産業連関と一般均衡の分析フレームを用いた貨物流動モデル

九州東海大学　正会員　溝上　章志

1．はじめに

物流の本質は生産活動や消費活動から派生した物資需要の産業間の空間的移動であることから、その予測手法にはパーソントリップの需要予測手法の準用ではなく、物流の発生機構を明示的に表現しうる分析フレームに基づいた手法が望まれる。本研究は、①各産業の最適生産・消費活動から派生した物資の産業間の空間的移動を明示的に表すこと、②現在実施されている物流に関連する調査から得られるデータを有効に利用することができること、という二つの視点から新たな物資流動需要予測モデルを構築することを目的とする[1]。

2．モデルの概要

本研究は、地域間産業連関分析フレームの中で財の空間的価値均衡、つまり市場を構成するすべての産業業種の生産する生産物の価格と出荷量の空間的な均衡解を得るための地域間産業業種間物流需要予測モデルを構築する。基本的構造はGarin-Lowry [2] モデルである。その中で、需要に対して供給が不足する場合に生じる Profits の概念を導入することによって、Profits と生産コストとの和である生産価格が変化し得る構造としている[3]。この生産価格変化により、着ゾーンにおける原材料の購入価格が変化し、各産業業種の最適行動の結果である最適投入量（≡入荷量）が変化して地域投入係数が変化する。それと同時に地域間交易係数も変化する。これらによって、最終需要に対する総産出量（≡出荷量）と価格の均衡解を得るという構造になっている（図－1参照）。

3．地域間産業業種間貨物流動モデルの定式化

①　産業業種の行動と最適入荷量

各産業業種の入荷物に対する需要は、生産に対する原材料の投入のために生じる派生需要である。このとき、各産業業種は所与の生産物生産価格 $p=\{p_j^n\}$ と投入要素価格 $c=\{c_j^m\}$ のもとで、均衡時の総産出量 $X=\{X_j^n\}$ を出荷するという条件下での利潤最大となるような原材料の等量曲線上の最適入荷量 $x=\{x_j^{mn}\}$ を決定する。この行動は Cobb-Douglas 型の生産関数と線形費用関数を仮定したとき、以下の最適化問題で与えられる。

$$\mathrm{Max}:\ \pi_j^n = p_j^n X_j^n - \sum_m x_j^{mn} c_j^m \tag{1}$$

$$\mathrm{s.t.}\quad \beta^{0n} \prod_m (x_j^{mn})^{\beta^{mn}} = X_j^n \tag{2}$$

ここで X_j^n はゾーン j における産業業種 n の均衡時総生産量、p_j^n は生産ゾーン j における産業業種 n の生産物生産価格、x_j^{mn} は生産ゾーン j の産業業種 n の入荷物 m に対する需要量、c_j^m はゾーン j における産業業種 m の生産した生産物の平均購入価格、β^{0n}, β^{mn} は生産関数の特定化パラメータである。この最適化問題を解くことにより、投入要素 m の最適需要量（≡入荷量）x_j^{mn} は以下のように表される。

$$x_j^{mn} = \beta^{mn}\cdot(p_j^n / c_j^m)\cdot X_j^n \tag{3}$$

②　投入係数

ゾーン j における産業業種 n が1単位だけ生産をするときの産業業種 m の投入係数 a_j^{mn} は

$$a_j^{mn} = x_j^{mn} / X_j^n \tag{4}$$

である。この値をチェネリー＝モーゼス型地域間産業連関表でいう地域投入係数と考える。

③　販売価格、および一般化販売価格

i ゾーンにある m 産業業種によって生産される生産物の入荷ゾーン j における販売価格 c_{ij}^m は、生産ゾーン i での生産価格 p_i^m と ij 間の輸送費 s_{ij}^m との和

$$c_{ij}^m = p_i^m + s_{ij}^m \tag{5}$$

で表される。また、m の非価格的要素 u_{ij}^m、たとえば輸送時間などを含む一般化販売価格 $\bar{c}_{ij}^m$ は、

$$\bar{c}_{ij}^m = c_{ij}^m + \omega_m u_{ij}^m = p_i^m + s_{ij}^m + \omega_m u_{ij}^m \tag{6}$$

