

名古屋大学工学部 正 河上省吾

〃 〃 正 磯部友彦

### 1. はじめに

交通需要予測方法において交通手段別分担率モデルは、各〇〇ペアの分担率を説明要因によって表現しようとするものである。そして、各交通手段別〇〇交通量の求め方は、まず〇〇間の分布交通量と各々の〇〇間における交通手段別分担率を分布モデルと分担率モデルによって別々に求めておいて、両者をかけ合わせることににより得られる。ところで、通常重回帰式ではモデルを構築するときには基準変数に分担率をとる。これはどの〇〇ペアにおいても〇〇間交通量とは無関係な説明要因を用いて分担率を表すことができるという仮定による。つまり〇〇間交通量が多いところでも少ないところでも交通手段別分担率とその説明要因との関係は同じであるということである。交通手段別分担率モデルの有効性を何で評価するかは様々な議論のあるところだが、交通需要予測方法で最終的に求めたいのは各リンク上の交通量であることから、分担率モデルの評価も交通手段別〇〇交通量で評価すべきものと思われる。つまり、〇〇交通量の多いところの分担率をより正確に推計することが全体の精度を向上させることになる。そのためには各〇〇ペアを同じ重みとするよりも〇〇交通量の多い〇〇ペアの重みを重くして分担率式の諸係数を推定した方が良い。そこで本報告では、分担率式の諸係数の推定を通常重回帰計算による方法と交通量によって重みづけされた重回帰計算による方法の両者によって行い、交通量によって重みづけすることの有効性について検討する。

### 2. 重みづけの方法と意義

重みづけ重回帰計算の方法について以下に説明する。重回帰モデルの構造式を次に示す(1)式とする。

$$y = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \cdots + \alpha_p x_p + \varepsilon \quad \text{---(1)}$$

ここに  $y$ : 基準変数,  $x_1, \dots, x_p$ : 説明変数,  $\alpha_0$ : 定数,  $\alpha_1, \dots, \alpha_p$ : 係数,  $\varepsilon$ : 誤差

$\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_p$  の最小二乗推定値を  $a_0, a_1, \dots, a_p$  で表わし、 $y$  の予測値を  $Y$  とすると (2) 式のようなになる。

$$Y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \cdots + a_p x_p \quad \text{---(2)}$$

$i$  番めのデータの観測値  $y_i$  と予測値  $Y_i$  との差を残差  $e_i$  と呼ぶと (3) 式のように書くことができる。

$$e_i = y_i - Y_i \quad \text{---(3)}$$

重みづけ重回帰計算の場合、最小二乗推定値は (4) 式に示す重み付きの残差平方和  $Q$  を最小にするような  $a_0, a_1, \dots, a_p$  の値をいう。  $w_i$  は観測値  $y_i$  の重みである。

$$Q = \sum w_i e_i^2 = \sum w_i (y_i - Y_i)^2 \quad \text{---(4)}$$

ここで交通量によって重みづけする意義について考えてみる。交通手段別分担率は各〇〇ペアの代表交通手段毎にトリップ数を求め、この値の全手段トリップ数に対する比率として計算される。このことから、〇〇交通量が1000トリップあるところと10トリップしかないところではトリップ数の多い〇〇ペアの分担率の方がトリップ数の少ない〇〇ペアの分担率よりも統計的に信頼性が高いと思われる。この〇〇ペアの分担率データの信頼性の違いを考慮に入れて分担率式の諸係数を推定する必要がある。よって各〇〇ペアのデータに重みを与えて重回帰計算を行う。

また別の見方をすると、〇〇交通量で重みづけされた重回帰計算は、ある〇〇ペアをトリップする人の全てがその〇〇ペアにおいて集計された手段別分担率を各個人の潜在的な手段選択確率として持っているという仮定し、これら個人個人をサンプルとして帰帰分析を行うものと意味づけされる。

### 3. 重回帰分析の結果の比較

今回取り上げた分担率モデルの構造式は、線型モデルとロジット型モデルである。交通手段の分割を、自動車とマストラ、鉄道とバスの二段階に考え、それぞれの段階に出勤目的と全目的のモデル式を作成した。

$$(線型モデル) \quad P = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4$$

$$(ロジット型モデル) \quad P_1 = 1 / \{ 1 + \exp(a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4) \}, \quad P_2 = 1 - P_1$$

