

消費者余剰による便益計測手法の比較研究

岐阜大学 学生員 末富義章
 岐阜大学 正会員 上田孝行
 岐阜大学 学生員 小森俊文

1. 背景と目的

交通改善事業の評価においては交通需要予測が重要となり、従来よりそれには四段階推定法が用いられてきた。しかし、この四段階推定法では、①誘発需要量が考慮できない ②他の財との相互依存性が考慮できない、という点で理論的にも十分裏付けがとれていないとの問題が指摘されてきた。また、便益評価においては消費者余剰概念に基づく計測法が頻繁に利用されているが、それが利用者行動仮説と整合的に用いられているかはどうかは、判然としていない場合が多い。それに対し森杉ら¹⁾は古典的消费者行動理論を用いることにより、上記①、②の問題を解決した。しかし、そこでもまだ経路選択を扱う配分問題に対しては十分考慮されておらず、また、消費者余剰と行動仮説との間の議論もなされていなかった。

そこで本研究では、まず配分分析まで含めた古典的消费者行動理論に基づく統合交通モデルの構築を目指す。その後その行動仮説の体系に応じた消費者余剰アプローチの体系化を目指し、実際に各種手法で計測結果の比較検討を行う。

2. 古典的消费者行動による交通需要予測モデル

古典的消费者行動理論から交通需要予測モデルが(1)式のように導出されることは¹⁾で確かめられている。

$$X_j(q) = N_j(q) \times x_j(q)$$

$$= \frac{\sum_{j \in J} \frac{\partial V(q)}{\partial q_j}}{\sum_{j \in K} q_j \cdot \frac{\partial V(q)}{\partial q_j}} \times \frac{\partial V(q)}{\partial q_j} \quad (1)$$

また、ネステッドロジットモデル形式で目的地・交通機関別に拡張されたモデル²⁾が、すでに構築されている。

3. 統合交通モデル

3.1 統合交通モデルの定式化

まず、交通財を目的地別・交通機関別・経路別に分類するために、次のようなサブグループを導入する。³⁾

$$d \in D = \{1, \dots, D\}, \quad m \in M_d = \{1, \dots, M_d\}$$

$$J \in \bigcup_{m \in M_d, d \in D} R_{m,d}$$

ここで、 $d \in D = \{1, \dots, D\}$, $m \in M_d = \{1, \dots, M_d\}$

: サブグループを表すラベル

$$j = (r, m, d) \in R_{m,d} = \{(1, m, d), \dots, (R_{m,d}, m, d)\}$$

: サブグループ $R_{m,d}$ に含まれる財を表すラベル

次に間接効用関数 $V(q)$ を、以下のように特定化する。

$$V(q) = \int_{q \rightarrow \infty} \sum_{j \in J} \left[\left(\frac{\partial G(y_1(s_1), \dots, y_j(s_j))}{\partial y_j} \right) \cdot \frac{-\partial y_j(s)}{\partial s_j} \right] ds_j + \sum_{h \in H} \left(\frac{\partial W(q_H)}{\partial s_h} \right) ds_h = G(y_1(s_1), \dots, y_j(s_j)) + W(q_h) \quad (2.a)$$

$$G(y_j) = \sum_{d \in D} \left\{ \sum_{m \in M_d} \left(\sum_{j \in R_{m,d}} y_{j'} \right)^{\mu} \right\}^{\gamma} \quad (2.b)$$

$$y_j = \int_{s_j}^{\infty} \exp[-k_j(s)] ds \quad (2.c)$$

$$k_j = \alpha q_j - \ln \alpha - u_j - u_m - u_d \quad (2.d)$$

y_j : q_j の単調減少関数

q_j : j を選択した際の一般化交通費用を所得で基準化したもの

$k_j(\cdot)$: 交通財 j に対する利用者の選好

$W(\cdot)$: 交通財のグループ J 以外に依存した間接効用

q_H : 交通財のグループ J 以外の財の価格

$H = \{1, \dots, H\} = K - J$: 交通以外の財のラベルのグループ

u_j, u_m, u_d : それぞれ、 j, m, d を選択した際の選好度

μ, γ, α : パラメータ

(2.a)~(2.d)式を(1)式に代入すると、交通財 j に対する需要の交通財のグループ内での、総交通需要量 $N_j(q)$ は(3)式のように表され、シェア $x_j(q)$ は、(4.a)(4.b)(4.c)式のようにそれぞれ経路別 $x(r|m|d)$ 、機関別 $x(m|d)$ 、目的地別 $x(d)$ に分解できる。

$$N_j(q) = \frac{\mu \cdot \gamma \cdot \sum_{d \in D} \left\{ \sum_{m \in M_d} \left(\sum_{j \in R_{m,d}} \exp[u_j + u_m + u_d + \alpha q_j] \right)^{\mu} \right\}^{\gamma}}{\mu \cdot \gamma \cdot \sum_{d \in D} \left\{ \sum_{m \in M_d} \left(\sum_{j \in R_{m,d}} \exp[u_j + u_m + u_d + \alpha q_j] \right)^{\mu} \right\}^{\gamma} \cdot \left\{ \sum_{h \in H} \left(\sum_{j \in R_{m,d}} \exp[u_j + u_m + u_d + \alpha q_j] \right)^{\mu} \right\}^{\gamma} + \sum_{h \in H} \frac{\partial W}{\partial s_h}} \quad (3)$$

$$x_j(q) = x(r|m|d) \cdot x(m|d) \cdot x(d) \quad \text{for all } j \in J$$

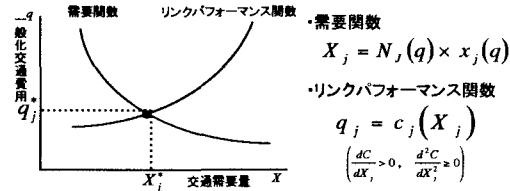
$$x(r|m|d) = \frac{\exp[u_j - \alpha q_j]}{\sum_{j \in R_{m,d}} \exp[u_j - \alpha q_j]} \quad (4.a)$$

