

課税コストを考慮した高速道路整備における 最適財源調達方法の検討

Optimal Expressway Funding with a Special Attention to Marginal Cost of Tax

森杉壽芳**・大村 洋平***・河野達仁****

By hisa MORISUGI**, Yohei OMURA***, Tatsuhiro KONO****

1. はじめに

高速道路は日本全土に張り巡らされており、我が国の主要ネットワークとして重要な役割を担っている。しかし、高速道路の整備・運営には多大な金額が必要となる。そのため、道路関係四公団民営化に見られるように、高速道路の運営方法、および、その財源調達のあり方が議論されている。

そこで、本研究では有料高速道整備における最適な財源調達方法を検討する。道路整備の財源調達方法や有料料金ならびに道路税に関する既存研究は数多く存在する。金本・蓮池・藤原(2006)は¹⁾、高速道路投資の評価や無料化便益の計算、さらには環境政策としての自動車税の分析モデルの提示を行っている。Parry and Small(2005)は²⁾、公害、混雑、事故を考慮した最適燃料税を試算している。さらに、Palma and Lindsey(2006)は³⁾、フランスのパリ地域における最適な混雑税を求めている。しかし、金本・蓮池・藤原の研究では、財源調達の際に重要になってくる公的資金の限界費用は考慮されていない。また、Parry and SmallやPalma and Lindseyの研究では、公的資金の限界費用は考慮されているものの、道路建設にあたっての財源調達方法は検討されていない。

本研究では、有料高速道と一般道における需要価格変化率(価格弾力性)、ならびに、公的資金調達の際の厚生損失(デッドウェイトロス)を考慮した上で、有料料金、一般財源、燃料税を用いた有料高速道路整備の財源調達のあり方を提言することを試みる。本研究では、特に財源調達方法に焦点を当てる。したがって、モデル化において混雑や公害等の外部性は考慮しないものとする。

2. モデル

2.1 モデル概要

ある単一ODの需要があるルートに有料高速道路と一般道路を建設することを想定する。有料高速道と一般道の使用には、有料料金、燃料税、燃料費、時間費用といったコストがかかる。また、高速道路と一般道路の建設維持費用が、道路利用によって徴収される有料料金、燃料税、ならびに、一般税による財源補助によって賄われるとする。

2.2 社会余剰

社会余剰を最大にする高速道路整備の財源調達方法を検討する。本研究では、社会余剰 SS を、消費者余剰 CS 、高速道路収支 TB_H 、一般道路収支 TB_O 、ならびに、一般税からの補助による社会厚生損失 SL の和で表現する。

$$SS = CS + TB_H + TB_O + SL \quad (1)$$

消費者余剰 CS は、式(2)に示す準線形の消費者効用関数より導いた間接効用関数で表現する。消費者効用 U は、合成消費財 z 、余暇時間 l 、高速道路交通量 x_H 、一般道路交通量 x_O で決定されるとする。

$$U = z + u(l, x_H, x_O) \quad (2)$$

また、所得制約式と時間制約式が式(3)と(4)のように表されるものとする。

$$z + (p + f + g)x_H + (f + g)x_O = y + wL \quad (3)$$

$$l + t_H x_H + t_O x_O + L = T \quad (4)$$

ここで、 p は有料料金、 f は燃料税、 g は燃料費、 y は所得、 w は労働賃金、 L は労働時間、 t_H は高速道路を利用した際の移動時間、 t_O は一般道路を利用した際の移動時間を意味する。効用関数と制約式を用いると、間接効用関数 V が以下のように求まる。

$$V = y + wT - wl^* - c_H x_H^* - c_O x_O^* + u(l^*, x_H^*, x_O^*) \quad (5)$$

ここで、 c_H は高速道路の一般化費用、 c_O は一般道路の一般化費用であり、 $c_H = p + f + g + wt_H$ 、

*キーワード：計画手法論，公共交通計画

**フェロー，工博，東北大学大学院

(〒980-8579,仙台市青葉区荒巻字青葉 06, Tel022-217-7498)

