

# 交通投資の便益評価入門－基本と実務－

城 所 幸 弘\*

(東京大学空間情報科学研究センター助教授)

## 1 はじめに

公的部門が行う政策を効率性の観点でチェックすることは納税者にとってきわめて重要である。政策が効率性の観点で正しく行われるのであれば、それだけ納税者の負担は少なくてすむからである。公的部門が効率的であるかどうかを調べるには、「費用」と「便益」の両面を考える必要がある。ある政策に関する「費用」と「便益」を考えよう。「費用」とはその政策を実行するためにかかった費用であり、これが少なければ少ないほど納税者の負担は少なくなるので望ましい。しかし、この「費用」だけをとらえても、政策を評価したことにはならない。多くの場合、その政策がどれだけの「便益」をもたらすかはより重要であるからである。例えば、きわめて低い費用でできる政策があったとしても、それが無駄な規制となれば、国民経済上マイナスの便益をもたらすため、政策を実施しない方がよいということになる。逆に、多くの費用がかかる政策であっても、莫大な便益をもたらす政策であれば政策を実行すべきということになる。

これまでの日本の政策評価に関しては、政策に要する「費用」が問題になることが多く、政策が生む「便益」の評価はあまりなされてこなかった。しかし、最近では便益を正確に評価することに対する需要が高まっている。その一例が、道路、鉄道、空港等の交通投資に対する便益評価であろう。それらの交通投資の場合、莫大な費用がかかることが多いので、どれほどの「費用」が必要になるかはきわめて重要である。しかし、その交通投資がどれだけの「便益」を生むかということも同時に考慮されなければ意味がない。本稿では、現在の日本で関心の高い、道路、鉄道、空港等への交通投資の便益の測定法に関して、実務への応用を念頭において、基本的な部分を解説する。

本稿の構成は以下の通りである。2節で、交通投資の便益評価が通常の便益評価とどこが異なるかを解説し、「一般均衡需要曲線」の概念を説明する。3節で、経済すべてにおいて、価格と限界費用が等しい場合（ファーストベストの場合と呼ぶ）の便益の評価法を解説する。現実の経済はファーストベストの状況であるとみなせないことが多いが、ファーストベストの場合の便益評価を理解することは、実際の便益評価を行う際にきわめて重要であるので、このファーストベストの場合から議論を始める。4節で、価格と限界費用が等しいとみなせない場合（セカンドベストの場合と呼ぶ）に対応した便益の評価法を解説する。

\*1991年4月から1992年3月まで公正取引委員会事務局に勤務。1996年東京大学大学院経済学研究科退学。大阪大学社会経済研究所助手（1996年）、埼玉大学大学院政策科学研究科助教授兼政策研究大学院大学助教授（1998年）を経て1999年より現職。この間、カリフォルニア大学アーバイン校経済学部客員研究員（2003年9月－2004年8月）。1999年博士（経済学）。専門は応用マイクロ経済学、特に交通経済学、規制の経済学。

4節で解説する方法は、実際の便益評価にすぐに応用することができる。5節と6節では、現実の便益評価で誤りやすい点を例題を用いて解説する。7節で本稿を締めくくる。

## 2 ミクロ経済学の便益計算から交通プロジェクトの便益評価へ —一般均衡需要曲線の登場—

標準的なミクロ経済学の教科書には、消費者余剰と生産者余剰が必ず解説されている。費用便益分析における便益計算も、消費者余剰と生産者余剰を求めることに他ならない。問題は、どのようにして、消費者余剰と生産者余剰を求めるかである。交通プロジェクトの便益計算を行う場合には、標準的なミクロ経済学の教科書とは若干異なった道具が必要となる。それが「一般均衡需要曲線」である。まず、なぜ「一般均衡需要曲線」といった道具が必要になるのかを考えてみよう。

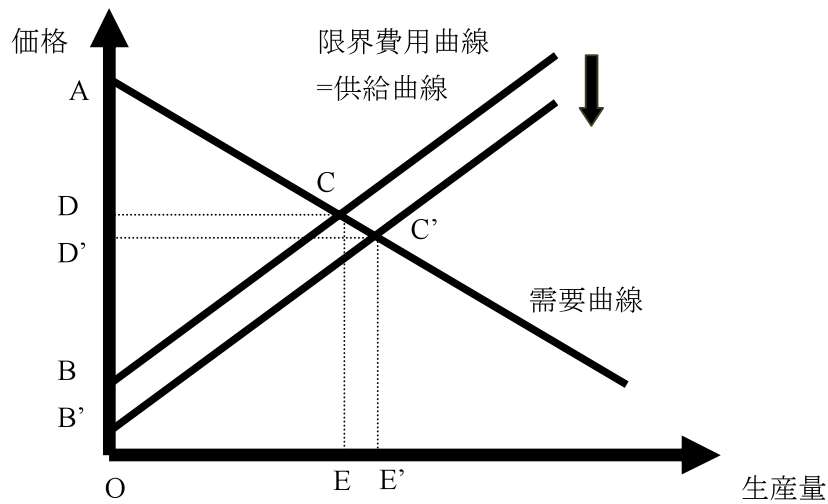


図1：消費者余剰と生産者余剰

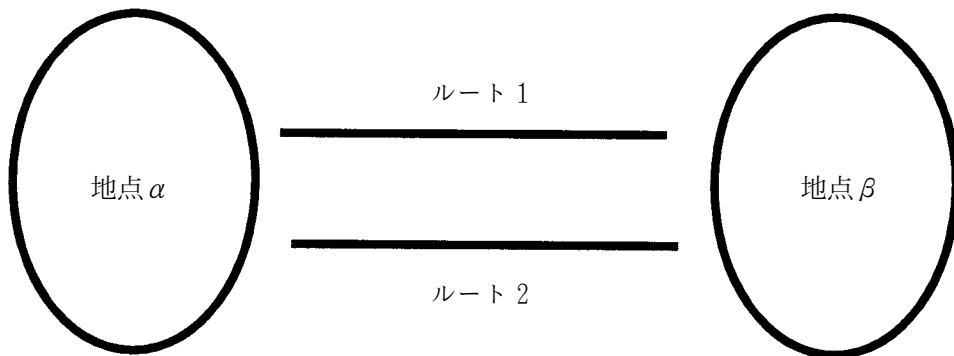


図2：2地点間2ルートモデル

図1は、ミクロ経済学の教科書に必ず出てくる図である。消費者余剰は需要曲線の下側の面積ACEOから、消費者の総支払額DCEOを引いた面積であり、ACDとなる。一方、生産者余剰は、消費者の総支払額DCEOから限界費用曲線の下側の面積BCEO（＝総可変費用）を引いた面積であり、DCBとなる。このDCBの面積は、生産者が得る利潤と生産にかかる固定費用の合計となる。

今ある政策によって、ある財の限界費用が下方にシフトしたとしよう。この場合、均衡点はCからC'点へ移動する。この政策による消費者余剰の変化はDCC'D'の面積であり、生産者余剰の変化はD'C'B'－DCBの面積である。それらを合計すると、総余剰の変化はBCC'B'となる。

交通投資の便益評価であっても、基本的には以上のような標準的な便益計算と異なるところはなく、交通投資が生む消費者余剰と生産者余剰の変化を求めていけばよい。しかし、交通投資の便益評価の際にはそれ固有の問題も存在する。それは、交通がネットワークとして機能していることである。例えば、地点 $\alpha$ と地点 $\beta$ が2つのルートで結ばれている図2のようなケースを考えよう。2つのルートはルート1が一般道路、ルート2が高速道路というように考えてもよいし、ルート1が道路、ルート2が鉄道と考えてもよい。この場合に、ルート1に投資を行うと、当然ルート2の交通量、所要時間も影響を受けるだろう。つまり、ルート1の変化はルート2に影響を与える。先ほどの例では、ある政策がある財に与える影響をとらえていたが、他の財に与える影響を考慮していなかった。交通投資の便益評価では、他のルートの交通に与える影響を無視して考えることができず、これらをどのようにとらえていくかが問題になる。そのためは、「一般均衡需要曲線」という概念が必要となるのでここで解説しよう。

引き続き、図2のような単純な状況を念頭において考えることにする。以下では、 $p$ は一般化価格<sup>1)</sup>、 $MC$ は限界費用、 $x$ は交通需要であるとする。右上添え字の1、2はそれぞれルート1、ルート2を示し、 $WO$ 、 $W$ はそれぞれプロジェクトが実行されないケース、プロジェクトが実行されるケースを示す。例えば、 $p^{1WO}$ はプロジェクトが実行されないケースのルート1の一般化価格を表す。

