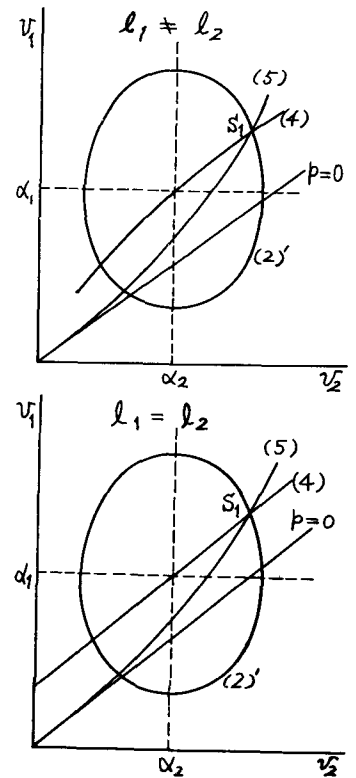


図-2