

交通プロジェクトの利用者便益評価における OD間代表一般化費用に関する諸問題

—ロジットモデルを用いる場合のケーススタディー—

本研究は、交通プロジェクトの便益計測に関して、3種類のOD間代表一般化費用(最小費用法、加重平均法、ログサム法)を用いた場合の計測便益値の特性を分析するものである。分析は、1ODの場合における数値分析と、東京圏都市鉄道プロジェクトを用いた実証的な分析の2種類によって行った。その結果、各手法による便益値の大小関係は、対象ネットワークの初期条件(一般化費用の大きさや選択肢数)ならびにプロジェクトの特性(新規整備を伴うか伴わないかや改善の程度)に応じて決まることが分かった。また、実際のプロジェクトについて事例分析を行った結果、小田急小田原線の複々線化プロジェクトでは3つの手法間の便益値の差はかなり小さいが、営団南北線整備プロジェクトでは、ログサム法による便益値が他の手法による便益値よりもかなり卓越すること、そして、この大小関係は、プロジェクトの特性や東京圏の都市鉄道ネットワークの特性等に依存することなどが明らかとなった。

キーワード | OD間代表一般化費用, 利用者便益, ネットワーク, 交通プロジェクト

加藤浩徳
KATO, Hironori

博(工) 東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻講師

金子雄一郎
KANEKO, Yuichiro

博(工) (財)運輸政策研究機構運輸政策研究所研究員

井上真志
INOUE, Masashi

(株)企画開発社会経済部

1—はじめに

我が国においても、各種交通プロジェクトの費用対効果分析マニュアルが出揃い、多くのプロジェクトに適用されて、実績を上げつつある。ところで、鉄道や道路をはじめとする各種交通サービスは、空間的な移動を伴うものであることから、交通プロジェクトの便益計測にあたっては、特定の経路あるいは交通手段におけるサービス改善効果が、他の経路や交通手段に与えるインパクトを考慮しなければならない。このようなネットワークあるいは交通手段を介する効果は、多くの経路、交通手段の交通需要に複雑に影響を与えるため、これらの影響を的確に捕捉することが重要となる。

この点について、我が国の鉄道プロジェクトの費用対効果分析マニュアル¹⁾(以下、「マニュアル」と呼ぶ)では、ODペアを計測単位として、その交通需要と一般化費用から、消費者余剰法により利用者便益を算出する手法が示されている。なお、本論文では、OD間の一般化費用を、OD間の複数経路あるいは複数交通手段の代表値であるという意味で、「代表一般化費用」と呼ぶこととする。マニュアルでは、OD間の代表一般化費用の計測手法として次の3つの代替的手法が提示されている。

方法1: OD間の中で一般化費用が最小となる選択肢の費用を用いる方法(以下、「最小費用法」と呼ぶ)

方法2: OD間の各選択肢の一般化費用を選択確率(シエ

ア)に応じて加重平均した費用を用いる方法(以下、「加重平均法」と呼ぶ)

方法3: OD間のログサム値を貨幣換算したのものを用いる方法(以下、「ログサム法」と呼ぶ)

これに対して、城所(2002)²⁾³⁾は、マニュアルの代表一般化費用による便益計測手法を検討し、3つの方法のうち、特に加重平均法は理論的に誤りであること、そのため、加重平均法による利用者便益は、城所の示す一般モデルにより計算される便益値と比較して過大あるいは過小に推計する可能性があることを指摘した。一方で、上田ら(2002)⁴⁾は、城所の論文を踏まえて、「確率論的な選択の場合は期待最小値を用いることができ、ロジットモデルの場合はログサム関数を用いることが妥当である」ことを主張するとともに、「ロジットモデルの場合であっても、代替性が強い場合は、加重平均は代表価格の近似として用いることができる可能性がある」ことを示した。また、城所の指摘する過大あるいは過小推計の可能性については、ロジットモデルの設定パラメータに依存している可能性があることも指摘している。

このように、代表一般化費用について様々な指摘がなされているが、上田らも述べるように、これらの主張の妥当性を判断するためには、実証分析による検証が不可欠であると考えられる。また、代表一般化費用の定義の違いによって、便益計測の結果にどの程度の実質的な違いが生じるかを、単純なケースで分析したり、実例に適用して

ケーススタディをしたりすることは、交通プロジェクトの便益分析に携わる実務者にとっても有益であると考えられる。

なお、代表一般化費用の定義の違いによる利用者便益の差違を取り扱った既往の研究としては、Williams (1977)⁵⁾が挙げられる。この研究は、さまざまなタイプの代表一般化費用についてその特性を多角的に検討したもののだが、①路線が新規に整備されるケースの分析が行われていない、②数値シミュレーションでは2段階の選択問題(NLモデル)に対象が限定されている、③分析が特定の数値を用いたものに限定されているため、初期状態(プロジェクトが実施されない状態)の各経路の一般化費用の設定が、便益計測結果にどう影響するかが網羅的に検討されていない、④選択肢数の大小が便益にどのような影響を及ぼすかが検討されていない等の課題がある。そのため、交通プロジェクトの便益分析を行う実務者にとって、必ずしも有益な情報とはなっていない可能性がある。また、我が国の交通プロジェクトの実例を用いて、代表一般化費用と便益値との関係を報告している文献は、筆者らの知る限り見あたらない。

そこで、本論文は、ネットワークを持つ交通プロジェクトの利用者便益計測を対象に、OD間代表一般化費用の算定手法、具体的にはマニュアルで示される3つの代表一般化費用の算定手法の特性を実証的に分析し、報告することを目的とする。

なお、あらかじめ、本論文における著者らのスタンスを明らかにしておきたい。筆者らは、データが入手可能である限り、鉄道や航空の需要分析には、基本的に非集計ロジットモデルの使用が推奨されるべき、と考える。これは、①ミクロ経済学の理論ベースを持つこと、②新規整備プロジェクトの便益評価にも対応可能であること、③消費者の行動を無理なく表現できること、④分析が比較的容易であること、が主な理由である。そして、非集計ロジットモデルが用いられ、かつ便益分析にそのパラメータが活用される場合には、ログサム法による利用者便益が理論的に正しいものとする⁶⁾。それゆえ、それ以外の代表一般化費用による便益は、需要分析にロジットモデルが使われない場合や需要分析手法の情報(モデルタイプやモデルパラメータ)が便益分析者に提供されない場合等における便宜性を考慮した、あくまでも近似解と考える。

そこで、本論文では、ロジットモデルを前提としたときに、最小費用法と加重平均法が、どのような条件下での程度理論解であるログサム法の近似となりうるか、という点に焦点を定める。なお、本論文では、利用者便益の計測単位がOD、経路、リンクのいずれであるべきか、という問題については検討しない。マニュアルで示される通り、OD単位の代表一般化費用を用いて便益計測する

ことを前提とする。

以下、2章では、本論文における分析の前提条件と検討対象とする代表一般化費用の定義を整理する。3章では、1ODの事例を用いた数値実験により、各代表一般化費用を用いて算出される便益値の特性や便益値の違いについて基礎的な分析を行う。4章では、東京都市圏の2つの都市鉄道プロジェクトを題材に、各代表一般化費用を用いた便益計測を行い、結果を比較する。最後に5章で、本研究で得られた結論をまとめる。

2— 検討する代表一般化費用と便益計測手法の概要

2.1 基本的な前提

本論文では、実務で一般に活用されている交通需要分析の考え方に従い、プロジェクト実施による消費者の所得効果をゼロと仮定する。また、消費者は出発地と目的地、ならびに利用交通手段が所与の条件の下で、当該交通ネットワークの経路選択問題のみに関心があるものと仮定する。以下では、便宜上、鉄道の経路選択を例に議論を進める。

2.2 交通需要の分析手法

まず本論文では、交通需要分析の手法として、我が国の鉄道需要分析において広く用いられているMNL (Multinomial Logit) モデルの使用を前提とする。MNLモデルは、消費者の効用最大化とランダム効用とを前提とする離散選択行動モデルである⁷⁾。ここでは、消費者の特定経路の(条件付間接)効用関数は、確定項 $V_{ij,r}$ と、独立かつ均一のガンベル分布(i.i.d.ガンベル)に従う確率項 $\varepsilon_{ij,r}$ とに分離可能であると仮定され、以下のように表される。

$$U_{ij,r} = V_{ij,r} + \varepsilon_{ij,r} \quad (1)$$

効用関数の確定項は、観測可能な経路の属性(運賃や所要時間等)の関数として表される。このとき、発ノード*i*から着ノード*j*への総交通需要(分布交通量)が Q_{ij} として与えられるならば、 $i \rightarrow j$ の*r*番目の経路($r \in R_{ij}$)の交通需要の期待値 $q_{ij,r}$ は、以下のように表される。

$$q_{ij,r} = Q_{ij} \cdot p_{ij,r} \\ = Q_{ij} \cdot \frac{\exp(\lambda V_{ij,r})}{\sum_{r \in R_{ij}} \exp(\lambda V_{ij,r'})} \quad (2)$$

ここで、 $p_{ij,r}$ ： $i \rightarrow j$ の*r*番目の経路が選択される確率、 $V_{ij,r}$ ： $i \rightarrow j$ の*r*番目の経路の効用関数の確定項、 λ ：ガンベル分布の分散に関わるスケールパラメータ($\lambda^2 = \pi^2 / 6\sigma^2$ 、 σ^2 はガンベル分布の分散)である。また、効用関数中のパラメータは、アンケート調査等によって得られた個人の

経路選択行動データならびに分析者が設定する経路属性データから、多くの場合、最尤推定法によって統計的に推定される。

2.3 利用者便益の計測手法

2.3.1 経路の一般化費用の定義

上記のように、本研究の交通需要分析ではMNLモデルを前提とするが、需要分析と便益分析とを整合させるためには、需要分析モデルで定義される効用関数から、便益計測のための一般化費用への貨幣換算を行う必要がある。

一般にMNLモデルでは、効用関数の確定項には、線形関数が用いられることが多い。以下では、 $i \rightarrow j$ の r 番目の経路 ($r \in R_{ij}$) の効用関数が、

$$U_{ij,r} = V_{ij,r} + \varepsilon_{ij,r} = \theta_C C_{ij,r} + \sum_{k \in C} \theta_k X_{k,ij,r} + \varepsilon_{ij,r} \quad (3)$$

と表されるものとする。ただし、 $C_{ij,r}$ ：経路の金銭的な費用変数(円)、 $X_{k,ij,r}$ ：経路の k 番目の説明変数(費用を除く)、 θ_k ：各変数のパラメータである。このとき、MNLモデルでは、その特性から $\lambda\theta_C$ のみが推定される。

