

地域間物流の輸送手段/ロットサイズ同時決定モデルとその推定法

熊本大学○学生員 竹林 秀基
熊本大学 正 員 溝上 章志
熊本大学 正 員 柿本 竜治

1. はじめに

貨物の輸送手段の予測には輸送量ベースの集計型輸送機関分担モデルが用いられている。しかし、1件あたりの荷主の貨物出荷行動では、輸送手段選択だけでなく輸送ロットサイズも同時に決定されており、なおかつ2つの選択が関連していると考えられる。このような質と量の同時選択問題のモデル化には、離散-連続選択モデルの適用が有効と考えられる。さらに、本研究では地域間物流の輸送手段/ロットサイズ同時決定への離散-連続選択モデルの適用可能性を明らかにすることが主な目的であり、荷主の観測されない特性による効用関数の誤差項を両モデル間で整合させるために、新たに両モデルの繰り返し推定方法を導入した。また、これらの有効性を全国貨物純流動調査データを用いて実証的に検討を行う。

2. 離散-連続選択モデルの概要と定式化

離散-連続選択モデルを簡単に説明する。消費者行動理論に習って、荷主の行動は以下のように最適化問題で表現できると仮定する。

$$\max : U(x_1, x_2) \quad (1)$$

$$s.t. \quad y = t_1 x_1 + t_2 x_2$$

ただし、 x_i は各財の消費量、 y は所得、 t_i は各財の価格、 $U(\cdot)$ は消費者の直接効用関数である。このとき、荷主 n にとって効用最大となる最適投入要素量 x_i^* を直接効用関数に代入した間接効用関数が以下の確率項を含む V_i で定義できると仮定する。

$$V_i = V_i(t_i, y, s, z_i, \eta) + \varepsilon_i \quad (2)$$

s は決定者の特性、 z_i は選択肢の特性である。また、 η は荷主や品目の観測されない特性、 ε_i は選択肢の観測されない特性、つまり誤差項である。ここで、 ε_i に同一で独立なガンベル分布を仮定すると、以下に示すロジットモデルによる輸送手段選択確率を得ることができる。

$$P_i = \frac{\exp V_i}{\sum \exp V_j} \quad (3)$$

一方、Roy's identityから、以下のように投入要素需要関数(=輸送需要関数で、ここでは出荷一件当たりのロットサイズ)が得られる。

$$x_i^* = \frac{\partial V_i(t_i, y, s, z_i, u_i) / \partial t_i}{\partial V_i(t_i, y, s, z_i, u_i) / \partial y} = g_i(t_i, y, s, z_i, u_i) \quad (4)$$

以下の実証分析では、選択肢 i を選択するという条件付き確率間接効用関数 V_i を、直接的に

$$V_i = (\alpha_i + \beta_i t_i + \theta_i y + \phi_i z_i + \eta) \cdot \exp(-\theta_i) + \varepsilon_i \quad (5)$$

のように仮定した。このとき、輸送手段 i の選択確率 P_i は式(3)より、ロットサイズは

$$x_i = -\frac{1}{\theta_i} \{ \beta_i - \theta_i (\alpha_i + \beta_i t_i + \theta_i y + \phi_i z_i + \eta) \} \quad (6)$$

のように求められる。

3. 選択性修正法と繰り返し推定法

離散-連続選択モデルの推定に通常、利用される選択性修正法の選択性修正項は、選択肢 j が選択された条件下での誤差項 η の期待値であり、ロットサイズ関数を推定する際に実績需要データに生じている輸送手段固有のバイアスである。式(5)では式(4)の誤差項 u_i を η と ε_i とに分離するが、通常の選択性修正法では効用関数内の $\eta = 0$ として離散選択モデルを推定する。また、段階推定であるので、間接効用関数とロットサイズ関数とで理論上同じ値のはずのパラメータが異なる推定値になることを黙認する。しかし、理論的には η は選択肢 i ごとに η_i でなければならず、輸送手段選択モデルの推定時にもこれを選択性修正項 $E[\eta_i]$ とランダム項 v として導入する必要がある。また、間接効用関数から理論的に導出されたロットサイズ関数のパラメータの推定値は間接効用関数のそれと同じ値になるべきである。上記の点を満足させ、両モデル間の誤差項の整合性を取るためには式(3)の輸送手段選択モデルで推定されたパラメータを用いて式(6)より η を求めてこれを再び式(3)で用いるというループをパラメータ $\hat{w}$ が収束するまで繰り返しせばよい(図-1参照)。以下では、推定精度、推定特性について選択性修正法による推定結果との比較と選択性修正法の適用可能性を検討する。

4. モデルの推定と結果の考察

モデル推定のためのデータとして、昭和60年度版全国貨物純流動調査の中の3日間流動調査データを利用する。16品目に統合し品目ごとにモデルの推定を行った。ここでは、鉄鋼についてのモデル推定結果を示す。表-1は選択性修正法による輸送手段選択モデルとロットサイズ関数の推定結果と繰り返し段階推定法による推定結果である。選択性修正法では、輸送手段選択モ

