土木学会第47回年次学術講演会（平成４年９月）

Ⅳ－154　産業連関と一般均衡の分析フレームを用いた物流需要予測モデル

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による物資の産業間の空間的移動である。その予測にはパーソントリップ需要予測手法の準用ではなく、この物流の発生機構を明示的に表現しうるフレームに基づいた手法の開発が望まれる。本研究は、①各産業の最適生産・消費活動による物資の産業間の空間的移動を明示的に表す、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、という視点から新たな物流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

地域間産業連関分析フレームの中で、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生産量の空間的な均衡解を求める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モデルであるが、その中で超過需要が発生したの場合の Profits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[2)]。この生産価格の変化により、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と同時に、地域間交易係数も変化する。これによって、外生的に与える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。

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：x_j^{mn}

ｊゾーンのｎ産業業種のｍに対する入荷量は、生産のための投入要素の需要量である。各産業業種は所与の生産物生産価格 $\mathbf{p}=\{p_j^n\}$ と投入要素価格 $\mathbf{c}=\{c_j^m\}$ のもとで、総生産量 $\mathbf{X}=\{X_j^n\}$ を出荷するという条件下での利潤最大となる投入要素の最適入荷量 $\mathbf{x}=\{x_j^{mn}\}$ を決定する。Cobb-Douglas型生産関数と線形費用関数を仮定したとき、この行動は以下の最適化問題で与えられる。

$$\max_{\mathbf{x}} : \pi_j^n = p_j^n X_j^n - \sum_m x_j^{mn} c_j^m \tag{1}$$

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

ここで β^{0n}, β^{mn} は生産関数の特定化パラメータである。この最適化問題の解である投入要素ｍの最適需要量（≡入荷量）x_j^{mn} は次式で与えられる。

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

② 投入係数：a_j^{mn}

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、一般化販売価格：$c_{ij}^m, \bar{c}_{ij}^m$

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 は時間価値である。

④ 地域間交易係数：t_{ij}^m

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 を、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ロジットモデルで表す。

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

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である。

⑤ 平均購入価格：c_j^m

入荷ゾーンｊにおけるｍの平均購入価格 c_j^m は、t_{ij}^m をその確率とする販売価格 c_{ij}^m の期待値で表される。

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

⑥ 総出荷量：$\mathbf{X}$

ゾーンｊ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 $\mathbf{Y}_j=(Y_j^1, Y_j^2, \cdots, Y_j^m, \cdots, Y_J^M)^t$ をｊ行目にもつゾーン別産業業種別最終需要ベクトルを $\mathbf{Y}^*=(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2, \cdots, \mathbf{Y}_j, \cdots, \mathbf{Y}_J)^t$ とする。$\mathbf{X}_i=(X_i^1, X_i^2, \cdots, X_i^m, \cdots, X_i^M)^t$ のとき、発ゾーン別発産業業種別総出荷量ベクトル $\mathbf{X}=(\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \cdots, \mathbf{X}_i, \cdots, \mathbf{X}_I)^t$ は、

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

により求めることができる。$\mathbf{A}^*$ は式(４)の $\{a_j^{mn}\}$ で構

成される行列A_jをj番目対角ブロックに持つ入荷ゾーンjにおける地域投入係数行列である。T^*は式(7)の$\{t^m_{ij}\}$を対角要素に持つ行列T_{ij}を(i,j)要素ブロックに持つ地域間交易係数行列である。

⑦ Profits：r^m_i

ゾーンi産業業種mの生産物の総出荷量X^m_iがiゾーンm産業業種の最大出荷容量K^m_iと比較して大きい場合には、供給不足による Profits r^m_iが発生し、生産物mの生産価格p^m_iは、生産コストd^m_iとr^m_iの和

$$p^m_i = d^m_i + r^m_i = \sum_l (x^{lm}_i \cdot c^l_i)/X^m_i + r^m_i \qquad (10)$$

