

投稿論文(和文)
PAPER

地域間SNA型物流予測モデルの開発

稲村 肇*・須田 焜**

本研究で提案するモデルは地域内産業連関表、全国ベースのSNA行列および全国貨物純流動調査を結合したSNA型物流産業連関モデルである。本論では特に、物流データに基づく推計と産業ベースのデータに基づく推計の相違および、その解決方法に関して多くの議論がなされる。本モデルは産業別生産額を産業別商品別生産額に変換することにより、従来のモデルと比較して推計誤差を大幅に減少させることができる。

Keywords : freight transportation forecasting, rectangular multiregional I-O model, interregional freight flow

1. 本研究の背景と目的

地域間の貨物流動を予測するには2つの方法がある。第一は地域の将来の経済フレームを所与とし、回帰モデル等で発生集中貨物量を推計し、それを過去の物流パターンで配分する方法である。この方法は従来から広く行われてきた方法であり報告例は多い。物流パターンでの配分法に関してはさまざまな方法（現在パターン法、グラビティーモデル¹⁾、エントロピー法）が提案されている。

第二は地域間産業連関表を将来の経済フレームを用いて更新し、それを物量単位に換算する方法である。これの代表的なものに鹿島らの方法がある²⁾。これは全国産業連関表を基礎とし、全国幹線貨物純流動調査（以下では、単に純流動調査と呼ぶ）データから重量換算率等を求め、物流産業連関表を作っている。

これら2つのアプローチによるモデルはきわめて実用的であり、また妥当な結果も得られている。しかし、双方には共通した2つの問題点がある。すなわち、将来予測のために与えられる経済フレームは産業別の金額をベースとして与えられるのに対し、求めようとする貨物は品目別の重量を単位とする。したがって、整合性が取れないため貨物発生量原単位あるいは重量換算率の作成が困難である。第二は、地域別産業連関表の産業部門は著しく集約化されたものであるため、一つの産業部門から多種の貨物が発生することになる点である。これは一般にプロダクトミックスの問題といわれている。すなわちこれらの2つの問題は産業部門別生産額を直接に貨物の品目別重量に換算しなければならない点に問題の焦点があるといえる。

ところで、1953年に国連から発表されたSNA（国民経済計算）は1968年に大幅に改訂され新SNAと呼ばれて、全世界に急速に普及している。SNA自体はフローとストックを含めた膨大な国民経済計算の体系であるが、そのうち、1年間の産業の活動、家計、政府の活動を表示したものが新SNA産業連関表と呼ばれている。このSNA産業連関表の最大の特徴は商品の分類が産業部門とは独立に扱える点である。したがって、産業活動から商品生産額が推計され、さらに商品生産額から商品別重量へと変換されることにより、より誤差を小さくできると期待される。

本研究では、上記の額量換算の問題、プロダクトミックスの問題を同時に解決すべく、新SNA型の地域間物流予測モデルを提案することを目的とする。

2. 本研究の基本的考え方

予測モデルは実際に利用可能なデータに基づかなくてはならない。ここでいうデータとは、運輸省が5年ごとに実施している純流動調査および、通産省が5年ごとに作成している全国9地域産業連関表を意味する。純流動調査は標本抽出率等に若干の問題はあるものの、産業別、商品別の地域間流動をとらえている唯一の統計データであり、これは新SNA形式でいえば完全情報データであるといえる。9地域産業連関表は競争移入型の地域内連関表である。したがって、地域内連関表は容易にチェネリー・モーゼス型の地域間産業連関表には変換できるが新SNA型の産業連関表にすることは容易ではない。

近年新SNAの理論研究は急速に進展している。オースターハーベン³⁾は地域間新SNA産業連関分析の理論構造式をデータの利用可能性の程度により、4種の構造モデルを提案している。本研究では純流動データを前提としているため、地域間新SNAの基本構造は彼の完全情報下での構造モデルの形式を利用している。オース

* 正会員 工博 東北大学助教授 工学部土木工学科
(〒980 仙台市青葉区荒巻字青葉)

