

# 実務における消費者余剰アプローチの適用を目指した便益計測方法\*

Benefit Measurement Method Aimed at Application of Consumer Surplus Approach\*

毛利雄一\*\*・桐越 信\*\*\*・安部勝也\*\*\*

By Yuichi MOHRI\*\*・Shin KIRIKOSHI\*\*\*・Katsuya ABE\*\*\*

## 1. はじめに

現在、各種公共事業の実施にあたっては、その効率性及び実施過程の透明性の向上を図るため、費用便益分析を含めた評価が実施されている。道路事業においても、一定の要件に該当する事業については、それぞれ必要とされる時期の評価のひとつの要素として費用便益分析の実施が義務づけられており、費用便益分析の実施は制度化されつつある状況にある。

道路事業を対象とした新規採択の評価及び再評価における費用便益分析については、将来の当該道路の整備あり、整備なしの交通量及び一般化費用から便益が算定されるため、交通需要予測手法が密接に関係している。そのため、実務で道路事業の費用便益分析を実施していくうえでは、経済理論と整合の図られた交通需要予測方法を理解し、本来どのような方法で交通需要予測を行って便益を計測する必要があるか、また実務で適用可能な交通需要予測手法とその限界を理解し、どのような前提条件で便益を計測するのかを整理しておく必要がある。

本論文では、経済理論に基づいて正確に便益を計測するための交通需要予測方法を整理し、その交通需要予測方法が、実務に適用するうえで、どのように対応できるかを検討する。

\*キーワード：消費者余剰アプローチ、便益計測、  
交通量配分

\*\*正員、工博、（財）計量計画研究所  
(東京都新宿区市ヶ谷本村町2-9、  
TEL03-3268-9911、FAX03-5229-8102)

\*\*\*正員、工博、国土交通省中部地方整備局  
\*\*\*\*正員、工修、国土交通省中部地方整備局  
(愛知県名古屋市中区三の丸2-5-1、  
TEL052-953-8168、FAX052-953-9186)

## 2. 便益計測が要求する交通需要予測方法

### (1) 消費者余剰アプローチによる社会的余剰<sup>①</sup>

経済理論（この場合、ミクロ経済学）において、便益の計測は消費者余剰と生産者余剰の和としての社会的余剰の計測によって行われる（消費者余剰アプローチと呼ぶ）。図-1において、 $D=D(P)$ は需要関数、 $P(Q)$ は利用者が負担する様々な費用をすべて含む一般化費用関数、 $C(Q)$ は社会的限界費用関数であり、価格体系に歪みがなく一般化費用関数  $P(Q)$ と社会的限界費用関数  $C(Q)$ が一致し、均衡点において、価格と社会的限界費用が  $P^*(=C^*)$ に一致している状況を想定している。

$D=D(P)$ と  $P(Q)=(C(Q))$ の交点 B で、価格  $P$  と需要量（供給量） $Q$  がそれぞれ  $P^*$ ,  $Q^*$  に決まるするとすると、下記が得られる。

$$CS \text{ (消費者余剰)} = ABP^* \quad (1)$$

$$PS \text{ (生産者余剰)} = P^*BC \quad (2)$$

$$PQ \text{ (収入)} = P^*BQ^*O \quad (2+3) \quad (3)$$

$$GCS \text{ (グロスの消費者余剰)} \\ = ABQ^*O \quad (1+2+3) \quad (4)$$

$$SC \text{ (社会的費用)} = CBQ^*O \quad (3) \quad (5)$$

社会的余剰(B)は、消費者余剰(CS)と生産者余剰(PS)の和であるので、

$$B = CS + PS = ABC \quad (1+2) \quad (6)$$

となる。一方(4)式より、グロスの消費者余剰(GCS)は、

$$GCS = CS + PS + SC = B + SC \quad (7)$$

となり、社会的余剰(B)は、以下の(8)式で示される。

$$B = GCS - SC \quad (8)$$

以上から、プロジェクト実施による整備効果の把握は、プロジェクトを実施した場合（状態 W）と実施しない場合（状態 O）の社会的余剰（B）の差 ( $\Delta B = B^W - B^O$ ) として把握されることになり、社会的余剰の差 ( $\Delta B$ ) は式 (9) より計測される。

$$\begin{aligned}\Delta B &= B^W - W^0 = (GCS^W - SC^W) - (GCS^0 - SC^0) \\ &= (GCS^W - GCS^0) - (SC^W - SC^0) \\ &= \Delta GCS - \Delta SC\end{aligned}\quad (9)$$

