IV-26　混雑費用を考慮した都市高速道路の料金と規模

岡山大学　正員　明神　証
○浅井　加寿彦

1. まえがき

都市内有料高速道路が，その料金収入によるサービス総費用（建設費，維持管理費等）の償還を前提として建設する場合，社会的に最適な道路規模と料金水準を決定することは容易ではない。なぜなら，道路規模，料金水準そして高速道路の利用交通量がそれぞれ独立ではなく相互に関与し合っているからである。また，一般街路あるいは高速道路の交通混雑による走行時間の増大が高速道路への転換交通量に対し影響を及ぼしており，トリップの所要時間等の増加分を混雑費用として考慮する必要がある。ところで，山田は混雑費用を考えない場合についての最適解を求めている[1]。本研究では，混雑費用を高速道路と一般街路に導入し高速道路への転換による平面の混雑緩和との関連でもって都市高速道路の最適規模と料金および交通量の関係を定式化するとともに，その性質の吟味を行う。

2. 収支均等条件下での最適解とその性質

都市高速道路を収支均等という制度的制約条件下で最適解の決定にあたり，問題を単純化してモデルの設定を行うため次の前提を仮定する。これは，(5)を除いて山田のそれと同じである[1]。

(1). 車種は一種類とする。
(2). 料金徴収の行われる全期間を一期間とする。
(3). 料金制度は均一料金制とする。
(4). 収支均等条件を満たさねばならない。
(5). 混雑費用を考慮する。

混雑費用は，単位距離走行するときこうむる1台当りの走行時間関数に時間価値の乗数項をかけたものとする。ところで，道路規模 S の増大とともに逓増的にそして逓減的に増加する転換対象量 $X(S)$ の中から高速道路に転換する交通量（転換量）q は，都市高速道路を利用することによって次のような単位距離当りの短縮時間 t になる。

$$t = h(Q) - f(q) \equiv t(q) \qquad （ただし，Q = X(S) - q） \tag{1}$$

ここに，h と f は高速道路および一般街路の単位距離当りの走行時間関数である。

l を車のトリップ長とし，そのうち高速道路および一般街路を利用する距離をそれぞれ l_0 および l' とすると，高速道路を利用して得られる総短縮時間 T は次のようになる。

$$T = l_0 \cdot t(q) \qquad (l_0 = l - l') \tag{2}$$

ところで，高速道路が利用されるのは，(3)式の条件下の場合であり，トリップ長 l は(4)式のように表わされる。

$$T \geqq P/\delta \qquad (\delta：車の時間価値〔円/分〕) \tag{3}$$

$$l \geqq P/\delta t(q) + l' \tag{4}$$

都市における自動車のトリップ長の分布は指数分布と考えられるので，トリップ長 l の分布式を $g(l) = \lambda e^{-\lambda l}$ で表わすと，トリップ長の超過確率 $G(l)$ および平均トリップ長 $\hat{l}$ は，次のようになる[2]。

$$G(l) = \int_l^\infty \lambda e^{-\lambda l} dl = exp(-\lambda l) \quad , \quad \hat{l} = \int_0^\infty l \lambda e^{-\lambda l} dl = 1/\lambda \tag{5}$$

そこで，(4)式のトリップ長 l の場合には，

$$G(l) = exp(-\lambda l') \cdot exp(-\lambda P/\delta t(q)) \tag{6}$$

となり，転換率関数 F は，超過確率と比例性を持っているとすると，次のようになる。

$$F = a \cdot G(l) = A \cdot exp(-\lambda P/\delta t(q)) \equiv F(P, q) \qquad (a \cdot A：比例定数) \tag{7}$$

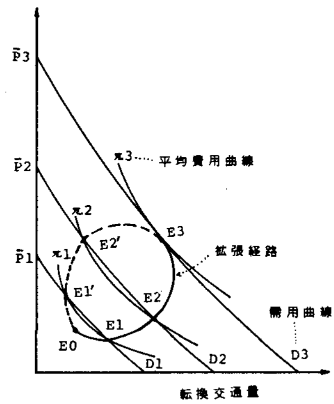
ところで，高速道路の需要関数は，次のように表わされるので，(7)式の転換率関数を用いると次式となる。

$$q = F \cdot X(s) = A \cdot X(s) \cdot \exp(-\lambda P / \delta \cdot t(q)) \qquad (8)$$

