

コモディティ・フローの経済分析

コモディティ・フローは地域間の財の流れで r 地域から s 地域への i 財の流動を X_i^{rs} とすれば行列 $X_i = (X_i^{rs})$, $i = 1, \dots, N$ で与えられる。しかしそれは表面的な情報であって、フローを生み出す要因である地域内での経済活動および地域間の相互関係を考慮しなければオペレーショナルな分析は不可能であろう。地域 r, s 間のフロー X_i^{rs} はOD表として、 s 地域における消費・投資など最終的に需要される部分と、 s 地域の他財の生産原料として中間需要される部分とにわかれる。経済全体として各財の生産水準が最終需要によって決定されれば、地域内および地域間の経済関係を通して、地域間のある財のフローは各地域の各最終需要項目によって誘発される。そこで、

- (1) どの最終需要項目によってどれだけ誘発されるか
- (2) どの地域によってどれだけ誘発されるか

という2点から、産業連関分析の方法を用いてコモディティ・フローの特性をみよう。

1. コモディティ・フローの最終需要項目別流動依存度

i 財の r 地域を中心とした移出, 移入をそれぞれ $X_i^{r\cdot} = \sum_{s=1}^R X_i^{rs}$, $X_i^{\cdot r} = \sum_{s=1}^R X_i^{sr}$, $i = 1, \dots, N$ と定義する。(地域の数 R とす

る) そこで日本の県別の移出・移入を「地域貨物流動調査」(運輸省)によって昭和35年から50年について調べてみよう。(注1) 上記統計は32財について県間のフロー表としてトン単位で計上されている。図1は青森と岩手の移出・移入を財合計について時系列で追ったグラフである。各県の時系列パターンはさまざまであるが、大ざっぱに言って青森のように比較的変動の少ないI型、岩手のように昭和45年以後に大きな変動のみられるII型とその他の型に分類される。また移出・移入によってI型・II型にわかれる県もある。その要因と

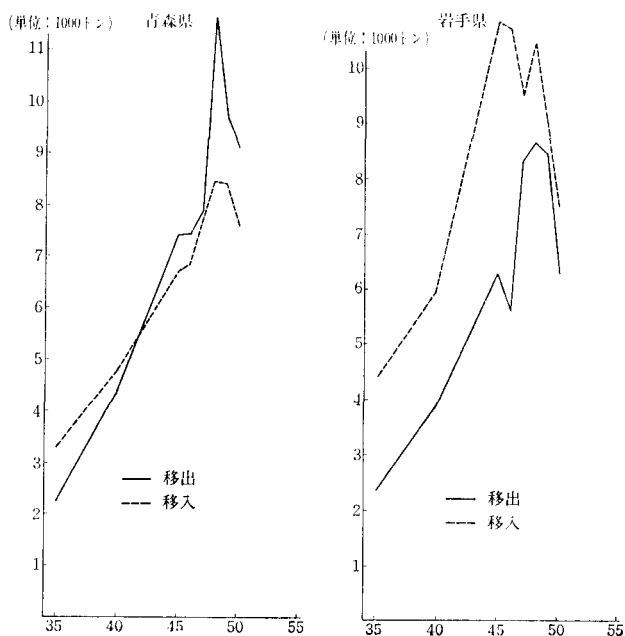


図 1

して I 型の地域の移出・移入を構成する財が景気などにあまり大きく影響を受けない消費活動によって生産誘発される財を中心としていて、II 型の地域については景気に大きく左右される投資活動によって生産誘発される財を中心としていることが考えられる。このことを簡単な方法で分析してみよう。

