

## 消費者行動理論に基づく交通需要予測法の開発

岐阜大学 正会員  
岐阜大学 正会員

森杉 壽芳  
レ・ダム・ハン

筑波大学 正会員 大野 栄治  
岐阜大学 学 生 ○服部 則仁

## 1. はじめに

本来、消費者とは財(あるいはサービス)を消費することによって欲求を満たす経済主体である。それは、交通行動においても同じことがいえる。しかし、現在交通需要予測の主な手法として挙げられる四段階推定法には、消費者の意思行動に関する概念が取り込まれておらず、現象に関する推定ができて結果に消費者の意思を反映させることは難しい。また、それぞれの推定が独立しているために全く別々のパラメータ推定と特定化が必要になる。

そこで本研究では、消費者行動理論に基づき、ロワの恒等式を用いて、従来の四段階推定法とは異なった、より簡便で、誘発交通量をも予測可能な交通需要予測法を構築することを目的とする。

## 2. 消費者行動理論

消費者は、一定の所得( $y$ )の下で効用(欲求)が最大限に満たされるような財の組み合わせを選択する。そのとき選択された財の消費量を需要と呼び、各財の価格( $p$ )と所得の関数で表される。これを通常の需要関数と呼び、目的関数である効用関数に代入すると、価格と所得を変数とする間接効用関数が得られることが知られている。

間接効用関数 $V(p, y)$ と財 $i$ に関する需要 $X_i(p, y)$ の間に成り立つ重要な定理の一つにロワの恒等式がある。ここでは、 $q_i = p_i / y$ と置き直した変形ロワの恒等式を考えると、 $X_i(q)$ は(1)式のように変形できる。

$$X_i(q) = \frac{\partial V(q) / \partial q_i}{\sum_{j=1}^J q_j \cdot \partial V(q) / \partial q_j} \quad (1)$$

$$= \frac{\sum_{j \in J} \partial V(q) / \partial q_j}{\sum_{j=1}^J q_j \cdot \partial V(q) / \partial q_j} \cdot \frac{\partial V(q) / \partial q_i}{\sum_{j \in J} \partial V(q) / \partial q_j} \quad (2)$$

ただし、 $J$ は特定の財 $i$ の集合。

さらに(2)式のように変形すると、(2)式右辺の第1項は総需要 $N_J(q)$ を表し、第2項は特定の財 $i$ の $N$ に対する比率 $x_{iJ}(q)$ を表し、 $N_J(q)$ と $x_{iJ}(q)$ の積の形で財 $i$ に対する需要量 $X_i(q)$ を表現することができる。

## 3. 交通需要予測法の提案

今、間接効用関数 $V(q)$ を、(3)式で仮定、 $J=2$ ,

3の2つからなる交通サービスの場合を考える。

$$V_i(q) = \sum_{j=1}^3 \int_{q_j}^{\infty} e^{xp} (-k_j(q_j)) dq_j \quad (3)$$

ただし、 $k_j(q_j)$ は $q_j$ の増加関数。

(3)式を、(2)式に代入すると、

$$X_i(q) = N_J(q) \cdot x_{iJ}(q) \quad (4)$$

$$N_J(q) = \frac{\sum_{j \in J} e^{-k_j(q_j)}}{q_i e^{-k_1(q_1)} + \sum_{j \in J} q_j e^{-k_j(q_j)}} \quad (5)$$

$$x_{iJ}(q) = \frac{e^{-k_i(q_i)}}{\sum_{j \in J} e^{-k_j(q_j)}} \quad (6)$$

ただし、 $i, j$ は交通のサービス( $i, j \in J$ )、1は交通以外のサービス( $p_1 = 1$ の合成財)を表す。

(6)式はいわゆるロジットモデルの形をしている。また(5)式は総需要を示し、 $q_i e^{-k_1(q_1)}$ を除いて(6)式の比率モデルと同じ項 $e^{-k_j(q_j)}$ を持つ。この事実を利用して交通需要の推定をするには、(6)式において比率 $x_{iJ}(q)$ のデータを用いて、 $k_j(q_j)$ の特定化とパラメータ推定を行い、その結果を(5)式に代入し、かつ $N_J(q)$ のデータを用いると、 $k_1(q_1)$ の特定化とパラメータ推定ができる。こうして $N_J(q)$ と $x_{iJ}(q)$ の予測が可能となるので、交通量 $X_{iJ}(q)$ の予測も行うことができる。さらに、 $N_J(q)$ と $x_{iJ}(q)$ が同じ項 $e^{-k_j(q_j)}$ を持っていることから、 $x_{iJ}(q)$ の変化に対する $N_J(q)$ の誘発的变化も推定できる。

