

京都大学工学部
京都大学大学院
京都大学大学院

学生会員 ○北野 喜正
正会員 松島 格也
フェロー 小林 潔司

1. はじめに

トリップの交通手段選択には1) 往路に公共交通を利用すれば、復路においても公共交通を利用せざるを得ない、2) 公共交通を利用するために待ち時間が発生するが、往路・復路のいずれか一方の待ち時間が長くなれば、双方の公共交通利用そのものをあきらめる、という特性がある。前者を手段的技術外部性、後者を不完全代替性という。これによって公共交通利用トリップでは、一方のトリップにおける公共交通選択確率の増加(減少)が、いま一方のトリップにおける公共交通選択確率の増加(減少)をもたらすという戦略的補完性が存在する。自家用車には待ち時間が存在しないため戦略的補完性は存在しない。この戦略的補完性を手段補完性と呼ぶ。

個人の交通手段選択に手段補完性が存在する場合、公共交通企業による運行本数の減少は、往路・復路における利用者数を同時に減少させ、さらに企業の採算性を通じて運行本数の減少につながるという負のポジティブフィードバックを引き起こす。交通手段の代替化施策によって手段補完性を取り除くと、これを解決することができる。その施策としてキスアンドライドやレンタサイクルなどが考えられる。これらTDM施策の効果は、このような交通市場の構造自体に変化をひき起こすという点から評価することができる。本研究ではこの手段補完性を考慮した交通手段選択モデルを定式化して推計し、モデルの有効性を検証する。そして手段補完性の存在を確認する。

2. 交通手段選択モデル

(1) 前提

家計の交通手段選択行動を考える。利用可能な交通手段を公共交通(バスと鉄道)と自家用車に限定する。いま家計の自宅から目的地までの往復トリップを考える。利用可能な往路と復路の交通手段は手段補完的であり、往路と復路に同じ交通手段を用いるとする。公共交通を利用する場合には2つの損失時間が発生する。1つは公共交通のダイヤにトリップの開始時刻を合わせることによって、希望する到着時間よりも早く目的地に到着したために発生する損失時間である。もう一つは駅やバス停での電車やバスの待ち時間による損失時間である。一方、自家用車利用時にはこのような損

失時間は発生しない。

(2) 確率効用関数の定式化

家計はすべて同質であり、トリップに対して同一の効用関数を持つと仮定する。 $i=1$ を公共交通利用の場合、 $i=2$ を自家用車利用の場合とする変数 i を定義する。交通機関 i を利用した場合の確率効用関数を

$$U^i = \beta_0 Y + \beta_1 v^i(t_1^i) + \beta_2 v^i(t_2^i) + \beta_3 (2p^i) + \zeta_1^i \quad (1)$$

と表す。 $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ は推計するパラメータ、 Y は一般化所得、 t_1^i は往路の損失時間、 t_2^i は復路の損失時間、 $v^i(\cdot)$ は損失時間の不効用に関する部分効用関数、 p^i は交通手段 i の片道にかかる費用、 ζ_1^i は観測者に観測できない家計に特有な効用を表すランダム項である。自家用車を利用した場合には損失時間は発生しないので、 $v^2(\cdot) = 0$ になる。往路復路のトリップは対称的であるので、往路、復路に関して同一の部分効用関数を用いる。片道にかかる費用 p^i は往復とも同一である。家計のトリップ便益は目的地までの所要時間とともに一般化所得の中に一括計上されており、効用関数にトリップ便益や所要時間の項はあらわれない。

また公共交通利用の場合の損失時間の不効用に関する部分効用関数を、 $j=1$ を往路、 $j=2$ を復路とする変数 j を定義して

$$v^1(t_j) = \begin{cases} -\varepsilon(t_j^1 + \frac{\zeta_{2j}}{\beta_{5j}}) & (t_j^1 + \frac{\zeta_{2j}}{\beta_{5j}} \leq \theta_j \text{のとき}) \\ -\infty & (\text{それ以外のとき}) \end{cases} \quad (2)$$