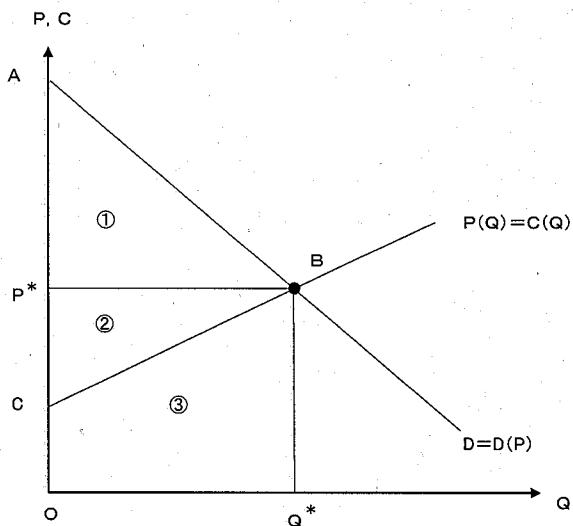


図-1 社会的余剰＝消費者余剰＋生産者余剰  
(価格体系に歪みがない  $P(Q) = C(Q)$  の場合)

## (2) 便益計測方法が前提とする交通需要予測方法

消費者余剰アプローチから示される式(9)の社会的余剰の差 ( $\Delta B$ ) のうち、社会的費用の減少分 ( $\Delta SC$ ) については、交通量配分モデルに基づいて、道路整備あり・なしのそれぞれから得られる交通量及び一般化費用によって算出される。しかし、グロスの消費者余剰の増加分 ( $\Delta GCS$ ) を正確に計測できるかどうかは、交通需要予測の方法と密接に関係してくる。<sup>1), 2)</sup> この関係について、表-1に整理する。表-1の結論としては、消費者余剰アプローチによる上記(9)式を満たす便益計測が要求する交通需要予測方法は、需要変動型の予測方法であり、かつ競合路線の完全代替を予定しない場合の交通量配分方法である。逆に、グロスの消費者余剰の増加分 ( $\Delta GCS = 0$ ) として良い場合は、自動車のOD交通量が需要固定型の予測方法であ

表-1  $\Delta GCS$  と交通需要予測の関係

配分交通量 (経路交通量) OD交通量	Wardrop第1原則 の実現を予定 (完全代替を予定)	Wardrop第1原則 の実現を予定せず (完全代替を予定せず)
需要固定型の予測 $Q_1^0 + Q_2^0 = Q_1^W + Q_2^W$	$\Delta GCS = 0$	$\Delta GCS \neq 0$
需要変動型の予測 $Q_1^0 + Q_2^0 < Q_1^W + Q_2^W$ (一般に)	$\Delta GCS \neq 0$	$\Delta GCS \neq 0$

り、競合路線の完全代替を予定するWardropの第1原則の「等時間原則」を仮定している場合の交通量配分方法である。

## (3) 便益計測のための交通量配分モデルからのアウトプット

消費者余剰アプローチによる便益は、消費者である道路利用者の経路選択という意思決定に基づく経路交通量とその一般化費用によって算定される。一方で、交通量配分モデルは、自動車OD交通量と道路ネットワーク及びリンク抵抗を示すリンクパフォーマンス関数をインプットとし、リンク交通量、リンク旅行速度、OD間所要時間、経路交通量等が、交通量配分モデルからアウトプットされる。便益を計測する際には、交通量配分からアウトプットされる経路交通量もしくはリンク交通量とそれに対応する一般化費用を用いる。

需要固定型予測において、既存道路の拡幅等による道路の改良の場合は、道路改良あり (with) ・なし (without) の経路交通量もしくはリンク交通量 ( $Q_1^0, Q_1^W, Q_2^0, Q_2^W$ ) とそれに対応する一般化費用 ( $P_1^0, P_1^W, P_2^0, P_2^W$ ) が交通量配分より算出され、便益計測が可能である。しかし、図-2に示すように路線1の

