

自動車利用者の経路選択・出発時刻の決定行動に関する要因分析

豊橋技術科学大学 学生員 依田 勝雄
豊橋技術科学大学 正員 廣島 康裕

1. はじめに

従来からなされてきた交通量配分手法の研究では、自動車利用者の経路選択行動を規範的に設定することが多く、より高い精度の交通量配分を行うには必ずしも十分であるとはいえない。また、最近は動的な交通配分に関する研究が盛んに行われつつあるが、そのためには自動車利用者の経路選択と出発時刻との相関関係を明らかにしておく必要があると考えられる。そこで、本研究では経路選択実態調査に基づいて、出発時刻との関係を考慮しつつ経路選択行動の実態を分析するものである。

2. 経路実態調査の概要

本研究では平成7年11月と平成9年12月に豊橋市民を対象に実施した経路選択実態調査のデータを用いる。

調査項目は、個人属性や交通特性に関する質問の他に、地図記入式による利用経路・代替経路とその諸条件に関する質問、経路特性に対する満足度の意義に関する質問、および出発時刻と経路に関するSP質問である。

3. 分析方法

(1) 経路と出発時刻の決定に関する仮説

本研究では、自動車利用者は経路と出発時刻を同時決定するものと考え、効用最大化仮説に基づいて、自動車利用者の経路と出発時刻の相互関係を考慮した分析を行うものとする。しかし、同時型モデルをそのままの形で用いると分析が容易でなくなるため、ネステッド・ロジットモデルと同様の段階型モデルの考え方に従って分析を行う。すなわち、本研究ではまず、利用経路が与えられているものとし、その条件付きでの出発時刻の最適決定に関する分析を行う。次に各経路の効用が、その経路を利用するという条件下での最適出発時刻決定から得られる効用と経路自体に関わる諸条件に対応する効用との和によって与えられるとして、経路選択行動に関する分析を行う。

(2) 出発時刻決定モデルの定式化と分析方法

本研究では、自動車利用者は出発時刻それ自体に係わる不効用、所要時間に係わる不効用、到着時刻に係わる不効用の総和を最小とすることによって出発時刻を決定するものと仮定する。また、本研究では、経路の所要時間が不確実な状況下での出発時刻決定に関する問題を取り扱う。この場合、各出発時刻に対する総不効用は確率変数となるため、期待総不効用最小化により、最適な出発時刻が決定されと考えられる。ここで、時刻 t_a に出発する場合の期待総不効用 $EU(t_a)$ は次式のように表される。

$$EU(t_a) = u_a(t_a) + \int u_a(t_a) f(t_a | t_a) dt_a + \int u_a(t_a - t_a) f(t_a | t_a) dt_a$$

ここに、 $u_a(\cdot)$ ：出発時刻それ自体の不効用関数
 $u_a(\cdot)$ ：到着時刻それ自体の不効用関数
 $u_a(\cdot)$ ：所要時間それ自体の不効用関数
 $f(\cdot)$ ：出発時刻によって変わる到着時刻の確率密度関数

t_a ：出発時刻 t_a ：到着時刻

ここで、上式の第1項は出発時刻に係わる不効用、第2項は到着時刻に係わる期待不効用、第3項は所要時間に係わる期待不効用を表している。ただし、到着制約時刻がある場合においては、到着時刻に係わる不効用関数が、到着制約時刻 T_a より早く到着するときと遅く到着するときで不連続になるため、第2項の積分は $-\infty$ から T_a と T_a から ∞ までにその範囲を分ける必要がある。

また、到着制約時刻がある移動者にとっては、余裕時間（セーフティーマージン）を考慮して出発時刻を決定しているものと考えられる。そこで、経路実態調査から、そのセーフティーマージンがどのように見込まれ、どのように出発時刻に反映されているかを分析する。

これらの分析をふまえたうえで、個人毎のセーフティーマージンや出発時刻を推定し、それに係わる効用を経路選択行動の際の説明要因として用いるものとする。

る。

(3) 経路選択モデルの定式化と推定方法

自動車利用者が選択可能な経路の物理的な特性や各経路を利用した際の最適出発時刻によって決定されるセーフティーマージン、各経路を利用した際の期待所要時間、出発時刻による効用などを説明変数に組み込んだ非集計モデルの構築を試みる。

また、経路選択において経路効用の分散が一定であることと経路間で独立であることは不自然であるため、経路効用のランダム項の分散は経路長に比例しており、同時に共通のリンクを含む経路間ではランダム項が独立ではなく共分散が存在しているものとして考えていく。また、ランダム項は経路を構成している各リンクのランダム効用項の和で与えられるものとする。