図1で描かれている需要曲線は、マーシャルの需要曲線である。このマーシャルの需要曲線は、他の財の価格や所得を一定として描かれている。本稿では所得効果は無視して考えることにする<sup>2)</sup>。この仮定の下では、マーシャルの需要曲線は所得に依存しないが、それでも、他の財の価格には依存する点に注意する必要がある。ルート1への投資によって、ルート1の一般化価格は変化するが、当然、これは、ルート1とルート2の代替、補完等の関係によって、ルート2の交通量を変化させ、ひいては、ルート2の一般化価格にも影響を与える。したがって、ルート1への投資は、ルート2の一般化価格を一定として描かれているルート1のマーシャルの需要曲線上において、一般化価格の低下をもたらすのではなく、ルート1のマーシャルの需要曲線自体をシフトさせる。図3で示すように、ルート1に投資が行われない場合の均衡点Bとルート1に投資が行われる場合の均衡点Dは、別のマーシャルの需要曲線上にある。ルート1の一般均衡需要曲線とは、これらの均衡点を結んだものである。ルート1の一般均衡需要曲線は、ルート2との相互作用を明示的に含んでおり、実際の均衡が通る軌跡になる。交通プロジェクトの便益評価が、通常の便益計算と大きく異なるのは、この一般均衡需要曲線に基づいて便益評価を行わなければならない点である。

1) 交通の分野でよく用いられる「一般化価格（一般化費用）」は、通常の経済学での価格と異なり、時間費用を含んでいる。つまり、一般化価格（一般化費用）＝金銭的費用＋時間費用である。

2) 付章で明らかになるが、この仮定は、われわれが準線形の効用関数のケースを考えていることを意味する。

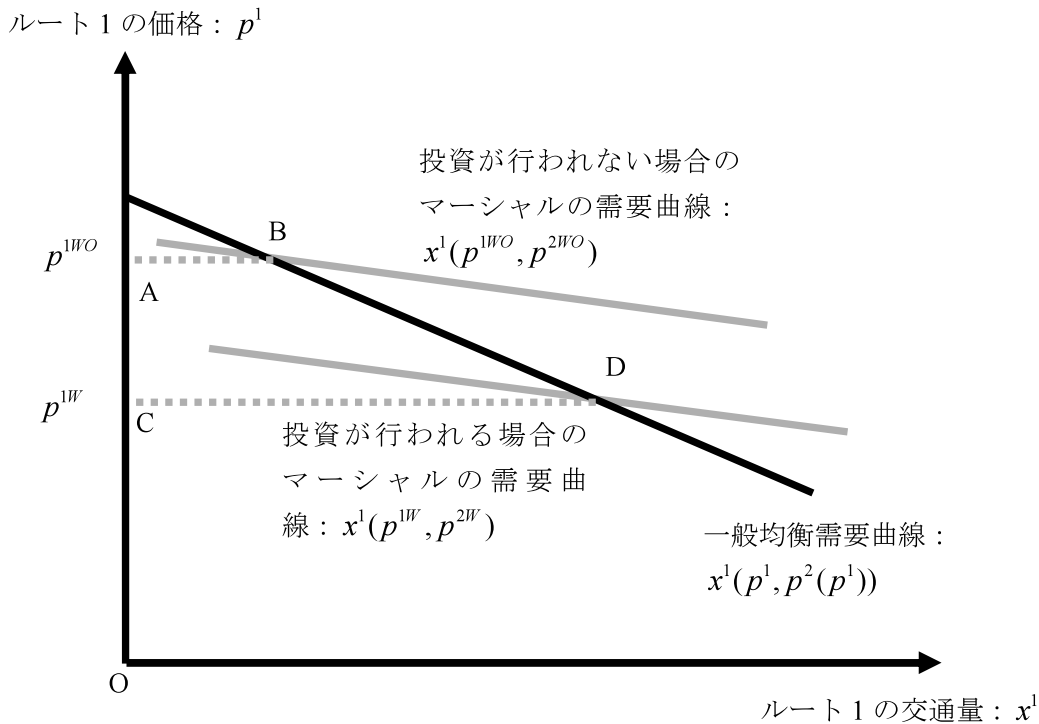


図3：ルート1の一般均衡需要曲線

### 3 ファーストベストの場合の便益評価

それでは、一般均衡需要曲線概念を応用しながら、交通投資の便益評価方法を解説しよう。ここでは、議論の出発点として価格と限界費用が等しいファーストベストの場合を分析する。なお、3節と4節で述べる結果の数学的導出に関しては、付録で行う。ルート1に関しては、図3と同様の一般均衡需要曲線が描ける<sup>3)</sup>。この一般均衡需要曲線に沿った、図4のABDCがルート1の消費者余剰の変化として求められる。ルート1の生産者余剰の変化は、ルート1に関する消費者の総支払額から総可変費用（限界費用曲線の下側の面積）を引いたものの変化である。ルート1への投資が実行されない場合の生産者余剰の変化は、ABGOの面積からEBGOの面積を引いたものとして求められ、ルート1への投資が実行される場合の生産者余剰の変化は、CDHOの面積からFDHOの面積を引いたものとして求められる。したがって、ルート1の生産者余剰の変化は、

$$CDHO - FDHO - (ABGO - EBGO) = CDF - ABE \tag{1}$$

となる。これらより、ルート1の総余剰の変化は、ルート1の消費者余剰の変化と生産者余剰の変化の和として、

$$ABCD + CDF - ABE = EDBF \tag{2}$$

3) 実務的な交通需要予測では、他の交通サービスの一般化価格を一定としたマーシャルの需要曲線を推定することは困難であるため、交通投資後の実際の交通需要を予測している。この交通需要は、他のルートとの代替、補完等の相互作用を含めた実際の交通需要であるため、実務的な交通需要予測は、マーシャルの需要曲線を推定しているというよりは、一般均衡需要曲線上の交通需要の変化を推定していると考えられる。