***正員，修(情報科学)，東北大学大学院情報科学研究科

***正員，博(学術)，東北大学大学院工学研究科

$c_o = f + g + wt_o$ で表現される。次に、高速道収支 TB_H と一般道収支 TB_o を表現する。高速道建設運営のための一般財源からの補助を T_H 、高速道路の建設維持費を I_H 、一般道建設運営のための一般財源からの補助を T_o 、一般道の建設維持費を I_o とすると、以下の式が成り立つ。ここで、 γ は道路特定財源の高速道路財源への分配率を表す。

$$TB_H = px_H + \gamma f(x_H + x_o) + T_H - I_H = 0 \quad (6)$$

$$TB_o = (1 - \gamma)f(x_H + x_o) + T_o - I_o = 0 \quad (7)$$

なお、一般財源からの補助金 T_H および T_o は、それぞれの部門の収支が丁度釣り合うように決定されるものとする。すなわち、 $TB_H = 0$ 、 $TB_o = 0$ となる。

最後に、一般税を補助に利用することによる社会厚生損失 SL を表現する。ここでは、一般財源からの補助を行う時には、一般財源として課している税率を微妙に上げて財源を確保せねばならないと考える。このため、一般税収を上げるために税率を上げた時に生じる限界厚生損失を、デッドウェイトロス ξ を用いて $(1 + \xi)$ という形で外生的に与える。

$$SL = -(T_H + T_o)(1 + \xi) \quad (8)$$

所得税を例にとってデッドウェイトロスを簡潔に説明する。図-1のように労働供給曲線が与えられる時、所得税を b_0 から b_1 に引き上げ、それに伴い労働供給が a_0 から a_1 へ減少すると、増税による税収の増分は $\beta - \alpha$ となる。限界デッドウェイトロスは、税の引き上げによる税収の増分一単位当たりの生産者余剰損失分 α である。したがって、デッドウェイトロス ξ は、 $\xi = \alpha / (\beta - \alpha)$ で表現される。なお、消費税のデッドウェイトロスを考える場合は、図-1における供給曲線を需要曲線、生産者余剰を消費者余剰に置き換えればよい。

以上、求めた消費者余剰 CS 、高速道路収支 TB_H 、一般道路収支 TB_o 、税金補助による社会厚生損失 SL より、社会余剰 SS が以下のように導かれる。

$$SS = V - (I_H + I_o - px_H^* - f(x_H^* + x_o^*)) (1 + \xi) \quad (9)$$

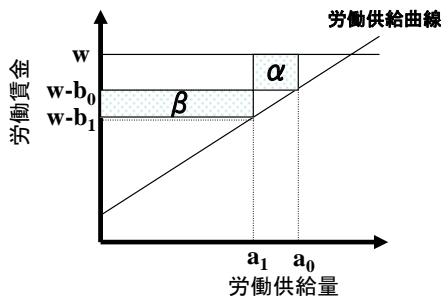


図-1 デッドウェイトロスの導出図

2.3 燃料税を与件とした時の有料料金の最適化

社会余剰を有料料金で偏微分することで、燃料税与件の際の最適有料料金 p^* を求める。まず、社会余剰 SS を有料料金で偏微分し、 $x_H^* = -\partial V / \partial c_H$ を考慮して整理すると、以下の式が求まる。

$$-\left[\frac{\xi}{1+\xi} x_H^* dp \right] + \left[-\frac{\partial x_H}{\partial c_H} dp \times (p^* + f) \right] - \left[\frac{\partial x_o}{\partial c_H} dp \times f \right] = 0 \quad (10)$$

式(10)より、 p^* が以下のように求まる。

$$p^* = - \left[\frac{\xi}{1+\xi} x_H^* + f \left(\frac{\partial x_H}{\partial c_H} + \frac{\partial x_o}{\partial c_H} \right) \right] / \left(\frac{\partial x_H}{\partial c_H} \right) \quad (11)$$

また、表-1に各パラメータ変化が p^* に与える影響を示す。例えば、高速道路交通量 x_H が多岐にも関わらず、高速道路価格需要変化率の絶対値 $|\partial x_H / \partial c_H|$ が小さい場合は、 p^* が高くなることが分かる。

表-1 各パラメータ増加に伴う p^* の増減

	ξ	x_H	$ \partial x_H / \partial c_H $	$ \partial x_o / \partial c_H $
p^*	+	+	-	+

