

# 財源調達における厚生損失を考慮した 高速道路料金の効率的水準

光廣 陽平<sup>1</sup>・河野 達仁<sup>2</sup>・森杉 壽芳<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生非会員 東北大学大学院情報科学研究科 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-3-09)

E-mail:mitsuhiro@se.is.tohoku.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 東北大学大学院情報科学研究科 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-3-09)

E-mail:kono@plan.civil.tohoku.ac.jp.

<sup>3</sup>正会員 日本大学総合科学研究所 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

E-mail:h.morisugi@gmail.com

日本の道路整備財源は、利用料金や燃料税など死荷重を伴う従量税収入により調達されてきた。このとき、最適課税理論が示すように、厚生損失最小化のために各財源調達手段の限界費用が等しくなるよう料金や税率を設定することが効率的となる。この考え方に基づいて、本研究は混雑・公害等の外部性に加えて、財源調達における厚生損失を考慮した効率的道路料金を国内外いくつかの路線について試算した。その結果、財源調達の限界費用を1.2と想定すると、1km当たりの効率的料金は国内の路線で3.66円/kmから22.78円/km、米国のニュージャージーターンパイクで12.04円/km、英国のM6 Tollで38.60円/kmとなった。

**Key Words :highway toll, marginal cost of public fund, external cost**

## 1. はじめに

我が国では、近年まで高速道路料金水準は高速道路整備費用の債務返済に合わせて設定されており、一方、一般道路の整備には燃料税等の道路特別財源が用いられてきた。本来、道路整備のような固定費用は、効率的観点からは一括固定税収により賄われることが望ましい。しかし逆累進性をもつ一括固定税の導入は困難であり、必然的に死荷重を伴う利用料金や燃料税などの従量税収入による調達が行われてきた。このとき、最適課税理論が示すように、厚生損失最小化のために利用料金と燃料財の限界費用が等しくなるように料金や税率を設定することが効率的になる。

このような考え方に基づいて道路料金を検討している研究は<sup>1)</sup>森杉・河野(2010)などがあげられる。しかし公害や事故等の外部性まで考慮した研究は見当たらない。

そこで、本研究では、財源調達による厚生損失および混雑・公害・事故等の外部性を考慮したうえで単一区間

の高速道路の効率的料金水準の公式を導出する。そして、我が国の高速道路料金の効率的水準を国内いくつかの路線を対象として推計して、旧道路公団設定水準との比較検討を行う。また、米国、英国の高速道路も対象として、日本を含めた3国間の比較もあわせて行う。

## 2. 財源調達の限界費用

本研究では、ある高速道路の路線整備を対象として、効率的な高速道路料金を考察する。その路線整備の財源調達の方法として、1)高速道路料金、2)燃料税、3)労働所得税の3種類を想定する。財源調達の限界費用とは特定の税収を増税により限界的に1円増加させるための税負担者の限界厚生損失のことで、それぞれ、高速道路の限界費用 1.3~2.5(混雑を考慮するとより小さくなる)、燃料税の限界費用 1.1~1.25 労働所得税の限界費用 0.956~1.229<sup>2)</sup>(別所・赤井・林(2003)を参照)と推計できる。以下で1)の調達法における限界費用の推計方法を説明する。