高速道路サービスの総費用Cは，道路規模Sの増大につれて増加していくものとするので，転換交通量1台当りの平均費用πは次のようになる。

$$\pi = C(S)/q \qquad (9)$$

(8)式の需要曲線Dと(9)式の平均費用曲線πは，図−1に示すようにある道路規模S_iに対して各曲線が描かれる。二つの曲線の交点および接点は，収支均等条件を満たす均衡点であり，その均衡点の軌跡が高速道路の拡張経路である。山田の考え方[1]に従い消費者余剰最大を与える規模および料金を最適解とする。この解は需要曲線と平均費用曲線との接点で与えられ，次の条件式を満たすものである。



図−1．料金と転換交通量

$$P = \pi \quad \text{および} \quad dP/dq = d\pi/dq \qquad (10)$$

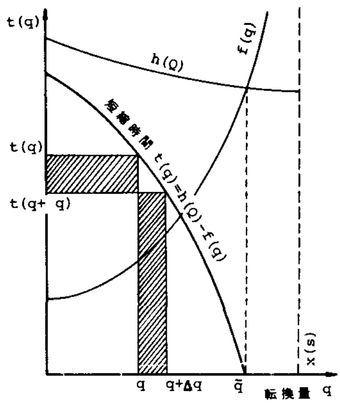
この条件のもとで解くと，次の料金水準と転換量および道路規模の関係が得られる。

$$P = \delta \cdot \bar{\ell} \cdot t(q) \times \alpha \qquad (11)$$
$$q = A \cdot X(s) \cdot \exp(-\alpha) \qquad (12)$$
$$\left(\text{ただし，} \alpha = \frac{t(q)}{t(q) + q \cdot t'(q)} \right)$$

ここで，αの分母は，需要量の増加分Δqによって転換量全体が受ける単位距離当りの総短縮時間の増分（図−2の斜線部）を表わしているものである。したがって，(11)式の料金Pは，次のように言える。

『料金』＝『高速道路を平均トリップ長だけ走行する場合に得られる短縮時間の価値』×α

$$\alpha = \frac{\text{「単位距離当りの短縮時間」}}{\text{「転換量全体が受ける単位距離当りの総短縮時間の増分」}}$$



図−2．短縮時間関数

ところで，山田の混雑を考慮していない場合についての解は，転換量の増減による走行時間の変化を考えないため(1)式の短縮時間t(q)を一定値として取り扱うためα＝1となり，(11)式および(12)式は山田の導入した最適解と同じものになることがわかる。

3．収入最大とした場合の解とその性質

混雑費用を考慮し収入最大という条件下のもとで最適解を求めることにする。総収入Rは次のようになる。

$$R = P \cdot q \qquad (13)$$

収入最大の条件は次の(14)式であるから，(8)式の需要関数から収入最大とする料金P^*は(15)式のようになる。

$$dR/dq = P + q \cdot dP/dq = 0 \qquad (14)$$
$$P^* = \delta \cdot \bar{\ell} \cdot t(q) \cdot t(q) / (t(q) + q \cdot t'(q)) \qquad (15)$$

これは前述の収支均等条件下での(12)式の最適解に他ならないことがわかる。

4．あとがき

混雑費用を考慮した都市高速道路の最適規模と料金の関係を厚生経済学的観点から求め，その性質の考察を行った。ところで，料金・規模および転換量の関係式が(11)式と(12)式で示されたが，それらの個々の最適値を簡単な式として得ることができなかった。しかし，(9)式から(12)式の関係式を用いて数値解析的に個々の解が得られる。

（参考文献）　1）山田浩之；都市高速道路の最適規模と最適料金，高速道路と自動車，Vol.II，No.9，1968

2）佐佐木綱；阪神高速道路網における均一料金圏の決定，高速道路と自動車，Vol.II，No.2，1968，P.19～29