このとき、経路の一般化費用 $GC_{ij,r}$ には、幾つかの定義が考えられる。本研究では、以下の2種類の定義を使用する。

- (1) 経路の一般化費用が効用関数の確定項のみで説明されるケース(最小費用法と加重平均法の時使用)

$$GC_{ij,r} = V_{ij,r} / \lambda\theta_C \quad (4)$$

$$= C_{ij,r} + \sum \theta_k X_{k,ij,r} / \lambda\theta_C$$

- (2) 経路の一般化費用が全効用(確定項と確率項の和)によって説明されるケース(ログサム法の時使用)

$$GC_{ij,r} = U_{ij,r} / \lambda\theta_C \quad (5)$$

$$= C_{ij,r} + \sum \theta_k X_{k,ij,r} / \lambda\theta_C + \varepsilon_{ij,r} / \lambda\theta_C$$

2.3.2 OD間代表一般化費用の計測手法

本研究では、マニュアルで示されている次の3種類の代表一般化費用を分析対象とする。

- (1) 最小費用法(マニュアルの方法1)

これは、まず、経路の一般化費用が、対応する効用関数の確定項のみから構成されると仮定し、その上で、ODペア間に存在する複数の経路のうち、最も一般化費用の低い経路の一般化費用を、ODペア間の代表一般化費用とする考え方である。すなわち、この方法では、代表一般化費用は以下の式(6)によって求められる。

$$GC_{ij} = \min_{r \in R_{ij}} GC_{ij,r} \quad (6)$$

ただし、 $GC_{ij,r} = 1/\lambda\theta_C \cdot V_{ij,r}$ である。

- (2) 加重平均法(マニュアルの方法2)

これは、まず、経路の一般化費用が、対応する効用関数の確定項のみから構成されると仮定し、その上で、各ODペア間の各経路の一般化費用と経路の交通需要がそれぞ

れ与えられたときに、交通需要量に応じた加重平均によって代表一般化費用を求めるという考え方である。すなわち、代表一般化費用は、以下の式(7)によって求められる。

$$GC_{ij} = \sum_{r \in R_{ij}} P_{ij,r} \cdot GC_{ij,r} \quad (7)$$

ただし、 $GC_{ij,r} = 1/\lambda\theta_C \cdot V_{ij,r}$ である。

- (3) ログサム法(マニュアルの方法3)

これは、効用が確定的ではなく、確率的に変動することを考慮しつつ、効用最大化理論と整合的な代表的な一般化費用の求め方である。この方法では代表一般化費用は以下の式(8)によって求められる。

$$GC_{ij} = E \left[\min_r GC_{ij,r} \right] \quad (8)$$

ただし、 $GC_{ij,r} = 1/\lambda\theta_C \cdot U_{ij,r}$ である。これは、最大効用の期待値に基づいて代表一般化費用を求める方法であり、MNLモデルの場合には、最大効用の期待値の貨幣換算値は、以下の式(9)によって解析的に求められる。

$$GC_{ij} = \frac{1}{\lambda\theta_C} \cdot \ln \sum_{r \in R_{ij}} \exp(\lambda\theta_C GC_{ij,r}) \quad (9)$$

式(9)は、「ログサム値(logsum value)」、「包括値(inclusive value)」等と呼ばれているものを、貨幣換算しているものである。

2.3.3 利用者便益の計測

OD間代表一般化費用が与えられたならば、総利用者便益は、マニュアルにしたがって、式(10)のように求められる。以下、本論文では、事業が実施されるとき「w」、事業が実施されないとき「o」という右肩添字を用いるものとする。

$$UB = \frac{1}{2} \sum_{ij} (Q_{ij}^o + Q_{ij}^w) (GC_{ij}^o - GC_{ij}^w) \quad (10)$$

なお、当然ながら、利用者便益に加えて供給者便益も発生するが、本研究では供給者便益について言及しない。

3—1ODの場合での数値分析

本章では、1ODの単純なケースを例に、3種類の代表一般化費用の特性を比較する。なお、以下の数値分析では、プロジェクトの実施によってOD間の全交通量は変化せず、OD間交通需要は1で一定であるものとする。また、経路の一般化費用は交通需要に依存しない(フローインディペンデント)と仮定する。これは、単純化によって分析の焦点を明確にすると同時に、鉄道は交通需要による所要時間変化は小さいため、一般化費用が交通需要に依存しないという仮定が置かれることが多い実情を考慮したためである。

3.1 新たな経路の整備を伴わないケース

3.1.1 一般化費用の基準値を1とするときの分析

- (1) 分析の目的

本分析では、1OD2経路のネットワークを対象として、

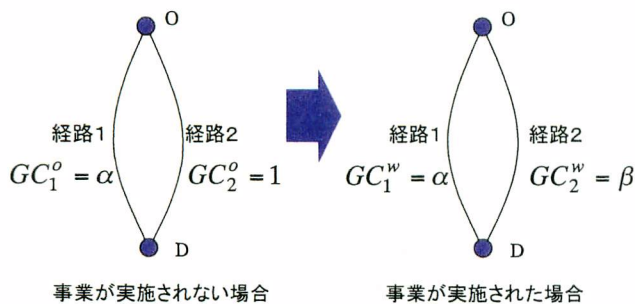
既存経路のサービスレベルを変化させたときに発生する便益値を、3つの代表一般化費用を用いて試算し、比較することとする。なお、この節の分析では、基準となる一般化費用(下記の経路2のプロジェクト無しにおける一般化費用)を1としたケースを分析する。基準値を変更した場合の分析については次節で行う。

(2) 分析の方法

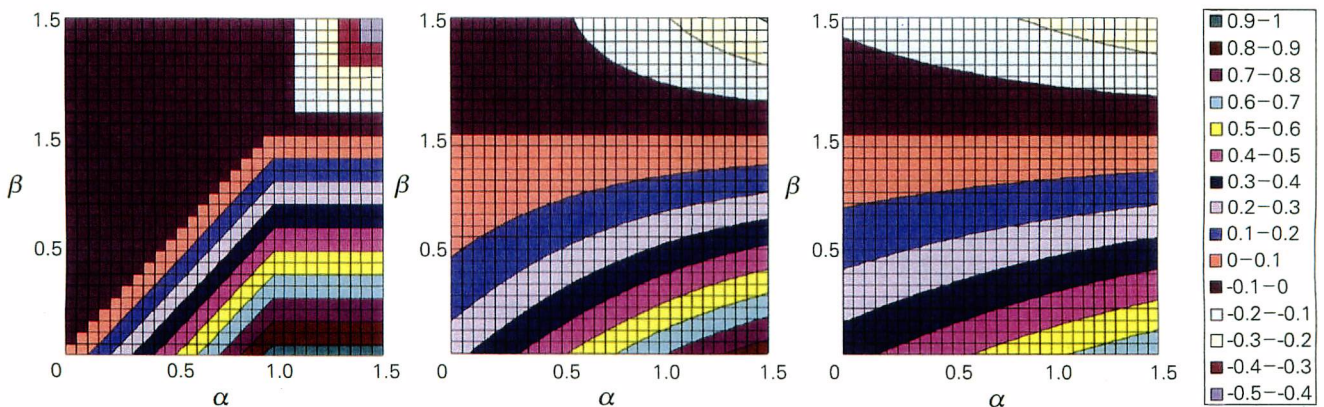
図一1に示すように、2地点ODが2本の経路(経路1と経路2)によって結ばれているものとする。そして、経路2に対して交通プロジェクトが実施されるものとする。交通需要分析には、2項ロジット(BL)モデルを使用するものとし、BLモデルのパラメータについて、 $\lambda\theta_c = -1$ を仮定する。

各経路の一般化費用として、経路1の一般化費用を $\alpha(\geq 0)$ と設定し、経路1の一般化費用は、プロジェクト実施の有無によって変化しないものと仮定する。一方で、経路2の一般化費用は、プロジェクトが実施されない場合は1、実施された場合は $\beta(\geq 0)$ になるものとする。つまり、利用者便益の視点から見た場合、 $\beta < 1$ ならば改善プロジェクト、 $\beta > 1$ ならば改悪プロジェクトをそれぞれ意味する。以下、特別の断り書きがない限り、「改善」、「改悪」とは、いずれも利用者便益の視点から見たものを意味する。

なお、本分析では一般化費用はともに0以上を仮定している。これは、現実的な状況と考えれば、一般化費用が負になる状況とは、移動すればするほど効用が増加する状況であり、特殊な選好を持つ消費者(例えば、鉄道



■図一1 新規整備無しのケースの想定条件



■図二 (α, β)の組み合わせ変化による便益値の変化(左:最小費用法, 中:加重平均法, 右:ログサム法)

に乗車すること自体に意義を見いだすような消費者)でない限り、想定しないでもよいと考えられるためである。

このケースでの、各手法における具体的な便益計測式は以下のように示される。

(a) 最小費用法

$$UB = \min\{GC_1^o, GC_2^o\} - \min\{GC_1^w, GC_2^w\} \quad (11)$$

(b) 加重平均法

$$UB = \left\{ \frac{GC_1^o}{1 + e^{\lambda\theta_c(GC_2^o - GC_1^o)}} + \frac{GC_2^o}{1 + e^{\lambda\theta_c(GC_1^o - GC_2^o)}} \right\} - \left\{ \frac{GC_1^w}{1 + e^{\lambda\theta_c(GC_2^w - GC_1^w)}} + \frac{GC_2^w}{1 + e^{\lambda\theta_c(GC_1^w - GC_2^w)}} \right\} \quad (12)$$

(c) ログサム法

$$UB = \frac{1}{\lambda\theta_c} \ln\left(e^{\lambda\theta_c GC_1^o} + e^{\lambda\theta_c GC_2^o}\right) - \frac{1}{\lambda\theta_c} \ln\left(e^{\lambda\theta_c GC_1^w} + e^{\lambda\theta_c GC_2^w}\right) \quad (13)$$

(3) 各代表一般化費用の特性

以上の想定のもと、まず、 (α, β) の組み合わせに対して、3つの代表一般化費用による便益値の分布を示したものが、図二である。

これより、いずれの手法を用いても、 $\beta < 1$ 、つまり改善プロジェクトの場合には、改善されればされるほど(β が0に近づくほど)便益は増大することが確認できる。また、 α が大きいほど、同一の β であっても便益は大きくなっていく傾向にあることもわかる。これは、次善の経路のサービスレベルが著しく悪いとき、最善の経路のサービスを改善すると、その便益が大きく評価されることを意味している。また、最小費用法では、 $\beta < 1$ かつ $\beta > \alpha$ のエリアで便益がゼロとなっている。これは、プロジェクト実施によって経路2が改善されても、なお経路1のサービスレベルに至らないとき、経路2の一般化費用は経路1を決して下回らないので、その効果は計測されないことを意味している。

一方で、改悪の状態($\beta > 1$)の部分に着目してみると、いずれの手法についても、 α 、 β がともに大きくなるにつれて、不利益が増大することがわかる。ただし、図-2では示されていないが、 β の値がある一定値を超えると、加重平均法を用いる場合には、改悪であるにもかかわらず便益が正となる領域が発生することがある。これは、明らかに矛盾した結果であることから、加重平均法による改悪プロジェクト評価には留意が必要である。同様に、最小費用法を用いる場合には、プロジェクト実施にもかかわらず、便益がゼロとなる領域が存在し、これも望ましくない性質と考えられる。