で表される。ここで ω_m は時間価値のような価格換算パラメータである。

④　地域間交易係数

ゾーン j で入荷される産業業種 m の生産物全体の中で、i ゾーンから入荷した部分 x_{ij}^m の比率 t_{ij}^m は、m の ij 間の一般化販売価格 $\bar{c}_{ij}^m$、および出荷ゾーン i に固有のポテンシャル、たとえば選択肢集約化法によりゾーン単位にサブゾーンなどの入荷先選択肢を集計化したことによって得られるゾーンポテンシャル W_i^m などを効用関数の変数とする以下のロジットモデルで表すことができよう。

$$t_{ij}^m = \mathrm{Prob}[x_{ij}^m] = \frac{(W_i^m)^{\delta_m} \exp\{-\lambda_m \bar{c}_{ij}^m\}}{\sum_i (W_i^m)^{\delta_m} \exp\{-\lambda_m \bar{c}_{ij}^m\}} \tag{7}$$

この t_{ij}^m はチェネリー＝モーゼス型地域間産業連関表でいう地域間交易係数と考えることができる。

⑤　平均購入価格

入荷ゾーン j における m の平均購入価格 c_j^m は、地域間交易係数 t_{ij}^m を確率とする販売価格 c_{ij}^m の期待値

$$c_j^m = \sum_i \{\mathrm{Prob}[x_{ij}^m]\cdot c_{ij}^m\} = \sum_i \{t_{ij}^m \cdot c_{ij}^m\} \tag{8}$$

で表される。

⑥　総出荷量

入荷ゾーン j 別の産業業種 m の生産物に対する最終需要 Y_j^m で構成される列ベクトル $Y_j=(Y_j^1, Y_j^2, \cdots, Y_j^m,$

$\cdots, Y_J^M)^t$ をｊ行目にもつ入荷ゾーン別産業業種別最終需要列ベクトルを $Y^*=(Y_1, Y_2, \cdots, Y_j, \cdots, Y_J)^t$ とする。ここで、$X_i=(X_i^1, X_i^2, \cdots, X_i^m, \cdots, X_i^M)^t$ としたとき、発ゾーン別発産業業種別総出荷量列ベクトル $X=(X_1, X_2, \cdots, X_i, \cdots, X_I)^t$ は、

$$X=[I-T^*A^*]^{-1}T^*Y^* \tag{9}$$

により求めることができる。A^* は(4)に示す$\{a_j^{mn}\}$で構成される行列 A_j をｊ番目対角ブロックに持つ以下のような入荷ゾーンｊにおける地域投入係数行列である。一方、T^* は、式(4)に示す$\{t_{ij}^m\}$を対角要素に持つ行列 T_{ij} を(i,j) 要素ブロックに持つ以下のような地域間交易係数行列である。

$$A^*=\begin{bmatrix} A_1 & & & & 0 \\ & \ddots & & & \\ & & A_j & & \\ & & & \ddots & \\ 0 & & & & A_J \end{bmatrix}, \quad T^*=\begin{bmatrix} T_{11} & \cdots & \cdots & T_{1J} \\ \vdots & & & \vdots \\ \vdots & & T_{ij} & \vdots \\ \vdots & & & \vdots \\ T_{I1} & \cdots & \cdots & T_{IJ} \end{bmatrix}$$

⑦ Profits

式(9)から得られるゾーンｉにおける産業業種mの生産物の必要とされる総出荷量 X_i^m が、ｉゾーンにおけるm産業業種の生産能力による最大出荷量制約 K_i^m と比較して大きい場合には、供給不足による Profits r_i^m が発生する。このときの財mの生産価格 p_i^m は、生産コスト d_i^m と Profits r_i^m の和

$$p_i^m=d_i^m+r_i^m=\sum(x_i^{lm}\cdot c_i^l)/X_i^m+r_i^m \tag{10}$$

で決定される。ここで r_i^m は $X_i^m \geqq K_i^m$ なら $r_i^m>0$、$X_i^m<K_i^m$ なら $r_i^m=0$ なる値をとる。しかし、ここでは簡単のために r_i^m を $r_i^m=r[X_i^m/K_i^m]$ のような連続関数で与えることができると仮定すると、式(10)より、

