IV-63　混雑費用を導入した都市高速道路の料金水準

岡山大学　正員　明神 証
〃　〃　○武井加寿彦
〃　広野 彰士

1. まえがき

都市高速道路を建設する場合には，建設費用と供用後の維持管理費を必要とし，通行料金によってそれらの償還が可能か否かがポイントとなる。ところで，都市高速道路においては規模の変化に応じてサービス総費用および高速道路を利用する交通量が変化し，通行料金の大小によっても交通量の変化がみられる。また，交通量が交通容量を超えると混雑を生じ走行時間を増大させるためトリップの所要時間の増加分を混雑費用として考慮する必要がある。このように高速道路を利用する交通量，都市高速道路の規模および料金水準は相互に影響を及ぼしているので社会的に最適な道路規模と料金水準を決定するのは容易ではない。山田[1)]は，混雑費用を考慮しない場合について最適解を与えている。本研究では，混雑費用を導入した場合について社会的に最適な道路規模と料金水準を示すとともにその性質を吟味している。

2. 収支均等条件下での解とその性質

混雑費用を考慮した都市高速道路において，収支均等という制度的制約条件のもとで最適規模と料金水準を導き，これらの性質の考察を行う。まず，モデルを単純化して取扱うために次のような前提を仮定する。

(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) 料金は均一料金とする。
(4) 混雑費用を考慮する。
(5) 収支均等条件を満たさねばならない。

これらの前提は，(4)を除いて山田のそれと同じである。

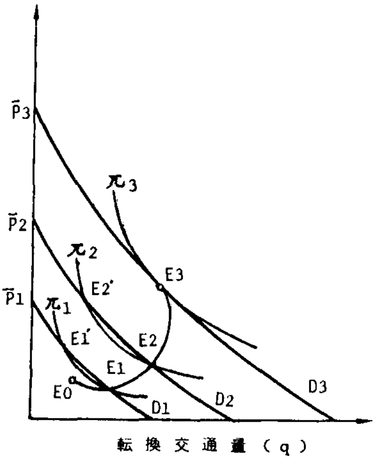

図.1

高速道路への転換対象量X(s)は，道路規模sの増加に対して最初は逓増的に，ついで逓減的に増加すると考えられる。また，一定の道路規模sに対して料金をゼロの水準から上げて行くと需要量(転換量)qは減少するので転換対象量に対する転換量の比率(転換率)Fは料金Pの関数と考えられる。すなわち，

$$q/X=F=F(P) \qquad (1)$$

したがって，高速道路の需要関数は次のようになる。

$$q=F(P)\,X(s)=q(P,s) \qquad (2)$$

高速道路サービスの総費用Cは道路規模sのみによって決定されるとすると，転換交通量1台当りの平均費用πは，

$$\pi=C(s)/q \qquad (3)$$

需要曲線(1)と平均費用曲線(3)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，規模sの変化に応じて描かれる均衡点の軌跡が拡張経路となる。山田の考え方にしたがって，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あたえられる。すなわち，

$$P=\pi \quad および \quad dP/dq=d\pi/dq \qquad (4)$$

ここで，高速道路において混雑費用を導入するために，高速道路を走行する場合にこうむる1台当りの走行時

間$h(q)$(分/台)を考える。都市高速道路を利用することによって得られる短縮時間Tは、

$$T = l_0 t - h(q) \qquad \left(\begin{array}{ll} l_0 = l - l' & l:\text{トリップ長},\ l_0,\ l':\text{高速道路,平面街路を利用する距離}^{2)} \\ t = 1/v - 1/V & V,\ v:\text{高速道路,平面街路の走行速度} \end{array}\right) \tag{5}$$

となる。ただし、$h(q)$は定数項を含まない。そこで、高速道路が利用されるのは、

$$T \geq P/\delta \qquad \text{あるいは} \qquad l_0 \geq (P/\delta + h(q))/t \tag{6}$$

の場合である。ただし、δは車の時間価値(円/分)である。したがって、トリップ長lは、

$$l \geq (P/\delta - h(q))/t - l' \tag{7}$$

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[2]、トリップ長lの分布式を$g(l) = \lambda l^{-\lambda l}$で表わせば、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。

$$G(l) = \int_l^\infty \lambda e^{-\lambda l} dl = e^{-\lambda l}, \qquad \hat{l} = \int_0^\infty l \lambda e^{-\lambda l} dl = 1/\lambda \tag{8}$$

そこで、(7)式のトリップ長lの場合は、

$$G(l) = e^{-\lambda l'} \cdot e^{-\frac{\lambda}{t}\left(\frac{P}{\delta} + h(q)\right)} \tag{9}$$

となり、転換率関数$F(P,q)$は、次のように表わせる。

$$F(P,q) = a \cdot G(l) = A e^{-\frac{\lambda}{t}\left(\frac{P}{\delta} + h(q)\right)} \qquad A:\text{比例定数} \tag{10}$$

(2)式より需要関数は次のようになる。

$$q = A X(s) \cdot e^{-\frac{\lambda}{t}\left(\frac{P}{\delta} + h(q)\right)} \tag{11}$$

そこで、(4)式の関係より料金Pは次のようになる。

$$P = \hat{l} \cdot t \cdot \delta + \delta q \cdot h'(q) \tag{12}$$

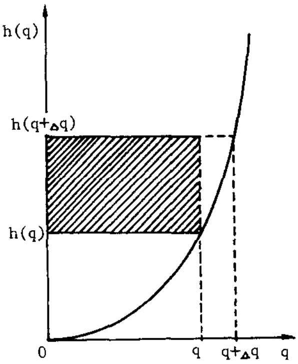

図.2

右辺の第2項は、需要量の増加分Δqによって既存のqが全体としてこうむる走行時間の増分(図2の斜線部)に時間価値をかけたものである。したがって、次のことが言える。

「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」
　　　　+「需要量の増分が他の需要量にもたらした混雑時間の増分の価値」

3. 収入最大とした場合の解とその性質

混雑費用$h(q)$を考慮し収入最大という条件のもとで解を求めることにする。総収入Rは、

$$R = P \cdot q \tag{13}$$

となる。収入最大の条件は、

$$dR/dq = 0 \qquad \text{すなわち} \qquad dR/dq = P + q \cdot dP/dq \tag{14}$$

(11)式の需要関数から収入最大を与える解P^*は、次のようになる。

$$P^* = \hat{l} \cdot t \cdot \delta + \delta q \cdot h(q) \tag{15}$$

これは前回の収支均等条件下で求めた(12)式の最適解に他ならない。

4. あとがき

以上では走行時間を転換量1台当り、すなわち$h(q)$(分/台)として最適解を求め、明快な解釈ができた。しかし、この$h(q)$の代わりに高速道路を1台1Km走行する時にこうむる走行時間$t(q)$(分/台・Km)を導入してみると、得られた料金の式が複雑で明快な解釈が得られなかった。また、高速道路だけでなく平面街路にも混雑費用を導入した場合に得られる最適料金は、(12)式の右辺にさらに$\delta q f(Q)$が加わったものとなる。ここに、Qは平面街路を走行する台数で、$f(Q)$は平面街路を走行する時こうむる1台当りの走行時間である。この解釈はあまり明解ではない。これらの点は今後検討を要する問題である。

(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.11, No.10, 1968, P.19~29　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.11, No.2, 1968