

## IV-8

## プロビットモデルを用いた利用者便益の計測特性

## —都市鉄道整備を対象として

(財) 運輸経済研究センター 正員 岩倉成志  
 東京工業大学 正員 屋井鉄雄  
 東京工業大学 学生員 小林一樹

## 1. はじめに

都市鉄道ネットワークの高密度化に伴い、合理的な計画策定に資する精緻な需要予測モデルが必要となる。このため筆者らは<sup>1)</sup>プロビットモデル（以下MNP）を応用し、ネットワーク構成を反映できる鉄道経路選択モデルを開発した。

本研究は上記の経路選択モデルを用いた利用者便益の計測方法を示し、ネットワーク構成の相違が便益計測値に与える影響を考察することを目的としている。

## 2. IIA特性による便益計測の過大・過小評価

高密度なネットワークが整備されるに従い、選択可能な経路数が増加すると共に、類似した選択肢集合が増える。非集計ロジットモデル（以下MNL）は、IIA特性によって種々のハンドリングが簡便にできる反面、類似した選択肢集合に同モデルを利用すると予測値にバイアスをもたらす可能性が高くなる。

経路間の独立性を仮定した場合にネットワーク構成とサービス改善地点とによって、便益測定値が真値と異なる様子を図-1に模式的に表現した。選択可能な3つの経路*i*, *j*, *k*を想定し、図中のCASE0の様に経路*i*と*j*がOD間の多くの路線で重複している区間のサービス改善を考える。この場合のサービス改善区間はCASE+とCASE-に大別される。CASE+は経路*i*と*j*が重複している区間でサービス改善を行い、CASE-は経路*i*と*j*が独立している区間で改善を行ったケースである。

経路間の独立を仮定するMNLではCASE+の場合に便益を過大評価し、CASE-の場合に過小評価すると考えられる。

実際の鉄道ネットワークがCASE+の構成である時、通常のMNLではCASE+のように経路*i*と*j*が独立した選択肢設定となる。CASE+に比べてCASE+の方が、経路*i*と*j*の効用値が大きく、選択確率も高く推計される。後述する改善前後の効用の差分で便益額を計測する方法を考えた場合、IIA特性を持つMNLでは、実際

よりも便益が過大推計されてしまう。同様にCASE-では便益が過小推計されることがわかる。

今後の都市鉄道ネットワーク整備を考えれば、需要予測や効果計測時にこの点が問題となることは明らかである。

## 3. プロビットモデルによる利用者便益の計測法

効用関数の確定項を*V*、ランダム項を $\varepsilon$ とする。 $\varepsilon$ がパラメータ(0,  $\Sigma$ )の正規分布に従うとすると最大効用*U\**の確率分布*F*は以下ようになる。

$$F = \text{Prob}(\max(e_i \leq U^* - V_i, e_j \leq U^* - V_j, e_k \leq U^* - V_k)) \quad (1)$$

$$= \int_{e_i: -\infty}^{U^* - V_i} \int_{e_j: -\infty}^{U^* - V_j} \int_{e_k: -\infty}^{U^* - V_k} \phi(\varepsilon) d\varepsilon \quad (2)$$

最大効用の期待値は*F*を*U\**で2階微分することによって得られる。つまり、

$$\frac{d^2 F}{dU^{*2}} = 0 \quad (3)$$

となる*U\**を数値解析によって探索すればよい。

消費者余剰は、改善前の期待値と改善後の期待値の差分によって算出できる。ここでは余剰を貨幣換算する方法を示す。式(3)から求めた改善後の期待値を*W*<sup>1</sup>とし、 $\beta$ を費用（運賃）パラメータとすれば、

$$W^1 = E(U^{0*} - \beta \Delta C) \quad (4)$$

となる支払い意思額 $\Delta C$ を計測すれば一人当たりの利用者便益額が計算できる。この場合の確率分布は以下のように表わされる。

$$F(U^{0*} - \beta \Delta C) = \int_{e_i: -\infty}^{U^{0*} - \beta \Delta C - V_i} \int_{e_j: -\infty}^{U^{0*} - \beta \Delta C - V_j} \int_{e_k: -\infty}^{U^{0*} - \beta \Delta C - V_k} \phi(\varepsilon) d\varepsilon \quad (5)$$

よって式(5)と式(3)から求められる整備前の最大効用の期待値が整備後の期待値と等価となる $\Delta C$ を解とすれば良い。

上記の方法では各経路に共通な支払い意思額と特定経路に着目した支払い意思額の算出方法が考えられる。

前者は $i, j, k$ 全てに $\beta \Delta C$ を設定してやれば良い。  
後者は最も効用の大きい経路もしくはサービス改善がなされた特定の経路のみに $\beta \Delta C$ を設定することで計算できる。以上の方法によって複数の選択肢を持つMNPから利用者便益が計測できる。