となる。ここまでの話は、図1の通常のマーシャルの需要曲線を用いた議論を、そのまま一般均衡需要曲線に置き換えただけと考えれば理解しやすいだろう。

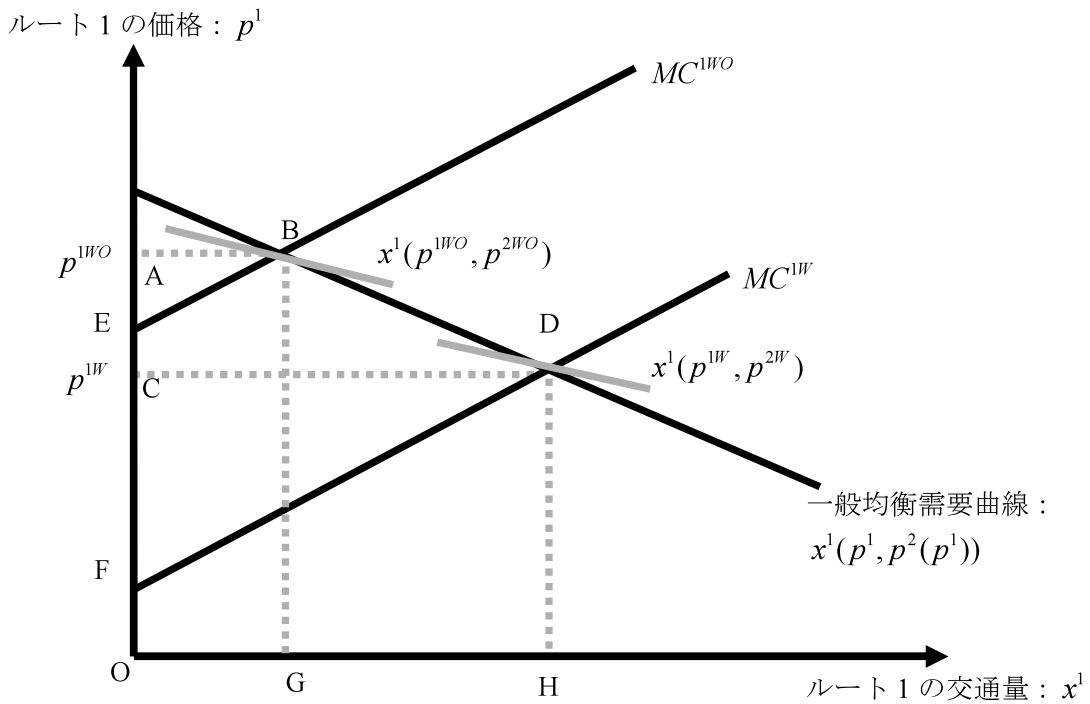


図4：ファーストベストのルート1の消費者余剰の変化と生産者余剰の変化

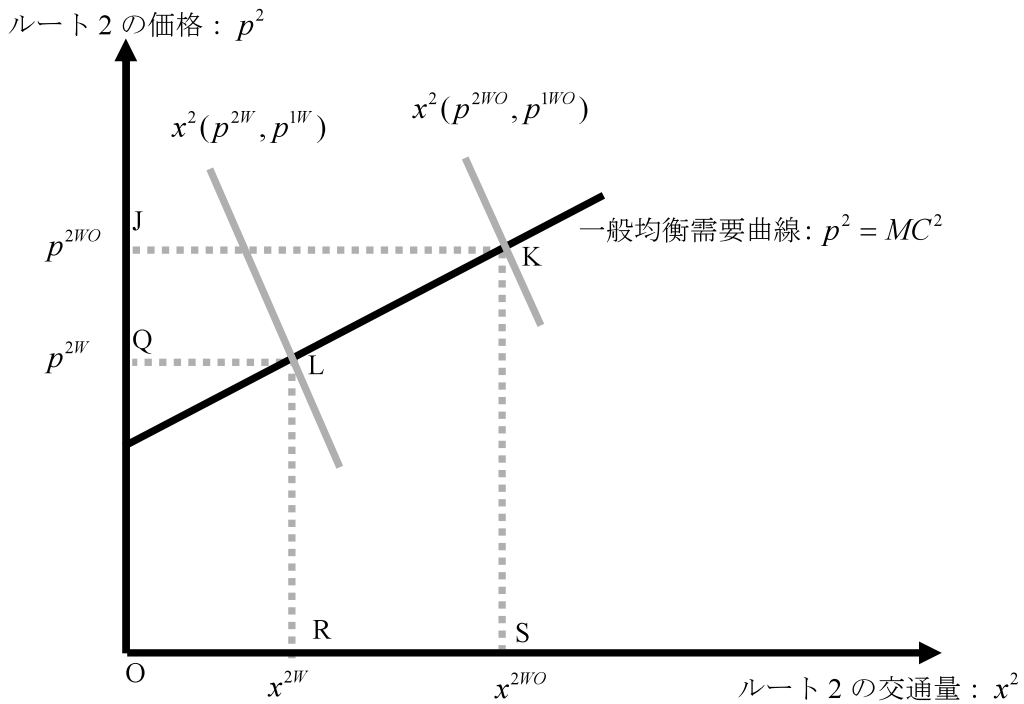


図5：ファーストベストのルート2の消費者余剰の変化と生産者余剰の変化

今度はルート2の消費者余剰の変化と生産者余剰の変化の計算を、図5を用いて行おう。ルート2の一般均衡需要曲線がどのようになるかを理解するのが鍵である。ここで、ルート1の交通投資がルート2にどのような影響を与えても、ルート2の均衡点は必ず、消費者が直面する一般化価格曲線上にあることに注意しよう。一般均衡需要曲線は実際の均衡の軌跡であるので、このことは、一般化価格曲線が一般均衡需要曲線になることを意味する。また、ここで考えているファーストベストの状況では、ルート2では、常に一般化価格と限界費用が等しくなる。つまり、ファーストベストの状況では、限界費用曲線が一般均衡需要曲線になる。この一般均衡需要曲線に沿って、ルート2の消費者余剰を求めると、JKLQとなる。ルート2の生産者余剰の変化は、消費者の総支払額の変化から総可変費用の変化を引いたものになる。消費者の総支払額の変化はJKLQ+LKSRの面積、総可変費用の変化はLKSRの面積なので、ルート2の生産者余剰の変化は、

$$-(JKLQ+LKSR)-(-LKSR)=-JKLQ \quad (3)$$

となる。ルート2の総余剰の変化は、ルート2の消費者余剰の変化と生産者余剰の変化の和をとって、

$$JKLQ+(-JKLQ)=0 \quad (4)$$

となる。つまり、ファーストベストの状況では、ルート2の総余剰の変化を考慮する必要はない。

以上で得られた、ファーストベストの場合の便益評価の含意は非常に強力である。ファーストベストの状況では、投資がなされたルート2の消費者余剰の変化と生産者余剰の変化の和を求めればよく、他のルート1でどのような変化が起きても、それは相殺されてしまうため、総余剰を求める際には考慮する必要がない。

## 4 セカンドベストの場合の便益評価

残念ながら、便益計算時に、3節で示したファーストベストの状況が成立しているとみなすことができる場合は多くない。現実には、価格と限界費用が等しくないと考える方が妥当であろう。しかし、これは、価格と限界費用が等しくないセカンドベストの場合の便益計算方法が複雑になることを意味しない。3節のファーストベストの場合の便益計算では、ルート1の消費者余剰の変化と生産者余剰の変化を一般均衡需要曲線に沿って求め、ルート2の消費者余剰の変化と生産者余剰の変化を一般均衡需要曲線に沿って求めた。ファーストベストの場合の便益計算方法が簡単になったのは、ルート2の消費者余剰の変化と生産者余剰の変化の和がゼロになったからである。セカンドベストの状況では、このことは成立しないが、上記の便益計算方法自体は有効である。つまり、セカンドベストの状況下でも、ルート1とルート2に関して、それぞれ消費者余剰の変化と生産者余剰の変化を求めて、それらを合計すれば、総余剰の変化を求めることができる。

このようにセカンドベストの場合でも、各ルートごとに消費者余剰の変化と生産者余剰の変化を求めて足し合わせれば便益を正確に求めることができるが、以下では、セカンドベストの場合の便益評価をより深く理解するために、セカンドベストの場合の便益計算を二つの別の形で表してみよう。

第一の変形は、ルート2が受ける影響を明確化することを目的としている。投資がなされるルート1の消費者余剰の変化は、図6のABDCである。ルート1の生産者余剰の変化は、図7で、投資が実行される場合の生産者余剰CDHO-F'D'HOから投資が実行されない場合の生産者余剰ABGO-E'B'GOを引いたものである。ルート2に関しては、消費者余剰の変化は、図8のJKLQである。ここで、ファーストベストの

場合同様、ルート2の一般化価格曲線が一般均衡需要曲線になることに注意しよう。ファーストベストの場合と異なるのは、セカンドベストの状況では、価格と限界費用が異なるために、一般化価格曲線と限界費用曲線とが一致しないことである。ルート2の生産者余剰の変化は、ファーストベストの場合同様、消費者の総支払額の変化から総可変費用の変化を引いたものになる。消費者の総支払額の変化は、ファーストベストの場合と同じく図8のJKLQ+LKSRの面積、総可変費用の変化は、一般化価格と限界費用の乖離を反映して図8のL'K'SRの面積となる。したがって、ルート2の生産者余剰の変化は、

$$-(JKLQ+LKSR)-(-L'K'SR)=-JKLQ+L'K'KL \quad (5)$$

となる。ここで、L'K'KLの面積は、価格と限界費用が乖離することから生じており、ルート2の死重損失の変化である。ルート2の総余剰の変化は、ルート2の消費者余剰の変化と生産者余剰の変化の和であり、

$$JKLQ+(-JKLQ+L'K'KL)=L'K'KL \quad (6)$$

となる。(6)より、ルート2での変化は最終的にルート2の死重損失の変化だけになることがわかる。まとめると、セカンドベストの状況での便益計算法に関して、

$$\begin{aligned} & \text{ルート1の消費者余剰の変化} + \text{ルート1の生産者余剰の変化} \\ & + \text{ルート2の消費者余剰の変化} + \text{ルート2の生産者余剰の変化} \\ & = \text{ルート1の消費者余剰の変化} + \text{ルート1の生産者余剰の変化} + \text{ルート2の死重損失の変化} \end{aligned} \quad (7)$$

という結果が得られる。

第二の変形では、ファーストベストの場合の便益とセカンドベストの場合の便益との関係を明確化することを目的とする。ルート1の消費者余剰と生産者余剰を合計すると、図7で

$$\begin{aligned} & ABCD+CDHO-F'D'HO-(ABGO-E'B'GO) \\ & = (ABDC+CDHO-ABGO) + (E'B'GO-F'D'HO) \\ & = BDHG+E'B'GO-F'D'HO \\ & = E'B'BDHO-F'D'HO \\ & = E'B'D'F'+B'B'B-D'D'D \end{aligned} \quad (8)$$

となる。ここで、E'B'D'F'はファーストベストの状況が成立としていると仮定した場合の、ルート1の総余剰の変化、つまり、(2)に等しい。B'B'B-D'D'Dの面積は、価格と限界費用の乖離から生じており、ルート1で発生している死重損失の変化を表している。ルート2の総余剰の変化に関しては、第一の変形と同じく、ルート2の死重損失の変化L'K'KLである。これらをまとめると、(7)をさらに以下の形に書き直すことができる。

$$\begin{aligned} & \text{ルート1の消費者余剰の変化} + \text{ルート1の生産者余剰の変化} \\ & + \text{ルート2の消費者余剰の変化} + \text{ルート2の生産者余剰の変化} \\ & = \text{ルート1の消費者余剰の変化} + \text{ルート1の生産者余剰の変化} + \text{ルート2の死重損失の変化} \\ & = \text{ファーストベストのルート1の総余剰の変化} + \text{ルート1の死重損失の変化} + \text{ルート2の死重損失の変化} \end{aligned} \quad (9)$$