このような仮定の下で定式化される経路選択モデルは以下になる。

まず、経路 r に対する個人 n の効用 U_{rn} は次のように表現されるものとする。

$$U_{rn} = V_{rn} + \varepsilon_{rn}$$

V_{rn} : 観測可能な経路特性などに関連づけが可能な確定効用項

ε_{rn} : 観測不能な要因によって確率的に変動するランダム効用項

また、各経路のランダム効用項は共通区間の存在によって共分散が存在するものの、各リンクのランダム効用項は相互間で独立であり、その期待値が0で、分散がリンク長に比例する正規分布と仮定すれば、リンク長が L_a であるリンク a のランダム効用の分散は次式のようになる。

$$\sigma_a^2 = V_{ar}(\varepsilon_a) = L_a \cdot \sigma^2_0$$

σ^2_0 : 単位リンク長当たりのランダム効用項の分散

したがって、経路 r のランダム効用項の分散 σ_r^2 は次式のようになる。

$$\begin{aligned}\sigma_r^2 &= \text{Var}(\sum \delta_{ar} \varepsilon_a) = \sum \delta_{ar} V_{ar}(\varepsilon_a) \\ &= \sum \delta_{ar} L_a \cdot \sigma^2_0 \\ &= L_r \cdot \sigma^2_0\end{aligned}$$

L_r : 経路 r の経路長

一方、経路 r と経路 r' のランダム効用項の共分散 $\sigma_{rr'}$ は次のようになる。

$$\begin{aligned}\sigma_{rr'} &= \text{Cov}(\varepsilon_r, \varepsilon_{r'}) \\ &= E[(\sum \delta_{ar} \varepsilon_a)(\sum \delta_{a'r'} \varepsilon_a)]\end{aligned}$$

$$= E(\sum \delta_{ar} \delta_{a'r'} \varepsilon_a)$$

$$= \sum \delta_{ar} \delta_{a'r'} L_a \sigma^2_0$$

$$= d_{rr'} \sigma^2_0$$

$d_{rr'}$: 経路 r と経路 r' の共通リンクの総リンク長

つまり、経路 r と経路 r' のランダム効用項の共分散は、それらの共通リンクのランダム効用項の分散と等しくなる。このときに、個人 n が経路 r を選択する確率は次式のようになる。

$$\begin{aligned}P_{rn} &= \text{Prov}[U_{rn} > U_{r'n}, r' \neq r \in C_n] \\ &= \iint \cdots \int f(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \cdots, \varepsilon_n) d\varepsilon_1 d\varepsilon_2 \cdots d\varepsilon_n\end{aligned}$$

ここに、 $f(\cdot)$: 多次元正規分布の確率密度関数

C_n : 個人 n にとって選択可能な経路集合

ところで、今回の経路選択実態調査では利用経路と代替経路が回答されている。これは、いくつかある経路のうちの上位2つの経路であり、これを経路 r 、経路 r' とする。このとき個人 n が経路 r を選択する確率は次式のようになる。

$$P_{rn} = \Phi((V_{rn} - V_{r'n}) / \tau)$$

$\Phi(\cdot)$: 標準正規分布の分布関数

τ^2 : 経路 r と経路 r' のランダム効用項の差の分散 ($\tau^2 = (L_r + L_{r'} - 2d_{rr'}) \sigma^2_0$)

ここで、 $\Phi(\cdot)$ をロジスティック関数で近似する。

$$\Phi(x) \approx 1 / (1 + \exp(-\lambda x))$$

λ : パラメータ

また、経路 r の確定効用項がパラメータに関して線形関数であるとすれば、

$$V_{rn} = \sum \beta_k x_{krn}$$

となり、この時の選択確率は次式のように表される。

$$P_{rn} = 1 / (1 + \exp(\sum \alpha_k z_{krn}))$$

ここで、 $\alpha_k = \lambda \cdot \beta_k / \sigma_0$

$$z_{krn} = \frac{(x_{kr'n} - x_{krn})}{\sqrt{L_r + L_{r'} - 2d_{rr'}}}$$

よって、経路選択行動をロジットモデルの形で表現できることになり、パラメータ推定が容易になる。

4. おわりに

本稿では、自動車利用者の経路選択と出発時刻の決定行動に関してその要因分析の方法を述べたが、構築されたモデルや詳しい分析結果、その他の結果等については講演時に発表したい。