で決まる。r^m_iは$X^m_i \geqq K^m_i$なら$r^m_i>0$、$X^m_i<K^m_i$なら$r^m_i=0$なる値をとる。ここでは簡単のためにr^m_iを$r^m_i=r[X^m_i/K^m_i]$のような連続関数で与えると、

$$p^m_i - \sum_l (x^{lm}_i \cdot c^l_i)/X^m_i = r[X^m_i/K^m_i] \qquad (11)$$

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：x^{mn}_{ij}

ij地域間mn産業業種間貨物移動量x^{mn}_{ij}は以下となる。

$$x^{mn}_{ij} = a^{mn}_j \cdot X^n_j \cdot t^m_{ij} \qquad (12)$$

4．均衡解の求め方

式(1)から(8)では生産物生産価格p^m_iを与件として定式化を行っているが、本来、p^m_iは総出荷量X^m_i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^m_iとX^m_i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までを、k回目の反復計算から得られた$X^{m(k)}_i$に対して、

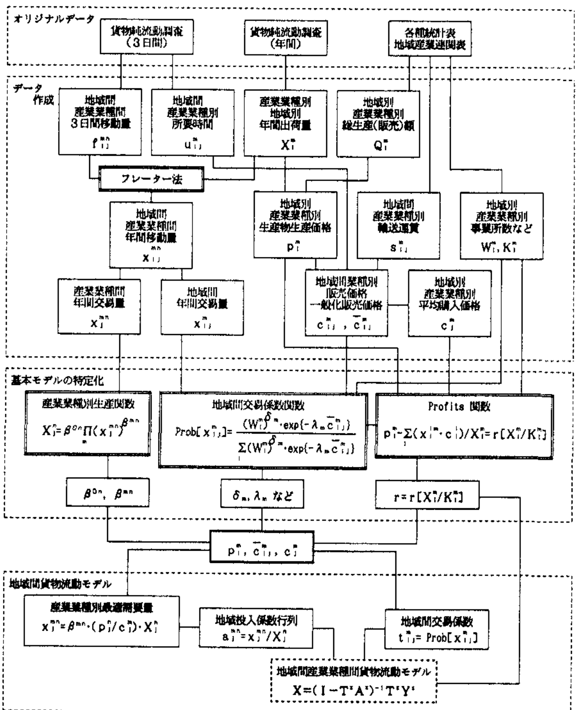
$$p^{m(k)}_i - \{\sum_l [x^{lm(k)}_i \cdot \sum_r \{Prob[x^{m(k)}_{ri}] \cdot (p^{m(k)}_r + s^m_{ri})\}]\}/X^{m(k)}_i = r[X^{m(k)}_i/K^m_i] \qquad (13)$$

なる$p^{m(k)}_i$（m=1,…,M、i=1,…,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$p^{m(k)}_i$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^m_iと総出荷量X^m_iの均衡解を得ることができる。

5．データの収集と作成

推定しておくべきモデルは、(a)地域間交易係数モデル、(b)Profits 関数、(c)Cobb-Douglas型生産関数であり、データとしては①地域間産業業種間貨物移動量x^{mn}_{ij}、②地域別産業業種別生産価格p^m_i、③地域間産業業種別輸送運賃s^m_{ij}と輸送時間u^m_{ij}、④地域別産業業種別ポテンシャル指標W^m_i、⑤地域別産業業種別供給容量K^m_iが必要である。また、適用性の検証のために、⑥最終需要Y^*を設定しておく必要がある。

全国レベルの地域間産業業種間貨物流動を調査したものとしては全国貨物純流動調査がある。基本的にはx^{mn}_{ij}には3日間移動量を年間移動量に変換したものを用いるが、①農業などの生産物の出荷量の季節変動が大きい産業業種では3日間調査が行われていない、②着側のゾーンと産業業種に関する年間データが不明など、地域間産業連関の分析フレームを用いるのにいつかのデータ上の不備がある。そのため、図－1に示すようなフローでモデル推定用データを作成した。ゾーン区分は欠損データの補完に用いる地域産業連関表に対応させた全国10ゾーン（東京と神奈川は関東から分離）、産業業種は中間需要業種として農業、林業、鉱業、製造業19、卸売業12、小売業、倉庫業の計36業種である。最終需要業種は卸売、小売り、倉庫業を除く3次産業と、仮想的に設定した家計の2つである。連関表の枠組みは、純流動調査データの制約上、家計は小売りからのみ入荷し、小売りは小売りと家計のみ出荷する構造にした競争型オープンモデルである。詳細については講演時に述べる。



図－1 データベースの作成と基本モデルの推定フロー

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)Marcial Echenique & Partners Ltd.: MEPLAN Users Manual,1986.