(9)が示すように、セカンドベストの総余剰の変化は3通りの方法で表すことができる。3つの方法は必ず同一の値をもたらすので、便益を実際に計算するときにはどの方法を用いてもよいし、複数の方法で便益を計算することによって得られた便益が正しいかどうかをチェックすることもできる。

ここまでは、簡単化のために、2つのルートがある場合を念頭において議論を展開してきたが、Kidokoro (2004) が示しているようにこれは任意のルートがある交通ネットワークに容易に拡張することができる。その場合は、(9)は、以下のようなになる。

すべてのルートの消費者余剰の変化の合計+すべてのルートの生産者余剰の変化の合計  
 =投資が行われたルートの消費者余剰の変化+投資が行われたルートの生産者余剰の変化 (10)  
 +それ以外のルートの死重損失の変化の合計  
 =投資が行われたルートのファーストベストの総余剰の変化+すべてのルートの死重損失の変化の合計  
 つまり、複雑なネットワークになっても計算すべきルートが増えるだけで、便益の計算方法に本質的な違いはない。

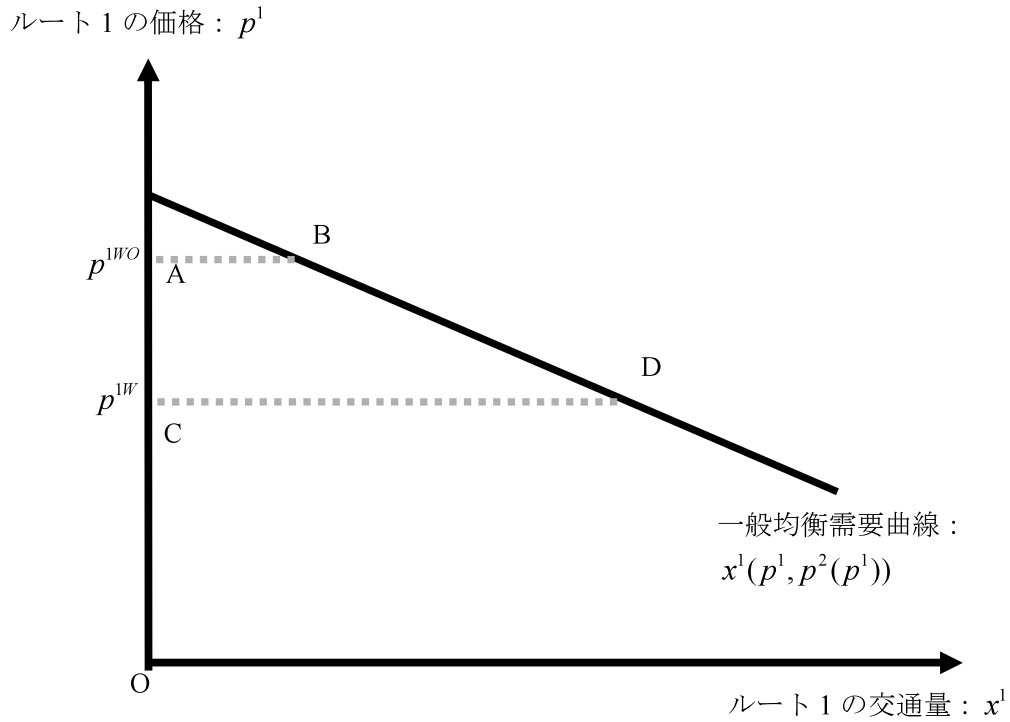


図6：セカンドベストのルート1の消費者余剰の変化



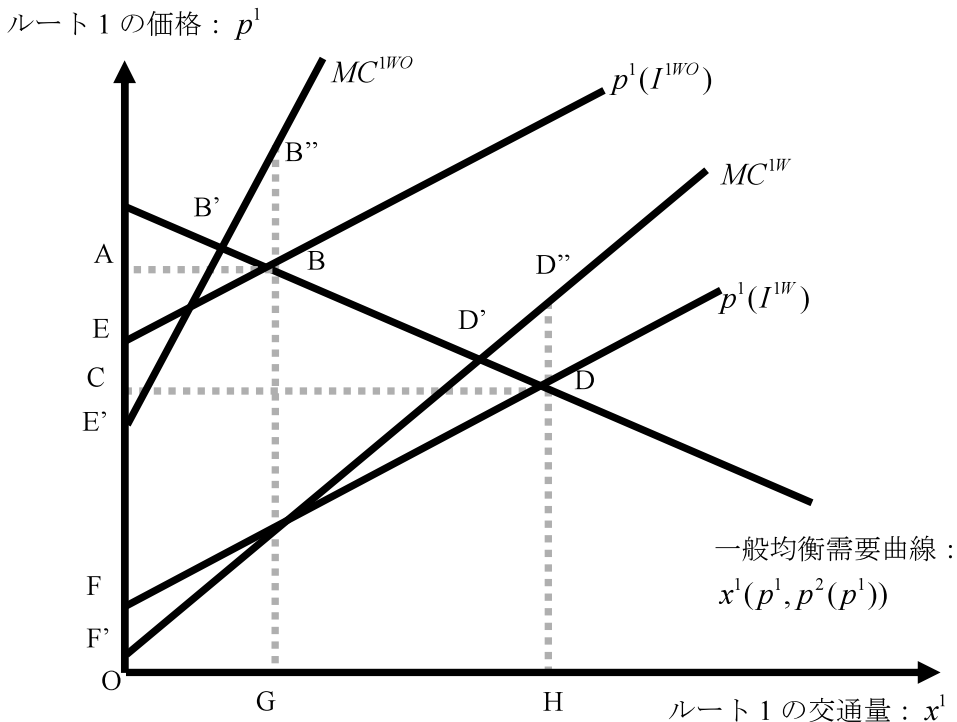


図 7 : セカンドベストのルート 1 の生産者余剰の変化

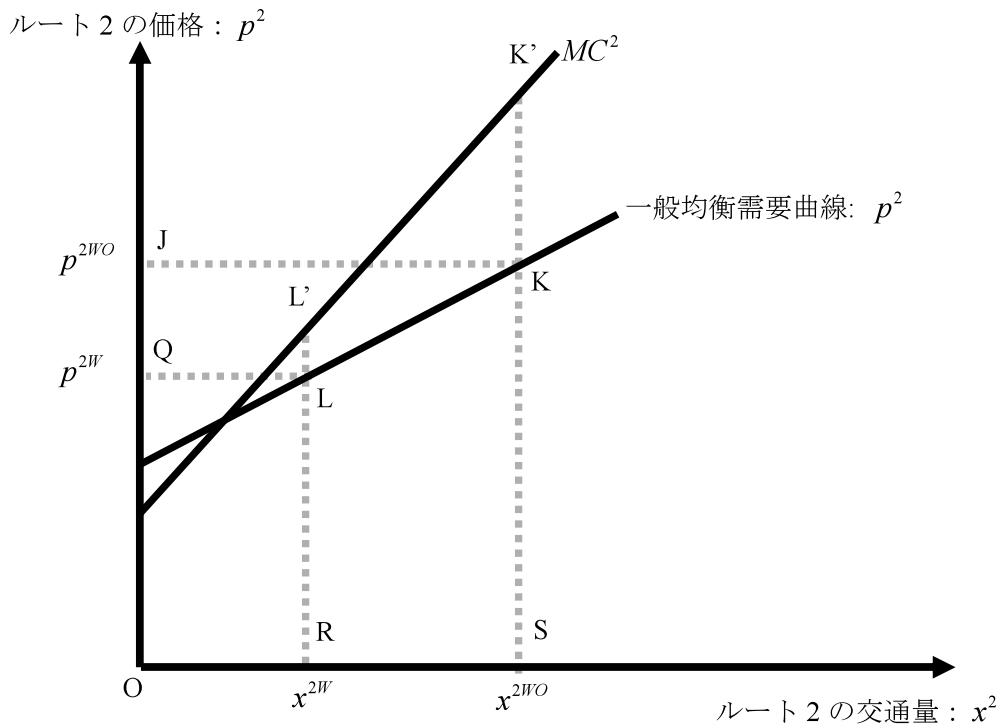


図 8 : セカンドベストのルート 2 の消費者余剰の変化と生産者余剰の変化

## 5 例題1－交通投資を実行する場合と実行しない場合の費用の差を便益とすることは正しいか？－

3節と4節で示した便益評価方法をより具体的な例で解説してみよう。表1は運輸政策研究機構(1999)の104ページから124ページにある例を再現したものである。表1のケースは、鉄道プロジェクトによって鉄道の所要時間が短縮され、鉄道の需要が増す場合の便益評価を考えている。なお、運輸政策研究機構(1999)では、時間費用は39.3円/分であるが、ここでは簡単化のために40円/分としている。