財が 2 つしかない場合、もし第 1 財が消費活動のみによって生産誘発される財で第 2 財が投資活動のみによって生産誘発される財であるとすれば、地域 r, s 間の総流動 X^{rs} は消費活動による部分 X_1^{rs} と投資活動による部分 X_2^{rs} によって $X^{rs} = X_1^{rs} + X_2^{rs}$ と分解されていることになる。そこで $\alpha_i^{rs} = X_i^{rs} / X^{rs}$ とすれば、たとえば α_1^{rs} は地域 r, s 間の総流動の消費に対する依存度を表わしており同時に弾性値となっている。ところで一般に財は多目的財であって単一の財が最終需要としての消費・投資・輸出に向けられるばかりでなく他財の原料として中間需要される。そこで地域間の総流動を誘発要因としての最終需要項目に分解するために産業連関分析の最終需要項目別生産誘発依存度を用いよう。生産誘発依存度はある財の総生産額が各最終需要項目によってどれだけ支えられているかを示すものでつぎのように定義される。産業連関表における需給バランス式は、

x_{ij} : i 財部門から j 財部門への投入額

x_i : i 財の国内総生産額

a_{ij} : 投入係数で j 財 1 単位生産するのに必要な i 財で $a_{ij} = X_{ij} / X_j$

f_i^j : i 財に対する第 j 項目最終需要で輸入によって賄われる分を除いた額

$j = 1, \dots, k$

$$A = (a_{ij}), \quad \mathbf{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_N \end{pmatrix}, \quad \mathbf{f}^j = \begin{pmatrix} f_1^j \\ \vdots \\ f_N^j \end{pmatrix}$$

として $A\mathbf{x} + \sum_{j=1}^k \mathbf{f}^j = \mathbf{x}$ となり、

$$\mathbf{x} = (I - A)^{-1} \sum_{j=1}^k \mathbf{f}^j$$

となって各財の生産水準は最終需要によって決定される。したがってその生産水準が家計消費・民間固定資本形成などの最終需要項目にどれだけ支えられているかがわかれば各最終需要項目の変動による生産水準への影響がわかる。

$$\mathbf{g}^j = (I - A)^{-1} \mathbf{f}^j, \quad j = 1, \dots, k$$

とすれば \mathbf{g}^j は第 j 最終需要項目による生産誘発額ベクトルで $\sum_{j=1}^k \mathbf{g}^j = \mathbf{x}$ である。 $\mathbf{g}^j = (g_1^j, \dots, g_N^j)$

として ($'$ は転置を表わす)、

$$h_i^j = \mathbf{g}^j / x_i, \quad i = 1, \dots, N, \quad j = 1, \dots, k$$

とすれば h_i^j は i 財の総生産額のうち第 j 最終需要に依存する割合を示しており生産誘発依存度という。

そこでコモディティ・フローの分析にもどろう。地域 r から地域 s への i 財のフローのうち経済全体としてのある最終需要項目によって誘発されるフローの割合は地域 r, s によって異なり、本来は上の産業連関分析を多地域に拡張した地域間産業連関分析にもとづいて考えなければならない。しかし第一次接近としてそれが経済全体としての生産誘発依存度 h_i^j に等しいと仮定して分析を進めることはまったく無意味ではなからう。そこで i 財のフロー行列を $X_i = (X_i^{rs})$, $X = \sum_{i=1}^N X_i$ として、

$$\begin{aligned} X &= \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k h_i^j X_i \\ &= \sum_{j=1}^k \left(\sum_{i=1}^N h_i^j X_i \right) \\ &= \sum_{j=1}^k Y_j \end{aligned}$$

と k 個の最終需要項目によって誘発されるフロー行列 Y_1, \dots, Y_k によって分解される。 $Y_j = (Y_j^{rs})$ として、

$$\alpha_j^{rs} = Y_j^{rs} / X^{rs}, \quad j = 1, \dots, k$$

とすれば $\sum_{j=1}^k \alpha_j^{rs} = 1$ であり、 α_j^{rs} は r, s 間の総フ

ローのうち第 j 最終需要項目によって誘発されるフローの割合で最終需要項目別流動依存度とよぶ。したがって地域 r, s 間のフローはベクトル $\alpha^{rs} = (\alpha_1^{rs}, \dots, \alpha_n^{rs})$ で特性づけられる。たとえば家計消費に対する流動依存度が高ければそのフローは家計消費依存型などとよぶことができよう。また α_j^{rs} は弾性値でもあり、経済全体としてたとえば10%投資が増加すれば $10 \times \alpha_j^{rs} \%$ (I は投資に対応するとして) 地域 r, s 間のフローは増加する。