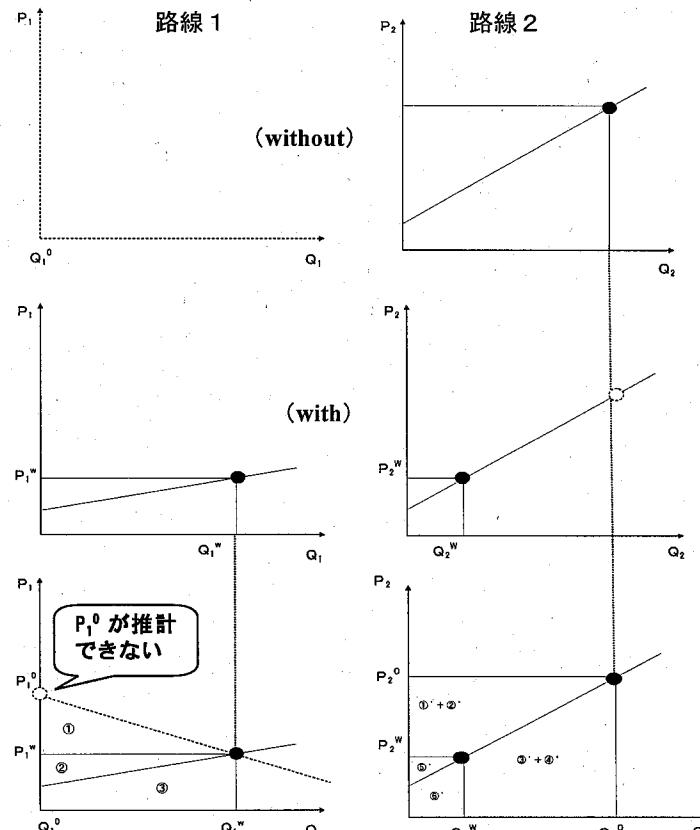


図-2 道路新設（路線1）における便益計測

道路が新設され、新規経路もしくはリンクが追加される場合の便益計測は、道路整備なし（without）の一般化費用 ( $P_1^o$ ) が推計できないため、別途その対応が必要となる。

### 3. 交通量配分手法からみた便益計測方法

将来交通需要予測における1日を対象とした静的な交通量配分手法は、確定的利用者均衡配分（UE : User Equilibrium）と確率的利用者均衡配分（SUE : Stochastic User Equilibrium）に大別される。以下にそれぞれの特徴と便益計測方法を示す。