2.4 有料料金ならびに燃料税の同時最適化

有料料金、燃料税、両方の最適化を行った際のそれぞれの最適解を求める。同時最適化を行った際の最適有料料金 p^{**} および最適燃料税 f^{**} の導出には、社会余剰を有料料金 p で偏微分した式(10)および社会余剰を燃料税 f で偏微分した式(12)を用いる。

$$\left[-\frac{\xi}{1+\xi} (x_H^* + x_o^*) df \right] + \left[-(p + f^*) \left(\frac{\partial x_H}{\partial c_H} + \frac{\partial x_o}{\partial c_o} \right) df \right] + \left[-f^* \left(\frac{\partial x_o}{\partial c_H} + \frac{\partial x_o}{\partial c_o} \right) df \right] = 0 \quad (12)$$

式(10)および(12)より、同時最適な有料料金 p^{**} および燃料税 f^{**} が、式(13)および(14)のように求まる。ここで、高速道と一般道において、料金変化に対する交通量の移動が同じとする。よって、交差価格需要変化率 $\partial x_o / \partial c_H = \partial x_H / \partial c_o$ となり、数値計算において同じ値を取ることになる。

$$p^{**} = \frac{\frac{\xi}{1+\xi} x_o^* \left(\frac{\partial x_H}{\partial c_H} + \frac{\partial x_o}{\partial c_o} \right) - \frac{\xi}{1+\xi} x_H^* \left(\frac{\partial x_H}{\partial c_o} + \frac{\partial x_o}{\partial c_o} \right)}{\frac{\partial x_H}{\partial c_H} \frac{\partial x_o}{\partial c_o} - \frac{\partial x_H}{\partial c_o} \frac{\partial x_o}{\partial c_H}} \quad (13)$$

$$f^{**} = \frac{\frac{\xi}{1+\xi} x_o^* \left(\frac{\partial x_H}{\partial c_H} \right) - \frac{\xi}{1+\xi} x_H^* \left(\frac{\partial x_H}{\partial c_o} \right)}{\frac{\partial x_o}{\partial c_H} \frac{\partial x_H}{\partial c_o} - \frac{\partial x_H}{\partial c_H} \frac{\partial x_o}{\partial c_o}} \quad (14)$$

また、表-2、表-3に、各パラメータ変化が p^{**} と

f^{**} に与える影響を示す．各パラメータ値は現実
にあり得る値を基準として解析した．

表-2 各パラメータ増加に伴う p^{**} の増減

	ξ	x_H	x_O	$ \partial x_H / \partial c_H $	$ \partial x_O / \partial c_H $	$ \partial x_O / \partial c_O $
p^{**}	+	+	-	-	±	+

表-3 各パラメータ増加に伴う f^{**} の増減

	ξ	x_H	x_O	$ \partial x_H / \partial c_H $	$ \partial x_O / \partial c_H $	$ \partial x_O / \partial c_O $
f^{**}	+	+	+	-	±	-

3. 使用データ

パラメータとして，デッドウェイトロス ξ ，高
速道交通量 x_H ，一般道交通量 x_O ，各価格需要変化
率 $\partial x_H / \partial c_H$ ， $\partial x_O / \partial c_H$ ， $\partial x_O / \partial c_O$ を用いる．

別所・赤井・林（2003）の分析によれば⁴⁾，日本
における所得税のデッドウェイトロスは，最大でも
0.1 程度である．他の既存研究によると⁵⁾，アメリカ
の所得税に対するデッドウェイトロスが 0.1～0.4 程
度，フランスではデッドウェイトロスが 0.1 程度³⁾，
スウェーデンでは 0.3 程度⁶⁾ という算出結果がある．
本研究では日本における所得税のデッドウェイトロ
スを 0.1 と考える．また，推定に幅を持たず為，デ
ッドウェイトが 0.1～0.4 の場合で計算を行う．

高速道路交通量，一般道路交通量，需要変化率は，
計算ケース毎に実測値を割り当てる．過去の社会実
験値より導いた実測値を表-4に示す．ケース1として
「東北自動車道（二本松～福島西）」，ケース2とし
て「広島呉道（呉～坂）」，ケース3として「みちの
く有料道路（七戸～青森）」，ケース4として「明石
海峡大橋（垂水～淡路）」を想定した計算を行う．な
お，ケース4に関しては，平行する一般道が存在しな
いので，一般道路交通量 x_O および交差価格需要変化
率 $\partial x_O / \partial c_H$ を 0 として，計算を行う．