つぎに実際の分析結果について若干述べる。昭和45年産業連関表を「貨物地域流動調査」の32財およびその他に部門統合を行ない、最終需要項目を8つとして流動依存度を計算した。(注2) またモデルは競争輸入 $(I - (I - \hat{M})A)^{-1}$ 型を用いた。たとえば青森、岩手の場合は表1の通りであり、移出・移入について青森は相対的に家計消費依存型で、岩手は民間固定資本形成依存型であると言える。このことは両県の県民所得に占める第1次産業、第2次産業の割合からも類推される。他の県については表2にまとめられている。

つぎに昭和40年から45年にかけて各県の移出・移入の流動依存度がどう変化したかを、接続産業連関表を用いて昭和45年価格評価で分析した。結果から読みとれる事実を若干指摘すると、全体的な傾向として家計消費依存度の減少と固定資本形成依存度の増加がみられる。たとえば宮城県の移出は、家計消費依存度が0.55から0.40に減少したのに対して民間固定資本形成依存度は0.15から0.27に増加している。逆に秋田、山形、京都などは移出・移入共に家計消費依存度が増加している。

表 1

	移出	移入	
青森県	家計消費支出	0.43	0.43
	民間固定資本形成	0.28	0.27
岩手県	家計消費支出	0.27	0.29
	民間固定資本形成	0.36	0.34

以上述べた分析では、各財についての流動依存度を全国産業連関表の生産誘発依存度で置き換えて地域間で共通であるとしたが、地域間産業連関表を用いればその地域間の各財のフローの最終需要項目別流動依存度(弾性値)が求められることは言うまでもない。地域間産業連関表では地域間の財の投入がそのまま、OD表としてのコモディティ・フローとなっている。そこでつぎにこれを用いてフローの地域依存度を定義しよう。

2. コモディティ・フローの地域流動依存度

2地域間のコモディティ・フローは直接的にはその2地域の生産活動および最終需要に起因するが、すべての地域における生産技術構造、地域間の交易パターン所与という静学的な分析の立場をとって考えてみれば、地域間波及効果を通してあらゆる地域の最終需要に影響されている。そこで特定地域間のフローがある地域によってどれだけ誘発されるかを見るために、Moses型の地域産業連関分析の方法を用いてコモディティ・フローの地域流動依存度を定義しよう。

第1の仮定は地域内の生産技術構造に関するもので、 r 地域 ($r=1, \dots, R$) の投入係数 a_{ij}^r ($i, j=1, \dots, N$) はつぎのように定義される。

$$a_{ij}^r = x_{ij}^r / x_j^{r0}$$

x_{ij}^r : r 地域の i 部門から r 地域の j

表 2

家計消費依存度の高い県

移出	青森, 秋田, 愛知, 鳥取, 愛媛, 熊本
移入	青森, 秋田, 茨城, 長野, 愛媛, 熊本, 宮崎

民間固定資本形成依存度の高い県

移出	岩手, 福井, 山梨, 滋賀, 鳥根
移入	岩手, 石川, 福井, 山梨, 鳥根, 岡山, 広島, 福岡

輸出依存度の高い県

移出	神奈川, 愛知, 和歌山, 大阪, 兵庫, 広島
移入	神奈川, 愛知, 大阪, 兵庫, 広島, 山口

部門への投入

x_j^{r0} : r 地域の j 部門の生産額

需給バランス式は,

$$x_i^{0r} = \sum_{j=1}^N a_{ij}^r x_j^r + f_i^r$$

x_i^{0r} : r 地域の i 財の需要額

f_i^r : r 地域の i 財の最終需要額

行列表示のためつぎのように記号を定義する.

$$A^r = (a_{ij}^r), \quad A = \begin{pmatrix} A^1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & A^R \end{pmatrix}$$

$$x^{0r} = \begin{pmatrix} x_1^{0r} \\ \vdots \\ x_N^{0r} \end{pmatrix}, \quad x^0 = \begin{pmatrix} x^{01} \\ \vdots \\ x^{0R} \end{pmatrix}$$

$$x^{r0} = \begin{pmatrix} x_1^{r0} \\ \vdots \\ x_N^{r0} \end{pmatrix}, \quad x = \begin{pmatrix} x^{10} \\ \vdots \\ x^{R0} \end{pmatrix}$$

$$f^r = \begin{pmatrix} f_1^r \\ \vdots \\ f_N^r \end{pmatrix}, \quad f = \begin{pmatrix} f^1 \\ \vdots \\ f^R \end{pmatrix}$$