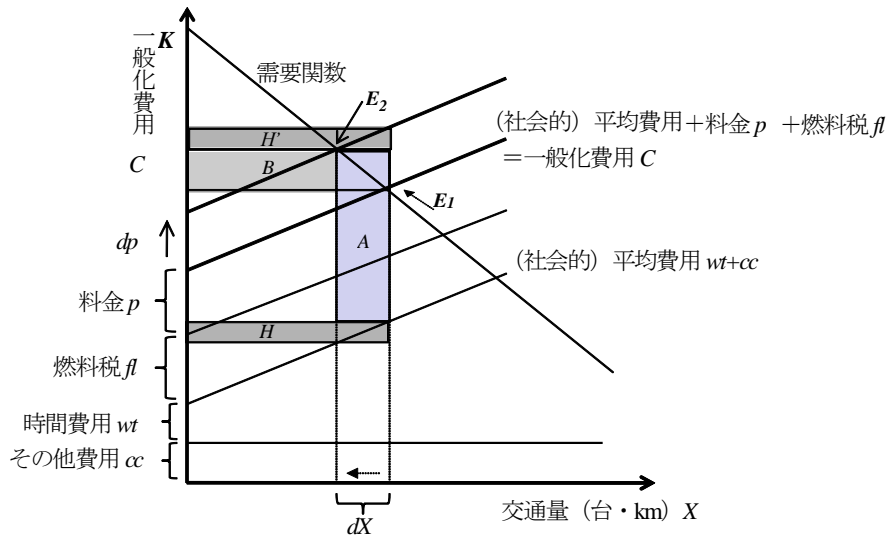


図-1 高速道路の交通状況

図-1は、ある高速道路区間の交通状況を示している。縦軸は1台・km当たりの一般化費用 $C$ であり、料金 $p$ (円)、燃料税 $fl$ (円)( $f$ は燃料税率(円/l)、 $l$ は燃料効率( $l/km$ )を表す)、時間費用 $wt(X)$ (円)( $w$ は時間価値(円/分)、 $t(X)$ は所要時間関数(分)を表す)、そして、車体摩耗費や燃料原価などその他の利用者負担費用 $cc$ (円)の総和からなる。すなわち $C = p + fl + wt(X) + cc$ である。図-1の横軸は交通量(台・km)である。

ある高速道路料金 $p$ のときの均衡点が $E_1$ で示されている。料金を $dp$ 値上げすると、費用関数が上方にシフトして均衡点は $E_2$ となる。高速道路料金の限界費用は、「総余剰の限界損失/限界料金収入」である。ここで「総余剰の限界損失」は、一般化費用の上昇に伴う消費者余剰の減少を表している。高速道路料金の値上げ $dp$ 自体は消費者余剰を $dp \cdot X$ (図の $B + H'$ の面積)だけ減少させる。しかし混雑緩和による消費者余剰の増加分(図の $H'(=H)$ の面積)があるので、これを差し引くと、結局図の $B$ の面積分消費者余剰が減少することとなる。「限界料金収入」は直接の料金収入増(図の $B$ の面積)から、交通量の減少による収入減(図の $A$ の面積)を引いたものとなる。結局、高速道路料金の限界費用( $mcfp$ とする)は式(1)のように表される。

$$mcfp = \frac{-X - wX(\partial t/\partial X)(dX/dp)}{X + (p + fl)(dX/dp)} \quad (1)$$

高速道路料金の限界費用 $mcfp$ の大きさを概算するため、均衡交通量関数について両対数の需要関数を仮定

して特定化すると $mcfp$ は次のように表される。

$$mcfp = \frac{-1 + \{wX(\partial t/\partial X)/p\}\epsilon_X}{1 - \{(p + fl)/p\}\epsilon_X} \quad (2)$$

式(2)の料金弾力性 $\epsilon_X$ は0.2~0.5程度と想定できる。 $fl/p$ は現行の料金水準や燃料税を参考にすると1/5程度である。したがって道路混雑がないケース( $\partial t/\partial X = 0$ )の $mcfp$ は1.3~2.5程度と推計される。

次に道路混雑がある場合(式(1)において $\partial t/\partial X > 0$ )を想定する。式(1)の分母分子を $X$ で割ると、

$$mcfp = \frac{-1 - wX(\partial t/\partial X)(dX/dp)}{1 + (p + fl)(dX/dp)/X}$$

となる。ここで、分子の $-wX(\partial t/\partial X)(dX/dp)$ は正の値をとるため、 $mcfp$ の絶対値は道路混雑なしのケース( $\partial t/\partial X = 0$ )よりも小さくなるといえる。道路混雑なしのケースの $mcfp$ の概算値が1.3~2.5程度であったため、混雑があるケースではこれよりも低い値になる。

### 3. モデル

#### (1) 消費者の効用

消費者の効用関数 $U$ は次のように表される。

$$U = z + u(x, x_0, L, E) \quad (3)$$

ここで、 $z$ は合成財の消費、 $L$ は余暇時間、 $x$ は高速道路の利用回数(台/日)、 $x_0$ は並行一般道の利用回数(台/日)、 $E$ は高速道路と並行一般道における渋滞以外の外