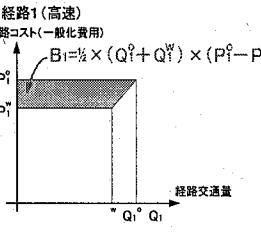
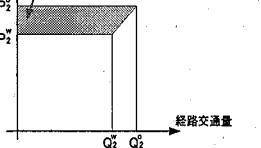
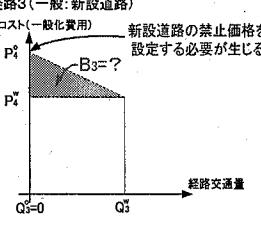
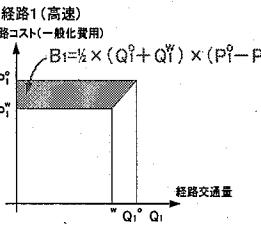
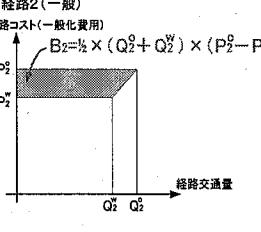
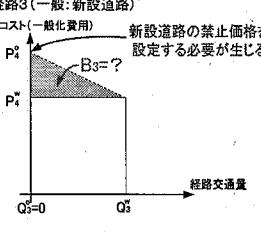
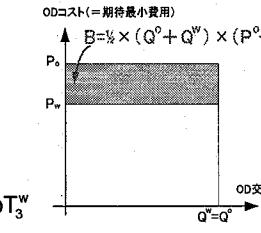
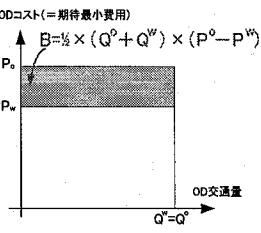
確定的利用者均衡配分		確率的利用者均衡配分	
交通量配分のイメージ	経路3 整備なし O 経路1(高速) $Q_1^o$ (台/日) 時間 $T_1^o$ 料金 $F_1$ O 経路2(一般) $Q_2^o$ (台/日) 時間 $T_2^o$ D 各経路の一般化費用は $T_1^o + F_1 / \omega = T_2^o$ いずれも等しい $\omega = \text{時間価値}$	経路1(高速) $Q_1^o$ (台/日) 時間 $T_1^o$ 料金 $F_1$ O 経路2(一般) $Q_2^o$ (台/日) 時間 $T_2^o$ D $T_1^o + F_1 / \omega = T_2^o = T_3^o$ が成り立つように各経路に配分する。	経路1(高速) $Q_1^o$ (台/日) 時間 $T_1^o$ 料金 $F_1$ O 経路2(一般) $Q_2^o$ (台/日) 時間 $T_2^o$ D $Q_1^o = Q \cdot \frac{\exp(\theta T_1^o + \phi F_1)}{\sum_r \exp(\theta T_r^o + \phi F_r)}$ $Q_2^o = Q \cdot \frac{\exp(\theta T_2^o)}{\sum_r \exp(\theta T_r^o + \phi F_r)}$ $\theta, \phi = \text{パラメータ}$
	経路3 整備あり O 経路1(高速) $Q_1^w$ (台/日) 時間 $T_1^w$ 料金 $F_1$ O 経路2(一般) $Q_2^w$ (台/日) 時間 $T_2^w$ O 経路3(一般) $Q_3^w$ (台/日) 時間 $T_3^w$ $T_1^w + F_1 / \omega = T_2^w = T_3^w$	経路1(高速) $Q_1^w$ (台/日) 時間 $T_1^w$ 料金 $F_1$ O 経路2(一般) $Q_2^w$ (台/日) 時間 $T_2^w$ O 経路3(一般) $Q_3^w$ (台/日) 時間 $T_3^w$ $Q_1^w = Q \cdot \frac{\exp(\theta T_1^w + \phi F_1)}{\sum_r \exp(\theta T_r^w + \phi F_r)}$ $Q_2^w = Q \cdot \frac{\exp(\theta T_2^w)}{\sum_r \exp(\theta T_r^w + \phi F_r)}$ $Q_3^w = Q \cdot \frac{\exp(\theta T_3^w)}{\sum_r \exp(\theta T_r^w + \phi F_r)}$	
	消費 路へ 一 斧による便 益 計 測 方 法 OD ベース ■経路1(高速) 経路コスト(一般化費用) $B_1 = \frac{1}{2} \times (Q_1^o + Q_1^w) \times (P_1^o - P_1^w)$  ■経路2(一般) 経路コスト(一般化費用) $B_2 = \frac{1}{2} \times (Q_2^o + Q_2^w) \times (P_2^o - P_2^w)$  ■経路3(一般:新設道路) 経路コスト(一般化費用) 新設道路の禁止価格を設定する必要が生じる $P_4^o$ $P_4^w$ $B_3 = ?$ 	■経路1(高速) 経路コスト(一般化費用) $B_1 = \frac{1}{2} \times (Q_1^o + Q_1^w) \times (P_1^o - P_1^w)$  ■経路2(一般) 経路コスト(一般化費用) $B_2 = \frac{1}{2} \times (Q_2^o + Q_2^w) \times (P_2^o - P_2^w)$  ■経路3(一般:新設道路) 経路コスト(一般化費用) 新設道路の禁止価格を設定する必要が生じる $P_4^o$ $P_4^w$ $B_3 = ?$ 	■経路1(高速) ODコスト(期待最小費用) $B = \frac{1}{2} (Q^o + Q^w) (P^o - P^w)$ $P^o = P_1^o = P_2^o$ $P_1^o = \omega T_1^o + F_1$ $P_2^o = \omega T_2^o$ $P^w = P_1^w = P_2^w = P_3^w$ $P_1^w = \omega T_1^w + F_1$ $P_2^w = \omega T_2^w$ $P_3^w = \omega T_3^w$ 
OD ベース	$B = \frac{1}{2} (Q^o + Q^w) (P^o - P^w)$ $P^o = P_1^o = P_2^o$ $P_1^o = \omega T_1^o + F_1$ $P_2^o = \omega T_2^o$ $P^w = P_1^w = P_2^w = P_3^w$ $P_1^w = \omega T_1^w + F_1$ $P_2^w = \omega T_2^w$ $P_3^w = \omega T_3^w$	$B = \frac{1}{2} (Q^o + Q^w) (P^o - P^w)$ $P^o = \frac{1}{\phi} \ln \sum_{r=1}^2 \exp(\theta T_r^o + \phi F_r)$ $P^w = \frac{1}{\phi} \ln \sum_{r=1}^3 \exp(\theta T_r^w + \phi F_r)$ 	

図-3 確定的・確率的利用者均衡配分における便益計測の考え方 (OD交通需要固定の場合)

### (1) 確定的利用者均衡配分 (UE)

確定的利用者均衡配分によって各経路に配分される交通量は、Wardropの第1原則である「等時間原則」を仮定し、経路選択肢間に完全代替性が成立することが前提となっている。

図-3の左に示すように、一般化費用は時間と料金の線形和で算出され、各経路間の一般化費用は等しい。また、経路3の道路が新設された場合の経路ベースでの便益計測方法は、道路整備あり (with) ・なし (without)において、それぞれの経路の一般化費用が等しくなるように交通量が算定され、各経路の消費者余剰の変化を合算することにより、便益が算定される。