と表す。 θ_j は家計が我慢できる損失時間の上限值、 ε は時間価値、 ζ_{2j} は損失時間に関するランダム項、 β_{5j} は ζ_{2j} の分散を効用タームから時間タームのランダム項になおすためのパラメータとする。部分効用関数の値は $t_j^1 + \frac{\zeta_{2j}}{\beta_{5j}} > \theta_j$ が成り立つときに $-\infty$ となっており、往路・復路のいずれか一方の損失時間が θ_j を超えれば往路・復路とも公共交通を利用しないという非代替性を表している。

(3) プロビットモデル

ランダム項 $\zeta_1^1, \zeta_1^2, \zeta_{21}, \zeta_{22}$ がそれぞれ正規確率分布に従うと仮定し、交通手段選択行動をプロビットモデルを用いて表現する。公共交通を選択する確率は

$$P(\Omega_1) = \text{Prob}\{(U^1 \geq U^2) \cap (t_1 + \frac{\zeta_{21}}{\beta_{51}} \leq \theta_1) \cap (t_2 + \frac{\zeta_{22}}{\beta_{52}} \leq \theta_2)\} \quad (3)$$

と表現できる。自家用車を利用する確率は $1 - P(\Omega_1)$ となる。式(3)よりこの確率の条件式をそれぞれとりだし、識別できないので ε とパラメータ、 θ_j とパラメータ

を同時推計するように変形すると

$$\beta_{51}t_1^1 - \beta_{61} + \zeta_{21} \leq 0 \quad (4)$$

$$\beta_{52}t_2^1 - \beta_{62} + \zeta_{22} \leq 0 \quad (5)$$

$$\begin{aligned} & \beta_1' t_1^1 + \beta_2' t_2^1 + \beta_3(2p^1 - 2p^2) \\ & + \frac{\beta_1'}{\beta_{51}} \zeta_{21} + \frac{\beta_2'}{\beta_{52}} \zeta_{22} + \zeta_1 \geq 0 \end{aligned} \quad (6)$$

と表せる。また分散共分散行列を特定化する。式(6)には ζ_{21}, ζ_{22} が含まれるので、 ζ_1 と独立を仮定する。また規格化条件を設けると、

$$V = \begin{pmatrix} \sqrt{1+\alpha^2} & \alpha & 0 \\ \alpha & \sqrt{1+\alpha^2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

となる。以上のように特定化すると公共交通を選択する確率は

$$P(\Omega_1) = \int_{\zeta_{21}=m}^{\infty} \int_{\zeta_{22}=n}^{\infty} \int_{\zeta_1=-\infty}^l \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^3}} \exp\left\{-\frac{1}{2}((\sqrt{1+\alpha^2})\right. \\ \left.\zeta_1^2 - 2\alpha\zeta_{21}\zeta_{22} + (\sqrt{1+\alpha^2})\zeta_{22}^2 + \zeta_1^2)\right\} d\zeta_1 d\zeta_{22} d\zeta_{21} \quad (8)$$

となる。ただし $m = \beta_{51}t_1^1 - \beta_{61}$

$$n = \beta_{52}t_2^1 - \beta_{62}$$

$$l = \beta_1' t_1^1 + \beta_2' t_2^1 + \beta_3(2p^1 - 2p^2) + \frac{\beta_1'}{\beta_{51}} \zeta_{21} + \frac{\beta_2'}{\beta_{52}} \zeta_{22}$$

である。

公共交通選択のとき $\delta_n = 1$, 自家用車選択のとき $\delta_n = 0$ というダミー変数 δ_n を定義する。対数尤度関数は

$$\ln L = \sum_n \{\delta_n \ln P(\Omega_1) + (1 - \delta_n) \ln(1 - p(\Omega_1))\} \quad (9)$$