部性からの不効用を表している。

次に所得制約と時間制約を式(4)、式(5)のように表す。

$$z + (p + fl + cc)x + (fl + cc)x_0 = wt_L \quad (4)$$

$$t_L + N + t(X)x + t_0(X_0)x_0 = T \quad (5)$$

ここで、 $p$  は高速道路料金(円/リンク)、 $f$  は燃料税(円/l)、 $l$  は燃料効率(l/リンク)、 $cc$  は燃料原価や車体摩耗費などの諸経費(円/リンク)、 $w$  は税引き後の労働賃金(円/時間)、 $t_L$  は労働時間(時間/日)、 $T$  は総時間(時間/日)、 $t(X), t_0(X_0)$  は高速道路および並行一般道の所要時間関数である。

式(4)および式(5)の制約条件のもと余暇時間  $L$ 、高速道路の利用回数  $x$ 、並行一般道の利用回数  $x_0$  について式(3)を最大化することにより間接効用関数  $V$  が式(6)のように示される。

$$V = wT + v(w, C^*, C_0^*, E) \quad (6)$$

ここで、 $C, C_0$  は高速道路、並行一般道それぞれの一般化費用(円/リンク)であり、以下の式で表わされる。

$$C = p + fl + cc + wt(X)$$

$$C_0 = fl + cc + wt_0(X_0)$$

高速道路を建設したときの効用は(6)で与えられ、これを  $N$  人倍することで消費者全体の利益となる。

## (2) 道路供給者余剰

道路供給者は建設費  $I$  を負担し、対象の高速道路区間における料金収入と、高速道路、並行一般道それぞれの燃料税収入から  $(p + fl)X + flX_0$  を受け取る。収支の赤字分  $I - (p + fl)X - flX_0$  は社会全体から補助されるため、結局供給者余剰は0となる。

## (3) 財源調達の際に生じる社会全体の厚生損失

収支の赤字分  $I - (p + fl)X - flX_0$  を補助する際、その財源として、高速道路料金収入、燃料税、労働所得税の3通りを想定する。これらによる厚生損失額は、財源調達の限界費用に補助額を乗じた値であり、次式で表わされる。

$$\Phi = MCF(I - (p + fl)X - flX_0)$$

## (4) 財源調達の限界費用を考慮した効率的料金水準

以上より、総余剰  $SS$  は式(7)のように表される。

$$SS = NV - \Phi \quad (7)$$

式(7)の総余剰を最大化する一階条件  $dSS / dp = 0$  を計算すると、

$$\begin{aligned} \frac{dSS}{dp} = & -X^* - X^* w \frac{\partial t}{\partial X^*} \frac{dX^*}{dp} \\ & - X_0^* w \frac{\partial t_0}{\partial X_0^*} \frac{dX_0^*}{dp} - e \frac{dX^*}{dp} - e_0 \frac{dX_0^*}{dp} \\ & + MCF \left\{ X^* + (p + fl) \frac{dX^*}{dp} + fl_0 \frac{dX_0^*}{dp} \right\} = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

となる。式(8)は料金変化に対する総余剰の変化を示している。

まず、高速道路の市場に着目する。第1項は一般化費用が変化することによる高速道路利用者の余剰の直接的な変化であり、図1の  $B + H'$  の面積で示されている。また、一般化費用の変化は道路混雑にも影響を及ぼす。第2項は道路混雑の変化による高速道路利用者の余剰の変化を示しており、図1の  $H'$  (=  $H$ ) の面積に該当する。料金変化の収入への影響は2つに分けられる。1つめは料金変化による直接的な収入変化であり、{}内第1項が示している。2つ目は交通量の変化による間接的な収入変化であり、{}内第2項が示している。それぞれ、図1の  $B, A$  の大きさに該当する。

次に、並行一般道の市場に着目する。高速道路料金の変化は並行一般道の交通量にも影響を及ぼす。第3項は並行一般道の混雑が変化することによる、一般道利用者の効用の変化である。また、交通量の変化により並行一般道における燃料税収も変化する。これが {}内第3項の意味である。