** 正会員 工博 東北大学教授 工学部土木工学科

表-1 新 SNA 産業連関表とチェネリー・モーゼス型産業連関表の関係

	R 国					S 国					R国 最終需要	S国 最終需要	純輸出	總 需要
	商品1	商品2	商品3	産業1	産業2	商品1	商品2	商品3	産業1	産業2				
R 商品1				U ^{rr} {B ^{rr} }					U ^{ss} {B ^{ss} }		F ^{rr}	F ^{ss}	e ^r	q ^r
R 商品2				U ^{rr} {B ^{rr} }					U ^{ss} {B ^{ss} }		F ^{rr}	F ^{ss}	e ^r	q ^r
R 商品3				U ^{rr} {B ^{rr} }					U ^{ss} {B ^{ss} }		F ^{rr}	F ^{ss}	e ^r	q ^r
R 産業1	V ^{rr} {D ^{rr} }			[X ^{rr} {A ^{rr} }]		V ^{ss} {D ^{ss} }			[X ^{ss} {A ^{ss} }]		D ^{rr} F ^{rr} [=T ^{rr} F ^{rr}]	D ^{ss} F ^{ss} [=T ^{ss} F ^{ss}]	D ^r e ^s [=e ^r]	r ^g [=x ^r]
R 産業2	V ^{rr} {D ^{rr} }			[X ^{rr} {A ^{rr} }]		V ^{ss} {D ^{ss} }			[X ^{ss} {A ^{ss} }]		D ^{rr} F ^{rr} [=T ^{rr} F ^{rr}]	D ^{ss} F ^{ss} [=T ^{ss} F ^{ss}]	D ^r e ^s [=e ^r]	r ^g [=x ^r]
S 商品1				U ^{rr} {B ^{rr} }					U ^{ss} {B ^{ss} }		F ^{rr}	F ^{ss}	e ^r	q ^s
S 商品2				U ^{rr} {B ^{rr} }					U ^{ss} {B ^{ss} }		F ^{rr}	F ^{ss}	e ^r	q ^s
S 商品3				U ^{rr} {B ^{rr} }					U ^{ss} {B ^{ss} }		F ^{rr}	F ^{ss}	e ^r	q ^s
S 産業1	V ^{rr} {D ^{rr} }			D ^{rr} B ^{rr} g ^r [=T ^{rr} A ^{rr} x ^r]		V ^{ss} {D ^{ss} }			[X ^{ss} {A ^{ss} }]		D ^{rr} F ^{rr} [=T ^{rr} F ^{rr}]	D ^{ss} F ^{ss} [=T ^{ss} F ^{ss}]	D ^r e ^s [=e ^r]	r ^g [=x ^r]
S 産業2	V ^{rr} {D ^{rr} }			D ^{rr} B ^{rr} g ^r [=T ^{rr} A ^{rr} x ^r]		V ^{ss} {D ^{ss} }			[X ^{ss} {A ^{ss} }]		D ^{rr} F ^{rr} [=T ^{rr} F ^{rr}]	D ^{ss} F ^{ss} [=T ^{ss} F ^{ss}]	D ^r e ^s [=e ^r]	r ^g [=x ^r]
付加価値				y ^r					y ^s					
総供給	q ^r			g ^r [x ^r]		q ^s			g ^s [x ^s]					

ただし、[]内は地域間産業連関表を表示している。

ターハーベンの定式化は以下のとおり（なお以下では、一般的に利用されているマトリックス表示を使用するため、オスターハーベンの表示形式とは異なる）。

$$\left. \begin{aligned} U^{rs}i &= B^{rs}g^s \\ b_{jk}^{rs} &= u_{jk}^{rs}/g_k^s \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

$$\left. \begin{aligned} V^{rs}i &= D^{rs}q_j \\ d_{kj}^{rs} &= v_{kj}^{rs}/q_j^s \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

ただし、

- g_k^s = s 国 k 産業の生産額
- q_j^s = s 国 j 商品の供給額
- b_{jk}^{rs} = r 国 j 商品の s 国 k 産業への投入額
- d_{kj}^{rs} = r 国 k 産業の s 国 j 商品への産出額
- i = 単位ベクトル
- B^{rs} = r 国から s 国への商品別投入係数 ($m \times n$)
- D^{rs} = r 国から s 国への産業別産出係数 ($n \times m$)
- U^{rs} = r 国の商品別の s 国の産業への投入額 ($m \times n$)
- V^{rs} = r 国の産業別の s 国への商品の産出額 ($n \times m$)