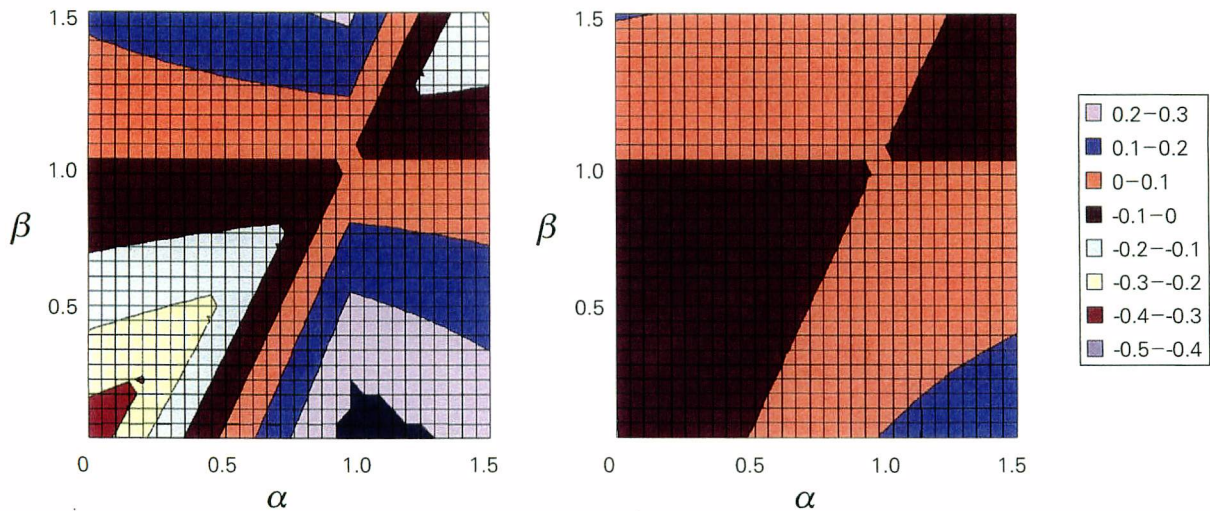
(4) 各代表一般化費用間の比較

代表一般化費用の大小関係を調べるために、最小費用法とログサム法、加重平均法とログサム法との差をそれぞれとったものを、先と同様の (α, β) 座標面上に示したものが、図-3aである。

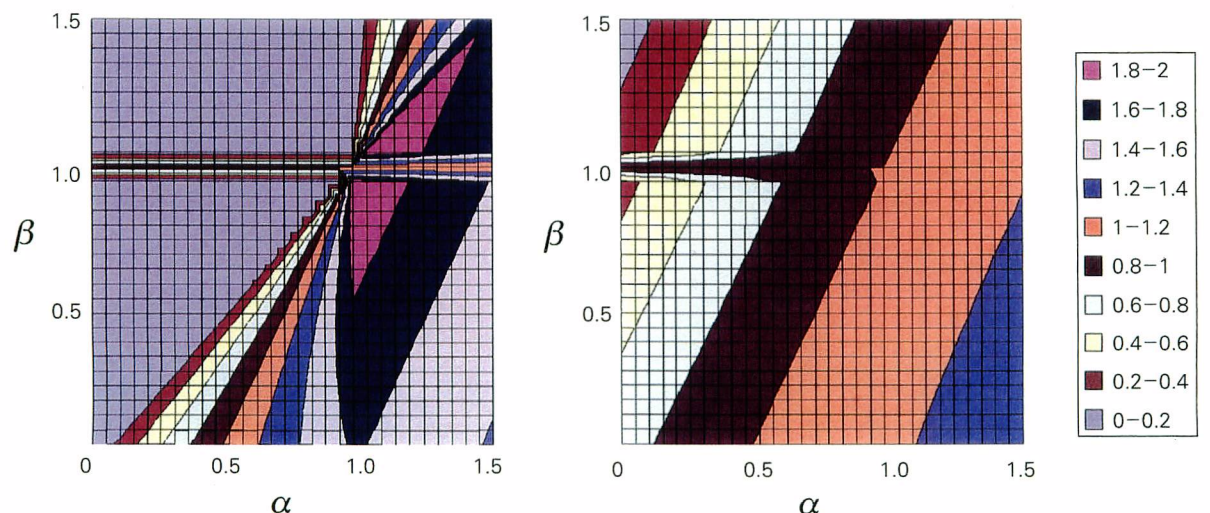
まず、最小費用法とログサム法との比較結果について

みると、 $\beta = 2\alpha - 1$ で両者の便益値が一致する。ここで、改善の部分である $\beta < 1$ のみに着目すると、 $\beta > 2\alpha - 1$ のとき、ログサム法による便益が最小費用法による便益を上回るが、 $\beta < 2\alpha - 1$ のときには、逆の大小関係となる。次に、加重平均法とログサム法との比較結果をみると、やはり $\beta = 2\alpha - 1$ で両者の便益が一致する。改善の部分である $\beta < 1$ のみに着目すると、 $\beta > 2\alpha - 1$ のとき、ログサム法による便益が加重平均法による便益を上回るが、 $\beta < 2\alpha - 1$ のときには、逆の大小関係となる。また、最小費用法—ログサム法、加重平均法—ログサム法を比較すると、明らかに後者の方が、便益差が小さいことがわかる。

同様に、最小費用法とログサム法、加重平均法とログサム法の便益比を (α, β) 座標面上に示したものが、図-3bである。これより、加重平均法／ログサム法は、概ね傾き $\beta = 2\alpha$ に沿って変化することが見て取れる。また、 $\beta > 2\alpha - 1$ のときには、便益比は安定的だが、 $\beta < 2\alpha - 1$



■図-3a 新規整備無しケース(一般化費用の基準値が1)の代表一般化費用間の便益差分布
(左:最小費用法—ログサム法, 右:加重平均法—ログサム法)



■図-3b 新規整備無しケース(一般化費用の基準値が1)の代表一般化費用間の便益比分布
(左:最小費用法／ログサム法, 右:加重平均法／ログサム法. なお, 0/0=1とした.)

のときには、便益比は大きく1を下回ることがある。一方で、最小費用法/ログサム法については、かなり変動的な変動をすることがわかる。

以上より、1OD2経路で、新規整備無しかつ一般化費用の基準値=1のケースでは、 (α, β) の組合せによって便益値の大小関係は変化すること、ならびに便益比にはかなり幅が生じることがわかった。

3.1.2 一般化費用の基準値が1でないときの分析

(1) 分析の目的

3.1.1では、基準とする経路の一般化費用(経路2のプロジェクト無し的一般化費用)を「1」として、 (α, β) に対応する便益値の計測を行った。これは、基準値に対して、それぞれ α 倍、 β 倍することを意図したものであった。ところが、この基準値を変更すると、加重平均法とログサム法による便益値の傾向は変化する。なぜなら、ロジットモデルの選択確率ならびにログサム値は、効用値と1次同次の関係にはないため、一般化費用の基準値を γ 倍しても、消費者余剰は γ 倍とならないためである。一方で、最小費用法では経路間の一般化費用の大小の順位は基準値によらず同一であるから、基準値を γ 倍する

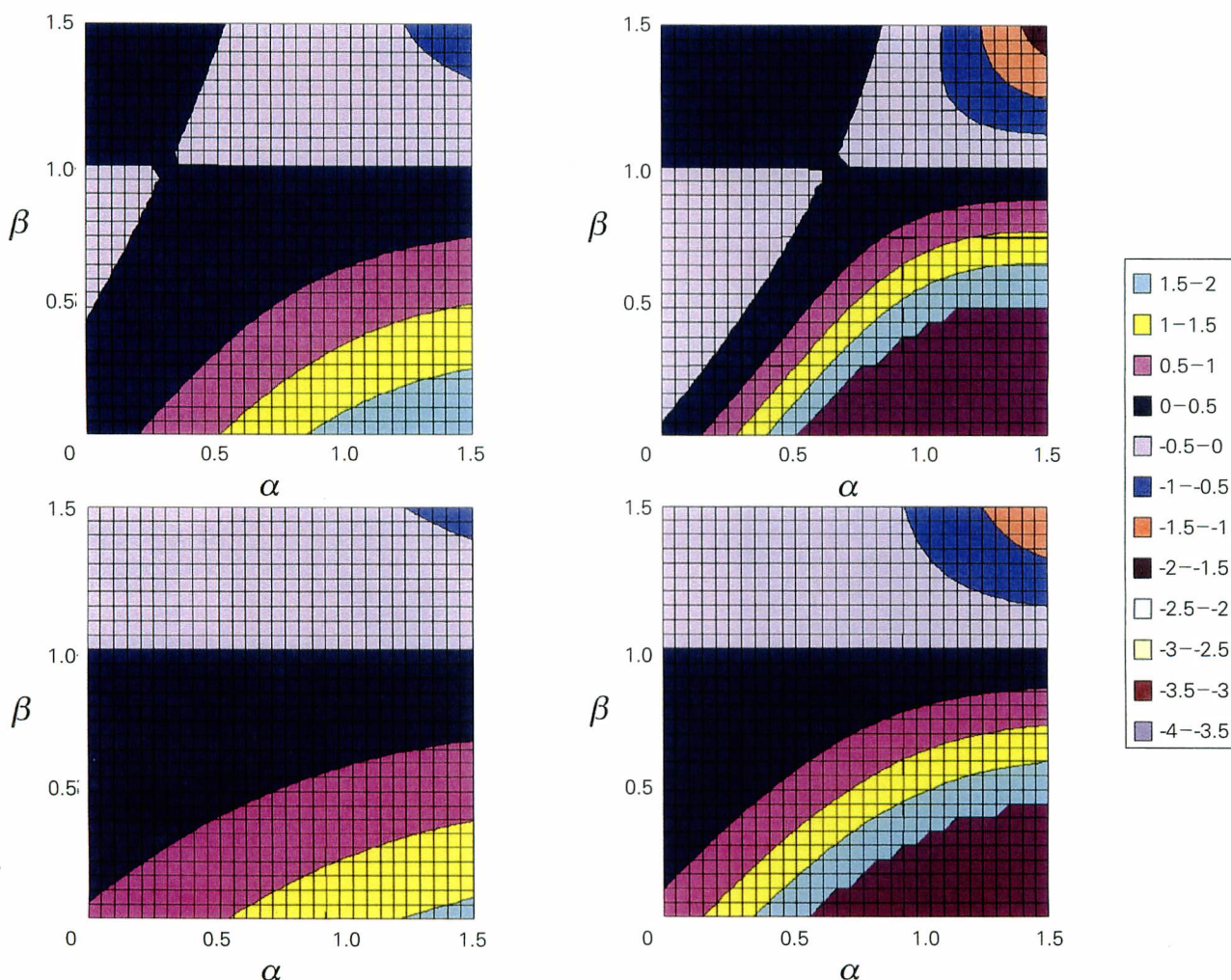
と、最小費用法による消費者余剰も γ 倍となり、したがって便益値も γ 倍となる。そこで、一般化費用の基準値を変化させた場合における、加重平均法とログサム法による便益値の傾向を分析する。なお、ここでもBLモデルのパラメータについて、 $\lambda\theta_c = -1$ を仮定する。