また、高速道路料金の変化は交通量の変化を通じて、外部性の市場にも影響を及ぼす。第4項、第5項は高速道路及び並行一般道の外部費用が変化することによる効用の変化を示している。 $MCF$  の大きさを外生で与えると、効率的料金は式(9)のように導出できる。

$$p = \frac{1}{MCF} \frac{X^*}{dX^*/dp} \left( 1 + w \frac{\partial t}{\partial X^*} \frac{dX^*}{dp} + e \frac{dX^*}{dp} \right) + \frac{1}{MCF} \left( X_0^* w \frac{\partial t_0}{\partial X_0^*} + e_0 \right) \frac{dX_0^*}{dX^*} - \frac{X^*}{dX^*/dp} - fl - fl_0 \frac{dX_0^*}{dX^*} \quad (9)$$

ここで、需要関数に片対数の関数( $\ln X = \alpha - \beta_x p$ )、所要時間関数に BPR 関数 ( $t = \tau \{1 + \gamma(X/k)^\eta\}$ ) を仮定する。 $\tau$  は自由走行時間、 $k$  は道路交通容量である。これらの特定化により、効率的料金水準は実測可能な値のみで表せるようになる。

#### 4. 数値計算に用いる各種パラメータ

##### (1) 需要関数のパラメータ

八戸自動車道(八戸～九戸)、秋田自動車道(秋田北～昭和男鹿半島)、釜石自動車道(花巻空港～東和)などの7路線を対象として選定した。この中には、国際間比較のため、米国のニュージャージーターンパイク(NJ32～NJ18)、英国のM6 Toll も含まれている。需要関数は片対数型(高速道路： $\ln X = \alpha - \beta_x p$ 、一般道： $\ln X_0 = \alpha_0 + \beta_0 p$ )を仮定し、過去にそれぞれの路線で行われた社会実験の結果から需要関数パラメータ  $\alpha$ 、 $\beta$  を推計した。

##### (2) 外部費用のパラメータ

<sup>3)</sup>川瀬(2010)では、公害、事故等の外部性を考慮したうえで、日米英の効率的燃料税率を求めている。本稿では、基本的には川瀬(2010)と同様に日本の自動車利用における外部費用として<sup>4)</sup>金本(2007)の値を、米英の自動車利用における外部費用として<sup>5)</sup>Parry and Small(2005)の値を用いることとする。なお、高速道路における外部費用と一般道における外部費用は同じであると仮定した。各国の外部費用を表-1にまとめた。

表-1 各国の外部費用(円/km)

	日本	米国	英国
地球温暖化(円/km)	2.02	0.26	0.23
大気汚染(円/km)	1.06	1.93	1.93
交通事故(円/km)	2.50	2.89	2.31
道路損傷(円/km)	0.10	0.10	0.10
合計(円/km)	4.68	4.18	4.57

表-2 路線別効率的料金水準(円/km)

MCFの設定	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
八戸自動車道	19.39	19.20	19.02	18.85	18.70
秋田自動車道	20.36	20.25	20.14	20.04	19.95
釜石自動車道	3.07	3.66	4.21	4.70	5.15
阪神高速道路	10.35	21.28	30.63	38.73	45.80
東北自動車道	11.78	22.78	32.10	40.08	47.00
NJターンパイク	11.72	12.04	12.34	12.62	12.88
M6 Toll	38.51	38.60	38.68	38.77	38.85

#### 5. 結果

国内外いくつかの路線について式(8)から効率的料金水準  $p$  を推計し表-2に示す。

財源調達の限界費用を中程度(MCF=1.2)とすると、日本の高速道路の効率的料金は八戸自動車道で19.20円/km、阪神高速道路で22.78円/kmなど、釜石自動車道以外で20円/km前後になった。これらの自動車道では現行料金水準がおおむね40円/km程度であり、この料金が各区間の建設費を償還するために設定された金額であるとすると、効率的料金水準での収入だけでは不足が生じるため、他の財源と合わせて償還することが効率的であると言える。釜石自動車道で効率的料金が3.66円/km程度と他路線と比較して低くなったのは、この路線が地方の有料道路の中でも特に交通量の少ない路線で、渋滞がほとんど発生しないためである。