この例では、価格と限界費用が等しいファーストベストの状況が想定されている。また、簡単化のために生産者余剰の変化はゼロであり、総便益＝消費者余剰の変化と仮定しよう。運輸政策研究機構(1999)は以下のように、総便益を求めている。

表1

プロジェクトを実行しない場合

交通機関	所要時間(分)	(金銭的)費用(円)	一般化価格(円)	需要(人/日)(円)
鉄道	190	11,000	18,600	100
航空	120	14,000	18,800	110
自動車	400	5,500	21,500	10

プロジェクトを実行する場合

交通機関	所要時間(分)	(金銭的)費用(円)	一般化価格(円)	需要(人/日)(円)
鉄道	140	11,000	16,600	135
航空	120	14,000	18,800	80
自動車	400	5,500	21,500	5

まず、出発地-目的地(OD)間の一般化価格をすべてのルートの一一般化価格の加重平均として求める。プロジェクトを実行しない場合のOD間一般化価格は、

$$18,600 \times \frac{100}{220} + 18,800 \times \frac{110}{220} + 21,500 \times \frac{10}{220} = 18,831 \text{ (円)} \quad (11)$$

であり、プロジェクトを実行する場合のOD間一般化価格は、

$$16,600 \times \frac{135}{220} + 18,800 \times \frac{80}{220} + 21,500 \times \frac{5}{220} = 17,511 \text{ (円)} \quad (12)$$

である。次に、このOD間一般化価格の変化がOD間の全需要に当てはまると仮定して、最終的な便益を

$$0.5 \times (18,831 - 17,511) \times (220 + 220) = 290,500 \text{ (円)} \quad (13)$$

と求めている。

運輸政策研究機構(1999)の方法は、プロジェクトを実行しない場合と実行する場合で総需要が変化しない場合は、総費用の変化を計算していると解釈することができる。プロジェクトを実行しない場合の総費用は、

$$18,600 \times 100 + 18,800 \times 110 + 21,500 \times 10 = 4,143,000 \text{ (円)} \quad (14)$$

であり、プロジェクトを実行する場合の総費用は、

$$16,600 \times 135 + 18,800 \times 80 + 21,500 \times 5 = 3,852,500 \text{ (円)} \quad (15)$$

である。(14)から(15)を引くと、290,500円となり、(13)に一致する。これ以降、運輸政策研究機構(1999)の方法を「総費用変化法」と呼ぼう。このような総費用変化法は国土交通省の道路の便益評価に関するマニュアル(国土交通省(2003))でも用いられており、一見すると正しいように思われるが、実は正しくない。

4節で説明したファーストベストの場合の便益評価では、最終的な便益は投資が行われたルートでの消費者余剰の変化と生産者余剰の変化の合計であった。ここでは、生産者余剰が常にゼロだと仮定しているので、最終的な便益は、投資が行われたルートの消費者余剰、つまり、鉄道ルートの消費者余剰になる。ここで、正しい便益を計算すると、プロジェクトを実行しない場合の鉄道の一般化価格は、18,600(円)であり、プロジェクトを実行する場合の鉄道の一般化価格は、16,600(円)であるので、最終的な便益は

$$0.5 \times (18,600 - 16,600) \times (100 + 135) = 235,000 \text{ (円)} \quad (16)$$

である。

ファーストベストの場合の便益評価で重要なことは、投資が行われた以外のルートでの変化は常にゼロになり、便益評価の結果に影響を与えないことである。しかし、総費用変化法では、最終的な便益は、投資が行われたルート以外の変化によっても影響を受けるため、ファーストベストの場合の正しい便益評価とは基本的に相容れないものである。しかし、総需要が固定されており、もしすべてのルート(この例では鉄道、航空、自動車)が完全に代替的であると仮定できるのであれば、総費用変化法を用いても正しい推定を行うことができる。このことを表1の例を若干修正した表2の例で確かめてみよう。

表2

プロジェクトを実行しない場合

交通機関	所要時間(分)	(金銭的)費用(円)	一般化価格(円)	需要(人/日)(円)
鉄道	190	11,000	18,600	220
航空	120	14,000	18,800	0
自動車	400	5,500	21,500	0

プロジェクトを実行する場合

交通機関	所要時間(分)	(金銭的)費用(円)	一般化価格(円)	需要(人/日)(円)
鉄道	140	11,000	16,600	220
航空	120	14,000	18,800	0
自動車	400	5,500	21,500	0

表2の例では、各ルートが完全に代替的であるので一般化価格が低い鉄道だけが利用される状況を考えている。このときは、OD間一般化価格＝鉄道の一般化価格となるので、運輸政策研究機構(1999)の方法と3節の方法は一致し、消費者余剰は、

$$0.5 \times (18,600 - 16,600) \times (220 + 220) = 440,000 \text{ (円)} \quad (17)$$

となる。もちろん、運輸政策研究機構(1999)の方法が総費用変化法と一致することを考慮して、総費用の変化を求めても、

$$18,600 \times 220 - 16,600 \times 220 = 440,000 \text{ (円)} \quad (18)$$

となり、便益を正しく計算することができる。

上記のように、表2のようなケースであれば、総費用変化法は正しい便益の値を与える。しかし、表2のような状況が現実に成立すると考えるのはかなり極端な仮定であると言わざるを得ない。表2の前提となっている、各ルートが完全に代替的であるという仮定は、現実に起こる状況を描写できないことが多い。例えば、東京－大阪間では、航空と新幹線が競争しているが、ここで航空運賃が下がったと考えよう。この場合、航空と新幹線が完全に代替的ならば、(新幹線が追随値下げをしない限り)、すべての利用者は航空を選択することになる<sup>4)</sup>。しかし、現実にはこのようなことは起こらず、新幹線を選択する利用者は少なからず存在するだろう。このような場合に、完全代替を仮定すると、便益を正確に計算することはできない。

総費用変化法の利点として、新規に路線が開設される場合の便益評価が容易であることが挙げられることがある。この点については注意して考える必要があるので、以下で説明したい。確かに、3節や4節の方法は、新規に路線が開設される場合は困難を伴う。今、新規に開設される路線をルート1とすると、プロジェクトを実行しない場合のルート1の一般化価格 ( $p^{1W0}$ ) が実務的には推定が難しいからである。新規に路線が開設される場合であっても、総費用変化法は簡単に計算可能であるが、この計算が何を求めているかは注意深く検討する必要がある。表3の例は、プロジェクトを実行しない場合は鉄道と自動車を利用可能であるが、プロジェクトによって空港が整備され航空路線が開設されるケースを考えている。引き続き価格と限界費用が等しいファーストベストの状況で、かつ生産者余剰がゼロであるとしよう。この場合は、航空の消費者余剰だけを求めればよい。しかし、新規路線の場合の、プロジェクトを実行しない場合の一般化価格を求めることは実務的には非常に困難である。したがって、表3のような場合は簡単に正確な便益を求めることができず、実務的にどのように対処すべきかは、依然として未解決の課題である。

表3

プロジェクトを実行しない場合

交通機関	所要時間 (分)	(金銭的) 費用 (円)	一般化価格 (円)	需要 (人/日) (円)
鉄 道	190	11,000	18,600	210
自動車	400	5,500	21,500	10

プロジェクトを実行する場合

交通機関	所要時間 (分)	(金銭的) 費用 (円)	一般化価格 (円)	需要 (人/日) (円)
鉄 道	190	11,000	18,600	100
航 空	100	12,000	16,000	115
自動車	400	5,500	21,500	5

総費用変化法では、このような場合でも計算可能である。プロジェクトを実行しない場合の総費用は、

$$18,600 \times 210 + 21,500 \times 10 = 4,121,000 \text{ (円)} \tag{19}$$

であり、プロジェクトを実行する場合の総費用は、

$$18,600 \times 100 + 16,000 \times 115 + 21,500 \times 5 = 3,807,500 \text{ (円)} \tag{20}$$