(2) 分析の方法

3.1.1と同様の状況を想定するが、基準値である、プロジェクト実施無しにおける経路2の一般化費用を、 $\gamma = 2, 4$ と変化させるものとする。このとき、プロジェクト実施無しにおける経路1の一般化費用と、プロジェクト実施有りにおける経路2の一般化費用を、それぞれ $\gamma\alpha$ 、 $\gamma\beta$ と設定する。それ以外の条件は、3.1.1と同一とする。

(3) 分析の結果

まず、加重平均法とログサム法による便益値分布を、基準値が2と4のときについて示したものが、図-4である。これより、ログサム法については、基準値が増加するにつれて、次第に、 (α, β) に対する便益の変化率(傾き)が大きくなっていくことがわかるが、基本的な分布特性は基準値が1のときと変化していない。一方で、加重平均法については、基準値が1のときと比較するとかなり異なる



■図-4 一般化費用の基準値が2と4のときの加重平均法とログサム法による便益値分布 (上が加重平均法, 下がログサム法, また、左から一般化費用の基準値が2, 4のとき)

分布をしていることがわかる。まず、基準値が1のときには、加重平均法によって求められた改善プロジェクト ($\beta < 1$) の便益は、常に正であったが、基準値が2, 4のときには改善プロジェクトであっても、便益値が負になる領域が発生する。また、基準値の増加に従って、改悪プロジェクト ($\beta > 1$) であっても便益が正となる矛盾領域も、同様に次第に増加していく。以上より、基準値が2より大きくなるにつれて、加重平均法は矛盾した便益を算出するリスクが大きくなるのがわかる。

次に、基準値が2と4のときの加重平均法とログサム法との便益差の分布を示したものが図-5aである。これより、両者の大小関係は、基本的に基準値が1のとき(図-3a右)と同様に、 $\beta = 2\alpha - 1$ と $\beta = 1$ を境界として決まるのがわかる。ただし、基準値が大きくなるほど、同一の (α, β) であっても便益差の変化率(傾き)が大きくなり、また便益差の絶対値も大きくなる。同様に、便益比について示したものが図-5bであるが、基本的な傾向は、基

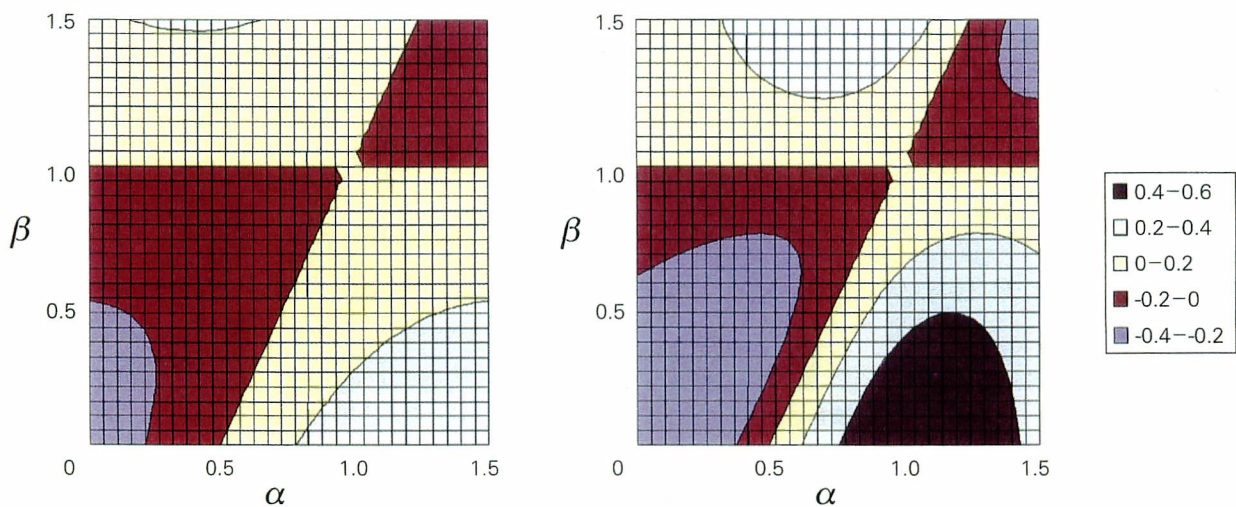
準値が1のときとほとんど同一であるものの、同一の (α, β) であっても便益比の絶対値は大きくなる傾向にある。

以上より、一般化費用の基準値次第によって、加重平均法による便益値が、矛盾した結果を生み出す可能性は変化すること、ならびに、加重平均法とログサム法による便益値の、 (α, β) に対する分布特性は、一般化費用の基準値により変化しうるが、それらの大小関係の基本特性はそれほど大きくは、変化しない可能性があることが明らかとなった。

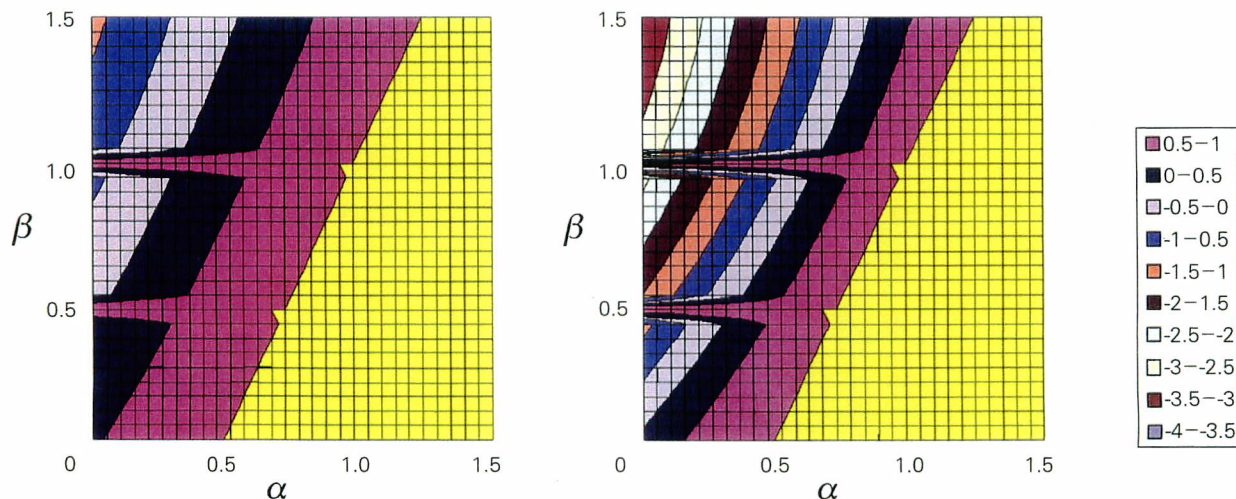
3.2 新たな経路の整備を伴うケースの分析

3.2.1 分析の目的

次に、1OD1経路の状態に1経路が追加整備される場合に、発生する利用者便益を、3つの代表一般化費用を用いて試算し、それらと比較する。なお、ここでもBLモデルのパラメータについて、 $\lambda\theta_C = -1$ を仮定する。



■図-5a 一般化費用の基準値が2と4のときの加重平均法とログサム法による便益差の分布 (いずれも、加重平均法-ログサム法。左から一般化費用の基準値が2, 4のとき)



■図-5b 一般化費用の基準値が2と4のときの加重平均法とログサム法による便益比の分布 (いずれも、加重平均法/ログサム法。左から一般化費用の基準値が2, 4のとき。なお0/0=1とした。)

3.2.2 分析の方法

図一6に示すように、2地点ODが、当初1本の経路(経路1)のみによって結ばれているが、新規整備プロジェクトによって新たに1本の経路(経路2)が整備されるものとする。ここで、経路1の一般化費用は γ ($\gamma=1,2,4$)で、プロジェクト実施の有無によらず一定であり、経路2の一般化費用は $\gamma\beta$ (ただし、 $\beta>0$)とする。つまり、 $\beta<1$ ならば改善プロジェクト、 $\beta>1$ ならば改悪プロジェクトを意味する。このケースでの、各手法における具体的な便益計測式は以下のように示される。

(1) 最小費用法

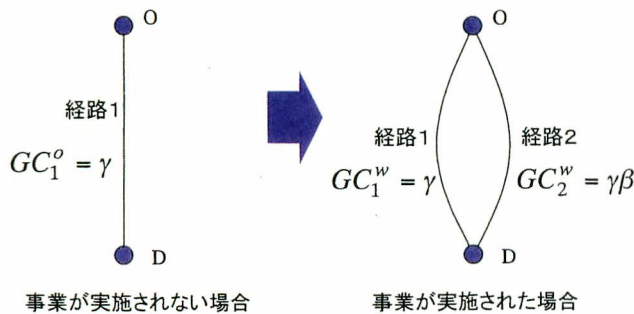
$$UB = GC_1^o - \min\{GC_1^w, GC_2^w\} \quad (14)$$

(2) 加重平均法

$$UB = GC_1^o - \left\{ \frac{GC_1^w}{1 + e^{\lambda\theta_c(GC_2^w - GC_1^w)}} + \frac{GC_2^w}{1 + e^{\lambda\theta_c(GC_1^w - GC_2^w)}} \right\} \quad (15)$$

(3) ログサム法

$$GC_1^o - \frac{1}{\lambda\theta_c} \ln(e^{\lambda\theta_c GC_1^w} + e^{\lambda\theta_c GC_2^w}) \quad (16)$$



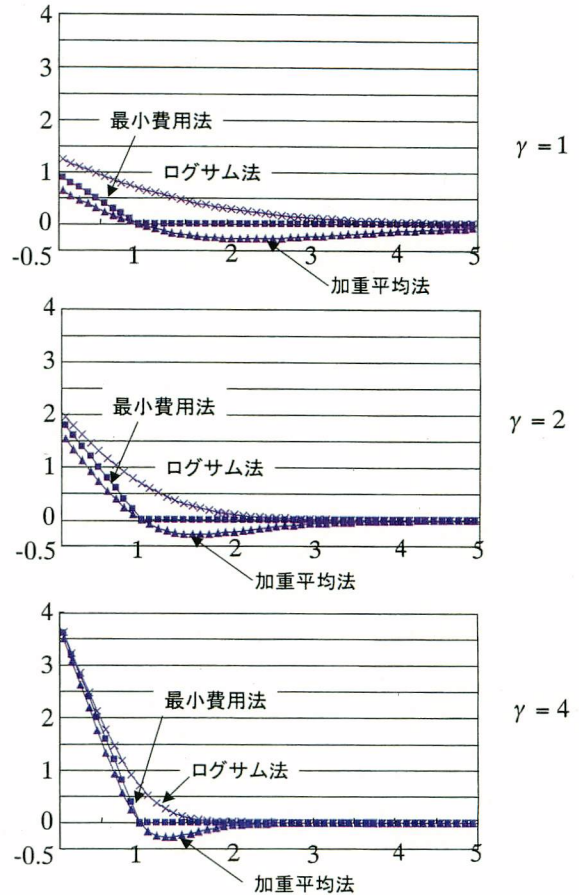
■図一6 新規整備ケースの想定条件

3.2.3 各代表一般化費用の特性

以上の想定のもと、まず、 β と γ の値に対して、3つの代表一般化費用により求められる便益値の分布を示したものが、図一7である。

これより、本ケースでは、基準値ならびに改善、改悪に関わらず、常にログサム法、最小費用法、加重平均法の順に便益が大きくなるのがわかる。また、 $\beta<1$ の改善プロジェクトの場合には、いずれの代表一般化費用でも便益が正となるのがわかる。だが、 $\beta\geq 1$ の改悪プロジェクトの場合には、ログサム法による便益値は正である一方で、最小費用法による便益値がゼロ、加重平均法による便益値が負になる。また、加重平均法によれば、 β が1を超えるといった不便益が最大になるものの、さらに大きくなると、不便益が減少し、ゼロに漸近していくこともわかる。

