混雑費用を考慮した都市高速道路の規模と料金　（I）

岡山大学　正員　○浅井加寿彦
〃　　〃　　明神　証
四国地方建設局　　近藤　秀樹

1. まえがき

都市に有料の高速道路を建設する場合，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。道路規模の変化によりサービス総費用（建設費，維持・管理費）や高速道路を利用する交通量は変化し，通行料金の大小によっても交通量の変化がみられ，また，交通量の増加により混雑を生じ走行時間の増大をきたし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ように，高速道路を利用する交通量，高速道路の規模および料金水準は相互に影響を及ぼしあっているからである。ゆえに，料金収入による採算性の維持が前提となる都市高速道路の建設においては最適規模と料金の決定が中心問題となる。ところで，山田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[1]。本研究は混雑費用を高速道路に導入した場合と平面街路にも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考察する場合の2通りについて都市高速道路の規模，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を吟味する。

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規模と料金を決定するにあたり，問題を単純化してモデルを設定するために次のような前提を仮定する。

(1). 車種は一種類である。　　(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。

以上の前提は，(5)を除いて山田のそれと同じであり，これらをふまえて最適解の導入が次のように行われる。

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，次のようになる。

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

したがって，高速道路の需要関数は次のようになる。

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

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，

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

需要関数(1)と平均費用関数(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。山田の考え方に従って，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与えられる。すなわち，

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

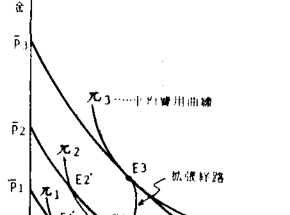

図-1　料金と転換交通量

ここで，混雑費用を導入するために，これを単位距離走行する時こうむる1台当りの走行時間でもって取り扱い，交通量の関数として高速道路および平面街路の走行時間関数 $f(q)$ および $h(X-q)$ を設定する。都市高速道路を利用することによって得られる単位距離当りの短縮時間 t は，

$$t = h(Q) - f(q) = t(q) \qquad (\text{ただし，} Q = X - q) \tag{5}$$

となる。lを車のトリップ長とし，そのうち高速道路および平面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。

$$T = l_0 \cdot t(q) \qquad (l_0 = l - l') \tag{6}$$

ところで，高速道路が利用されるのは，(7)式の条件下の場合であり，トリップ長lは(8)式のように表わされる。

$$T \geqq P/\delta \qquad (\delta:\text{車の時間価値〔円/分〕}) \tag{7}$$

$$l \geqq P/\delta t(q) + l' \tag{8}$$

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$g(l) = \lambda \cdot e^{-\lambda l}$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。[2]

$$G(l) = \int_l^{\infty} \lambda e^{-\lambda l} dl = exp(-\lambda l), \quad \hat{l} = \int_0^{\infty} l \lambda e^{-\lambda l} = 1/\lambda \tag{9}$$

そこで，(8)式のトリップ長lの場合は，

$$G(l) = exp(-\lambda l') \cdot exp(-\lambda P/\delta t(q)) \tag{10}$$

となり，転換率関数$F(P, q)$は，次のように表わせる。

$$F(P, q) = a \cdot G(l) = A \cdot exp(-\lambda P/\delta t(q)) \qquad (A:\text{比例定数}) \tag{11}$$

ゆえに，(2)式より需要関数は，次のようになる。

$$q = A \cdot X(s) \cdot exp(-\lambda P/\delta t(q)) \tag{12}$$

そこで，(3)式の平均費用関数と(12)式の需要関数を(4)の条件式のもとで解くと，次の料金水準と需要量および道路規模の関係が求められる。

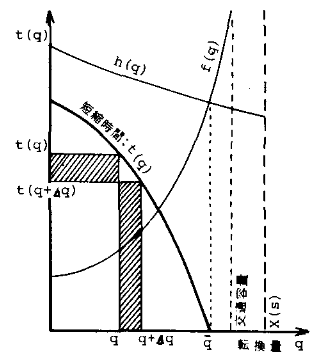

図-2．短縮時間関数

$$P = \delta \hat{l} t(q) \times \alpha \tag{13}$$

$$q = A X(s) \cdot exp(-\alpha) \tag{14}$$

$$\left(\text{ただし，} \alpha = \frac{t(q)}{t(q) + q \cdot t'(q)}\right)$$

ところで，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，(13)式の料金Pは，

「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

ここで，α＝「単位距離当りの短縮時間」／「転換量全体が受ける単位距離当りの総短縮時間の増分」

以上は高速道路と平面街路の両方に混雑を考えたものだが，高速道路にのみ混雑費用を導入したケースについては，平面の走行速度を一定値(v)とするので(5)式において$h(Q) = 1/v$として取り扱うことに他ならないので，(13)式と同型の料金水準が得られる。

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。ここで，総収入Rは，

$$R = P \cdot q \tag{15}$$

となる。収入最大の条件は次の(16)式であるから，(11)式の需要関数から収入最大を得る料金P^*は(17)式となる。

$$dR/dq = P + q \cdot dP/dq = 0 \tag{16}$$

$$P^* = \delta \hat{l} t(q) \times t(q)/(t(q) + q \cdot t'(q)) \tag{17}$$

これは前述の収支均等条件下で求めた(13)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規模と料金の関係を厚生経済学的観点から求めたが，山田の混雑を考慮し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動を考えないため(5)式の短縮時間$t(q)$を一定値として取り扱うため$\alpha = 1$となり，このとき(13)式および(14)式は山田の導入した最適解と同じものになることが言える。

（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.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.11，No.2，1968，P.19～29