

指向の偏在を考慮した集計型交通機関選択モデル

東北大学工学研究科 学生会員 ○大関 正博
東北大学工学研究科 正会員 奥村 誠
東北大学工学研究科 学生会員 山口 裕通

1. はじめに

交通機関整備事業を計画する場合、交通条件の変化によって人々の交通行動がどの程度変化するかを把握することは重要である。交通手段の選択には交通条件の他に、交通手段に対する個人の指向が影響すると考えられる。個人の指向はソーティングと呼ばれる棲み分けにより居住地ごとに偏ることが指摘されており¹⁾、この指向の偏りを考慮しないモデルでは正確な推定ができないという問題がある。例えば自動車指向の個人が集まる地域がある場合、公共交通の利便性向上が行われた場合の機関選択の変化は一般的なモデルでは過大に予測される可能性がある。

このような指向の偏りの問題は既存の研究でも指摘され、解決方法が提案されている。しかし、それらは、指向を表すSP調査データ²⁾、指向と無相関なデータを追加的に調査するものであり、調査コストの増加や回収率の低下が問題となる。

そこで本研究では、指向の居住地ごとの偏りの発生メカニズムを明示的に組み込んだモデルを用いて、指向の偏りを除去する方法を提案する。これにより、上述のような指向に関する追加的な調査を必要とせず、調査が容易な1時点のRPデータのみで推定が可能となる。

2. 指向偏在モデルの提案

まず公共交通か自動車かのいずれかを選択する、二項プロビットモデルによる交通機関選択モデルを考える。ここで、居住地 j から勤務地 w までの交通機関を選択するとき、各個人はモード m の所要時間 $t_{m,w,j}$ のみを考えて決定すると考える。この場合、公共交通選択時と自動車選択時の効用関数差と、公共交通の選択確率 $P_{jw}(pub)$ は、それぞれ式(1)と(3)のように定式化される。

$$U_{dif,i} = -\alpha * (t_{pub,w,j} - t_{car,w,j}) + \beta + \delta_i \quad (1)$$

$$V_{dif} = -\alpha * (t_{pub,w,j} - t_{car,w,j}) + \beta \quad (2)$$

$$\begin{aligned} P_j(pub) &= \Pr(U_{dif} > 0) \\ &= \Pr(\delta > \alpha * (t_{p,w,j} - t_{c,w,j}) - \beta) \\ &= \int_{-\alpha * (t_{p,w,j} - t_{c,w,j}) - \beta}^{\infty} p(\delta|j) d\delta \end{aligned} \quad (3)$$

式(1)は公共交通と車の効用関数の差を示しており、正の時($U_{dif} > 0$)に公共交通を選択する。 i が個人、 j が居住地、 w が勤務地を表しており、 α が交通条件の係数、 β が定数項を表している。 δ_i は個人ごとに異なる誤差項であり、個人の交通手段に対する指向に対応している。

式(2)の $p(\delta|j)$ は居住地ごとの指向の確率密度関数を表している。式(4)のように居住地に関係なく全体が同一の分布に従うものとし、さらに標準正規分布を仮定することにより単純な二項プロビットモデルを得る。

$$p(\delta|j) = p(\delta) \quad (4)$$

このモデルでは、指向は空間的に偏在しないことが仮定される。

次に個人の交通手段に対する指向が、居住地 j ごとに偏る場合を考えよう。この場合、式(4)の関係が成り立たない。ここで、 $p(\delta|j)$ にベイズの定理を適用すると、式(5)が得られる。

$$p(\delta|j) = \frac{p(j|\delta)p(\delta)}{p(j)} \quad (5)$$

$p(j|\delta)$ は指向 δ を持つ個人が居住地 j を選択する確率に相当する。この居住地選択の際、公共交通への指向が強い個人ほど地域の公共交通の利便性 L_j を強く意識して選択すると、その結果として指向の偏りが発生することとなる。このメカニズムをロジットモデルとして表現すると式(6)のようになる。

$$p(j|\delta) = \frac{\exp(\gamma\delta(L_j + \varepsilon))}{\sum_{j=1}^n \exp(\gamma\delta(L_j + \varepsilon))} \quad (6)$$

