

IV-356 離散-連続選択モデルの地域間物流輸送手段選択問題への適用可能性に関する検討

九州東海大学 正 員 溝上 章志

1. はじめに

人の交通手段選択行動を分析するには、その理論的・実証的有用性の理由から、離散選択モデルがよく用いられる。これに対して、貨物の輸送手段の分析には、輸送重量を計測単位とした集計型ロジットモデルが多く使われている。これは、①最終的に得たいものが輸送量についての分担率であり、②貨物1件の輸送量は出荷貨物ごとに異なるため、直接的に離散選択モデルを適用できないという理由からと考えられる。しかし、荷主が1件の貨物を出荷する場合には、輸送手段を選択すると同時に輸送量も決定していると考えられ、輸送手段選択と出荷貨物1件当たりの輸送量の選択とは相互に関連している。このような問題を解決するには離散-連続選択モデル(Discrete/Continuous Choice Model)が有効と考えた。本研究では、このモデルを地域間物流輸送手段選択問題に適用し、その適用可能性の検証を行うことを目的とする。

2. 離散-連続選択モデル

離散-連続選択モデル理論の詳細は他に譲る。ここでは1件の出荷貨物を出荷する際に、輸送手段が2つ存在し、荷主が輸送手段と輸送量を同時に決定する場合の定式化を示す。

x_i を輸送手段 i の輸送トンキロ数、 t_i をトンキロ当たり輸送運賃、 y を予算、 U を荷主の効用関数とするとき、荷主の行動は以下の最適化問題で表現できる。

$$\max : U(x_1, x_2), \quad \text{s.t. } y = t_1 x_1 + t_2 x_2 \quad (1)$$

この問題の最適解(x_1^*, x_2^*)を元の効用関数に代入した後の間接効用関数

$$U^* = U(x_1^*, x_2^*) = Y(t_1, t_2, y) \quad (2)$$

は、輸送手段別トンキロ当たりの輸送運賃と予算の関数となる。このとき、手段別の輸送トンキロ数 x_i^* の需要関数は Roy's identity により次式で表される。

$$x_i^* = -(\partial Y / \partial t_i) / (\partial Y / \partial y) \quad i=1, 2 \quad (3)$$

以上のミクロ経済学の理論を以下のように応用したのが離散-連続選択モデルである。いま、間接効用関数として、直接的に

$$Y_i = Y_i(t_i, y, z_i, s, \eta_i) \quad i=1, 2 \quad (4)$$

なる、輸送手段 i を選択したという条件付き間接効用関数を採用する。ここで z_i は輸送手段 i の特性値ベクトル、 s は荷主や貨物の属性ベクトル、 η_i は誤差項である。これを確率効用関数における効用の確定項とみなす。さらに、確率項 ε_i がガンベル分布に従うと仮定できるとき、輸送手段 i の選択確率 p_i は

$$p_i = \frac{\exp(Y_i(t_i, y, z_i, s, \eta_i))}{\sum_j \exp(Y_j(t_j, y, z_j, s, \eta_j))} \quad i=1, 2 \quad (5)$$

なるロジットモデルで表される。また、式(3)より、輸送手段 i を選択したという条件付きの輸送トンキロ関数 x_i^* は次式から求められる。

$$x_i^* = -(\partial Y_i / \partial t_i) / (\partial Y_i / \partial y) \quad i=1, 2 \quad (6)$$

3. 地域間物流輸送手段選択モデルの構築

荷主の地域間物流輸送手段選択行動を分析するために、ここで設定した条件付き間接効用関数は、

$$Y_i = (\alpha_i + \beta_i t_i + \theta_i y + \phi s + \phi_i z_i + \eta_i) \cdot \exp(-\theta t_i) \quad (7)$$

であり、パラメータ α_i や θ_i などを選択肢 i に固有に設定したより一般的な関数を仮定している。また、誤差項 η については選択肢共通とした。このときの輸送トンキロ関数 x_i^* は以下になる。

$$x_i^* = (1/\theta_i) \cdot \{(\alpha_i \theta - \beta_i) + \theta(\beta_i t_i + \theta_i y + \phi s + \phi_i z_i + \eta_i)\} \quad (8)$$

式(7)で $\theta_i = \theta$ としたものが通常、用いられている。

全国ベースで地域間の物資流動を純流動の形で調査したものとしては全国貨物純流動調査がある。このうち、3日間流動調査では、出荷貨物1件について、 z_i として所要時間、積替えの有無など、 s として発・着産業業種、従業者数などが調査されている。また、基本的にはオリジナル55品目別に出荷貨物1件ごとの輸送手段と輸送トン数が、予算 y の代替指標としての年間出荷・販売額が調査されている。しかし、調査対象事業所の特定化を防ぐために、品目と年間出荷・販売額はそれぞれ16品類、9レベル程度に階層化されたものが公表されているにすぎない。