需給バランス式は,

$$x^{0r} = A^r x^{r0} + f^r$$

$$x^0 = A x + f \quad (1)$$

となる. 第2の仮定は交易パターンに関するもので, i 財の r 地域から s 地域への投入は s 地域の i 財の総需要額 (中間需要+最終需要) に比例するとし, その比例定数 t_i^{rs} を地域間交易係数とよぶ.

$$x_i^{rs} = t_i^{rs} x_i^{0s}$$

x_i^{rs} : i 財の r 地域から s 地域への投入額

そこで,

$$x^{rs} = \begin{pmatrix} x_1^{rs} \\ \vdots \\ x_N^{rs} \end{pmatrix}, \quad \hat{T}^{rs} = \begin{pmatrix} t_1^{rs} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & t_N^{rs} \end{pmatrix}$$

とすれば,

$$x^{rs} = \hat{T}^{rs} x^{0s}$$

でさらに,

$$T = \begin{pmatrix} \hat{T}^{11} & \dots & \hat{T}^{1R} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{T}^{R1} & \dots & \hat{T}^{RR} \end{pmatrix}$$

とすれば,

$$x = T x^0 \quad (2)$$

となる. これをバランス式(1)に代入して,

$$x = TAx + Tf$$

逆行列の存在を仮定すれば,

$$x = (I - TA)^{-1} Tf$$

となる. そこで地域 t の最終需要によって誘発される r 地域の生産額ベクトルを $x^{r0}(t)$ で表わすことにすれば,

$$x(t) = \begin{pmatrix} x^{10}(t) \\ \vdots \\ x^{R0}(t) \end{pmatrix}, \quad f(t) = \begin{pmatrix} \mathbf{0}_N \\ \vdots \\ f^t \\ \vdots \\ \mathbf{0}_N \end{pmatrix}$$

$\mathbf{0}_N$: 要素がすべて0の N 次列ベクトルとして,

$$x(t) = (I - TA)^{-1} T f(t)$$

また地域 t の最終需要によって誘発される地域 r の総需要ベクトルを $x^{0r}(t)$ で表わし,

$$x^0(t) = \begin{pmatrix} x^{01}(t) \\ \vdots \\ x^{0R}(t) \end{pmatrix}$$

とすれば, T^{-1} の存在を仮定して(2)より,

$$x^0(t) = T^{-1} x(t) \\ = T^{-1} (I - TA)^{-1} T f(t)$$

となる. そこで地域 t の最終需要によって誘発される r 地域から s 地域への財の投入ベクトルを $x^{rs}(t)$ で表わし, $x^{rs}(t) = (x_1^{rs}(t), \dots, x_N^{rs}(t))$ とすれば,

$$x^{rs} = \hat{T}^{rs} x^{0s}(t)$$

となる. したがって地域 r, s 間の価値のフローのうち t 地域の最終需要によって誘発される割合を t 地域流動依存度とよび $\mu^{rs}(t)$ で表わすことにすれば,

$$\mu^{rs}(t) = \sum_{i=1}^N x_i^{rs}(t) / \sum_{i=1}^N x_i^{rs}$$

となる. 重量ベースで定義すれば, i 財の単位重量当りの価格を P_i として,

$$\mu^{rs}(t) = \frac{\sum_{i=1}^N x_i^{rs}(t) / P_i}{\sum_{i=1}^N x_i^{rs} / P_i}$$

となる. とくに財別に定義すれば i 財について,

$$\mu_i^{rs}(t) = x_i^{rs}(t) / x_i^{rs}$$

であり当然のことながらモデルの線形性より、

$$\sum_{i=1}^R \mu_i^{rs}(t) = 1$$

等が成り立つ。 $\mu_i^{rs}(t)$ は地域 r, s 間のフローの t 地域の最終需要に対する弾性値でもある。また $r_n = (r_1, \dots, r_n)$ を添字集合 $N = (1, \dots, N)$ の部分集合として、

$$\sum_{i \in r_n} \sum_{s \in r_n} \mu_i^{rs}(t), \sum_{i \in r_n} \sum_{s \in r_n} \mu_i^{sr}(t)$$