γ は指向 δ の居住地選択への影響度合いを表し、 ε が定数項を表す。ここで、 γ が0と有意に異なる場合に、指向の偏りが存在することを意味するため、この係数の推定結果を検定することによって、指向の偏りの存在を確認することができる。

本研究では、数値実験として仮想的に作成したデ

表-1 数値実験の結果

	真値	(a) 単純プロビットモデル	(b) 指向偏在モデル
α	0.050	0.0566 (0.000)	0.0499 (0.000)
γ	3.000	-----	2.992 (0.147)
対数尤度	-----	-22918	-21415

()内は推定値の標準誤差

表-2 東北大学職員通勤手段モデルの推定結果

	(a) 単純プロビットモデル	(b) 指向偏在モデル
α	0.0204 (0.0012)	0.0144 (0.0018)
β	-0.0871 (0.0198)	-0.2134 (0.0951)
γ	-----	1.24 (0.16)
ε	-----	0.27 (1.00)
対数尤度	-4151.73	-4130.74

()内は推定値の標準誤差

ータと、東北大学の職員の通勤交通手段選択のデータに、式(4)の仮定をもつ単純プロビットモデル(a)と、式(5)と(6)の指向偏在メカニズムを組み込んだモデル(b)を適用する。このとき、未知パラメータ $\alpha, \beta, \gamma, \varepsilon$ は最尤推定法を用いて推定する。

3. 数値実験

3居住地、2勤務地の仮想ネットワーク上で、 $\gamma = 3.000$ として、式(1), (2), (5), (6)に従い指向に偏りのあるデータを発生させたデータを用いて、数値実験から指向偏在モデルの必要性を確認する。本実験では定数項 β, ε の真値を0と設定し、それらを所与とする。このとき、(a)単純プロビットモデルでは式(4)を仮定して α のみを最尤推定する。一方で(b)指向偏在モデルでは、式(5)と(6)を組み込み、 α と γ を同時に最尤推定する。

パラメータ結果を表-1に示す。モデル(a)の推定結果をみると、 α の推定値は真値よりも過大推定されている。つまり指向性の偏りが存在する場合、これを無視した単純なモデルを用いた推定では交通条件の効果を過大に評価してしまう。一方で、真の構造を仮定しているモデル(b)の推定結果をみると、どちらのパラメータも真値に近い推定結果が得られている。また、設定どおり γ が有意に0でないことから、指向の偏りが存在することを確認でき、さらに α の過大推定を回避できることが確認できた。

4. 東北大学職員データへの適用

次に東北大学職員の通勤手段データへの適用結果を述べる。ここでは、仙台市の大ゾーン31地域に居住

し、仙台市内の5つのキャンパスを勤務地とする職員のデータを、2パターンのモデルに適用し、各居住地と勤務地間の交通所要時間の係数 α を推定する。なお、居住地ごとの公共交通の利便性 L_j には、各居住地の全住民全目的の公共交通分担率を利用した。

推定結果を表-2に示す。まず、モデル(b)の推定結果をみると、 γ の推定値は標準誤差より十分に大きく、有意なパラメータであることが確認できる。つまり、東北大学職員の通勤手段について、指向の空間的偏在が存在することを意味している。対数尤度をみるとモデル(b)はモデル(a)より大きく、当てはまりの良いモデルであることが確認できる。また、モデル(a)の α の推定値はモデル(b)より小さく、数値実験で見られたような過大推計が予想される。

5. おわりに

本研究ではソーティングによる指向の偏りを考慮した交通手段選択モデルを提案し、数値実験と実データによる実証により、その実用性を検証した。ソーティングの発生の有無を調べて一般的な手段選択モデルがもたらす過大推定を回避できることを示した。

参考文献

- 1) 松島格也・小林潔司・福井浩：データ内生性を考慮した交通機関選択モデル，土木学会論文集D3, Vol.69, No.5, I_511-I_521, 2013
- 2) 杉恵頼寧・張峻屹・藤原章正：横断的及び縦断的異質性を考慮した交通選択行動ダイナミックスの表現，土木学会論文集No.765/IV-64, 3-15, 2004