4) 単純化のために、ここでの議論は、需要があればいくらかでも便数を増やせると仮定している。

である。(19)と(20)より、総費用の変化は

$$4,121,000 - 3,807,500 = 313,500 \text{ (円)} \quad (21)$$

となる。しかし、(21)で求められた総費用の変化が一般的には消費者余剰の変化と対応していないことは先ほど示したとおりである。つまり、新規に路線が開設される場合でも総費用変化法は「計算可能」であるが、正しい便益を計算しているわけではない。

表2の例では、各ルートが完全に代替的であるなら、総費用変化法が正しい便益を与えることを確認したが、この結果は新規に整備される路線がある場合でも当てはまる。しかし、各ルートが完全に代替的であると考えられるのであれば、新規路線の整備をする場合でも、3節の方法で簡単に便益を求めることができる。表4の例でこのことを考えよう。表4では、各ルートが完全に代替的であり、最も低い一般化価格のルートが利用されている状況を描いている<sup>5)</sup>。このような場合は、プロジェクトを実行しない場合の新規路線の一般化価格を、利用されている他のルートの一般化価格で代用することができる。プロジェクトを実行しない場合の航空の一般化価格として鉄道の一般化価格18,600(円)を用いる。また、各ルートが完全代替であるなら、わずかな一般化価格の下落により、全ての交通需要が航空に移ることになる。このとき、図9のように、航空の需要曲線は垂直になるので、航空の消費者余剰は

$$0.5 \times (18,600 - 16,000) \times (220 + 220) = 572,000 \text{ (円)} \quad (22)$$

である。この場合は総費用変化法を用いても、

$$(18,600 - 16,000) \times 220 = 572,000 \text{ (円)} \quad (23)$$

真の消費者余剰に一致する。

表4

プロジェクトを実行しない場合

交通機関	所要時間(分)	(金銭的)費用(円)	一般化価格(円)	需要(人/日)(円)
鉄 道	190	11,000	18,600	220
自動車	400	5,500	21,500	0

プロジェクトを実行する場合

交通機関	所要時間(分)	(金銭的)費用(円)	一般化価格(円)	需要(人/日)(円)
鉄 道	190	11,000	18,600	0
航 空	100	12,000	16,000	220
自動車	400	5,500	21,500	0

5) 2本の混雑している道路を考えて、混雑の度合いによって一般化価格が調整され、均衡では一般化価格が等しくなるような形での完全代替性を考えても、ここでの議論は影響を受けない。

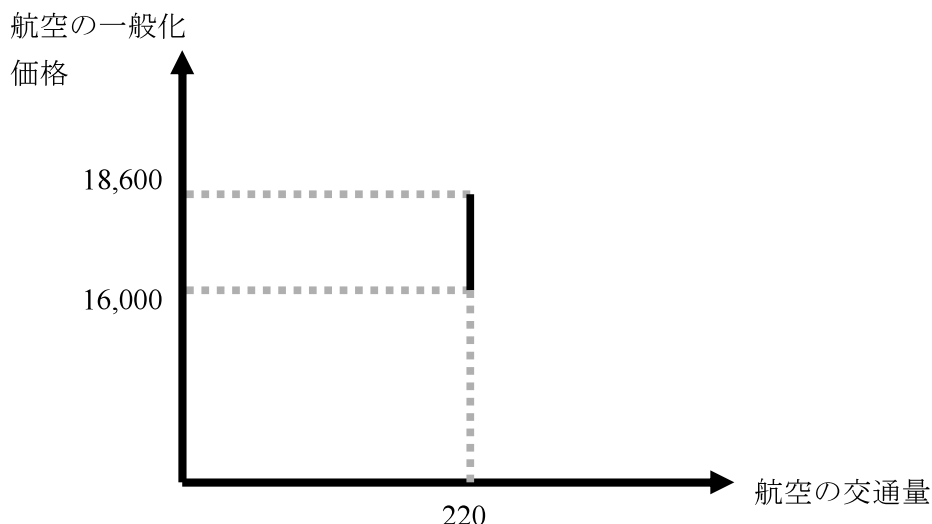


図9：航空の需要曲線（各ルートは完全代替，合計の交通需要は固定）

以上のことより，新規に路線が整備される場合には，各ルートが完全に代替的であるという仮定によって，簡単に便益が求められるのであって，総費用変化法を用いることによって便益が求められるわけではないことがわかる。総費用変化法が正しい便益を与える場合は，3節や4節の方法で正しい便益を求めることができるが，その逆は成立しないので，総費用変化法には有用性がないといえるだろう。

## 6 例題2－混雑緩和は常に正の便益を生むか？－

交通ネットワークのある箇所への投資によって，別の箇所で混雑が緩和されることを考えよう。この混雑の緩和は必ず追加的な便益となるのであろうか？この節の例題では，この問題に焦点を当てる。3節で分析した，価格と限界費用が等しいファーストベストの場合は，この答えは明快である。投資が行われたルート以外では，消費者余剰の変化と生産者余剰の変化の和が常にゼロになる。これは，たとえ混雑の緩和がなされてもそれによる便益は考慮する必要がないことを示している。しかし，現実には価格と限界費用が等しいファーストベストの場合ではなく，それらが異なるセカンドベストの場合である。セカンドベストの場合に，投資が行われたルート以外で考慮するのは死重損失の変化であった。この死重損失の変化は混雑緩和による便益とは必ずしも等しくない。表5でこの点を検討しよう。表5では一般道路と高速道路の2本の道路を考えている。ルート1の一般道路を投資によって拡張することを考えよう。このとき，ルート2の高速道路の混雑は緩和されるとする。一般道路を利用しても高速道路を利用しても燃料税は支払う必要があるが，高速道路料金は高速道路をする場合だけに必要であるとする。ここで，燃料税率は100%，高速道路料金は1,300円であるとする。また，簡単化のために，一般道路を利用しても高速道路を利用しても必要な燃料は等量であるとする。つまり，一般道路を利用した場合と高速道路を利用した場合の燃料費の差は考慮しない。時間費用は5節同様，40円/分とする。

この例に4節で示した便益の計算法を適用する。この例では，ファーストベストの総余剰を計算することはできないので，その他の2つの方法で便益を求めてみる。まず，各ルートの消費者余剰の変化と生産者余剰の変化の和として総余剰の変化を求めることにする。一般道路の消費者余剰の変化は，プロジェクトを実行しない場合の交通需要，一般化価格がそれぞれ，100（人/日），5,300（円），プロジェクトを実行する場合の交通需要，一般化価格がそれぞれ，170（人/日），3,650（円）なので，

$$0.5 \times (5,300 - 3,650) \times (100 + 170) = 222,750 \text{ (円)} \quad (24)$$

となる。一般道路の生産者余剰の変化を求めるには、消費者の総支払額と総可変費用を考える必要がある。プロジェクトを実行する場合から考えよう。この場合、消費者の総支払い額は、 $3,650 \times 170 = 620,500$  (円)、総可変費用は、 $(3,650 - 225) \times 170 = 582,250$  (円) であるので生産者余剰は、 $620,500 - 582,250 = 38,250$  (円) である。この生産者余剰は、一般道路に関する燃料税収にあたる。同様に計算すると、プロジェクトを実行しない場合の生産者余剰は25,000 (円) である。したがって、一般道路の生産者余剰の変化は、 $38,250 - 25,000 = 13,250$  (円) である。

同様の計算を高速道路についても行うと、消費者余剰の変化は、

$$0.5 \times (3,800 - 3,550) \times (200 + 130) = 41,250 \text{ (円)} \quad (25)$$

生産者余剰の変化は

$$1,525 \times 130 - 1,550 \times 200 = -111,750 \text{ (円)} \quad (26)$$

である。

一般道路の総余剰の変化は、消費者余剰の変化と生産者余剰の変化を足して、236,000 (円) と求められる。同様に、高速道路の総余剰の変化は-70,500 (円) である。この2つを加えると、このプロジェクトによる総余剰の変化が165,500 (円) と求めることができる。

ここで注目すべきなのは、このプロジェクトによって高速道路の混雑は緩和されているにもかかわらず、高速道路で生じる総余剰は負であり、プロジェクトの総余剰<一般道路の総余剰となっていることである。つまり、「混雑の緩和は便益である」という考えは常に正しいわけではない。このことを見るには、別の方法、すなわち、(9)で示した、

総余剰の変化＝ルート1の消費者余剰の変化＋ルート1の生産者余剰の変化＋ルート2の死重損失の変化という計算方法を思い起こすのが有用であろう。最終的には、投資が行われるルート以外では、死重損失の変化だけが計算すべき便益となる。死重損失の変化は一般化価格と限界費用の乖離によって生じ、交通量が減少するときは、一般化価格>限界費用であれば死重損失の変化は負、一般化価格<限界費用であれば死重損失の変化は正になる。表5の例では、燃料税と高速道路料金が高く設定されており、それが一般化価格を非常に高くしている。つまり、燃料税や高速道路料金が非常に高い場合は、死重損失の変化は負になる可能性があり、混雑緩和によって必ずしも正の便益が生じるとは限らない。