がすべての $r \in r_n$ について n に近ければ r_1, \dots, r_n の n 地域は閉鎖的な経済ブロックを作っていると考えられる。また同様にして地域ブロックの特性を見る指標ともなる。

3. 交易パターンと輸送コスト

交易係数 t_i^{rs} で表わされる交易パターンは、行列 A で表わされる生産技術構造が長期的に変化するのに対して、短期的に変化していく。それは同一財の供給地域がいくつかありそれが代替関係にある場合、各地域の経済主体が供給地域からの財の投入価格に上乗せされる輸送コストを最小にするような選択行動をとることによって実現されていくと考えるのが自然であろう。したがって経済全体としては、 i 財を r 地域から s 地域へ輸送するのに必要な単位当りの費用を c_i^{rs} とすれば総輸送費用、

$$c = \sum_{r=1}^R \sum_{s=1}^R \sum_{i=1}^N c_i^{rs} x_i^{rs}$$

が生産額ベクトル x に相対して小さくなるように交易パターンが変化するのである。ところでこの問題に地域間産業連関分析を適用するには困難が生じる。というのは産業連関表では輸送部門が内生化されており、また特定の2地域間の輸送活動をどの地域(多地域の場合もあり得る)の輸送部門からの投入かを示す多大な情報を必要とするし、そのような構造が分析上安定なものとは言い難い。そこでもっとも簡単な場合として、前節のモデルから輸送部門をまったく取りはずして考えよう。表記法は同じとして、基準時点の生産額ベ

クトル、投入係数行列、交易係数行列等を $x[0]$, $A[0]$, $T[0]$...、比較時点については $x[1]$, $A[1]$, $T[1]$...と基準時点と比較時点を $\cdot[1]$, $\cdot[2]$ で区別する。また単位輸送費用は変化せず c_i^{rs} であるとする。短期的には生産技術構造の変化がない、すなわち $A[0] = A[1] = A$ と仮定すれば、(1)式に対応する需給バランス式は、

$$x[0] = T[0] A x[0] + T[0] f[0]$$

$$x[1] = T[1] A x[1] + T[1] f[1]$$

であり、比較時点での総輸送費用は、

$$c = \sum_r \sum_s \sum_i c_i^{rs} x_i^{rs} [1]$$

である。そこでもし比較時点でも交易パターンが変化していないとすれば総輸送費用 c' は、

$$x = (I - T[0] A)^{-1} T[0] f[1]$$

$$x^0 = T[0]^{-1} x$$

$$x^0 = \begin{pmatrix} x^{01} \\ \vdots \\ x^{0R} \end{pmatrix}$$

$$x^{rs} = \hat{T}^{rs} [0] x^{0s}$$

$$x^{rs'} = (x_1^{rs}, \dots, x_N^{rs})$$

として、 $c' = \sum_r \sum_s \sum_i c_i^{rs} x_i^{rs}$

となる。したがって最適化の方向に交易パターンが変化したとすれば $c < c'$ でなければならない。この種の分析のためには、より少ない情報量で分析できるという点でグラヴィティ・モデルを取り入れた Leontief-Strout 型のモデルのほうが良いと思われるがここでは触れない。

4. コモディティ・フロー分析上の集計化問題

コモディティ・フローはフロー行列 $X_i = (X_i^{rs})$ で表わされるが、1節の場合のように県間のフローを見ようとすれば 47×47 の行列を眺めなければならない。これは分析上多大な労力を要求するばかりではなく大きな問題を生じる。というのはフローのパターンは地域区分に依存しており、区分が必要以上に細かければ不安定なものとなるのは直観的に明らかであろう。また県という区分はあくまでも行政上のものであって経済分析での地域概念とは異なるため、行政区別のデータによる