デルは、尤度比 0.617、的中率 90.7%であり、符号条件も論理的である。一方で、ロットサイズ関数は符号条件はほぼ妥当なものとなっているものの、重相関係数が 0.43 と適合度は高くない。選択性修正項は選択性バイアスの修正に大きく貢献しているといえる。変数としては、輸送手段選択モデルでは「従業者規模」,「所要時間」,「輸送運賃」が、ロットサイズ関数では「所要時間」と「生産額」が統計的に有意な変数となっている。手段選択モデルは尤度比が高く、適合度の高いモデルが得られた。各品目とも「所要時間」,「輸送運賃」が有意となっていることが分かり、これらが手段選択に与える影響の高さが確認できた。また、輸送手段の非線形項が手段選択に与える影響も高くなっていることが分かる。

繰り返し推定法を用いたときのパラメータ推定結果について述べる。「定数項」と「従業者数」は輸送手段選択モデルでの値とさほど変化がみられないが「所要時間」と「輸送料金」においてはいずれもトラックの効用が高くなるような推定結果に修正されている。非線形項の「輸送運賃」は手段選択モデルにおける推定結果とさほど変化していない。的中率は 84.9%となっているが予測した輸送手段がすべてトラックを選択するようになっている。これは繰り返し推定法によって求めたパラメータを用いてロットサイズを予測してみると、各サンプルとも η がかなり大きいのでロットサイズが主にランダム項である η の大きさによって決まってしまうことになるためである。これにより、ロットサイズ関数の特定化には有効とはいえないようである。

以上より、離散-連続選択モデルの推定には、選択性修正項を導入した段階推定法が有効であることが分かった。今回用いたデータは船舶を用いた場合とトラックを用いた場合ではロットサイズが大きく異なっているため、選択性修正項がかなり大きな値になっている。このように選択性修正法は、ロットサイズが選択肢間で不連続的に分布している場合にもロットサイズ関数の推定には有効である。

(参考文献)

1. 溝上章志, 柿本竜治, 蒲地慶貴(1996):「地域間物流の輸送手段/ロットサイズ同時決定モデルとその推定法」, 土木計画学研究・講演集, No.19(2), pp. 179-182

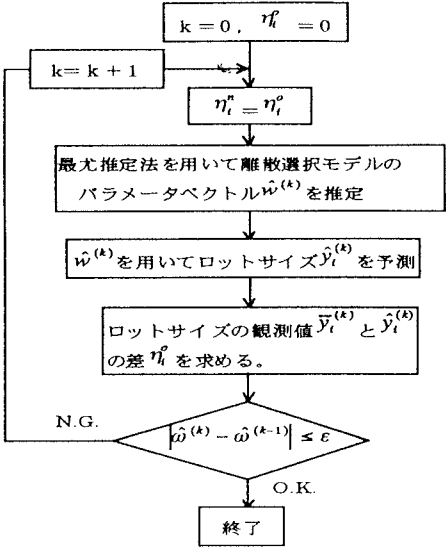


図 1 繰り返し段階推定法のフローチャート

表 1 モデルの推定結果 (鉄鋼)

説明変数	選択性修正法		繰り返し推定法
	輸送手段 選択モデル	ロットサイズ 需要関数	輸送手段/ロットサイ ズの同時決定モデル
定数項	-0.4559E+00 (-0.295)	0.1432E+03 (1.893)	-0.4476E+00 (-0.448)
従業者数 (人)	-100 0.2394E+00 (0.474)	-0.6039E+02 (-1.208)	0.2433E+00 (0.243)
	-500 0.1512E+00 (0.389)	-0.8967E+02 (-1.995)	0.1556E+00 (0.156)
	-1000 0.6228E-01 (0.392)	-0.4224E+02 (-0.765)	0.6228E-01 (0.062)
所要時間 (時間)	トラック -0.7829E-03 (-0.292)	-0.2293E+00 (-0.269)	0.1557E+00 (0.156)
	船舶 0.1493E-01 (0.826)	-0.4336E+01 (-2.766)	-0.2402E+00 (-0.240)
輸送料金 (円/t・km)	トラック 0.2598E-01 (0.289)	-0.2256E+01 (-0.630)	0.1483E+00 (0.148)
	船舶 -0.1173E+00 (-0.608)	0.2034E+02 (1.245)	-0.1555E+00 (-0.156)
生産額 (億円)	トラック -0.2369E-05 (-0.091)	0.5051E-02 (0.381)	-0.2597E+00 (-0.260)
	船舶 0.3561E-04 (0.636)	0.1094E+00 (6.193)	-0.2224E+00 (-0.222)
OD間輸送量 (千t)	0.6217E-03 (0.533)	0.6232E-01 (0.526)	0.7479E+00 (0.748)
輸送運賃 (円/t・km)	-0.2152E+00 (-1.239)		-0.2508E+00 (-0.251)
選択性修正項		0.8066E+02 (3.285)	
尤度比 的中率	全体 0.617		0.355
	トラック/船舶 90.7		84.9
		97.7/51.3	100/0
F値		17.3	123.8
自由度調整済奇異率		0.4346	0.323