式 (1), (2) より、一般の国内生産バランス式は以下のとおり。なおここでは産業技術仮定に基づく定式化のみを示している。

$$q = Ui + Fi + e \dots\dots\dots (3)$$

$$= Bg + Fi + e \dots\dots\dots (4)$$

$$= BDq + Fi + e \dots\dots\dots (5)$$

$$= (I - BD)^{-1}(Fi + e) \dots\dots\dots (6)$$

$$g = Dq \dots\dots\dots (7)$$

式 (4), (7) より

$$g = DBg + DF_i + D_e \dots\dots\dots (8)$$

ここで、DB を地域内と地域外とのシェア、すなわち交易係数のサブマトリックスに拡張し、2 地域のサブマトリックス表示をすれば、式 (8) は式 (9) で表される。

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} g^r \\ g^s \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} D^{rr} & B^{rr} & D^{rs} & B^{rs} \\ D^{sr} & B^{sr} & D^{ss} & B^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} g^r \\ g^s \end{bmatrix} \\ &+ \begin{bmatrix} D^{rr} & F^{rr} & D^{rs} & F^{rs} \\ D^{sr} & F^{sr} & D^{ss} & F^{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i \\ i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D_e^r & 0 \\ 0 & D_e^s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e^r \\ e^s \end{bmatrix} \end{aligned} \dots\dots\dots (9)$$

ただし、 D_e^s は D_e^r すなわち地域別産出行列の、言い換えれば（純）輸出コンバーターである。これに D_e^r を採用することも考えられるが、ここでは一般の国際産業連関表と同様の考え方をとることとする。

一方、チェネリー・モーゼス型地域間産業連関表の生産バランス式は式 (10) で示される。

$$x = TAx + T\tilde{F}i + \tilde{e} \dots\dots\dots (10)$$

ここで \tilde{F} , \tilde{e} は地域内産業連関表における、産業別最終需要マトリックスおよび輸出ベクトルである。いま、 g と x は産業別生産額ベクトルであり、全く同一のものである。したがって、

$$\left. \begin{aligned} T^{rs}A^{ss} &= D^{rs}B^{rs} \\ T^{rs}\tilde{F}i &= D^{rs}Fi \\ D_e^r e^r &= \tilde{e}^r \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (11)$$

なる関係が成立すれば、チェネリー・モーゼス型地域間産業連関表と新 SNA 型産業連関表が結合されたことになる。これらの関係を図示したのが表-1 である。

3. 地域間物流予測モデルの定式化と作成手順

(1) 3 地域間新 SNA 産業連関表の作成

ここで、われわれが利用可能なデータとしては全国産業連関表の X 表、V 表および 9 地域別チェネリー・モーゼス型産業連関表がある。したがって式 (11) において、われわれは地域ベース（産業×産業）での T, A および \tilde{F} , \tilde{e} を既知として B, D 等を求めればよい。これらから 3 地域間新 SNA 産業連関表を作成する手順が図-1 に示されている。

Step 1 全国産業連関表の X 表から投入係数行列 $\{a_{ij}\}$, V 表から商品産出係数行列 $\{b_{ij}\}$ を求める。

$$\left. \begin{aligned} A_{ij} &= X_{ij}/X_j \\ B_{ij} &= X_{ij}/V_j \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (12)$$