$$x(m|d) = \frac{\exp \left[\mu \left(\ln \left(\sum_{j \in M_d} \exp [u_j - \alpha q_j] \right) + u_m \right) \right]}{\sum_{m \in M_d} \exp \left[\mu \left(\ln \left(\sum_{j \in M_d} \exp [u_j - \alpha q_j] \right) + u_m \right) \right]} \quad (4.b)$$

$$x(d) = \frac{\exp \left[\gamma \left(\ln \left(\sum_{m \in M_d} \exp \left[\mu \left(\ln \left(\sum_{j \in M_d} \exp [u_j - \alpha q_j] \right) + u_m \right) \right] + \mu \cdot u_d \right) \right) \right]}{\sum_{d \in D} \exp \left[\gamma \left(\ln \left(\sum_{m \in M_d} \exp \left[\mu \left(\ln \left(\sum_{j \in M_d} \exp [u_j - \alpha q_j] \right) + u_m \right) \right] + \mu \cdot u_d \right) \right) \right]} \quad (4.c)$$

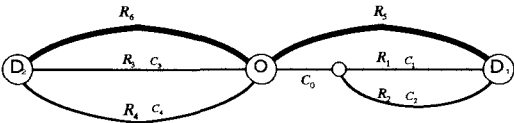
3.2 需要関数とリンクパフォーマンス関数との均衡解

3.1 で定式化された式によれば、価格が増せば交通需要量は減少するといった関数になっており、需要量は価格に依存している。また配分分析にあたる際に設定するリンクパフォーマンス関数（例えば、BPR関数）とは需要量が増せば価格が増すといった関数で、価格は需要量に依存している。したがって、価格 q_j 、需要量 X_j は需要関数とリンクパフォーマンス関数との交点で決定され、さらにそれがすべてのリンクと整合性を持つような均衡解を上記2つの関数で各リンクごとにフィードバックさせながら求めていく。



本研究では以下のネットワークで数値シミュレーションを行う予定である。

2 OD pair 2 models (Auto + Mass Transit),
6 paths (4 for Auto + 2 for MT)



$$d \in D = \{D_1, D_2\}$$

$$m \in M = \{A_1, A_2, M_1, M_2\}$$

$$j = (r, m, d) \in R_{m,d} = \left\{ (R_1, A_1, D_1), (R_2, A_1, D_1), (R_3, A_2, D_2), (R_4, A_2, D_2), (R_5, M_1, D_1), (R_6, M_2, D_2) \right\}$$

$$\text{performance function: } C_j (l \in L = \{0, 1, 2, 3, 4\})$$

4. 便益定義

4.1 等価的偏差 (EV) による便益定義

本モデルでは、(2.a)式の間接効用関数を用いて、等価的偏差 (EV) の概念に基づき、(8)式のように便益を定義する。

$$V^* = \sum_{d \in D} \left[\sum_{m \in M_d} \exp \left[\mu \left(\ln \left(\sum_{j \in M_d} \exp [u_j + u_m + u_d - \alpha \frac{p_j^*}{y + EV}] \right) \right) \right] \right] + \sum_{d \in D} W(u_d, p_d^*, y + EV) \quad (8)$$

スーパースクリプト a, b : プロジェクトなし、あり
 p_j : 一般化交通費用、 p_h : 合成財価格、 u_h : 選好度

4.2 マーシャルデュービュイ型の消費者余剰増分による便益計測

マーシャル・デュービュイ型の消費者余剰増分 (MD) に基づく便益は以下のように計測できる。

・総交通ベース	・目的地ベース
$MD = \frac{1}{2} (N_j^* + N_j^0) (q_j^* - q_j^0)$	$MD = \frac{1}{2} \sum_{d \in D} (X_d^* + X_d^0) (q_d^* - q_d^0)$
・交通機関ベース	・経路ベース
$MD = \frac{1}{2} \sum_{j \in J} (X_j^* + X_j^0) (q_j^* - q_j^0)$	$MD = \frac{1}{2} \sum_{j \in J} (X_j^* + X_j^0) (q_j^* - q_j^0)$

(9)

上記の総交通ベース、目的地ベース、交通機関ベースに関しては一つのグループとみなし、その財グループに対する総需要量とそのグループの代表価格を用いて MD を計測する。代表価格には、需要シェアによる重み付け平均と、ログサム変数による重み付け平均での価格を用いることを検討している。

5. 結論

以上、本研究では古典的消費者行動理論に基づく交通需要予測モデルを配分分析まで拡張した統合交通モデルの構築、また EV による便益定義も行った。今後は、都市内交通、都市間交通等の交通環境、また、道路、公共交通改善等による交通需要の変化など、いくつかのパターンを想定し、実際に各種手法による便益計測結果の比較検討を行う予定である。

【参考文献】

- 1) Hisa MORISUGI, Taka UEDA, Le Dam HANH: A New Proposal for Travel Demand Forecasting in The Context of Classical Consumer Behavior Theory, presented at 7th WCTR, 1995.
- 2) Morisugi, H., Ueda, T. and Le, D.H.: GEV and Nested Logit Models in the Context of Classical Consumer Theory, Journal of Infrastructure Planning and Management, No. 506/IV-26, JSCE, pp129-136, 1995
- 3) 森杉壽芳、上田孝行、小池淳司、小森俊文：古典的消費者行動に基づく交通行動モデルの地域間旅客需要予測への適用、土木計画学研究・公演集 No.19(1)、pp451-454, 1996