## 3. 推定例

表-1に示すような4×4ゾーンに交通機関として自動車とバスのみが存在する例を考える。表-1は、総需要とバス需要のデータを示しており、自動車需要については(総需要)-(バス需要)で計算されるものとする。比率モデルは(7)式のように設定して、表-1に示すOD表から計算される分担率をデータとしてパラメータ推定を行い、その推定値を表-2に示す。

$$x_{3J}(q) = \frac{1}{1 + \exp[-a(q_2 - q_3) - \beta]} \quad (7)$$

$$k_2(q_2) = -\alpha q_2 - \beta$$

$$k_3(q_3) = -\alpha q_3$$

$$q_M = (C_M + \pi \cdot T_M) / y \quad (2: \text{AUTO}, 3: \text{BUS})$$

ただし、 $C_M$ は交通機関 $M$ の所要費用[円]、 $T_M$ は交

通機関Mの所要時間[分]、 $\pi$ は時間価値[分/円]を表す。

表-1

データ 総需要

| ゾーン | 1     | 2     | 3     | 4     | 合計     |
|-----|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1   | 83607 | 398   | 24    | 1707  | 85736  |
| 2   | 1252  | 42012 | 0     | 95    | 43359  |
| 3   | 164   | 35    | 12638 | 128   | 12965  |
| 4   | 2442  | 0     | 190   | 23551 | 26183  |
| 合計  | 87465 | 42445 | 12852 | 25481 | 168243 |

データ バス需要

| ゾーン | 1     | 2     | 3     | 4     | 合計     |
|-----|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1   | 77713 | 398   | 24    | 1353  | 79488  |
| 2   | 642   | 39177 | 0     | 0     | 39819  |
| 3   | 59    | 0     | 11864 | 18    | 11941  |
| 4   | 1565  | 0     | 98    | 21813 | 23476  |
| 合計  | 79979 | 39575 | 11986 | 23184 | 154724 |

表-2

|     | $\alpha$ | $\beta$ |
|-----|----------|---------|
| 値   | 17320    | 3.548   |
| t-値 | 7.518    | 8.837   |

相関係数  $R=0.929$

総需要モデルの推定には、 $q_i e^{-k_1(q_i)}$ における関数 $k_1(q_i)$ について(8)式のように設定し、表-1の発生・集中交通量のデータ、ゾーン距離のデータ、表-2の結果を代入した(5)式を用いてパラメータ推定を行い、その推定値を表-3に示す。

$$k_1(q_i) = q_i A \exp[B\delta] O_i^\alpha D_j^\beta \exp[\gamma t_{ij}] \quad (8)$$

ただし、 $\delta$ はゾーン間におけるダミー変数 ( $0:i \neq j, 1:i=j$ )、 $O_i$ は発生人口、 $D_j$ は集中人口、 $t_{ij}$ はゾーン*i*と*j*間の距離を表す。

表-3

|     | A      | B      | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
|-----|--------|--------|----------|---------|----------|
| 値   | -1.437 | -0.121 | -0.944   | -0.681  | -0.013   |
| t-値 | 9.947  | 2.200  | 3.487    | 2.619   | 8.515    |

相関係数  $R=0.949$

以上の推定値を用いて現状再現をし、推定した値を表-4に示す。

#### 4. 考察

比率モデルのパラメータ推定は、モデルが機関分担に使われるロジットモデルと同じ形のため、全く同様の推定ができる。また、交通機関以外のサービスについては、表-2のパラメータ値が負であることから発生・集中人口の増加、ゾーン距離の減少にともなって、総需要の値が増加することがわかる。相関係数は、四段階推定法のときとほぼ同程度の値を示した。加えて、

本研究では所得レベルを一律400万円として推定したが、各ゾーンの所得レベルのデータが揃えば、さらに確実な交通需要予測ができると考えられる。

#### 5. おわりに

この提案は、消費者行動理論に基づいているため、比率モデルに対する総需要モデルの整合性がとれるという点において、従来の四段階推定法より有効な手段であるといえる。さらに、“交通機関以外のサービス”については、発生・集中人口、ゾーン距離以外にも、地価や情報網の発達程度など、ゾーンの魅力を反映させるような要因を加えることができる。また、交通需要予測ばかりではなく、間接効用関数からその効用まで測ることもできる。

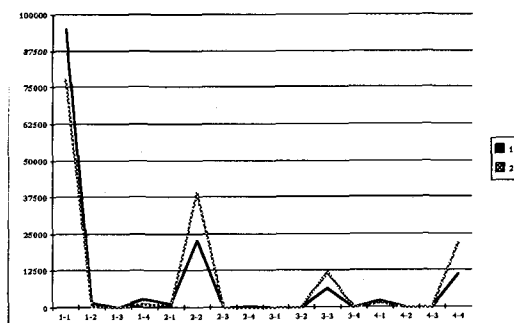
しかし実際の活用では、四段階推定法が桁の大きい値の誤差を小さくするように推定する特色を持つのに対して、そのような特色を持たないこの推定手法は、総需要値を決定する最大の要因である“交通機関以外のサービスについての関数”の設定が重要な鍵を握っている。

また、(4)、(5)、(6)式のパラメータ推定法として、前述のような段階的推定法とは別に  $N_j(q)$  と  $x_{ij}(q)$  を用いた同時推定法を確立し、さらには、仮定した間接効用関数  $V(q)$  と、消費者余利、等価変分  $EV$ 、補償変分  $CV$  との関係についても明らかにする必要がある。

#### 参考文献

- (1) Varian, H.R., (1984)(1992). Microeconomic Analysis. W.W. Norton & Company Inc., pp.183-187
- (2) Morisugi, H., Le Dam Hanh, (Nov.1993). Logit Model and Gravity Model in the Context of Consumer Behavior Theory.

表-4 1-推定値 2-データ



相関係数  $R=0.882$  (四段階  $R=0.903$ )