Step 2 A_{ij} および B_{ij} から商品投入係数行列 $\{b_{ij}\}$ を求める。

$$B_{ij} = A_{ij}D_{ij}^{-1} \dots\dots\dots (13)$$

Step 3 9 地域別産業連関表から東北地方、関東地方の

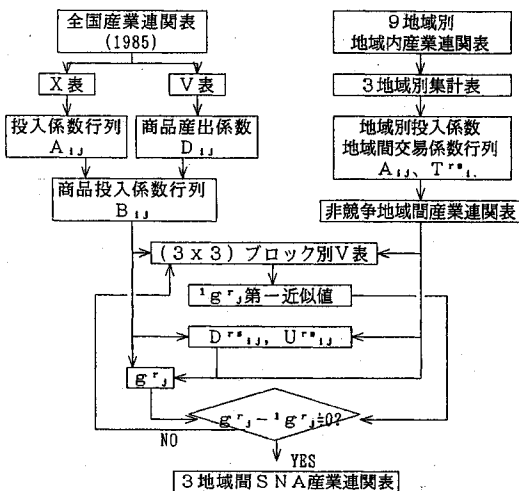


図-1 3地域間新 SNA 産業連関表の作成

地域内表および他の7地域を集計したその他全国地域産業連関表を作成する。

Step 4 各地域の投入係数行列 A_{ij}^r , A_{ij}^s , A_{ij}^o および交易係数行列 T_{ij}^s を計算する。

Step 5 式 (14) を使用して非競争3地域間産業連関表を作成する。

$$X^r = \sum_s \{T^{rs} A^s X^s + T^{rs} F^s\} + e^r \dots (14)$$

Step 6 Step 2 で求めたマトリックス B_{ij} と式 (14) を集計して求められる g_i すなわち X_i より, $\{3 \times 3\}$ ブロックの U 表を計算する。

$$U_{ij}^s = \sum_j \sum_i B_{ij}^s \cdot g_j^i \dots (15)$$

Step 7 U_{ij}^s を s と i に関して集計し, ${}^1q_j^i$ (q_j^i の第1近似値) を求める。

$$q_j^i = \sum_s \sum_i u_{ij}^s \dots (16)$$

Step 8 さきの B_{ij}^s , A_{ij}^s より次式を使って B_{ij}^s を求める (幸運なことにわが国の V 表は正方行列であるため D_{ij}^s の逆行列は存在する)。

$$D_{ij}^s = B_{ij}^{s-1} \cdot A_{ij}^s \dots (17)$$

$$V_{ij}^s = D_{ij}^s \cdot q_j^i \dots (18)$$

Step 9 式 (19) より g_j^i を求める。

$$g_j^i = (I - D^{rs} B^{rs})^{-1} D (F^{rs} + e^r) \dots (19)$$

Step 10 Step 6 の ${}^1q_j^i$ と Step 9 の g_j^i を比較し差がある場合は式 (20) で新たな B_{ij} を求め Step 6 まで戻り, このStep を繰り返す。

$${}^2B_{ij} = {}^1B_{ij} \cdot g_j^i / {}^1q_j^i \dots (20)$$

Step 11 (${}^n-1g_j^i - {}^nq_j^i$) が十分小さくなったときの ${}^nq_j^i$ が求める q_j^i である。

Step 12 求められた D_{ij}^s , B_{ij} , q_j^i により, 3地域間 SNA 行列が作成される。

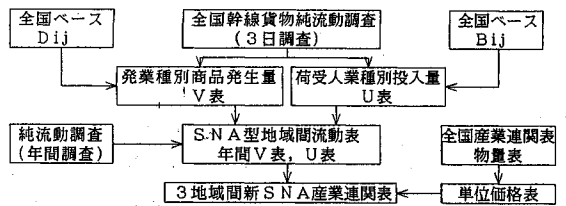


図-2 物流ベース地域間新 SNA 産業連関表の作成

(2) 物流データを使用した3地域間 SNA 産業連関表の作成

われわれが利用可能なデータは純流動調査データおよび全国産業連関物流表である。これを使用した SNA 産業連関表の作成手順が図-2 に示されている。運輸省によって5年ごとに実施される純流動調査は発地ベースでの産業別商品別地域間物流調査であるため, 新 SNA 産業連関表の V, U マトリックス, F, q, g ベクトルのほとんどすべてをカバーしている。しかし, 物流調査の特性として SNA 産業連関表と以下の点において相違点がある。すなわち,

- ① 物流調査であるため, 付加価値部門 y は存在せず, 代わりに廃棄物や環境への放出 w が生じる。
- ② 物流調査であるため電気, ガス, 水道, サービス, 公務といった産業に関する取引が欠落している。
- ③ 発地ベースの国内調査であるために, 輸入貨物の直接の流動は含まれない。ただし, 倉庫業, 卸売業を経由した輸入貨物は含まれる。