表5

プロジェクトを実行しない場合

交通機関	所要時間(分)	(金銭的)費用(円)	(うち燃料税・高速料金)	一般化価格(円)	需要(人/日)(円)
一般道路	120	500	250	5,300	100
高速道路	50	1,800	1,550	3,800	200

プロジェクトを実行する場合

交通機関	所要時間(分)	(金銭的)費用(円)	(うち燃料税・高速料金)	一般化価格(円)	需要(人/日)(円)
一般道路	80	450	225	3,650	170
高速道路	45	1,750	1,525	3,550	130

表 6

プロジェクトを実行しない場合

交通機関	所要時間(分)	(金銭的)費用(円)	(うち燃料税・高速料金)	一般化価格(円)	需要(人/日)(円)
一般道路	120	300	50	5,100	100
高速道路	50	700	450	2,700	200

プロジェクトを実行する場合

交通機関	所要時間(分)	(金銭的)費用(円)	(うち燃料税・高速料金)	一般化価格(円)	需要(人/日)(円)
一般道路	80	270	45	3,470	170
高速道路	45	670	445	2,470	130

なお、死重損失の変化を直接に計算することも可能である。死重損失の変化は、図 8 の L'K'KL の面積で示されたことを思い出そう。死重損失の変化は、一般均衡需要曲線の下側の面積から限界費用曲線の下側の面積を引いたものになっている。一般均衡需要曲線の下側の面積は

$$0.5 \times (3,550 + 3,800) \times (130 - 200) = -257,250 \text{ (円)} \quad (27)$$

と計算できる。限界費用曲線の下側の面積は、時間費用を含んだ総可変費用の変化を表すことに注意されたい。したがって、この面積を計算するには、限界費用を知る必要がなく、以下のように、実務上簡単に行うことができる。

$$(3,550 - 1,525) \times 130 - (3,800 - 1,550) \times 200 = -186,750 \text{ (円)} \quad (28)$$

と計算できる。(27)より(28)を引くと、高速道路の死重損失の変化が

$$-2,572,500 - (-186,750) = -70,500 \text{ (円)} \quad (29)$$

と求められるが、これは先ほど求めた高速道路の総余剰の変化と一致する。

高速道路の死重損失の変化が正となるかどうかは、燃料税や高速道路料金の水準に依存している。表 6 では、燃料税率が 25%、高速道路料金が 400 円であるとして表 5 の数値を変更している。表 6 の例では、一般均衡需要曲線の下側の面積は

$$0.5 \times (2,470 + 2,700) \times (130 - 200) = -180,950 \text{ (円)} \quad (30)$$

であり、限界費用曲線の下側の面積は

$$(2,470 - 445) \times 130 - (2,700 - 450) \times 200 = -186,750 \text{ (円)} \quad (31)$$

であるので、(30)より(31)を引いて、高速道路の死重損失の変化が

$$-180,950 - (-186,750) = 5,800 \text{ (円)} \quad (32)$$

と求められる。低い燃料税率と高速道路料金によって、死重損失の変化が正となり、プロジェクトの総余剰 > 一般道路で発生する総余剰となることがわかる。

消費者余剰だけを考えれば、混雑緩和が常に便益を生むかという問いに対する答えはイエスである。(25)からわかるように、混雑が緩和され時間費用が短縮されれば必ず正の消費者余剰が発生する。しかし、この場合は同時に生産者余剰の変化を考慮することを忘れてはならない。燃料税率や高速道路料金が高い場合はこの生産者余剰の変化は無視できないであろう。混雑緩和がもたらす消費者余剰の変化は、生産者余剰の変化で打ち消され、合計（つまり死重損失の変化）は、表 5 の例のように負になることもありうる。混雑緩和による消費者余剰だけに着目して便益計算をすると、最終的な便益を大きく過大評価することにもなりかねないので注意が必要である。



## 7 おわりに

本稿では、便益計算方法の基本的な部分を論じてきた。本稿で示した方法は、どのような交通投資であっても適用が可能であるが、5節で述べた新規路線を整備する際の一般化価格の設定の問題ははまだ解決されていない問題として残されている。現実のデータが完全代替でないことを示しているときに（おそらくこの様な場合の方が現実には一般的であろう）、新規に整備される路線の、プロジェクトがない場合の一般化価格をどのように設定するかについて今後の研究の発展が待たれる。

付録 3節と4節の結果の数学的導出

代表的消費者の効用関数を、

$$U = z + u(x^1, x^2) \quad (A1)$$

とする。 $z$ は交通サービス以外の財をまとめた合成財であり、価格を1に基準化する。2章で述べたように、 $x^1, x^2$ は、ルート1、ルート2の交通需要である。なお、ここで用いる効用関数は、(A1)のように擬線形である。擬線形の効用関数の下では、Varian (1992) が示しているように、消費者余剰と等価変分 (EV)、補償変分 (CV) は一致する。より一般的な擬線形でない効用関数を考えれば、これら3つの便益指標は異なった値を与えるが、Willig (1976) が示したように、消費者余剰とEV、CVの間の差は一般的に大きくないので、擬線形の効用関数を考えてこの差を無視しても、実務上の費用便益分析には十分である。また、擬線形の効用関数は、常木 (2000) が示しているように、ゴーマン型選好の一例である。したがって、擬線形の効用関数のもとでは、代表的消費者の仮定が満たされ、シトフスキーパラドックスが生じない。その点でも擬線形の効用関数は有用である。

ルート1、ルート2の交通サービスの一般化価格 (時間費用を含む) は、それぞれ、 $p^1, p^2$ なので、予算制約は

$$y = z + p^1 x^1 + p^2 x^2 \quad (A2)$$

である。ここで、 $y$ は (稼得可能) 所得である。(A2)を(A1)に代入して $z$ を消去すると、効用関数は

$$U = y - p^1 x^1 - p^2 x^2 + u(x^1, x^2) \quad (A3)$$

と変形できる。(A3)を、 $x^1, x^2$ に関して最大化すると、

$$p^1 = u_1(x^1, x^2) \equiv \frac{\partial u(x^1, x^2)}{\partial x^1} \quad (A4)$$

$$p^2 = u_2(x^1, x^2) \equiv \frac{\partial u(x^1, x^2)}{\partial x^2} \quad (A5)$$

が得られ、これらより、交通サービス需要関数

$$x^1 = x^1(p^1, p^2) \quad (A6)$$

$$x^2 = x^2(p^1, p^2) \quad (A7)$$

が求められる。なお、以下では、右下添え字 $i$ は、 $i$ 番目の変数に関する偏微分を表すとする。

ルート1、ルート2の交通サービスの一般化価格、 $p_1, p^2$ はそれぞれ、

$$p^1 = t^1 + TC^1(x^1, I^1) \quad (A8)$$

$$p^2 = t^2 + TC^2(x^2) \quad (A9)$$

であるとする。ここで、 $t^1, t^2$ は、各ルートで消費者が負担する料金等の金銭的費用、 $I^1$ はルート1での交通投資、 $TC^1(x^1, I^1)$ 、 $TC^2(x^2)$ は、(金銭換算された) 時間費用である。時間費用は、交通需要の増加関数であり、交通投資の減少関数であると仮定する。すなわち、 $TC_1^1(x^1, I^1) > 0$ 、 $TC_2^1(x^1, I^1) < 0$ 、 $TC^{2'}(x^2) > 0$ である。なお、ルート2の交通投資に関しても、ルート1の交通投資と全く同様の結果が得られるため、ルート2の交通投資はモデル化しない。(A6)–(A9)を解くことにより、一般均衡需要関

数,  $x^1(t^1, t^2, I^1)$ ,  $x^2(t^1, t^2, I^1)$  が求められる。

各ルートでの時間費用を除いた金銭的総（可変）費用関数を,  $C^1(x^1)$ ,  $C^2(x^2)$  とする<sup>6)</sup>。ここで, 各ルートで交通量が増加すると総費用が増えると仮定する。すなわち,  $C^1 > 0$  かつ  $C^2 > 0$  である。交通サービスの供給に関して発生する利潤を

$$\pi^1 = t^1 x^1 - C^1(x^1) \quad (\text{A10})$$

$$\pi^2 = t^2 x^2 - C^2(x^2) \quad (\text{A11})$$

として定式化する。ここで,  $\pi^1, \pi^2$  は, それぞれ, ルート 1 で発生する利潤, ルート 2 で発生する利潤である。ルート 1 やルート 2 が航空会社や鉄道会社であるなら,  $\pi^1, \pi^2$  は, それらの企業の（経済学的）利潤である。自動車交通の場合, 消費者は自ら交通サービスを供給し, 消費していると考えられる。