表-4 各ケース実測値

	x_H (万台/年)	x_O (万台/年)	$\partial x_H / \partial c_H$ (万台/円)	$\partial x_O / \partial c_H$ (万台/円)
ケース 1	949 (2.6万台/日)	1387 (3.8万台/日)	-0.14 (弾力性-0.1)	0.12 (弾力性0.1)
ケース 2	332 (0.9万台/日)	975 (2.7万台/日)	-0.24 (弾力性-0.4)	0.22 (弾力性0.1)
ケース 3	175 (0.5万台/日)	661 (1.7万台/日)	-0.10 (弾力性-0.6)	0.10 (弾力性0.2)
ケース 4	887 (2.3万台/日)	0 (0.0万台/日)	-0.16 (弾力性-0.5)	0.00 (弾力性0.0)

4. 数値計算

4.1 燃料税を与件とした時の最適有料料金

燃料税 f を 5.38 (円/km) で与えた時の各ケースに
おける最適有料料金 p^* (円/km) を図-2に示す．

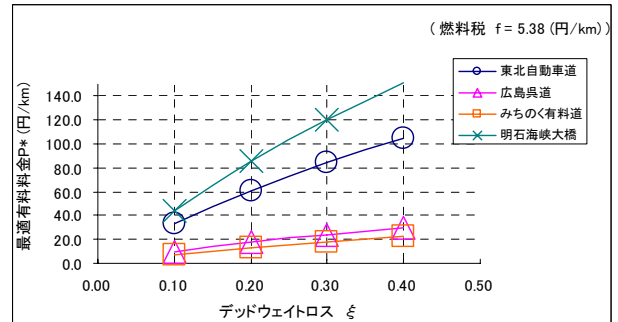


図-2 燃料税固定での最適有料料金水準 p^*

また，現行の高速道路有料料金と燃料税与件の際の
計算値の比較を表-5 に示す．比較する計算値には，
日本におけるデッドウェイトロス推定値である 0.1
を用いた計算で得られた最適有料料金 p^* を用いた．
デッドウェイトロスが高い場合は表-1 から分かる
ように最適料金 p^* は増加する．

表-5 現行料金と料金水準の比較

	現行料金 (円/km)	計算値 p^* (円/km)
ケース1 (東北自動車道)(交通量大)	20～40	33
ケース2 (広島呉道)(交通量中)	20～40	9
ケース3 (みちのく有料道)(交通量少)	20～40	7
ケース4 (明石海峡大橋)(一般道なし)	100～200	44

ケース1, 2, 3を交通量が大中小の高速道の代表と
して考える．表-5より，交通量が中程度以下の高速
道路では現行より 10～20 (円/km) 程度低い料金設
定が最適なのが見られる．また，交通量の多いケース1
の場合は，高速道交通量 x_H が多いにも関わらず，そ
れに対する高速道価格需要変化率（弾力性）の絶対
値が低いために p^* が他のケースより高くなった．も
し，ケース1における高速道価格需要変化率（弾力性）
の絶対値が倍程度高い場合は， p^* は 10 円 (円/km)
程度となる．

ケース4のように平行する一般道路が存在しない
本四架橋などのケースにおいても，現行料金を引き
下げる必要があることが分かる．ただし，表-5から
も分かるように，他ケースの計算値と比べるとケー
ス4の計算値は高い．これは，平行する一般道がない

($|\partial x_o / \partial c_H| = 0$)にも関わらず、高速道路交通量 x_H が多く、高速道路需要価格変化率 $|\partial x_H / \partial c_H|$ が小さいためである。本四架橋の現行料金が高すぎるために、計算値が現行料金より低くなったと言える。

表-6 に、高速道建設維持費 I_H 、デッドウェイトロスが 0.1 の時の有料料金収入 px_H を割引率 $r=0.04$ で計算した無限年仮定での現在価値料金収入 px_H/r 、および、その時の有料料金収入比率 $(px_H/r)/I_H$ を示す。ケース1では、独立採算による高速道路の運営が可能と言える。