分析はたとえモデルが正しくてもあてはまりを悪くする。また特性の似通った県をわけることは無意味であろう。そこで小地域 (sub region) をいくつか集計して新しい地域 (region) のフロー表を再構成することが分析を効率的なものとするうえで必要となってくる。一般的な問題提起として、

- (1) 似通ったフロー・パターンを示す小地域を見つける基準はどのように与えられるか。
- (2) フロー行列は地域間の相互関係についての情報を与えるが、いくつかの小地域集計を行なって新しいフロー行列を作った場合、情報の損失があると考えられる。そこでそのような情報を測る尺度がうまく定義できるか。

このような問題に対して一つの示唆を与えるのが Theil の情報理論的なアプローチである。フロー

行列の要素を X_i^{rs} , $X_i^{r\cdot} = \sum_{s=1}^R X_i^{rs}$, $X_i^{\cdot s} = \sum_{r=1}^R X_i^{rs}$, $X_i^{\cdot\cdot} = \sum_{r=1}^R \sum_{s=1}^R X_i^{rs}$ としてそれぞれを $X_i^{\cdot\cdot}$ で

わったものを P_i^{rs} , $P_i^{r\cdot}$, $P_i^{\cdot s}$ とおけば、これを 2 次元離散確率変数の分布とみなすことができる。もし、 $P_i^{rs} = P_i^{r\cdot} P_i^{\cdot s}$ が近似的にも成立していれば独立性の概念から r 地域から s 地域への i 財のフローは特異性をもたないと解釈される。そこで、 $\gamma_i^{rs} = \log \frac{P_i^{rs}}{P_i^{r\cdot} P_i^{\cdot s}}$ として、地域 r, s の i 財のフローが他の地域に対して似通っているかを見る 1 つの指標として直観的には、

$\varepsilon_i^{rs} = \frac{1}{n-2} \sum_{\substack{t \neq r \\ t \neq s}} \frac{1}{2} (\text{sgn}(\gamma_i^{rt} \gamma_i^{ts}) + 1)$ などが考

えられる。この場合 $0 \leq \varepsilon_i^{rs} \leq 1$ であり ε_i^{rs} , ε_i^{sr} がともに 1 に近いことが 1 つの基準を与えるであろう。しかし上のような方法は各財個別について見ているにしか過ぎず、財間の関係を考慮する必要がある。ここでは問題提起だけにとどめたい。

以上コモディティ・フローの特性について断片的に述べたが、それは最終需要を外生的に与え、生産技術構造・交易パターンを所与とする静学的な分析である。動学的なコモディティ・フローの

分析を行なうには、たとえば外生変数を内生化した多地域多部門マクロ計量モデルが考えられる。しかし実際の分析に必要な統計が不足しており、その方面の整備が望まれる次第である。

最後に第 1 節の分析に際して援助して下さった国土庁に深く感謝いたします。

(注 1) 同調査は昭和 35, 40, 45, 46, …, 50 年について表章されている。

(注 2) 正確にはコモディティ・ベースの連関表を用いなければならない。

参 考 文 献

- [1] Carter, A. P. and bródy, A. eds., Contributions to Input-Output Analysis, North-Holland, Amsterdam, 1970
- [2] Isard, W., "Interregional and Regional Input-Output Analysis", *The Review of Economics and Statistics*, Vol.33, No.4, 1951
- [3] _____, Methods of Regional Analysis: An Introduction to Regional Science, MIT Press, Cambridge, 1960
- [4] Leontief, W. and Strout, A., "Multiregional Input-Output Analysis", in W. Leontief ed., Input-Output Economics, Oxford University Press, New York, 1966
- [5] Moses, L.N., "The Stability of Interregional Trading Patterns and Input-Output Analysis", *The American Economic Review*, Vol.45, No.5, 1955
- [6] _____, "A General Equilibrium Model of Production, Interregional Trade and Location of Industry", *The Review of Economics and Statistics*, Vol.42, No.4, 1960
- [7] Paelinck, J. H. and Nijkamp, P., Operational Theory and Methods in Regional Economics, Saxon House, London, 1976
- [8] Theil, H., Economics and Information Theory, North-Holland, Amsterdam, 1967

あらい・くろたけ 1951年生
東京大学経済学部