ここにPは手段別分担率で、 $x_1, x_2, x_3, x_4$ は説明変数である。 $x_1$ は「所要時間」の差、 $x_2$ は「所要費用」の差、 $x_3$ は出発地ゾーンから目的地ゾーンまで同一の交通手段で直接行けるか否かの指標である「ゾーン間直通状況」の差、 $x_4$ は目的地ゾーンが都心に都市周辺部にラング分けした「目的地ランク」である。

昭和46年の中京PTSの名古屋市内のデータを用いて係数を推定した。その結果を表-1に示す。

この結果を見ると重みづけすることにより重相関係数がいずれの場合も向上している。説明変数の選択は各係数の七値で判断して5%有意のものを選んだ。重みづけした場合もしない場合も選ばれた変数は同じであった。各係数について見ると、符号は全て妥当であり、係数値の大きさは重みづけすることにより重みづけしない場合の数値を修正する程度であり大幅な変動は無い。

#### 4. 重みづけした効果の測定

重みづけ重回帰計算によって得られた分担率モデルと重みづけせずに得られた分担率モデルとを比較するのに表-1に示した重相関係数だけでは不充分である。そこで分担率の実績値と推計値との適合性ではなく、手段別分担交通量の実績値と推計値との適合性について検討する。

表-1の① 重回帰計算の結果 (出勤) ケース数は1/3 上段のみ、下段のみ

| 回帰式の型式                    | 基準変数                    | 定数    | 所要時間差の係数         | 所要費用差の係数         | 直通状況差の係数       | 目的地ランクの係数        | 重相関係数 |
|---------------------------|-------------------------|-------|------------------|------------------|----------------|------------------|-------|
| 線型<br>(自動車)<br>-(マストラ)    | $P^e$                   | 0.45  | -0.0054<br>(3.4) |                  |                | -0.090<br>(8.2)  | 0.71  |
|                           |                         | 0.42  | -0.0070<br>(4.6) | *                | *              | -0.095<br>(10.5) | 0.81  |
| 線型<br>(鉄道)<br>-(バス)       | $P^r$<br>$P^r + P^e$    | 0.59  | -0.0082<br>(4.1) | -0.0055<br>(4.1) | 0.098<br>(2.4) |                  | 0.62  |
|                           |                         | 0.59  | -0.011<br>(5.3)  | -0.0061<br>(4.5) | 0.092<br>(2.2) | *                | 0.69  |
| ロジット型<br>(自動車)<br>-(マストラ) | $\ln P^e$<br>$-\ln P^e$ | 0.24  | 0.024<br>(3.4)   |                  |                | 0.39<br>(8.2)    | 0.71  |
|                           |                         | 0.39  | 0.032<br>(4.7)   | *                | *              | 0.40<br>(10.0)   | 0.80  |
| ロジット型<br>(鉄道)<br>-(バス)    | $\ln P^r$<br>$-\ln P^r$ | -0.37 | 0.056<br>(5.5)   | 0.025<br>(3.6)   | -0.57<br>(2.6) |                  | 0.67  |
|                           |                         | -0.36 | 0.073<br>(6.7)   | 0.028<br>(4.1)   | -0.50<br>(2.4) | *                | 0.73  |

( )内は七値

適合性指標として手段別分担交通量の実績値と推計値の相関係数、重みづけRMS値、 $\chi^2$ 値を取りあげ、これらの数値の計算結果を表-2に示す。以下、重みづけした効果を述べる。相関係数を見ると全体としては若干の向上が見られ、とくに鉄道交通量の値の向上が目立つ。RMS値を見ると鉄道、バスの適合性の向上が顕著である。 $\chi^2$ 値を見ると、全目的のバスの場合だけが重みづけすることにより適合性が若干悪くなる。しかし、全体的には適合性は良くなっている。

#### 5. 結論

交通需要予測方法の最終目標はあくまで交通量の推定である。このことから分担率モデルの適合性の検討は、交通手段別分担率の適合性よりも交通手段別分担交通量の適合性を用いた方がよい。そして手段別分担交通量の適合性を高めるのには、交通量で重みづけを行った重回帰計算によって分担率モデルの諸係数を推定することが有効である。

