

京都大学工学部地球工学科	学生会員	松原 朋弘
京都大学大学院工学研究科	学生会員	瀬木 俊輔
京都大学大学院工学研究科	正会員	小林 潔司

## 1 本研究の目的と概要

日本やその他多くの先進国では高速道路の社会資本ストックがある一定の水準に達し、現在では建設から一定期間が経過した高速道路の維持補修費用の財源捻出が国土計画の重要な課題の一つとなっている。受益者負担の原則に基づけば維持補修費用は公的資金に頼らず通行料金のみによって回収されるべきであろう。しかし、この料金設定を考えたとき、複数の車種にどのような配分で費用を負担させれば良いのかといったことについて十分な研究がなされていないのが現状である。

こういった問題意識に基づき本研究では効率性や公平性の観点から異なる車種にどのような配分で通行料金を課すことが妥当であるか分析を試みた。

最初に、CHIH-PENG CHU & JYH-FA TSAI による既存研究「Road pricing models with maintenance cost」の通行料金モデルを基に、料金を実際に計算して分析できるようなモデルを考えた。これは社会的純便益を最大にする料金モデルであるが、高速道路事業者が赤字になる可能性や各車種間の公平性に問題がある可能性が存在する。そのため、事業者が赤字にならない条件で各車種間の料金配分が異なる料金モデルを3つ定式化する。そして定式化した各料金において計算シミュレーションを行い、各車種の通行料金や便益を比較することで効率性や公平性の観点から最適な料金設定について考察を行った。

## 2 モデル

### 2.1 設定

本研究では枝分かれない1リンクの高速道路を普通車(車種1)と大型車(車種2)の2車種が走行している状況を想定している。ここでは車種*i*の交通需要  $V_i$  は通行料金  $\tau_i$  と時間費用  $r_i C_t$  の和である一般化費用の単調減少関数として表され、また移動時

間  $C_t$  は高速道路内の交通量の単調増加関数として表される。

高速道路の維持補修費用は可変部分  $C_{m_i}$  と固定部分  $\overline{C_m}$  に分けることができる。可変部分は車両通行による舗装劣化に対する修復費用である。本研究では、舗装劣化は車両の一つの車軸に加わる荷重の4乗に比例するというモデルを採用している。また、固定部分は車両の通行に関係なく発生する維持補修費用と高速道路の資本コストの合算である。

高速道路料金の効率性は社会的純便益の大小によって比較できる。この社会的純便益は各車種の総便益と事業者の利潤の合計として表される。各車種の総便益は各車種の利用者に生じる総消費者余剰として定義し、事業者の利潤は料金収入から維持補修費用を差し引いたものとして定義する。

### 2.2 料金の定式化

最適な高速道路利用料金の条件として効率性のみ重点を置くならば、その高速道路が社会に与える純便益を最大にするような料金設定が妥当であろう。このような料金を FirstBest 料金と呼ぶことにする。これは以下のように定式化できる。

$$\tau_i = \sum_{i=1}^n \{V_i r_i\} \frac{\partial C_t}{\partial V_i}(V_1, \dots, V_n) + \frac{\partial C_{m_i}}{\partial V_i}(V_i) \quad (1)$$

この料金制度では、通行料金は社会的限界費用(混雑費用、限界維持補修費用)に一致している。ただし、維持補修費用の固定部分が非常に大きい場合などは FirstBest 料金の料金収入では維持補修費用を賄うことが出来ず、事業者が赤字になる場合がある。

その場合、料金収入で維持補修費用をちょうどカバーできる程度まで通行料金を値上げする必要がある。このときの方法として一つ考えられるのは社会的純便益を出来るだけ大きく保ったまま値上げする方法であろう。この値上げされた料金を SecondBest 料金と呼ぶことにする。また値上げ方法は次のよう

な式で表すことが出来る。

$$\begin{aligned} & \text{車種 1 値上げ率} \times \text{車種 1 価格弾力性} \\ & = \text{車種 2 値上げ率} \times \text{車種 2 価格弾力性} \quad (2) \end{aligned}$$

一般的に大型車よりも普通車の方が需要の価格弾力性が小さいとされているため、この式に従えば、SecondBest 料金では普通車利用者の料金が比較的高くなることが予想される。

しかし、大型車の利用者の多くは企業、普通車の利用者の多くは個人であることを鑑みれば、SecondBest 料金は普通の通勤などでトリップが避けられない普通車利用者の家計を圧迫する可能性がある。そこで、維持補修費用を完全にカバーするという条件を満たしつつ、効率性のみならず公平性も考えた料金を定式化する必要性があろう。

維持補修費用平均分配料金は次式で表される通り各車量に維持補修費用を平均的に分配した料金である。

$$\tau_i = \frac{C_{m_i}(V_i)}{V_i} + \frac{\bar{C}_m}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (3)$$