以上より、ログサム法を用いると、いかなる一般化費用



■図一7 新規整備ケースにおける便益値分布の比較 (いずれも縦軸は便益値、横軸は β)

の経路が整備されたとしても、その経路が選択肢集合に含まれる限りにおいては、便益が正となるのが改めて確認された。これはログサム値の特性より、選択肢の増加によって、ログサム値は必ず大きくなるためである⁸⁾。ただし、現実問題を考える場合には、あまりに一般化費用の高すぎる経路が追加されても、利用者はそれを新たな選択肢と認知しない可能性があることに留意すべきであろう。

また、最小費用法と加重平均法では、たとえ経路が新規整備されても、その経路の一般化費用が経路1と同一の場合には便益値がゼロになる、という特性を持つ。したがって、既存経路と新規整備経路の一般化費用がほぼ同一の場合には、便益比は、最小費用法/ログサム法、加重平均法/ログサム法ともに、限りなくゼロに近づくことになる。

3.3 需要の代替性に関する分析

3.3.1 分析の目的

次に、需要の代替性が変化したときの各代表一般化費用による便益値の変化を分析する。ここで、代替性とは、一般化費用の経路間の差に対する、需要の感度を意味する。すなわち、需要の感度が高いときは代替性が高く、需要の感度が低いときは代替性が低い。需要の感度は、MNLモデルの効用関数中の確率項に適用されている、ガンベル分布の分散に依存している。ガンベル分布の分散が小

さいと、確率項はほぼ分布の平均値であるゼロと見なせるので、効用関数の確定項の大小のみによって需要が敏感に変化する(つまり、感度が高くなる)。そして分散がゼロの究極の状態は、効用に確率項が考慮されていないことを意味する。この場合には、MNLモデルは、確定項のみを用いた完全代替モデルと同値となる。なおMNLモデルでは、ガンベル分布の分散 σ^2 は、式(2)で示される選択確率式中の、スケールパラメータ(λ)の2乗の逆数に比例する。

3.3.2 分析の方法

新規整備無しと有りの両ケースについて検討する。まず、新規整備無しのケースでは、1OD2経路の新規整備無しで基準値が1の場合を想定する。また、新規整備有りのケースでは、1OD1経路で基準値1とし、ここに新規経路が1本追加される場合を想定する。これらに対して、MNLモデルの $\lambda\theta_c$ を変化させたときの、3つの代表一般化費用による便益値の差を調べる。ここで、本来は、スケールパラメータ(λ)のみを変化させるべきだが、ログジットモデルの推定上の問題から λ と θ_c とは分離不可能であることから、 $\lambda\theta_c$ を変化させるものとする。

3.3.3 需要の代替性と便益値との関係

まず、新規整備無しのケースについて $\lambda\theta_c = -1, -5,$

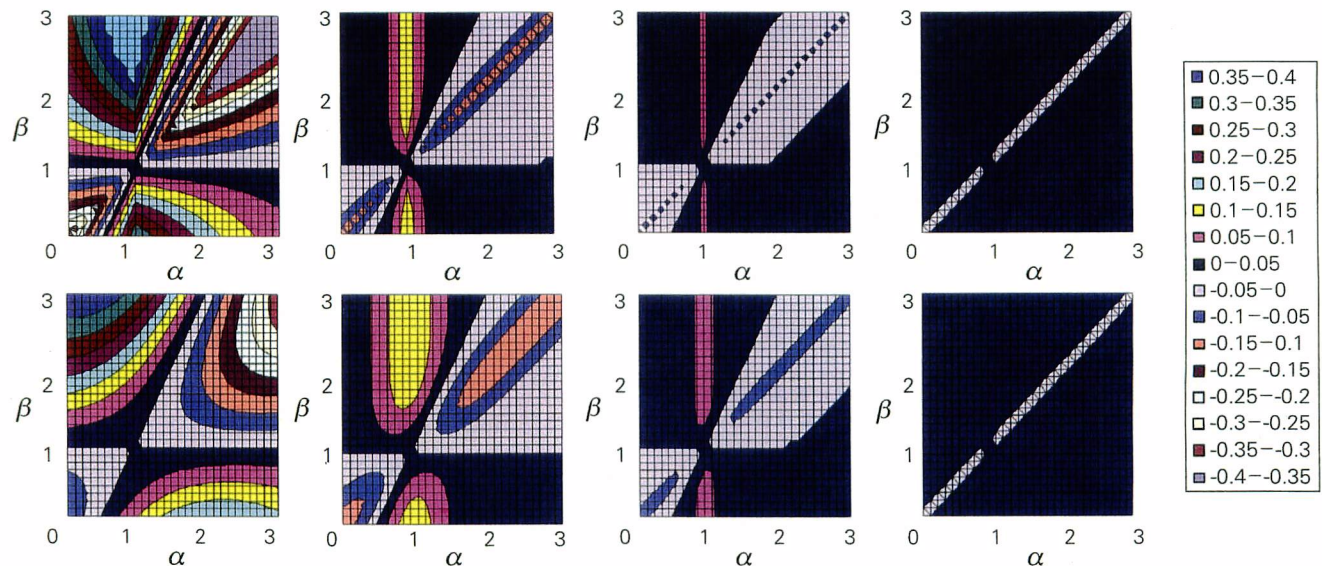
$-10, -100$, の場合における最小費用法とログサム法、加重平均法とログサム法による便益差の分布をそれぞれ示したものが、図-8aである。これより、明らかに需要の代替性が大きくなると、いずれの代表一般化費用の比較についても便益差が縮まっていくことが分かる。つまり、いずれの代表一般化費用であっても、需要の代替性が大きいときには、同一便益値に近づいていくことが確かめられる。また、ともに、 $\alpha = 1$ 周辺と $\alpha = \beta$ の周辺の領域において、代替性が大きくても便益差が発生しやすいようである。

同様に、新規整備有りのケースで、需要の代替性を変化させた結果が、図-8bである。これより新規整備有りの場合も、需要の代替性を大きくすると、3つの便益値が一致する傾向にあることと、新規整備路線の一般化費用である、 $\alpha = 1$ 周辺で便益差が発生しやすいことが確認できる。

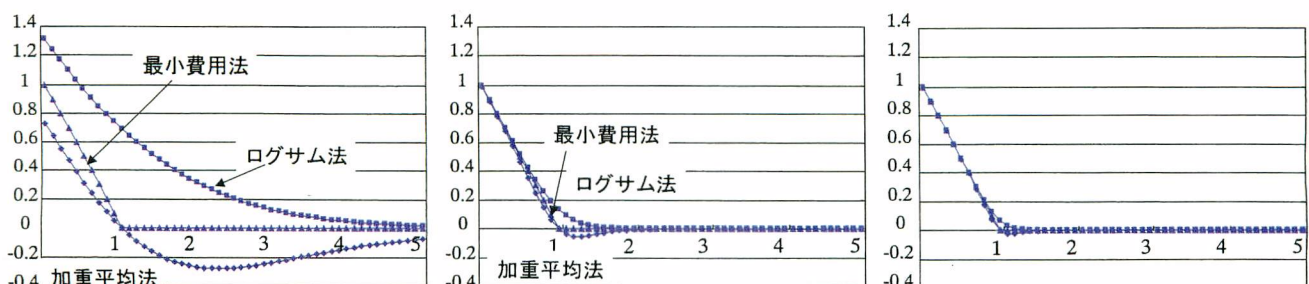
3.4 選択枝数が便益値に与える影響に関する分析

3.4.1 分析の目的

これまでの検討では、いずれも1OD2経路の状況を想定してきた。だが、実際の分析では、代替経路が2つで



■図-8a 新規整備無しにおける需要の代替性の変化に伴う代表一般化費用間の便益差の分布(左から $\lambda\theta = -1, -5, -10, -100$)
(上:最小費用法-ログサム法, 下:加重平均法-ログサム法)



■図-8b 新規整備ケースにおける需要の代替性の変化に伴う代表一般化費用間の便益差の分布(左から $\lambda\theta = -1, -5, -10$)
(縦軸:便益値, 横軸:新規経路の一般化費用)

あることは稀であり、3経路以上の分析が多くなされている。そこで、ここでは選択枝数が増加した場合に、3つの代表一般化費用による便益値がどのような関係となるのかについて、分析することとする。

3.4.2 分析の方法

これまでと同様に、1ODのネットワークを想定する。ここでは、新規整備有りのケースと無しのケースの両方を考慮することとする。

まず、新規整備無しのケースでは、経路数が2, 3, 4, 5の場合について検討する。経路の一般化費用は、プロジェクト実施無の時、すべての経路で1である場合をまず考える。そして、プロジェクト実施有りの時には、複数経路のうち1経路(経路1とする)のみを $\beta (>0)$ に変化させ、それ以外の経路については不変であるものとする。

一方で、新規整備有りのケースでは、プロジェクト実施により経路数が、1→2, 2→3, 3→4, 4→5と変化させる。ここで、経路の一般化費用については、プロジェクト無しの際には、すべての経路で1とし、これらはプロジェクト