これらを勘案し, 作成の手順を述べれば以下のとおり。

Step 1 純流動データを発地別の3地域に分類し, 発業種別商品発生量すなわち V 表を作成する。この際, 発業種が倉庫業または卸売業の場合は全国ベースの商品産出マトリックス D_{ij} の縦列を使用して, 産業別発生量とする。

Step 2 同貨物を着地別, 荷受人業種別に集計し, 商品投入行列 U 表を作成する。荷受人業種が商業, 小売業であった場合は最終消費とみなす。荷受人業種が卸売業であった場合は, ①同製品を中間投入と最終需要との比で配分する, ②中間投入に関しては, 商品投入マトリックス B_{ij} (全国) の横行を使用して各産業部門への投入量とする。

Step 3 純流動調査は詳細な地域別 OD を求める3日調査と, 年間の総移輸出入量を知るための年間調査に分かれている。ここでは3日調査の結果を年間調査で補完し, 年間流動に拡大する。

Step 4 全国産業連関表の物量表から単位価格表 (重量換算率の逆数) を作成する。この際, 鹿島ら²⁾のように国内流動に関しては純流動調査結果, 輸入商品に関しては通関統計, 港湾統計を使う方法がある。

Step 5 地域間物資流動表に単位価格を乗じて3地域間

SNA 型産業連関表が作成される。

(3) 地域間 SNA 物流予測モデル

(1) と (2) で作成された 3 地域間新 SNA 型産業連関表は先に述べた物流を伴わない業種を除いて本来全く同一のものであるはずである。しかし、実際のデータにおいては物流ベースの新 SNA 行列と産業連関表ベースのそれが大きな相違を示すことは従来の研究^{2), 8), 9)}から予測される。これに関する議論は 4. (4) でなされる。ここで示す物流予測モデルは両者の間で収束計算により調整がなされモデルが統合されたとして話を進める。

本予測モデルは基本的には(1)で示したモデルに沿って解析を進め、金額ベースの地域間新 SNA を求めたのち(2)のモデルを逆に進め地域間物流に至るという形をとる。この統合モデルを使用した物流予測モデルの流れが図-3 に示されている。

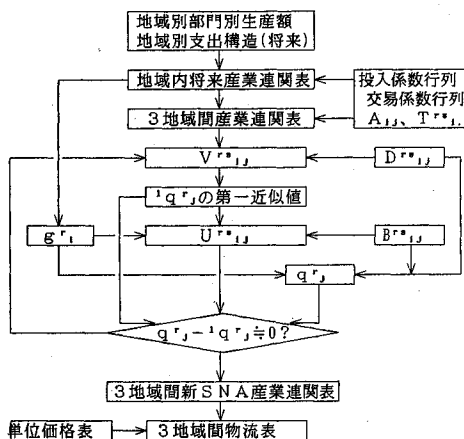


図-3 地域間 SNA 型物流予測モデル

ここでのインプットは将来の地域別産業部門別生産額および地域別支出構造、すなわち経済フレームである。アウトプットは商品別地域間産業間の物資流動である。先のモデルにおいて、マトリックス A, B, D は時間に対して変化しないと仮定される。投入係数行列 A の更新法は RAS 法や MCCA 法⁴⁾が開発されているため必要があれば更新すればよい。 B, D の改良法についても RAS 法や L-M 法⁵⁾ (Lagrange Multiplier Approach), H-M 法⁶⁾ (McMenamin Haring Algorithm), LP 法⁷⁾等が開発されているがここでは述べない。予測の流れは以下のとおり。

Step 1 生産額が出荷額ベースで与えられている場合は交易係数 T_{ij}^s および A_{ij}^s により地域間産業連関表は容易に作成される。また生産額が粗付加価値ベース、最終需要が地域総支出 (移輸出を含む) の形で与えられれば式 (21) で生産額は推計される。

$$X = (I - TA)^{-1}(TF + e) \dots \dots \dots (21)$$

また、 $y - F = e$ (粗付加価値 - 一域内総需要 = 移輸出 - 移輸入) として推計することもできる。

Step 2 地域間交易額 X^{rs} に式 (20) より求められた地域間商品産出係数行列 D^{rs} を乗じて地域間商品産出額 V_{ij}^s を求める。 V_{ij}^s を式 (16) に代入すれば各地域別商品別産出額ベクトル q_j^s が計算される。