$$p_i^m - \sum(x_i^{lm}\cdot c_i^l)/X_i^m = r[X_i^m/K_i^m] \tag{11}$$

となる。左辺の値は現況データより得ることができることから、Profits 関数は回帰分析により推定できる。

⑧ 地域間産業業種間貨物流動量

式(4)と(7)より、ij地域間のmn産業業種間貨物移動量 x_{ij}^{mn} は

$$x_{ij}^{mn} = a_j^{mn}\cdot X_j^n\cdot t_{ij}^m \tag{12}$$

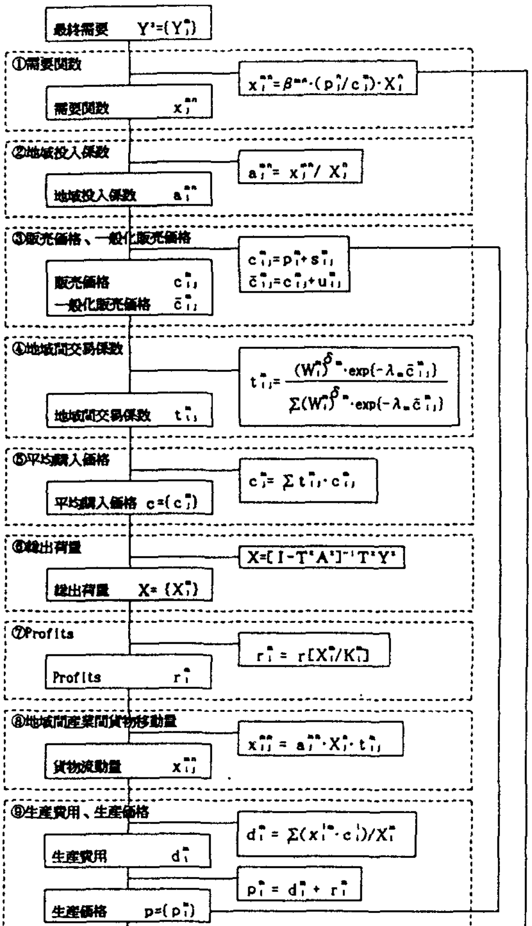
で与えられる。

4．均衡解の求め方

式(1)から(8)では生産物生産価格 p_i^m を与件として定式化を行っているが、本来、p_i^m は総出荷量 X_i^m との均衡解として得られるものである。そのためには、③～⑦の反復計算の中で p_i^m と X_i^m の仮の均衡解を求め、これらのもとで①～⑦を繰り返すことによって真の均衡解を計算すればよい。これに対して、③～⑦までは X_i^m を固定しておき、p_i^m の均衡解だけを求める方法としては、k回目の反復計算から得られた $X_i^{m(k)}$ に対して、

$$p_i^{m(k)}-\{\sum[x_i^{lm(k)}\cdot\sum\{Prob[x_{ri}^{m(k)}] \cdot(p_r^{m(k)}+s_{ri}^m)\}]\}/X_i^{m(k)}=r[X_i^{m(k)}/K_i^m] \tag{13}$$

なる $p_i^{m(k)}$ ($m=1,\cdots,M$、$i=1,\cdots,I$) を変数とする I×M元線形連立方程式を解くか、あるいは式(11)と(8)を $p_i^{m(k)}$ が収束するまで交互に解くという簡易的な方法が有効である。以上の手続きを①～⑦の収束計算を行う中で毎回、実行することによって生産物生産価格 p_i^m と総出荷量 X_i^m の均衡解を得ることができる。



図－１　モデルの構造

1)溝上：産業連関と一般均衡分析のフレームを用いた地域間産業業種間貨物流動モデル,ARSC,1991. 2)A.G.Wilson etc.:Optimization in Locational and Transport Analysis, Jhon Wiley & Sons,1981. 3)Marcial Echenique & Partners Ltd.:MEPLAN Users Manual,1986.