

都市高速道路の料金と交通需要

岡山大学 正員 井上博司

1. まえがき

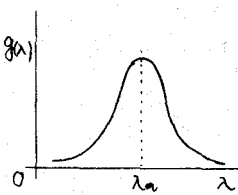
都市高速道路の料金決定のためには、料金と交通需要との関係が十分に把握されていなければならない。ここでは両者の関係を誘導するための簡単なモデルを設定する。また都市高速道路と平面街路との間の適正な分担を達成するための操作変数としての料金の決定法に触れる。ここで述べるモデルはより一般的な都市高速道路網を考慮することにより、実際への適用が可能となる。

2. 定式化

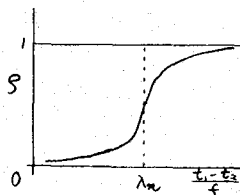
いま平面街路利用による起終点間の所要時間を t_1 、都市高速道路利用による起終点間の所要時間を t_2 、都市高速道路の均一料金を f とする。また料金を時間に換算する係数を λ とする。このように料金を時間に換算するのは、通常走行経路の選択が感性的に時間をもとにしてなされることが多く、時間を金額に換算するよりも自然であると考えられるためである。したがって利用者は高速道路を利用するかどうかの決定にあたっては、 $C_1 = t_1$ と $C_2 = t_2 + \lambda f$ を比較することになり、 $C_1 \geq C_2$ であれば都市高速道路が、 $C_1 < C_2$ であれば平面街路が利用されるものとする。係数 λ はある値のまわりに分布していると考えられるのでこの分布形を $g(\lambda)$ で表わす。このとき平面街路から都市高速道路への転換率 P は、

$$P = \int_{C_1 \geq C_2} g(\lambda) d\lambda = \int_{\lambda \geq \frac{t_1 - t_2}{f}} g(\lambda) d\lambda \quad (\equiv P(\frac{t_1 - t_2}{f}))$$

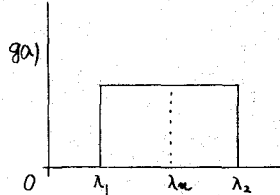
となる。



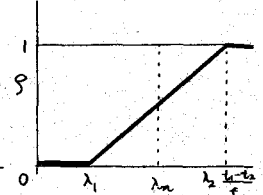
λ の分布形 (i)



転換率 (i)



λ の分布形 (ii)

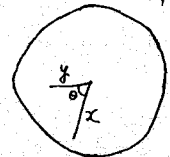


転換率 (ii)

いま半径 R の円形都市を考える。平面街路は同心円状に環状および放射状道路が密に配置されていると仮定する。ここでは唯一本の環状の都市高速道路を考え、その半径を r とする。またこの都市高速道路は一方通行になっているものとする。トリップの発生および吸引は都心からの距離が増加するほど減少するものとし、都心からの距離 x の点における微少面積 ds 上の発生、吸引量 ηds と $\gamma ds = \frac{\alpha}{x} \cdot ds$ とする。したがって都心からの距離が x 、 θ で挟角 θ の2点間のトリップ数は、

$$\frac{\alpha}{x} \cdot x dx d\theta \cdot \frac{1}{2\pi R x} \cdot \frac{\alpha}{y} y dy d\theta = \frac{\alpha}{2\pi R} dx dy d\theta d\theta$$

となる。



3. 高速道路利用トリップ数の計算
 平面街路利用の場合の所要時間は

$$t_1 = \min\left(\frac{x-y+y\theta}{v}, \frac{x-y+y(2\pi-\theta)}{v}, \frac{x+y}{v}\right) \quad (x \geq y)$$

となる。一方高速道路利用の場合の所要時間は x および y の位置によつて次のように計算される。

(i) $x, y \geq r$ の場合 (ii) $x \geq r, y \leq r$ の場合 (iii) $x, y \leq r$ の場合

$$t_2 = \frac{x+y-2r}{v} + \frac{r\theta}{V}, \quad t_2 = \frac{x-y}{v} + \frac{r\theta}{V}, \quad t_2 = \frac{2r-x-y}{v} + \frac{r\theta}{V}$$

よつて高速道路利用トリップ数 U_e は

$$U_e = 2 \int_0^R \int_0^x \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{\alpha}{2\pi R} \rho\left(\frac{t_1-t_2}{f}\right) dy da dy dx$$

$$= \frac{2\alpha}{R} \int_0^R \int_0^x \int_0^{2\pi} \rho\left(\frac{t_1-t_2}{f}\right) da dy dx$$

となる。また高速道路走行台キ L_e , および高速道路走行台時 T_e は,

$$L_e = \frac{2\alpha}{R} \int_0^R \int_0^x \int_0^{2\pi} r a \rho\left(\frac{t_1-t_2}{f}\right) da dy dx \quad T_e = \frac{L_e}{V}$$

となる。一方、平面街路走行台キ L_s および平面街路走行台時 T_s は,

$$L_s = \frac{2\alpha}{R} \int_r^R \int_r^x \int_0^{2\pi} (x+y-2r) \rho\left(\frac{t_1-t_2}{f}\right) da dy dx + \frac{2\alpha}{R} \int_r^R \int_0^r \int_0^{2\pi} (x-y) \rho\left(\frac{t_1-t_2}{f}\right) da dy dx$$

$$+ \frac{2\alpha}{R} \int_0^r \int_0^x \int_0^{2\pi} (2r-x-y) \rho\left(\frac{t_1-t_2}{f}\right) da dy dx + \frac{2\alpha}{R} \int_0^R \int_0^x \int_0^{2\pi} \min\{x-y+y\theta, x-y+y(2\pi-\theta), x+y\}$$

$$\cdot \{1 - \rho\left(\frac{t_1-t_2}{f}\right)\} da dy dx, \quad T_s = \frac{L_s}{v}$$

となる。

4. 高速道路と平面街路との間の適正分担

以上より U_e, L_e, T_e, L_s, T_s はそれぞれ料金 f の関数として計算される。高速道路と平面街路との間の適正分担を考慮した上での料金の決定は次のようにして行うことができる。

目的関数

$$T_e + T_s + U_e f \lambda_m \rightarrow \min$$

制約条件

$$U_f \geq C_0 + D$$

$$E(v) L_e + E(w) L_s \leq E_T$$

$$L_e \leq C_e, \quad L_s \leq C_s$$

ここに C_0 : 償還に必要な料金収入額, D : 管理費, E_T : 許容総排出ガス量
 $E(w), E(v)$: 速度の関数として表わされた単位距離走行当り排出ガス量
 C_e, C_s : 高速道路, 平面街路の交通容量(台キ)