表-1の② 重回帰計算の結果 (全目的) ケース数は2/2 上段のみ、下段のみ

| 回帰式の型式                    | 基準変数                    | 定数     | 所要時間差の係数         | 所要費用差の係数          | 直通状況差の係数       | 目的地ランクの係数       | 重相関係数 |
|---------------------------|-------------------------|--------|------------------|-------------------|----------------|-----------------|-------|
| 線型<br>(自動車)<br>-(マストラ)    | $P^e$                   | 0.51   | -0.0050<br>(5.2) | -0.00064<br>(4.1) |                | -0.038<br>(4.5) | 0.49  |
|                           |                         | 0.48   | -0.0075<br>(7.3) | -0.0011<br>(6.9)  | *              | -0.028<br>(4.5) | 0.60  |
| 線型<br>(鉄道)<br>-(バス)       | $P^r$<br>$P^r + P^e$    | 0.63   | -0.0047<br>(3.8) | -0.0069<br>(6.8)  | 0.053<br>(2.0) |                 | 0.59  |
|                           |                         | 0.60   | -0.0073<br>(6.2) | -0.0071<br>(7.6)  | 0.070<br>(2.6) | *               | 0.71  |
| ロジット型<br>(自動車)<br>-(マストラ) | $\ln P^e$<br>$-\ln P^e$ | -0.048 | 0.021<br>(5.2)   | 0.0026<br>(4.0)   |                | 0.16<br>(4.5)   | 0.49  |
|                           |                         | 0.076  | 0.031<br>(7.4)   | 0.0043<br>(6.8)   | *              | 0.11<br>(4.4)   | 0.60  |
| ロジット型<br>(鉄道)<br>-(バス)    | $\ln P^r$<br>$-\ln P^r$ | -0.65  | 0.040<br>(6.0)   | 0.035<br>(6.4)    | -0.34<br>(2.4) |                 | 0.66  |
|                           |                         | -0.47  | 0.061<br>(10.0)  | 0.035<br>(7.2)    | -0.44<br>(3.1) | *               | 0.78  |

( )内は七値

表-2 適合性の指標 上段のみ、下段のみ

|                             |       | 鉄道  | バス  | 自動車 | 全体  |     |       | 鉄道 | バス | 自動車 | 全体  |
|-----------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|----|----|-----|-----|
| 1. 相関係数 $\times 10^2$       |       |     |     |     |     |     |       |    |    |     |     |
| 出勤                          | 線型    | 92  | 96  | 97  | 95  | 出勤  | 線型    | 94 | 96 | 97  | 96  |
| 全目的                         | 線型    | 89  | 95  | 99  | 96  | 全目的 | 線型    | 92 | 96 | 99  | 97  |
|                             | ロジット型 | 91  | 96  | 99  | 97  |     | ロジット型 | 94 | 97 | 99  | 98  |
| 2. 重みづけRMS値 %               |       |     |     |     |     |     |       |    |    |     |     |
| 出勤                          | 線型    | 57  | 41  | 20  | 37  | 出勤  | 線型    | 50 | 37 | 19  | 33  |
| 全目的                         | 線型    | 52  | 37  | 18  | 34  | 全目的 | 線型    | 47 | 35 | 18  | 32  |
|                             | ロジット型 | 48  | 29  | 11  | 23  |     | ロジット型 | 43 | 26 | 11  | 22  |
|                             | ロジット型 | 41  | 27  | 11  | 21  |     | ロジット型 | 36 | 24 | 11  | 19  |
| 3. $\chi^2$ 値 $\times 10^3$ |       |     |     |     |     |     |       |    |    |     |     |
| 出勤                          | 線型    | 21  | 26  | 4   | 51  | 出勤  | 線型    | 16 | 22 | 4   | 42  |
| 全目的                         | 線型    | 17  | 24  | 4   | 45  | 全目的 | 線型    | 14 | 21 | 4   | 38  |
|                             | ロジット型 | 135 | 110 | 15  | 259 |     | ロジット型 | 98 | 81 | 15  | 194 |
|                             | ロジット型 | 88  | 121 | 13  | 222 |     | ロジット型 | 67 | 83 | 13  | 164 |