簡単化のために, 料金等の金銭的費用  $t^1, t^2$  は政府によって規制されており外生と考えよう。これは現実的には妥当な仮定である。例えば, 自動車交通の金銭的費用で, 燃料税や高速道路代は重要な部分を占めるが, これは政府によって規制されている。また, 航空や鉄道の運賃も政府によって規制されている。この場合, 各ルートの一般均衡交通需要  $x^1(t^1, t^2, I^1)$ ,  $x^2(t^1, t^2, I^1)$  は, 政府が決定する金銭的費用・投資水準によって決定されることになり, その結果, 政府は, 消費者が得る利潤を完全に制御できることになる。ただ, この仮定は簡単化のためであり, もちろん他の要因で料金等の金銭的費用が決定されていても, 本稿の主題である便益評価方法の議論には影響がない。

総余剰  $SW$  は, 消費者の効用と各ルートの交通サービスの供給企業の利潤を足し合わせたものになる。(A3), (A10), (A11) より, 総余剰  $SW$  は

$$\begin{aligned} SW &= U + \pi^1 + \pi^2 \\ &= y - p^1 x^1 - p^2 x^2 + u(x^1, x^2) + t^1 x^1 - C^1(x^1) + t^2 x^2 - C^2(x^2) \end{aligned} \quad (\text{A12})$$

とかける。ルート 1 の交通投資  $I^1$  が増加する場合を考えよう。この場合の便益  $\Delta SW$  は, (A4), (A5), (A8), (A9) を使って整理すると,

$$\begin{aligned} \frac{dSW}{dI^1} &= -TC_2^1 x^1 + (-p^1 - TC_1^1 x^1 + u_1 + t^1 - C^1) \frac{dx^1}{dI^1} + (-p^2 - TC_2^2 x^2 + u_2 + t^2 - C^2) \frac{dx^2}{dI^1} \\ &= -TC_2^1 x^1 + (-TC_1^1 x^1 + t^1 - C^1) \frac{dx^1}{dI^1} + (-TC_2^2 x^2 + t^2 - C^2) \frac{dx^2}{dI^1} \\ &= -\frac{\partial TC^1}{\partial I^1} x^1 - \frac{\partial TC^1}{\partial x^1} x^1 \frac{dx^1}{dI^1} - TC_2^2 x^2 \frac{dx^2}{dI^1} + (t^1 - C^1) \frac{dx^1}{dI^1} + (t^2 - C^2) \frac{dx^2}{dI^1} \\ &= -x^1 \left( \frac{\partial TC^1}{\partial I^1} + \frac{\partial TC^1}{\partial x^1} \frac{dx^1}{dI^1} \right) - x^2 \left( \frac{dp^2}{dx^2} \frac{dx^2}{dI^1} \right) + (t^1 - C^1) \frac{dx^1}{dI^1} + (t^2 - C^2) \frac{dx^2}{dI^1} \\ &= -x^1 \frac{dp^1}{dI^1} - x^2 \frac{dp^2}{dI^1} + (t^1 - C^1) \frac{dx^1}{dI^1} + (t^2 - C^2) \frac{dx^2}{dI^1} \end{aligned} \quad (\text{A13})$$

となるので,

$$\Delta SW = \int_{p^{1W}}^{p^{1WO}} x^1 dp^1 + \int_{x^{1WO}}^{x^{1W}} (t^1 - C^1) dx^1 + \int_{p^{2W}}^{p^{2WO}} x^2 dp^2 + \int_{x^{2WO}}^{x^{2W}} (t^2 - C^2) dx^2 \quad (\text{A14})$$

6) 本稿では, 交通投資の便益に焦点を当てるため, 交通投資  $I^1$  のために必要な固定費用は交通サービス供給の総費用には含まない。

と求められる。(A14)の右辺第1項はルート1に関する消費者余剰の変化、右辺第2項はルート1に関する生産者余剰(=利潤)の変化、第3項はルート2に関する消費者余剰の変化、第4項はルート2に関する生産者余剰の変化である。

(A14)の右辺第3項と第4項は、(A8)、(A9)より、

$$\begin{aligned} \int_{p^{2W}}^{p^{2WO}} x^2 dp^2 + \int_{x^{2WO}}^{x^{2W}} (t^2 - C^{2'}) dx^2 &= \int_{x^{2WO}}^{x^{2W}} x^2 \frac{dp^2}{dx^2} dx^2 + \int_{x^{2WO}}^{x^{2W}} (p^2 - TC^2 - C^{2'}) dx^2 \\ &= \int_{x^{2WO}}^{x^{2W}} (-TC^2 x^2 + p^2 - TC^2 - C^{2'}) dx^2 \\ &= \int_{x^{2WO}}^{x^{2W}} (p^2 - (C^{2'} + TC^2 + TC^{2'} x^2)) dx^2 \\ &= \int_{x^{2WO}}^{x^{2W}} (p^2 - SMC^2) dx^2 \end{aligned} \tag{A15}$$

と変形できる。ここで、 $SMC^2 \equiv C^{2'} + TC^2 + TC^{2'} x^2$ はルート2の交通サービスの社会的限界費用であり、金銭的限界費用  $C^{2'}$  と時間的限界費用  $TC^2 + TC^{2'} x^2$  の合計である。したがって、(A14)は、

$$\Delta SW = \int_{p^{1W}}^{p^{1WO}} x^1 dp^1 + \int_{x^{1WO}}^{x^{1W}} (t^1 - C^{1'}) dx^1 + \int_{x^{2WO}}^{x^{2W}} (p^2 - SMC^2) dx^2 \tag{A16}$$

と変形できることになる。ここで、(A16)の右辺第3項は、ルート2に関して価格と限界費用が乖離することによる死重損失の変化である。

(A16)は(A8)を用いて、さらに以下のように変形できる。

$$\begin{aligned} \Delta SW &= \int_{p^{1W}}^{p^{1WO}} x^1 dp^1 + \int_{x^{1WO}}^{x^{1W}} (t^1 - C^{1'}) dx^1 + \int_{x^{2WO}}^{x^{2W}} (p^2 - SMC^2) dx^2 \\ &= \int_{I^{1W}}^{I^{1WO}} x^1 \frac{dp^1}{dI^1} dI^1 + \int_{x^{1WO}}^{x^{1W}} (p^1 - TC^1 - C^{1'}) dx^1 + \int_{x^{2WO}}^{x^{2W}} (p^2 - SMC^2) dx^2 \\ &= \int_{I^{1W}}^{I^{1WO}} x^1 \left[ \frac{\partial TC^1}{\partial I^1} + \frac{\partial TC^1}{\partial x^1} \frac{\partial x^1}{\partial I^1} \right] dI^1 + \int_{x^{1WO}}^{x^{1W}} (p^1 - TC^1 - C^{1'}) dx^1 + \int_{x^{2WO}}^{x^{2W}} (p^2 - SMC^2) dx^2 \\ &= \int_{I^{1WO}}^{I^{1W}} \left[ \frac{\partial TC^1}{\partial I^1} \right] x^1 dI^1 + \int_{x^{1WO}}^{x^{1W}} (p^1 - SMC^1) dx^1 + \int_{x^{2WO}}^{x^{2W}} (p^2 - SMC^2) dx^2 \end{aligned} \tag{A17}$$

ここで、 $SMC^1 \equiv C^{1'} + TC^1 + TC^1 x^1$ はルート1の交通サービスの社会的限界費用である。(A17)の右辺第2項は、ルート1に関して価格と限界費用の乖離がもたらす死重損失の変化である。(A17)の右辺第3項、第4項は、価格と社会的限界費用が等しいファーストベストの場合ゼロになる。その場合は、右辺第1項だけが残るので、右辺第1項はファーストベストの場合の総余剰の変化と考えることができる。

(A14)、(A16)、(A17)をまとめると(9)が得られる。

[参考文献]

- Kidokoro, Y. (2004), Cost-Benefit Analysis for Transport Networks -Theory and Application-,  
*Journal of Transport Economics and Policy* 38, 275-307.
- 国土交通省 (2003), 費用便益分析マニュアル, 国土交通省道路局都市・地域整備局.
- 常木 淳, (2000), 費用便益分析の基礎, 東京大学出版会.
- 運輸政策研究機構 (1999), 鉄道プロジェクトの費用対効果分析マニュアル99, 運輸政策研究機構.
- Varian, H. R., (1992), *Microeconomic Analysis*, Norton.
- Willig, R. D., (1976), Consumer's Surplus Without Apology, *American Economic Review* 66, 589-597.