Step 3 地域間商品投入係数行列 B_{ij}^s と各地域産業部門別生産額 g_i^s (X_i^s と同じ) により、式 (18) を適用して地域間産業別商品投入額 U_{ij}^s が定まる。

Step 4 以下のステップは (1) のイタレーション計算と同様である。すなわち、(1) の Step 9-10-6-7-8-9 を $(n-1)q_j^s - nq_j^s$ が十分小さくなるまで繰り返す。

Step 5 求められた $D_{ij}^s, B_{ij}^s, q_j^s$ により 3 地域間の SNA 産業連関表が作成される。

Step 6 地域間の SNA を先の単位価格表で除することにより、地域間交易量が求まる。

4. 2, 3 の議論と考察

(1) 生産者価格と消費者価格

産業連関表には売り手側の工場ないしは倉庫を出たときの金額で示した生産者価格表と、買い手側が受け取ったときの価格で表示した購入者価格表がある。物流の分野では輸出入の価格にならって前者を FOB 価格 (Free on Board), 後者を CIF 価格 (Cost Insurance and Freight) と呼んでいる。

いま、われわれは取引額を物資の価格で除し、物量表示にする (または逆) ことを考えている。したがって、FOB 価格表示を進めるべきことはいうまでもない。この際、物流が運送業者の手によってなされる場合は購入者側にとって、運輸部門からの投入になっているため問題はない。しかし、生産者または購入者によって自家輸送される場合は大半の費用は中間投入として表示されず、人件費やトラックの償却費、あるいは一部は家計外消費支出 (旅費等) として計上される。このことは輸送費が輸送形態によって運輸部門と付加価値部門の間でミックスされた状態になっていることを意味している。これは SNA 型の連関表においても同様のことがいえる。しかし、この問題はモデルにおいて運輸部門 (倉庫業を含む) を物流発生部門としないことによって避け得る。これにより製造業等からの発生貨物と倉庫業発の貨物のダブルカウントも避け得る。よって、本研究においてはすべて FOB 価格表示としている。さらなる議論は (2) においてなされる。

(2) 倉庫業および卸売業の取扱い

わが国の経済の特徴として産業と産業の間に介在する巨大な卸売業の存在がある。特に豊富な資金を背景とする商社は第一卸として活動し、輸出入貨物はもとより、国内貨物においても総流動の 30~40% を占めるといわれている。倉庫業と卸売業は流通産業という意味で似

た性格をもつため、しばしば同様の扱いをされる。たとえば純流動調査においては農林水産業、鉱業、製造業といった貨物自体を製造・発生させる産業とは別に、大量の貨物流動が発生するという理由で独立にサンプリングが行われている。

しかし両者は取引という本質的な面で決定的に異なる。すなわち、倉庫業は商品自体を購入したり販売したりせずに倉庫料という形態でマージン収入を得ている。一方卸売業は製造業等から商品を購入しマージンを乗せて販売するという取引形態が一般である。したがって産業連関表からいえば、前者が運送業と同じくマージン分だけが計上されるのに対し、商社等卸売業は中間需要者、最終需要者に対する大きな供給者となっている。

すなわち、新 SNA ベースの物流表でいえば、(1) で述べたように倉庫業は存在しないが、卸売業は産出表 (V 表) の行にも、投入表 (U 表) の列にも他の製造業と同様に表示すべきという結論になる。この扱いにより、物流額 (量)、産業部門別出荷額、産業部門別投入額に関しての矛盾は解決される。しかし、これに関しても 2 つの問題を解決しなければならない。

① 卸売業を V 表に入れた結果、商品別産出額にダブルカウントが生じる。このため卸売業の行に関しては産出行では別集計とする。

② 倉庫業への貨物流動は倉庫業発の貨物流動の実績 (流動パターン) を考慮して中間需要者あるいは最終需要者への流動に変換する¹⁰⁾。これにより倉庫業ではマージンだけが生じ物流表と産業連関表が一致すると期待される。