#### 4. 過大, 過小評価の計算例

2. においてMNLはネットワーク構成によって便益計測値を過大もしくは過小に評価することを述べた。ここでは簡単な計算例を示し、基礎的な考察を行う。

図-1と同様のネットワーク構成を設定し、一人当たりの支払い意思額を計測した。計測に用いた鉄道経路選択モデルを表-1に、計測結果を図-2, 3に示す。各経路30分程度のラインホール時間を過大評価のケースでは経路 $i, j$ を6分短縮させ、過小評価のケースでは経路 $i$ を6分短縮させた。便益の評価特性を知るため、MNPでは分散パラメータ $\theta$ と経路 $i, j$ 間の重複率 $W_{ij}$ の設定値を変化させた。なお経路 $i, k$ 間と経路 $j, k$ 間は独立とした。

MNLではネットワーク構成の違いによる便益額の相違が表現できないため一定値となっている。またMNLと経路間が独立な場合(重複率が0)のMNPの便益額は、所要時間と費用パラメータ値および誤差分布の仮定が異なるため同一の値とはとらない。両図からIIAによる過大評価性や過小評価性を考察するには、MNPの $\theta, W_{ij}$ が0の場合とそれ以外の場合を比較してやれば良い。計測結果から過大評価の場合一人当たり9円、過小評価の場合に6円程の差異が認められた。

#### 5. おわりに

以上MNPによる利用者便益の計測特性を示した。MNLによる便益評価の過大, 過小評価性を述べると共に実証的にも評価特性の傾向を把握した。本方法は今後の都市鉄道計画の合理的な計画策定の一助になると考えている。

#### —参考文献—

1) 屋井鉄雄・岩倉成志・伊東誠: 鉄道ネットワークの需要と余剰の推定法について, 土木計画学研究・論文集, No. 11, pp. 81-88, 1993

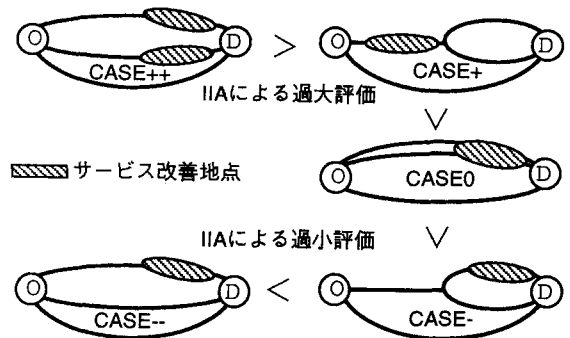


図-1 IIA特性による便益の過大, 過小評価性

表-1 モデルの構築結果

|                  |                   | PROBIT         | LOGIT          |
|------------------|-------------------|----------------|----------------|
| ラインホール費用 $\beta$ | (円)               | -4.48e-3(5.88) | -6.35e-3(6.35) |
| アクセス時間           | (分)               | -1.01e-1(5.96) | -1.43e-1(6.14) |
| イグレス時間           | (分)               | -1.21e-1(5.84) | -1.67e-1(6.04) |
| ラインホール時間         | (分)               | -5.34e-2(7.55) | -7.51e-2(7.87) |
| 乗換時間(乗り階段)       | (分 <sup>2</sup> ) | -2.02e-1(2.14) | -3.21e-1(2.33) |
| 乗換時間(水平+降り階段)    | (分)               | -9.57e-2(5.34) | -1.33e-1(5.76) |
| 待ち時間             | (分)               | -8.69e-2(4.23) | -1.25e-1(4.36) |
| 乗換え回数            | (回)               | -3.23e-1(4.28) | -4.36e-1(4.22) |
| ラインホール時間×混雑率     | (分 <sup>2</sup> ) | -1.09e-7(1.27) | -1.66e-7(1.44) |
| 分散パラメータ $\theta$ |                   | 0.267 (1.20)   |                |
| 初期尤度             |                   | -1179.9        | -1179.9        |
| 最終尤度             |                   | -966.8         | -965.3         |
| 尤度比              |                   | 0.181          | 0.182          |
| サンプル数            |                   | 1074           | 1074           |

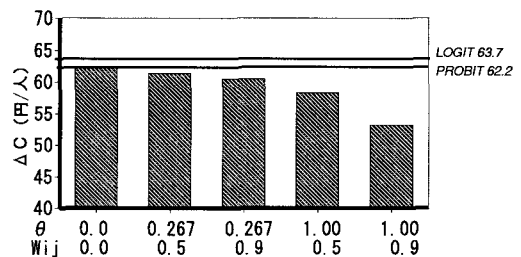


図-2 過大評価の計算例

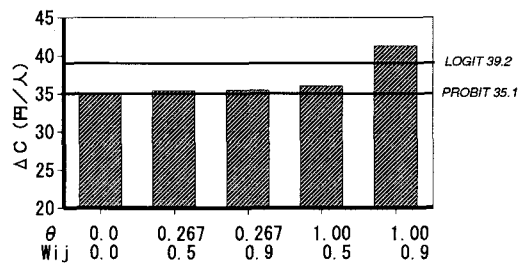


図-3 過小評価の計算例