と定式化され、これを準ニュートン法で最大化することによってパラメータを推計する。

3. モデルの推計

(1) 概説

データとして第4回京阪神都市圏パーソントリップデータを用いる。推計に際しては、公共交通利用による損失時間が顕著に表れる郊外部のベッドタウンを発地とするトリップで、鉄道とバスを乗り継ぐトリップを対象とする。自家用車利用の場合は出発地から目的地まで自家用車を利用したものを抽出する。手段選択の可能性を確保するために自家用車を保有し、運転免許を保有する家計のみに限定する。対象地域として滋賀県の琵琶湖の南東部に位置する守山市、野洲町、栗東町、近江八幡市などの4市13町に居住地を持つ個人を対象にする。サンプル数は150、そのうち公共交通選択者は97サンプル、自家用車選択者は53サンプルになった。損失時間と選択結果についてプロットすると図-1のようになる。

(2) 推計結果

手段補完性を考慮した交通手段選択モデルの効用関数と部分効用関数について以下の推計結果を得た(表-1参照)。

$$U^1 = \beta_1 v_1^1(t_1^1) + \beta_2 v_1^1(t_2^1) + \beta_{31}(2p^1) + \zeta_1^1 \quad (10)$$

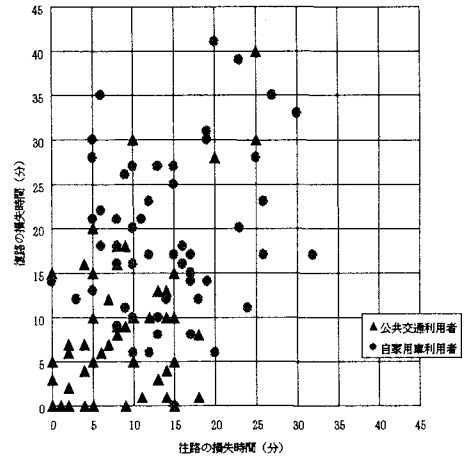


図-1 往路復路の損失時間と公共交通と自家用車の選択結果
パーソントリップデータより

表-1 パラメータ推計結果

	推計値	t 値		推計値	t 値
β_1	-0.0370	-0.178	β_{51}	-0.131	-0.628
β_2	-0.0893	-1.07	β_{52}	0.0607	4.51
β_{31}	0.000945	0.610	β_{61}	1.34	2.88
β_{32}	-0.00515	-1.66	β_{62}	1.47	5.88
α	0.125	0.264			

初期尤度209.52、尤度52.899、尤度比0.748
自由度調整済み尤度比0.731、的中率80.7%

$$U^2 = \beta_{32}(2p^2) + \zeta_1^2 \quad (11)$$

$$v^1(t_1^1) = \begin{cases} t_1^1 + \frac{\zeta_{21}}{\beta_{51}} & (\beta_{51}t_1^1 + \zeta_{21} \leq \beta_{61} \text{ のとき}) \\ \infty & (\text{それ以外のとき}) \end{cases} \quad (12)$$

$$v^1(t_2^1) = \begin{cases} t_2^1 + \frac{\zeta_{22}}{\beta_{52}} & (\beta_{52}t_2^1 + \zeta_{22} \leq \beta_{62} \text{ のとき}) \\ \infty & (\text{それ以外のとき}) \end{cases} \quad (13)$$

本モデルでは $\frac{\beta_{62}}{\beta_{52}}$ が家計が我慢できる損失時間の上限値 θ_2 と解釈できる。これは24.2分となり妥当な結果といえるだろう。また β_{51} は符号条件を満たしていない。 β_{51} を推計するためには、条件式(4)のみ成り立たない場合のデータが必要なのが原因である。しかし、往路においてのみ損失時間の上限値を超えるデータはほとんどない。往路トリップは朝に発生するのが一般的であり、ほとんどの公共交通機関で朝は運行間隔が短くなっているからである。また β_{31} も符号条件も満たしていないが、これは公共交通利用の場合の費用が有意な変数となっていないことが原因と考えられる。復路の損失時間が長くなれば往路復路の公共交通利用をあきらめるという手段補完性があらわれている。

4. おわりに

本研究では手段補完性を考慮した交通手段選択モデルの定式化を行い、パーソントリップデータを用いてモデルを推計することにより、往路復路の交通手段選択における手段補完性の存在を検証した。部分的ながらも手段補完性の存在が確認された。