表-6 有料料金収入比率

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
I_H (億円/km)	60	50	50	450
高速道建設費(億円)	1000	600	1000	5000
高速道延長(km)	18.9	12.7	21.5	11.3
px_H/r (億円/km)	78.6	7.5	1.0	94.5
$(px_H/r)/I_H$	1.31	0.15	0.02	0.21

4.2 同時最適化における有料料金および燃料税

同時最適化の計算はケース1, 2, 3の場合に限定して行った。図-3に各ケースにおける同時最適化を行った際の最適有料料金 p^{**} (円/km)と最適燃料税 f^{**} (円/km)を示す。同時最適化の際、一般道価格需要変化率 $\partial x_o / \partial c_o$ が必要になってくる。一般道価格は、高速道路価格に比べて、交通量変化に対する影響力が高いと考えられる。よって、一般道価格需要変化率の絶対値として、高速道路価格需要変化率の絶対値より高い値でいくつかの値を取り計算を行った。また、スペースの都合上、デッドウェイトロスが0.1の場合の計算結果のみを示す。デッドウェイトロスが0.1から0.2に増加する場合は p^{**} と f^{**} がそれぞれ1.8倍、0.1から0.3に増加する場合は2.5倍、0.1から0.4に増加する場合は3.1倍となる。

高速道路の需要価格変化率 $|\partial x_o / \partial c_o|$ がある程度大きい場合を除いて、最適燃料税 f^{**} は現行と同程度かそれより高い値にする必要がある。最適有料料金 p^{**} に関しては、燃料税と件の際と同様に、交通量が多い場合は現行料金と同程度、交通量が中程度より少ない場合は現行料金より10~20 (円/km) 程度低い料金設定が望ましいことが分かる。高速道交通量に対し高速道価格需要変化率の絶対値が低いため、燃料税と件の時と同様に、ケース1の東北道で p^{**} が高くなった。

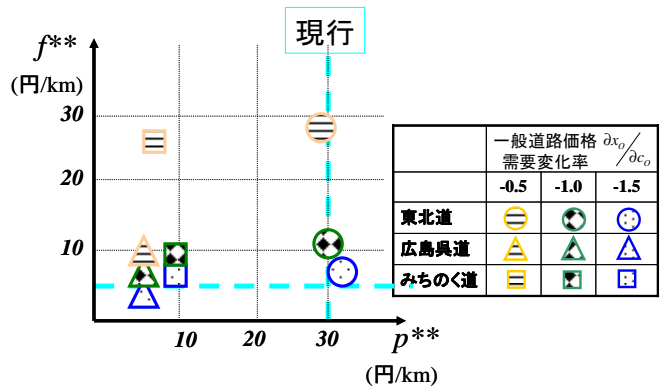


図-3 同時最適の時の有料料金水準と燃料税水準

5. 結論

本研究では、社会余剰を求める際に消費者余剰から一般税補助の限界費用を差し引くことで、最適財源調達方法を求める公式を提案した。その結果、交通量が中程度より少ない高速道路、ならびに、本四架橋などの平行する一般道が存在しない高速道路では、現行より有料料金を引き下げる必要があることが分かった。また、燃料税に関しては、現行と同程度かそれよりも高くしたほうが良いことが判明した。

参考文献

- 1) 金本・蓮池・藤原: 政策評価マイクロモデル (2章, 3章, 4章), 2006
- 2) I.Parry, K.Small: Does Britain or The United States Have the Right Gasoline Tax?, American Economic Review 95-4, pp1276-1289, 2005.
- 3) A.Palma, R.Lindsey: Modelling and evaluation of road pricing in Paris, Transport Policy 13, pp115-126, 2006
- 4) 別所・赤井・林: 公的資金の限界費用, 日本経済研究, 47号, pp1-19, 2006
- 5) M.Warlters, E.Auriol: The Marginal Cost of Public Funds in Developing Countries: An Application to 38 African Countries, CEPR Discussion Papers, no6007, 2006
- 6) J-E.Nilsson: Designing PPP's for the Efficient Provision of Infrastructure Services, Swedish National Road and Transport Research Institute, 2006