実施によって不変とする。そして、新たに整備される経路の一般化費用は、 $\beta (>0)$ であるものとする。

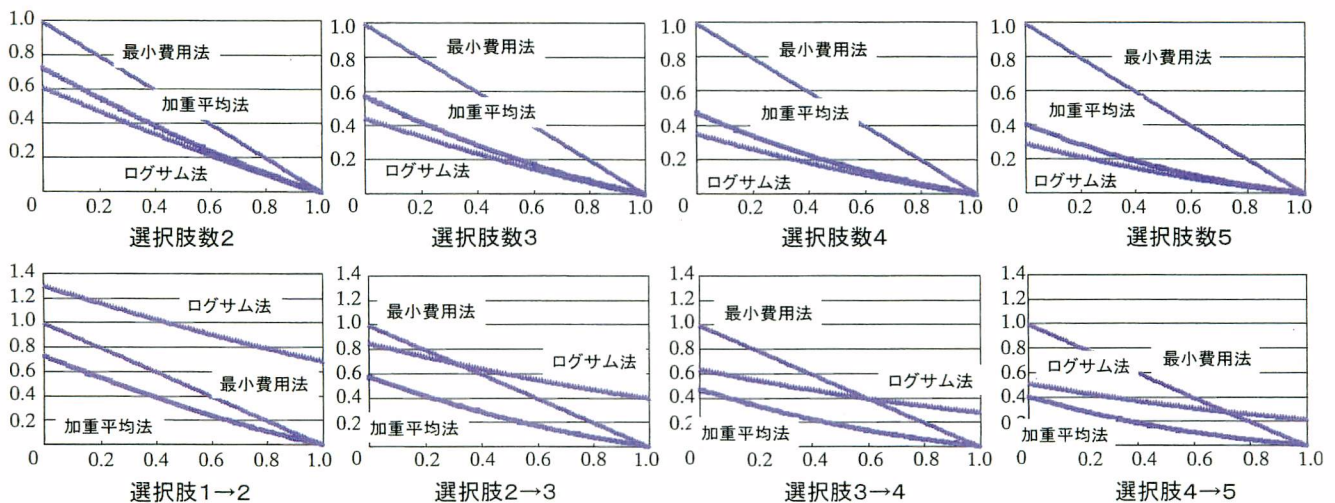
なお、ここではいずれのケースについても、MNLモデルのパラメータに関して、 $\lambda\theta_c = -1$ を仮定する。

同様の分析を、基準値が1でない場合についても検討する。ここでは、その一例として基準値が4であるケースについて検討を行う。この場合の一般化費用の設定は、新規整備無しについては3.1.2, 新規整備有りについては3.2と同様とする。

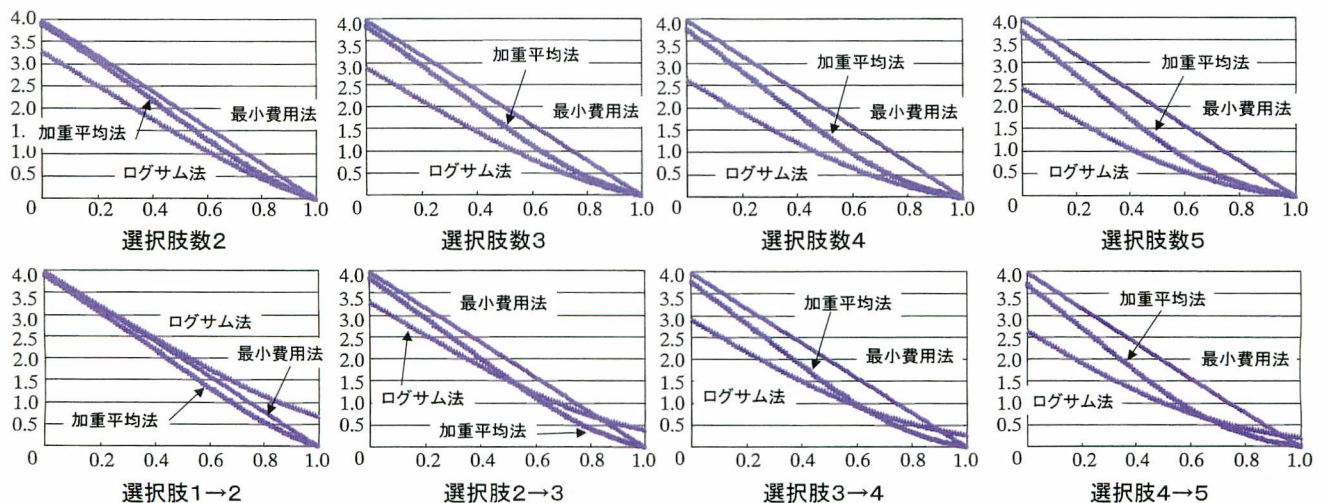
3.4.3 分析結果

新規整備無しのケースと新規整備有りのケースのそれぞれについて、選択枝数ごとの各代表一般化費用による便益値の分布を、基準値=1と4について示したものが図9aと図9bである。ここでは、特に改善のケースである $0 \leq \beta \leq 1$ のみに絞って図示してある。

まず、基準値が1の場合について結果を見る。新規整備を伴わないケースについて見ると、選択枝数の増加により、最小費用法による便益値分布は全く変化しないが、



■図9a 選択枝数による便益値分布の違い(一般化費用の基準値が1の場合)
(上は新規整備を伴わないケース, 下は新規整備を伴うケース。また、いずれも縦軸は便益値, 横軸は β)



■図9b 選択枝数による便益値分布の違い(一般化費用の基準値が4の場合)
(上は新規整備を伴わないケース, 下は新規整備を伴うケース。また、いずれも縦軸は便益値, 横軸は β)

加重平均法とログサム法による便益値はほぼ同じ割合で低下していく様子がうかがえる。選択肢数によらず、常に最小費用法、加重平均法、ログサム法の順に便益が大きい。次に、新規整備を伴うケースについて見ると、やはり最小費用法による便益分布は、選択肢が増加しても変化しない。一方で、ログサム法と加重平均法による便益値は、先と同様に、選択肢数が増加するにしたがって、低下していく傾向にある。また、ログサム法と加重平均法との関係を見ると、常にログサム法による便益の方が大きい。両者の差は、選択肢が増加するにしたがって小さくなるのがわかる。また、最小費用法とログサム法とを比較すると、選択肢数が2つ以上での新規整備の場合には、改善の程度が大きいときには、最小費用法>ログサム法だが、逆に改善の程度が小さいときには、最小費用法<ログサム法となることがわかる。

次に、基準値が4の場合について見る。新規整備を伴わないケースについて見ると、選択肢数によらず、便益値は、最小費用法>加重平均法>ログサム法の関係となっており、これは基準値が1の場合と同様である。次に、新規整備を伴うケースについて見ると、やはり、最小費用法の便益分布は選択肢数によらず一定である。だが、加重平均法とログサム法による便益値分布は、選択肢2→3、3→4、4→5のケースにおいて互いに交差する。つまり、新規整備経路のサービス水準が、既存経路よりも格段に高い場合には、便益は、加重平均法>ログサム法となるが、逆に、新規整備経路のサービス水準が既存経路とほぼ同等の場合には、ログサム法>加重平均法となることがわかる。

以上より、少なくとも本節にて設定した状況下においては、新規整備を伴わない場合は、選択肢数によらず、便益値は常に、最小費用法>加重平均法>ログサム法となること、ならびに新規整備を伴う場合には、選択肢数に応じて、大小関係が変化することが明らかとなった。

なお、選択肢が3つ以上になる場合には、個々の経路がどのようなサービス水準となるのかの組み合わせに、無限の可能性があり、その全てを分析することはかなり困難である。以上の分析結果は、あくまでも、プロジェクト無しにおいて、全ての選択可能経路のサービス水準が同一である、という特殊な状況を想定した結果であることに留意が必要であろう。

4—実事例を用いた実証分析—東京圏の都市鉄道プロジェクトを事例に—

本章では東京圏の2つの都市鉄道プロジェクト、具体的には、新たな経路の整備を伴わないケースである既

存施設の改良プロジェクト、および新たな経路の整備プロジェクトを題材に、各代表一般化費用を用いた便益計測を行い、結果を比較する。

4.1 使用する交通需要分析手法の概要

以下の実証分析では、式(2)で示したMNLモデルを鉄道経路選択行動に適用して、交通需要分析を行う。使用するMNLの経路の効用関数は以下のように設定する。

$$U_{ij,r} = \theta_c C_{ij,r} + \sum_{k \in C} \theta_k X_{k,ij,r} + \varepsilon_{ij,r}$$

$$= \theta_c C_{ij,r} + \theta_1 X_{1,ij,r} + \theta_2 X_{2,ij,r} + \theta_3 X_{3,ij,r} + Cong_{ij,r} + \varepsilon_{ij,r} \quad (17)$$

ただし、 $U_{ij,r}$ ： $i \rightarrow j$ の r 番目の経路($r \in R_{ij}$)の効用関数、 $C_{ij,r}$ ：経路の総費用[円]、 $X_{1,ij,r}$ ：アクセス・イグレス時間[分]、 $X_{2,ij,r}$ ：乗車時間[分]、 $X_{3,ij,r}$ ：乗換え時間(待ち時間を含む)、 $Cong_{ij,r}$ ：混雑指標、 θ_k ：各変数のパラメータ。ただし、混雑指標は次式によって定義される：

$$Cong_{ij,r} = \sum_{l \in R_{ij}} r_{l,ij,r}^2 \cdot X_{l,2,ij,r}$$

ここで、 $r_{l,ij,r}$ ： $i \rightarrow j$ の r 番目の経路上に存在する駅間リンク l の混雑率、 $X_{l,2,ij,r}$ ：駅間リンク l の所要時間[分]である。

以上の効用関数をトリップ目的別(通勤、通学、私事、業務)に設定する。各変数のパラメータについては、運輸政策審議会答申第18号策定の際に用いられた値⁹⁾を使用する。なお、通学目的トリップの説明変数のうちアクセス・イグレス時間については、両者を分離してパラメータが推計されているため、本研究でもこれに従うこととする。なお、以下で行う2つの事例分析では、いずれも表一で示されるパラメータ値を使用する。

■表一 使用する効用関数のパラメータ

		通勤	通学	私事	業務
時間	乗車時間 (分)	-0.094 (-8.09)	-0.060 (-5.77)	-0.049 (-2.86)	-0.050 (-3.29)
	アクセス・イグレス時間 (分)	-0.127 (-11.7)	-	-0.058 (-4.30)	-0.060 (-5.82)
	アクセス時間 (分)	-	-0.069 (-6.20)	-	-
	イグレス時間 (分)	-	-0.0603 (-5.69)	-	-
費用	乗換え時間(待ち時間含) (分)	-0.112 (-10.7)	-0.079 (-8.71)	-0.072 (-4.15)	-0.069 (-4.52)
	総費用 (円)	-0.002 (-3.98)	-0.004 (-7.14)	-0.002 (-3.00)	-0.001 (-1.57)
	混雑指標	-0.009 (-3.34)	-0.002 (-0.80)	-	-
	尤度比	0.390	0.331	0.172	0.156
サンプル数		1,218	811	436	357
乗車時間価値(円/分)		47	15	21	48

4.2 既存施設改良プロジェクトの事例分析

4.2.1 対象プロジェクトの概要

既存施設改良プロジェクトの事例として、現在事業中の小田急小田原線の複々線化を取り上げる(図一10)。このプロジェクトは、東北沢～和泉多摩川間の約12kmを複々線化する事業であり、小田急線の混雑緩和と所要時間の短縮効果、および代替路線(例えば京王線)の混雑緩和効果が期待されている。



■図一10 対象プロジェクトの概略図

4.2.2 需要動向の分析結果

需要動向の分析にあたり、評価対象年次を平成13年と設定し、この年次のOD表およびネットワークを作成した。また、事業実施時の所要時間、運行頻度等については、公表値等をもとに適宜設定した。