但し、2.(3)で示したように、新設される経路3については、道路整備なし（without）の一般化費用が推計できないため、別途その対応が必要となる。さらに、確定的利用者均衡配分では、リンク交通量は一意に決まるが、経路交通量については一意に定まる保証はない。

一方、ODベースでの便益計測方法は、OD間の各経路間の一般化費用は等しいことから、OD間の一般化費用は一意に定まり、道路整備あり（with）・なし（without）のOD交通需要（ $Q^0$ ,  $Q^W$ ）とそれに対応するOD間の一般化費用（ $P^0$ ,  $P^W$ ）からなる台形の面積（ここではOD交通需要固定であるため、 $Q^0=Q^W$ となり長方形の面積）を算定すれば良い。この方法によって、上記の新設道路の道路整備がない場合の一般化費用設定の問題も解決される。

確定的利用者均衡配分は、現況再現性向上のためのリンクパフォーマンス関数の設定等、いくつか課題が存在するが、十分に実務での適用に可能な段階である。

## （2）確率的利用者均衡配分（SUE）

確率的利用者均衡配分は、ランダム効用理論に基づく離散選択モデルに従って経路選択を行うと仮定し、所要時間や料金といった経路毎のサービス特性に加え、意思決定者の個人属性、トリップ目的などのトリップ特性が各利用経路の効用に影響を及ぼし、個人はこの利用可能な経路の中から最大の効用を与える経路を選択する。従って、先の確定的利用者均衡配分と違い、経路選択肢間に完全代替性を予定していないことが前提となっている。そのため、図-3の右に示すように、各経路の効用は、旅行時間、交通量等の関数から設定され、各経路の効用値は等しくなるとは限らない。

また、経路3の道路が新設された場合の経路ベースでの便益計測方法は、道路整備あり（with）・なし（without）におけるそれぞれの経路の効用値から算出される一般化費用とそれに基づく経路選択確率から交通量が算定され、各経路の消費者余剰の変化を合算することにより、便益が算定される。但し、確定的利用者均衡配分と同様に、新設される経路3については、道路整備なし（without）の一般化費用が推計できないため、別途それに対する禁止価格の設定が必要となる。

一方、ODベースでの便益計測方法は、OD間の利用可能な経路の選択肢集合が設定されれば、OD間の最小認知費用の期待値（期待最小費用と呼ぶ）が一意

に定まり、道路整備あり（with）・なし（without）のOD交通需要（ $Q^0$ ,  $Q^W$ ）とそれに対応するOD間の期待最小費用（ $P^0$ ,  $P^W$ ）からなる台形の面積（ここではOD交通需要固定であるため、 $Q^0=Q^W$ となり長方形の面積）を算定すれば良い。

2.(2)で示した消費者余剰アプローチによる正確な便益計測において要求される交通需要予測は、競合路線の完全代替を予定しない配分の予測方法である。この前提条件を満たす配分方法としては、確率的利用者均衡配分の適用が望ましい。また確率的利用者均衡配分は、便益計測において要求されるもう1つの前提条件の需要変動型予測への展開についても、ランダム効用理論に基づく離散選択モデルであるため、上位の分担や分布モデルとの適切な整合が図れる方法である。

しかし、実際に実務で適用していくためには、以下のような課題を抱えている。

- ①経路選択肢集合の設定方法が難しい
- ②均衡解を得るための実用的なアルゴリズムが適切に確立されていない
- ③経路選択モデルのパラメータ推定のためのデータが未整備である

## 4. おわりに

本論文では、実務における消費者余剰アプローチの適用を目指した便益計測方法を提案した。具体的には、経済理論から正確に便益を計測するための交通需要予測方法を整理し、その交通需要予測方法が、現在の実務で、どのように適用できるかを提案した。

その第1は、Wardropの第1原則に基づく確定的利用者均衡配分であり、第2は、ODベースでの便益計測である。この方法によって新設道路の道路整備がない場合の一般化費用設定の問題も解決される。

## 参考文献

- 1) 桐越 信・安部勝也・毛利雄一：「道路整備における便益計測方法と交通需要予測方法の関係－「消費者余剰アプローチ」の適用可能性－」高速道路と自動車, Vol.48, No.7, 2005.
- 2) 金本良嗣：消費者余剰アプローチによる政策評価, RIETI Discussion Paper Series 04-J-042, 独立行政法人経済産業研究所, 2004.