(3) 産業技術仮定と商品技術仮定

SNA の構造分析に際して、産業技術仮定 (ある産業からの商品はそれが何であっても同一の投入構造をもつ) と商品技術仮定 (同一の商品はたとえ産業を異にしても同じ投入構造をもつ) でどちらがより妥当であるかの議論はおのおのが長所短所をもつだけに果てしない。著者はテクニカルな面で矩形行列の形で一般的に操作できる点を重視して、本研究でも産業技術仮定を支持している。

両者の根本的相違は商品産出行列 V から商品産出係数行列 C または D を導出する点にある。すなわち、

$$V=Cg \text{ (商品技術仮定)}$$

したがって、 $q=(I-BC^{-1})^{-1}e$

$$V=Dq \text{ (産業技術仮定)}$$

したがって、 $q=(I-BC)^{-1}e$

このことは生産額の導出に際して、投入係数行列 A に対応するマトリックスが BC^{-1} になるか BD になるかの相違を生じる。わが国における SNA 行列 (全国ベース) は両仮定に対応できるよう V 表の産業部門と商品部門の数は一致している。したがって商品技術仮定に基づき

分析を行いたい場合は、本モデルを若干変更するだけで対応可能である。

(4) 産業連関表ベースと物流調査ベースによる SNA 行列の相違について

産業連関表ベースの物流表と物流調査結果に大きな相違が生じることが報告されている²⁾。主たる原因と対応策は以下のようにまとめられる。

① 物流調査または産業連関表の精度に問題があるため相違が生じる。すなわち、両者の数値そのものと、重量換算率 (純流動調査) または物量表 (産業連関表) が適正でない。これについては両統計を使用して実証分析を積み重ねることにより、矛盾点や改良方法が明らかになってくると考える。

② 産業連関表の作成方法および物流調査の方法に起因して相違が生じる。産業連関表も物流調査も調査単位は大部分事業所単位であり相違はない。しかし、物流調査 (純流動調査) の品目数、産業部門数はそれぞれ 44, 61 であるのに対し、産業連関表では約 5 000 品目, 529 × 408 部門 (60 年表) と膨大な数となっている。このため産業連関表においては、1 つの会社ないしは事業所が複数部門にわたることもまれではなく、その部門間の取引も詳細に連関表として表される。このような取引は通常現実の物流として生じない、あるいは物流調査の対象とならない。またわれわれが使用する産業連関表は高々 80~90 部門のものであり、これは前記の基本表を集計したものである。このことは集計された産業連関表の、同部門間の取引に関しては物流が統計上生じない取引 (短距離移動または統計に計上されない自家輸送) が数多く含まれていることになる。一方、物流調査においては部門数も少ないため、1 つの会社または事業者が複数部門にわたることはまれであり、このような取引は含まれない。これらの事実が、従来の物流解析において産業連関表と物流調査の結果が一致しない大きな理由と考える。

このため本モデルにおいては、地域間の同部門間の取引に関しては純流動調査の結果を尊重して解決を図る。すなわち、純流動調査は大きな地域間ブロックの流動に関しての信頼性は比較的高いため、他部門との取引の比率を利用して推計することを考える。なお本研究においては地域内流動を扱わないため、同一会社内における複数部門間の取引の問題は生じない。

5. 結論と今後の展望

本研究においては地域間 SNA 型物流予測モデルを提案した。本モデルの特徴は以下のように集約される。

(1) 本モデルは SNA 型を取っているため、産業間の取引を商品レベルでとらえることができる。したがって単位価格 (重量換算率) の誤差は従来モデル (産業別

生産額からの直接の商品別価格の換算)より少なく、また値は短中期的に安定しているといえる。

(2) 産業連関表を基本としているため投入係数行列 A_{ij} の更新により産業構造の変化を取り込める。また SNA 型であるために、企業の多角経営化、あるいは産業部門の統合に起因するプロダクトミックスの問題に商品産出係数行列 D_{ij} の変化で対応できる。また、商品投入係数行列 B_{ij} の変化により投入代替変化、産業構造の変化を取り扱える。