以上にに基づき、プロジェクト実施無しと有りの需要動向を分析した結果が表一2である。

これより、プロジェクト実施によって、整備区間を含む小田急小田原線の輸送人員が6.1%、同線に接続する小田急江ノ島線および多摩線がそれぞれ0.6%、0.3%増加し、また下北沢で接続する京王井の頭線の輸送人員も0.7%増加することがわかる。このうち小田急小田原線については、輸送力が増強されているので混雑度は急行で187%から146%に、各駅で198%から154%に緩和されている。

一方、小田急小田原線とほぼ並走する京王線、東急田園都市線の輸送人員はそれぞれ2.9%、2.7%減少、OD

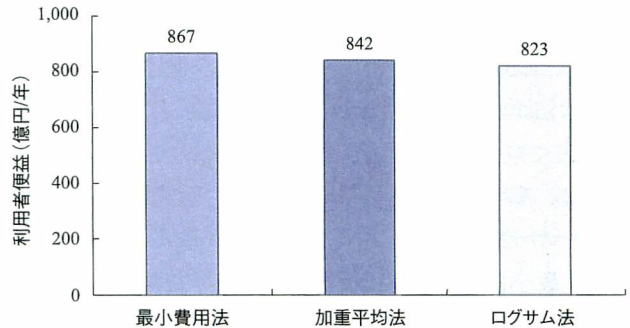
■表一2 プロジェクト実施無しと有りの需要動向の分析結果

	プロジェクト実施による輸送人員の増減率
小田急小田原線	6.1%
小田急江ノ島線	0.6%
小田急多摩線	0.3%
京王井の頭線	0.7%
京王線	-2.9%
東急田園都市線	-2.6%
JR南武線	-0.7%

によっては代替経路となるJR南武線は0.7%減少することがわかる。

4.2.3 便益計測結果の比較

プロジェクト実施による利用者便益を、3つの代表一般化費用を用いた手法で計測した結果を図一11に示す。これより、本研究で対象としたプロジェクトでは、ログサム法、加重平均法、最小費用法の順に便益が大きくなるのがわかる。ただし、手法間の乖離は、最小費用法とログサム法では5.4%、加重平均法とログサム法では2.4%と比較的小さくなっている。



■図一11 各代表一般化費用による便益計測結果(既存施設の改良プロジェクトの場合)

4.3 新規整備プロジェクトの事例分析

4.3.1 対象プロジェクトの概要

次に、新規整備プロジェクトの事例として、平成13年に新たに開業した営団地下鉄南北線の溜池山王～目黒間を取り上げる(図一12)。このプロジェクトは、南北線全線(赤羽岩淵～目黒間)のうち、最後に残された区間を整備したものであり、目黒駅で東急目黒線と相互直通運転を実施することで、神奈川東部方面から都心へのルートである東急東横線および営団銀座線、日比谷線等の混雑緩和効果ならびに選択可能経路の拡大効果が得られている。



■図一12 対象プロジェクトの概略図

4.3.2 交通需要動向の分析結果

先と同様に、平成13年を評価対象年次とし、プロジェ

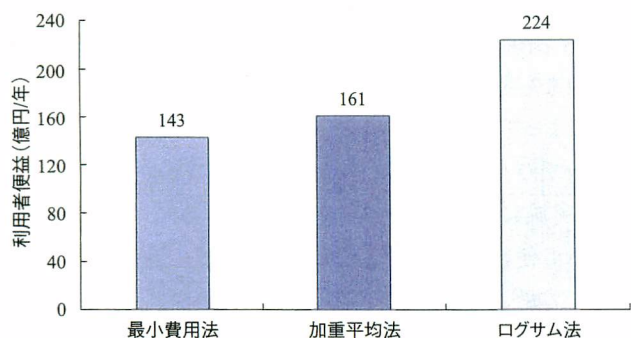
クト実施無しと有りの需要動向を分析した結果が表—3である。これよりプロジェクト実施によって、新たに整備された区間(溜池山王～目黒間)を含む営団南北線の輸送人員が31.1%、南北線の整備と併せて三田～白金高輪間が延伸された(白金高輪～目黒間は南北線の線路を使用)都営三田線が11.3%、両線と目黒駅で相互直通運転を実施する東急目黒線が10.0%それぞれ増加することがわかる。一方、東急目黒線～営団南北線との代替経路となる東急東横線、営団日比谷線、銀座線、JR山手線の輸送人員がそれぞれ1.6%、2.5%、1.1%、1.0%減少していることがわかる。

■表—3 プロジェクト実施無しと有りの需要動向の分析結果

	プロジェクト実施による 輸送人員の増減率
営団南北線	31.1%
都営三田線	11.3%
東急目黒線	10.0%
営団日比谷線	-2.5%
都営浅草線	-2.5%
東急東横線	-1.6%
営団銀座線	-1.1%
JR山手線	-1.0%

4.3.3 便益計測結果の比較

プロジェクト実施による利用者便益を、3つの代表一般化費用を用いた手法で計測した結果を図—13に示す。これより、本研究で対象としたプロジェクトでは、最小費用法、加重平均法、ログサム法の順に便益が大きくなる事がわかる。また、手法間の乖離は、最小費用法とログサム法では36.2%、加重平均法とログサム法では28.1%と大きくなっている。



■図—13 各代表一般化費用による便益計測結果 (新規整備プロジェクトの場合)

4.4 事例分析を踏まえた東京圏都市鉄道プロジェクトの利用者便益の傾向に関する考察

東京圏都市鉄道利用者の需要特性を特に考慮した場合における、3つの代表一般化費用による便益の大小関係、ならびに事例分析の結果の解釈について考察を行う。

4.4.1 利用者便益に関する基礎考察

東京圏における都市鉄道利用者の鉄道経路の効用関

数について、表-1のパラメータを前提としよう。ここで、例えば、あるOD間の経路が2本で、そのうち1本が、運賃=250円、総所要時間=35分(ラインホール時間=27分、アクセス・イグレス時間5分、待ち時間3分)、混雑指標がゼロと仮定してみよう。すると、通勤目的利用者にとって、当該経路の一般化費用は概ね2,000円となる。

(1) 既存施設の改良プロジェクトにおける基礎考察

一般化費用=2,000円の経路について、既存施設の改良プロジェクトが実施される場合を考えてみる。ただし、このプロジェクトの実施によって、OD間の全交通量は変化しないと仮定する。仮に5分の短縮があったとする。すると、この経路の一般化費用は、表-1のパラメータより、2,000円から1,765円に変化し、これは、 $\beta = 0.88$ を意味する。

ところで、一般化費用=2,000円ならば、 $\lambda\theta_c = -0.002$ なので、この経路の効用値は-4である。したがって、このODで生じる3つの手法による便益値の傾向は、 $\lambda\theta_c = -1$ かつ一般化費用=4のケースと同一になることがわかる(便益のスケールが変わるだけ)。

ここでさらに、代替経路の一般化費用が2,000円(つまり、 $\alpha = 1$)で、これがプロジェクト実施の有無によらず一定であるものと仮定する。すると、このケースには、図—9b(一般化費用=4のケース)上の選択肢=2のケースを適用することが可能となる。これによれば、当該ODにおける便益値には、最小費用法>加重平均法>ログサム法という関係が成り立つことがわかる。ちなみに、図—9b上からも明らかのように、この順位は、プロジェクト実施による改善の程度(β)や選択肢数が変化しても変わらない。

(2) 新規整備プロジェクトにおける基礎考察

次に、OD間の選択可能経路が1本のみで、これにプロジェクト実施によって1本の経路が追加される場合を考えてみよう。ここで、プロジェクト実施無しの経路の一般化費用を先と同様に2,000円とし、これはプロジェクト実施前後で変化しないものとする。また、先と同様に、このプロジェクトの実施によってOD間の全交通量は変化しないと仮定する。この場合には、図—9b下の新規整備有りのケースの経路1→2の結果を適用すればよい。仮に、新規整備される経路の一般化費用が、少なくとも既存経路の一般化費用よりも小さい($\beta < 1$)と仮定するならば、図—9b下の経路1→2の結果より、便益値の大小関係は、ログサム法>最小費用法>加重平均法となる。

以上では選択可能経路数が1→2の場合を検討した。だが、新規整備の場合には、新規整備経路の一般化費用と選択肢数によって、3つの代表一般化費用による便益値の大小関係は微妙に変化する。そこで、南北線整備における各ODの一般化費用の変化を個別に調べて

見た。すると、ほとんどのODにおける一般化費用の改善はかなり小幅であって、 β はかなり1に近いとみなせることがわかった。これと図-9bの結果と合わせれば、一般化費用の基準値が2,000円である多くのODについてログサム法>最小費用法 \equiv 加重平均法の関係が成立する可能性が高いことがわかる。

4.4.2 事例分析の結果の解釈

(1) 東京圏における2事例の分析結果全体に対する解釈
ところで、4.4.1で検討した一般化費用=2,000円のODにおける便益値の特性は、図-11ならびに図-13で示された全ODの総便益における大小関係と傾向が類似していることに気づく。これは単なる偶然と言えるであろうか？

3章での基礎分析でも明らかな通り、3種類の便益の大小関係は、OD間の選択肢数、一般化費用の大きさ、新規整備を伴うか否か、改善の程度によって変動する。すると、東京圏の都市鉄道サービスのように、さまざまな特性のODが混在するネットワーク全体では、一般化費用の大きさ、選択可能経路数、プロジェクトによる改善の程度等の分布に依存して、3つの代表一般化費用による便益値の大小関係は決まるものと考えられる。

そこで、4.4.1の考察における一般化費用の基準値=2,000円のODを改めて考えて見よう。所要時間が35分、運賃が250円のODは、東京圏都市鉄道利用者全体の移動時間分布を考えれば、やや短めである(付録1を参照のこと)。そこで、東京圏鉄道利用者の平均的な姿と思われる一般化費用=3,500円を想定してみることにする。(総所要時間=60分程度、運賃=500円程度、効用値=-7程度。)すると、付録2の結果からも明らかな通り、改善経路のサービス水準が既存経路とほぼ同一の場合($\beta < 1, \beta \approx 1$)では、やはり3つの代表一般化費用による便益値の大小関係には、一般化費用が2,000円の場合と、同様の傾向が見られる。したがって、多様なODの中で大きなシェアを占める、一般化費用が2,000~4,000円あたりのODの傾向が、全ODの総便益に対して大きな影響を及ぼしている可能性はかなり高いと考えられる。

(2) 南北線整備プロジェクトの事例においてログサム法による便益が突出していることに対する解釈

なお、南北線整備プロジェクトの事例では、図-13を見ても分かる通り、ログサム法による便益が他の2つと比較してかなり大きいという結果が得られている。数値分析の結果と照らし合わせると、ログサム法による便益が少し大きすぎる(あるいは残りの2つの便益が小さすぎる)のではないかと、という印象を受けてもおかしくはない。筆者らは、この原因は、南北線整備による一般化費用の改善水準が小さいことにあるのではないかと、考えている。