米国、英国の路線の効率的料金は12.05円/km、38.44円/kmとなった。日本の高速道路と比較すると米国は低く、英国は高い料金水準になった。両国とも日本より交通量が多いものの、車線数の違いや交通需要の料金変化率の違いによって効率的料金に大きな差があらわれた。

次に、財源調達の限界費用  $MCF$  の大きさを1.1～1.5

の範囲で変化させて感度分析を行った。表-2より、八戸自動車道、秋田自動車道以外は  $MCF$  が大きくなるほど、効率的料金  $p$  が高くなる。しかし、八戸自動車道や秋田自動車道では、 $MCF$  が大きくなるほど効率的料金  $p$  が小さくなる。式 (9) 第 1 項の  $1+w(\partial t/\partial X^*)(dX^*/dp)$  は値上げによる一般化費用の上昇 ( $dC/dp$ ) を示しており、この効果が値上げによる外部費用の減少 ( $e dX^*/dp$ ) を上回るときは  $MCF$  が大きくなるほど、効率的料金  $p$  は高くなる。しかし、下回るときは  $MCF$  と  $p$  は正と負どちらの相関も持つ可能性がある。つまり、本研究の特徴である環境外部性を考慮することで、 $p$  が  $MCF$  と正の相関をもたない場合もあるということがわかった。

また、 $MCF$  に対する感度は日本の比較的交通量の多い高速道路で高くなっている。これらの路線は、需要の料金変化率  $\beta_x$  が小さいため、料金以外の財源調達における厚生損失が大きくなった場合、利用料金値上げによる調達への移行が容易であるといえる。これは“需要弾力性が低いものに高い税をかける方が効率的”というラムゼイプライシングの考え方と整合的である。

## 6. 結果

本研究では、財源調達に伴う厚生損失と外部費用を考慮したうえで社会的余剰を最大化する効率的料金水準を求める公式を示した。そのうえ、国内外のいくつかの路線について効率的料金を計算した。

その結果、現実的な財源調達の限界費用 ( $MCF$ ) の範囲では、日本の多くの路線で現行料金 (道路公団民営化前の料金: 150 円+25 円/km をもとに算出した) は高すぎることがわかった。これらの路線では、道路料金を下げて燃料税や一般財源からも賄うことでより効率的な

償還が可能になるといえる。

国外の路線は、日本と比較して米国では低く、英国では高いという結果が出た。両国とも日本の高速道路よりも交通量が多いものの、車線数の違いや交通需要の料金変化率の違いが要因となって効率的料金に大きな差があらわれた。

本研究では、新規路線建設を想定して、その路線の効率的料金を決定する問題を考察したが、最近の我が国で話題であるのは、すでに建設された路線の料金問題である。ただし両者はまったく同じ問題である。つまり、既設路線の高速道路料金値下げは、建設費償還のために料金以外の財源で補填する必要性を意味する。この補填財源の限界費用は、本研究で検討した限界費用である。さらに、既設高速道路の効率的料金は値下げの限界便益に一致する料金であり、まさしく本研究で求めた料金である。

## 参考文献

- 1) 森杉壽芳・河野達仁(2011)『道路整備財源調達に伴う厚生損失を考慮した高速道路料金の効率的水準』日本経済研究 (印刷中 <http://www.se.is.tohoku.ac.jp/kono.html> からダウンロード可能)
- 2) 別所俊一郎・赤井伸郎・林正義(2003), “公的資金の限界費用”, 「日本経済研究」, 47号, pp1-19
- 3) 川瀬晃弘(2010), 最適課税論からみたガソリン税率—日米英比較, 「日本経済研究」, 62号, pp.85-104.
- 4) 金本良嗣(2007)「道路特定財源制度の経済分析」『道路特定財源制度の経済分析』日本交通政策研究会, pp1-32.
- 5) Parry, I.W.H. and K.A. Small (2005), "Does Britain or United States Have the Right Gasoline Tax?", *American Economic Review* 95, pp.1276-1289

(?)