4. モデルの推定と結果の考察

16品類に統合されたデータを用いて、これらの品類ごとにモデルを推定する。まず、各品類ごとの輸送件

表-1 輸送手段別選択確率モデルの推定結果

	鉄鋼	石油石炭製品	鉱産品
定数項	0.3138E-01	0.3315E-01	0.1829E-01
積替えダミー	0.000	0.000	0.000
従業員数 (人)	0.068	0.028	-0.6213E-02
0-20	0.1908E-02	0.2113E-02	0.002
20-100	0.000	0.001	
100-500	0.9896E-02	0.1904E-01	
500-1000	0.003	0.012	
0.001	0.000		
輸送時間 (時間)	0.7975E-01	-0.6103E-01	0.1984E+00
0.040	1.507	0.562	
海運	-0.1903E+00	-0.1704E+00	0.3556E-02
0.262	0.189		
輸送距離 (km)	-0.8256E-02	-0.2857E-02	-0.2727E-02
0.000	0.000	0.000	
海運	0.1097E-01	-0.1345E-02	-0.6647E-02
3.797	0.284	0.049	
輸送運賃 β_i (¥/t·km)	0.2369E+00	0.2498E+00	0.1381E+00
0.000	0.000	0.000	
海運	-0.2039E+00	-0.3117E+00	-0.1190E+00
2.032	1.463	0.013	
予算 θ (億円)	0.2500E-02	0.8292E-03	-0.3560E-01
1.609	0.718	0.236	
海運	0.3069E-02	0.1002E-02	-0.1946E-01
4.499	0.150		
輸送運賃 θ (¥/t·km)	0.2059E+00	0.5558E-01	0.2044E-01
709.636	2161.80	38712.1	
サンプル数(海運)	467(71)	318(41)	100(17)
尤度比	0.2023	0.2925	0.7584
の比率	78.4	90.3	95.0
全体			
トラック/海運	82.8/53.5	99.2/29.3	100.0/70.5

表-2 輸送トンキロ需要関数の推定結果

	鉄鋼	石油石炭製品	鉱産品
定数項	-0.3444E+02	*	*
0.014			
積替えダミー	0.4750E+02	0.2271E+02	0.2094E+03
1.805	0.171	0.572	
従業員数 (人)	0.3378E+02	0.4410E+03	
0-20	0.521	1.047	
20-100	0.1577E+02	0.1428E+02	
0.348	0.042		
100-500	-0.3230E+02	0.1890E+01	
0.784	0.006		
500-1000	-0.2361E+02	0.6807E+01	
0.458	0.022		
輸送時間 (時間)	0.9815E+00	-0.1008E+01	-0.3211E+03
0.601	0.113	5.533	
海運	-0.6872E+01	0.1738E+04	-0.1008E+04
3.693	0.584	7.733	
輸送距離 (km)	0.1865E-01	-0.1949E+00	0.3885E+01
0.003	0.168	2.386	
海運	0.1281E+00	0.1993E+01	-0.6119E+01
0.828	1.663		
輸送運賃 β_i (¥/t·km)	-0.2822E+01	-0.2485E+01	-0.7646E+03
0.009	0.052	5.974	
海運	0.4613E+02	0.1450E+02	0.1533E+04
3.004	0.221	5.568	
予算 θ (億円)	0.1688E-01	-0.5248E-02	0.2154E+02
0.942	0.096	5.567	
海運	0.7215E-01	0.2417E+00	-0.3955E+01
2.920	2.733		
選択性	-0.1383E+02	-0.1330E+03	0.2866E+03
0.307	0.666	2.289	
修正項	-0.2575E+02	0.3047E+01	-0.2201E+04
0.824	0.214	6.385	
F値	13.0	8.7	24.9
自由度調整済R ²	0.3014	0.2538	0.7368

注) *はF $\geq$ 0.00001の変数選択条件を満足しない。

5. おわりに

鉱産品を除いて、手段別選択確率モデル、輸送トンキロ需要関数の両方の適合度が高いモデルを推定することはできなかった。これを解決するためには、船舶のサンプル数の補充、予算、その他のLOSデータの導入が必要である。また、荷主を対象としたより詳細な輸送手段選択と輸送量決定に関するアンケート調査が必要である。

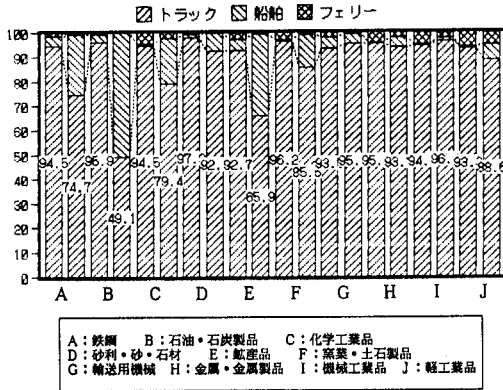


図-1 輸送手段別分担率（左：輸送件数，右：輸送量）

数と輸送トン数について、トラック、海運、フェリーの実績分担率を図-1に示す。輸送トン数ベースでは、鉄鋼、石油・石炭製品、化学工業、鉱産品、窯業・土石製品などで海運の分担率がやや高めとなっているが、輸送件数ベースでは全ての品類でトラックの分担率が90%を越えている。

ここで提案したモデルでは、手段別選択確率モデル、輸送トンキロ需要関数とも、出荷貨物1件1件が一つのサンプルとなることから、各輸送手段別輸送件数がそのまま選択肢別サンプル数となる。手段別選択確率モデルの推定結果の一部を表-1に示す。各品類で輸送時間、輸送距離、輸送運賃のうちのいくつかが有為な変数となっている。また、パラメータ θ は全品類で統計的有意性が高い。しかし、最尤推定法ではサンプル数の多い選択肢の選択確率を上げるようにパラメータが推定されること、予算を各階層の中央値などで与えざるを得ないなどのため、鉱産品を除いて船舶的の比率がかなり低くなっている。

輸送トンキロ需要関数の推定には、選択性修正項を導入した重回帰分析を用いた。データとしてはトラックと船舶のサンプルをプールしたものをを用いている。需要関数の推定結果を表-2に示す。品類によって符号や有意な変数組が異なり、需要の発生機構が異なるのが分かる。選択性修正項は鉱産品だけで統計的に有意になっており、その導入は選択性バイアスの修正に貢献している。しかし、適合度は鉱産品以外では高いとはいえず、満足のいく需要関数モデルは得られなかった。