例えば、南北線を経由する新経路が、既存経路と同程度の一般化費用しか持たない場合には、既に3.2でも指摘したとおり、新規整備にも関わらず最小費用法と加重平均法による便益値は、限りなくゼロに近くなってしまふ。そのため、これらの便益値をログサム法による便益値と、比によって比較すると、大きな差が出てしまう可能性が高い。実際、いくつかのODを抽出して調べて見ると、上記の傾向が観測された。

東京都心部の地下鉄ネットワークの密度はすでに相当高いという事実を鑑みれば、追加的な路線整備による限界効用(一般化費用)は小さくならざるを得ないであろう。したがって、これと同タイプのプロジェクトは、所要時間短縮という効果よりも、選択肢の幅を広げるという効果の方が大きいことが予想される。このとき、選択肢拡大を考慮できるログサム法による便益は、他の2手法による便益よりも大きく上回る傾向があると思われる。

5 おわりに

5.1 本論文の成果

本論文では、需要分析にMNLモデルを用いた場合における3種類の代表一般化費用による便益値を、さまざまな条件のもとで比較した。

まず、1ODの数値分析から以下の点が明らかとなった。
・新規整備を伴わないケース

最小費用法を用いると、改善、改悪にもかかわらず便益=0となる矛盾した結果を算出する可能性がある。また、加重平均法を用いると、改善だが便益<0、改悪だが便益>0となる矛盾した結果を算出する可能性がある。3つの手法間での便益値の大小関係は、代替経路の一般化費用ならびにプロジェクトによる一般化費用の変化の程度によって変化する。また、プロジェクト実施無しでOD間の全ての一般化費用が一致している状態から、プロジェクト実施によって1つの経路のみ改善がなされる場合について便益値を試算した結果、OD間の選択肢数、ならびにプロジェクトによる改善の程度によらず、便益値は、最小費用法>加重平均法>ログサム法となる。

・新規整備を伴うケース

最小費用法を用いると、既存経路より高い一般化費用の経路が整備されても、便益=0となる可能性がある。ログサム法を用いると、いかなる一般化費用であっても新規整備がなされることによって便益>0となる。3つの手法間での便益値の大小関係は、既存経路の一般化費用ならびにプロジェクトによる一般化費用の変化の程度、OD間の選択肢数によって変化する。

・需要の代替性の影響

新規整備を伴わないケースで検討をした結果、需要の代替性が大きくなると、すべての手法による便益値は一致する。ただし、代替性の変化に伴う手法間の便益差の縮まり方は、最小費用法と加重平均法とは異なり、また代替経路の一般化費用やプロジェクトによる改善の程度によっても異なる。

なお、3つの手法による便益値の大小関係は、個別の条件(各経路の一般化費用やOD間の選択肢の数等)に依存するものであって、3章で得られた結果が、そのままいかなる条件においても成立するとは限らないことに留意すべきである。

次に、東京圏の都市鉄道プロジェクトの事例分析から、以下の点が明らかとなった。

・既存施設の改良プロジェクトの事例分析

小田急小田原線の複々線化プロジェクトについて検討した結果、3つの代表一般化費用による便益値は、最小費用法>加重平均法>ログサム法の順となった。ただし、それらの差は高々5%程度である。

・新規路線の整備プロジェクトの事例分析

営団地下鉄南北線整備プロジェクトについて検討した結果、3つの代表一般化費用による便益値は、ログサム法>加重平均法>最小費用法となった。

・数値分析を踏まえた考察

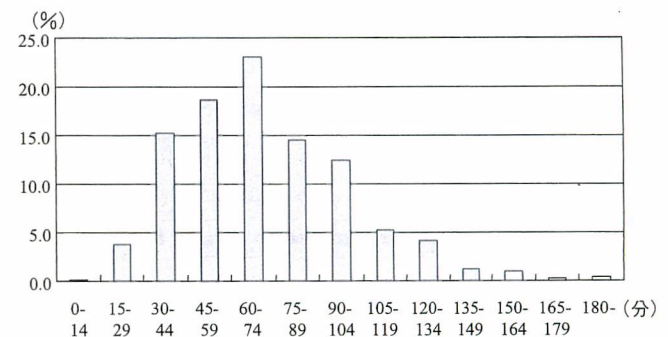
東京圏鉄道利用者の需要特性を鑑みると、東京圏の平均的なODの一般化費用は、2,000~4,000円程度と考えられる。事例分析における改善の程度がかなり小さいことも考慮すると、一般化費用=2,000~4,000円のODにおける便益値の大小の傾向が、全便益に大きな影響を及ぼしている可能性がある。また、営団南北線整備でログサム法による便益が突出して大きいのは、所要時間短縮等の効果よりも選択幅拡大の効果の方が大きいことが原因である可能性がある。

5.2 おわりに

本論文で報告した内容は、理論的には自明であったり、実務に携わっている方にとっては、経験的に明らかとなっていた内容であったりするものも少なくない。しかし、わが国の費用便益分析の実務的な歴史が浅いことから、一部の研究者が持つ理論的な知見や、実務者の持つ経験知が、関係者間で共有されていない可能性が高い。したがって、本論文で取り扱った大都市圏の都市鉄道サービスのみならず、都市間鉄道サービスや地方都市の鉄道サービス、あるいはさらにその他の交通サービスについても、さまざまな角度から実証的分析を行い、それらの知見が蓄積される必要があると思われる。その意味で、本報告が、知識の共有化のためのさらなる調査・分析に向けた動きのきっかけとなることを切に期待するものである。

付録1：東京圏の鉄道利用者の所要時間分布

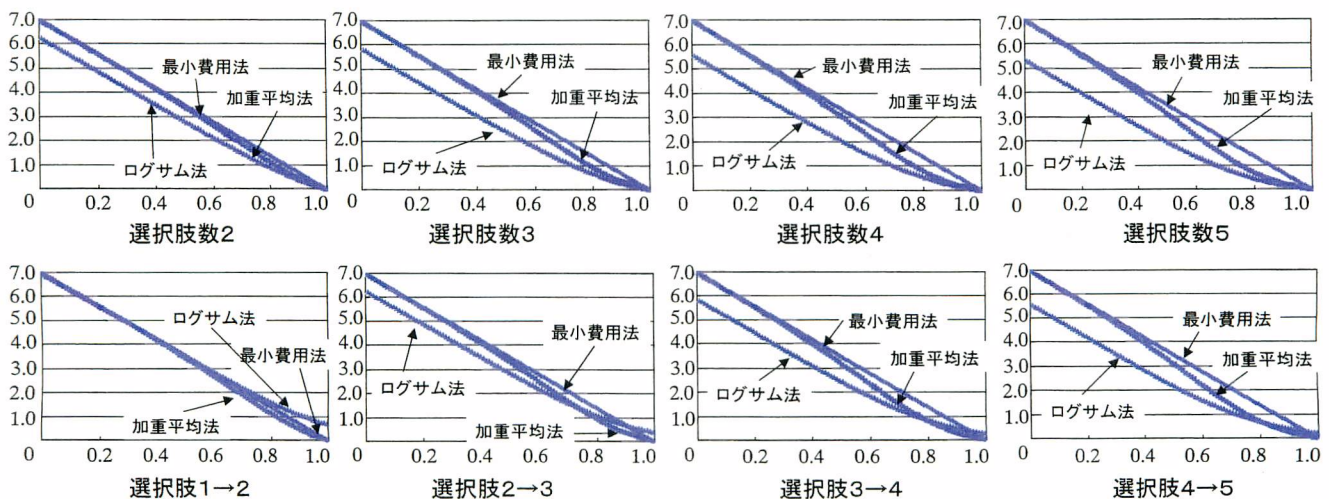
平成7年大都市交通センサスのデータによると、東京圏の鉄道定期利用者(通勤、通学)の所要時間分布は、付録図-1の通りであり、平均所要時間は約60分である。



■付録図-1 東京圏の鉄道利用者の所要時間分布 (H7年)

付録2：一般化費用の基準値が7 (MNLモデルの交通費用パラメータ) の場合の便益値特性

一般化費用の基準値が7 (MNLモデルの交通費用パラ



■付録図-2 選択肢数による便益値分布の違い(一般化費用の基準値が7の場合)
(上は新規整備を伴わないケース, 下は新規整備を伴うケース。また、いずれも縦軸は便益値, 横軸はβ)

メータ)の場合について、新規整備を伴うケース、伴わないケースの選択肢数による便益値分布の違いを示したものが付録図—2である。これより、3つの代表一般化費用による便益値の関係の傾向は、基準値が4のときとそれほど大きくは変化していないことが読み取れる。

参考文献

- 1) 運輸省鉄道局 (1999) 鉄道プロジェクトの費用対効果分析マニュアル'99, (財) 運輸政策研究機構。
- 2) 城所幸弘 (2002) 「ネットワークに対する費用便益分析」, 運輸政策研究, Vol.4, No.4, pp.2-10.
- 3) 城所幸弘 (2002) 「交通プロジェクトの便益評価-体系と課題-」, 応用地域学会 ディスカッションペーパー, pp.1-46.
- 4) 上田孝行, 森杉壽芳, 林山泰久 (2002) 「交通整備事業の便益計測に関する

いくつかの留意事項—城所論文を踏まえた再検討—」, 運輸政策研究, Vol.5, No.2, pp.23-35.

- 5) Williams, H.C.W.L. (1977) "On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user's benefit", Environment and Planning A, Vol.9, pp.285-344.
- 6) Small, K. A. and Rosen, H. S. (1981) "Applied Welfare Economics with Discrete Choice Models", Econometrica, Vol.49, Issue 1, pp.105-130.
- 7) Ben-Akiva, M. and Lerman, S. R. (1985) Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand, The MIT Press.
- 8) 宮城俊彦, 加藤晃 (1984) 「ランダム効用理論を基礎とした交通統合モデル」, 土木計画学研究・論文集, No.1, pp.99-106.
- 9) Morichi, S., Iwakura, S., Morishige, T., Itoh, M. and Hayasaki, S. (2001) "Tokyo Metropolitan Rail Network Long-Range Plan for the 21st Century", Transportation Research Board, No.01-0475, 2001.

(原稿受付 2002年12月24日)

Empirical Analysis on the Definition of Composite Cost in User Benefit Evaluation of Transport Projects

By Hironori KATO, Yuichiro KANEKO and Masashi INOUE

This paper intends to examine empirically the three types of composite generalized costs in analyzing the user benefit in transport project. The three costs are defined as the minimum observed cost among a choice set, the weighted average of the observed costs and the cost based on the expected maximum utility including the random term. The authors analyze the user benefits under various conditions of transport network and compare them among the three composite costs. We find that the relationship of benefit among the different composite costs depends on the initial condition of transport service, variety of alternatives between an origin to a destination, improvement level of service by the project and the scale of generalized cost. Then, we simulate the benefit in the two real railway projects of the Tokyo Metropolitan Area. Consequently, we conclude that the weighted average of the observed costs may be regarded as the approximate value for the theoretical value under just hte limited condition.

Key Words ; **composite generalized cost, user benefit, network, transport project**