(3) 本モデルは、純流動調査(運輸省)、9地域産業連関表(通産省)といった長期的に担保されているデータのみで構成されているため、常にデータの更新が可能である。また各県で作成されている(現在32件)産業連関表を用いることにより、県間物資流動予測までに拡張できる。

(4) 上記データは5年ごとに更新されるため、時系列での物流変化の比較が可能であるばかりでなく、時系列分析結果によるマトリックス A, B, D の更新も可能であり長期的に精度の向上が期待される。

しかし、本モデルには以下の問題が存在する。

(1) データ上の制約があり(特に純流動調査におけるサンプル率)、地域間産業連関表から得られる SNA 行列(3.(1))と物流ベースで推計される SNA 行列(3.(2))が一致する保証がない、これに関しては現在実際のデータで、モデルを検証中であり、これによりモデルの改良ならびに純流動調査の方法の改良を提案していきたい。

(2) モデル的には3.(1)のStep 10等、2か所にイタレーション計算があるが、その方法はきわめて単純なものであり(j 列のみの修正であり、 i 行の縛りが掛かっていない)、必ずしも望ましい結果が得られるとは限らないし、またイタレーション回数の増加により、元のパターンがほとんど失われるおそれがある。この収束方法に関しては今後改善するべきである。

(3) 純流動調査に関し、倉庫業、卸売業を発業種と

する場合は、真の発業種が明らかでない。このため本モデルでは全国ベースのマトリックス B_{ij} での配分を提案しているが必ずしも良い方法ではない。また本モデルでは輸入を除外しているが、これは陸上出入貨物調査(運輸省、指定統計)を補完データとして取り入れる必要がある。

参考文献

- 1) 渡辺 豊・苦瀬博仁：海上輸出入コンテナ貨物の国内流動分布に関する研究，土木計画学研究・講演集，No.11，1988年。
- 2) 鹿島 茂ほか：産業連関表をベースとした貨物輸送量の推計，土木計画学研究・講演集，No.12，1989年。
- 3) Jan Oosterhaven: A Family of Square and Rectangular Interregional Input-Output Tables and Models, *Regional Science and Urban Economics* 14, 1984.
- 4) 茅 陽一・大西 昭・鈴木：1980年代の世界発展像に関するモデル研究，NIRA・OUTPUT, NRC-78-1-a, 総合開発機構，1979年。
- 5) Larry V. St. Louis: Empirical Tests of Some Semi-survey Update Procedures Applied to Rectangular Input-Output Tables, *Journal of Regional Science*, Vol.29, No.3, 1989.
- 6) David G. McMenamin and Joseph E. Haring: An Appraisal of Nonsurvey Techniques for Estimating Regional Input-Output Models, *Journal of Regional Science*, Vol.14, No.2, 1974.
- 7) Malte Mohr, William H. Crown and Karen R. Polenske: A Linear Programming Approach to Solving Infeasible RAS Problems, *Journal of Regional Science*, Vol.27, No.4, 1987.
- 8) 高橋洋二：都市計画に於ける物資収支モデルの適用に関する研究，都市計画，第106号，pp.50~55，1978年。
- 9) 高橋洋二：南関東の物流構造の産業連関分析，第11回日本都市計画学会学術研究発表会，pp.121~126，1977年。
- 10) 稲村 肇：港湾貨物の背後圏の合理的設定法に関する統計的研究，港湾技術研究所報告，第16巻，第2号，pp.63~111，1977年。

(1990.5.9受付)

A RECTANGULAR MULTIREGIONAL MODEL FOR FREIGHT TRANSPORTATION FORECASTING

Hajime INAMURA and Hiroshi SUDA

This paper formulates a rectangular multiregional model for freight transportation. The paper consists of three phases. First, a rectangular multiregional model is built up using three regional input-output tables with competitive export and import through a Chenery-Moses type interregional model. Second, a rectangular multiregional model is built up using the National Freight Census. Third, two models above are combined into a freight forecasting model. In order to estimate an interregional freight flow in the future, the model only requires a production activity data and a regional expenditure, such as private consumption and gross fixed capital formation, at each region. It is argued that the inconsistency of the freight flow between the I-O based estimation and the Census based estimation is mainly caused by the system of I-O table.