また、EU 型環境負荷重課料金として次のような料金を定式化した。

$$\tau_i = \left( \frac{C_{m_i}(V_i) + C_{c_i}L}{V_i} + \frac{\bar{C}_m}{\sum_{i=1}^n V_i} + e_i \right) \times D \quad (4)$$

これは、維持補修費用平均分配料金をベースにしつつ、資本コストのうち構造上一方の車種に有利になる部分  $C_{c_i}$  を分離し、さらに各車種が外部に与える環境負荷  $e_i$  の分だけ重課した料金である。環境負荷は大型車ほど大きく見積られるためこの料金制度では大型車の料金が比較的高くなることが予想される。 $D$  は事業者利潤を 0 に調整するための割引率である。

### 3 計算シミュレーション結果と考察

シミュレーション結果を表-1 に、各料金の比較のためのグラフを図-1 に示す。両車種 (1: 普通車, 2: 大型車) の交通需要ポテンシャルは同程度であり、料金の単位は百円、対象となる道路区間は 6km、便益は一時間あたりの数字である。ここでは、普通車利用者の多くが支払い能力が比較的低い家計であり、大型車利用者の多くが支払い能力が比較的高い企業であるという状況を想定しているため、垂直的公平性の観点からは普通車利用者の料金は低く抑えられることが望ましいと考えられる。

もしも、交通需要が多く、FirstBest 料金による収入が十分であるならば FirstBest 料金が効率性と垂

直的公平性を満たしており、間違いなく最適な料金と言えるだろう。しかし今回は、両車種の交通需要がそれほど多くないという状況を仮定している。交通需要が少なければ FirstBest 料金による収入では維持補修費用をカバーしきれない。この場合料金の値上げが必要となる。そのため、通行料金収入で維持補修費用がちょうどカバーされるような料金制度、SecondBest 料金、維持補修費用平均分配料金、EU 型環境負荷重課料金を比較する。注目すべき点は、これら三つのどの料金制度であっても社会的純便益 (表ではシステム総便益と表記) の間にそれほど差が見られない点である。そのため、最適な通行料金を評価する際には、その効率性よりも公平性により重点を置いて評価すれば良いであろう。

表-1 シミュレーション結果

FirstBestの料金				EU型環境負荷重課料金			
交通需要	V_1	922.876		交通需要	V_1	766.177	
	V_2	642.693			V_2	466.271	
トリップ費用	P_1	2.111		トリップ費用	P_1	2.811	
	P_2	2.71			P_2	3.954	
通行料金	tau_1	0.089		通行料金	tau_1	0.802	
	tau_2	0.688			tau_2	1.945	
利用者総便益	NB_1	2.1433E+5		利用者総便益	NB_1	2.1375E+5	
	NB_2	24735.19			NB_2	24058.56	
総料金収入	B_r	524.432					
総維持補修費用	B_e	1627.671		総維持補修費用	B_e	1521.809	
事業者の利潤	B_c	-1103.24					
システム総便益	SNB	2.3797E+5		システム総便益	SNB	2.3781E+5	

SecondBestの料金				維持補修費用平均分配料金			
交通需要	V_1	724.829		交通需要	V_1	732.24	
	V_2	511.614			V_2	503.284	
トリップ費用	P_1	3.061		トリップ費用	P_1	3.014	
	P_2	3.545			P_2	3.614	
通行料金	tau_1	1.053		通行料金	tau_1	1.005	
	tau_2	1.536			tau_2	1.605	
利用者総便益	NB_1	2.1356E+5		利用者総便益	NB_1	2.1359E+5	
	NB_2	24258.19			NB_2	24223.12	
総維持補修費用	B_e	1549.012		総維持補修費用	B_e	1544.015	
システム総便益	SNB	2.3782E+5		システム総便益	SNB	2.3782E+5	

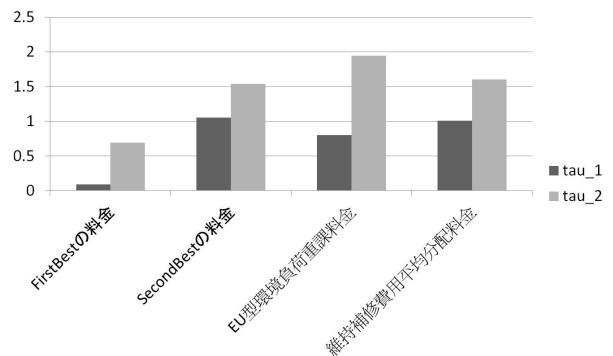


図-1 料金比較 (単位: 百円)

### 参考文献

[1] CHIH-PENG CHU & JYH-FA TSAI.: Road pricing models with maintenance cost, *Transportation*, Vol.31, pp.457-477, 2004