

# SNA 地域間産業連関表を用いた物流解析の 実証的研究

稲村 肇\*・早坂哲也\*\*・徳永幸之\*\*\*・  
須田 熙\*\*\*\*

本研究は地域間産業連関表と全国産業連関表のV表を使った金額ベースSNA型地域間産業連関表の作成法、全国貨物純流動調査データと全国産業連関表のV表を使った物流ベースSNA型地域間産業連関表の作成法を示し、現実データを用いて作成した2表の比較分析を行うことを目的とする。比較に際してはモデルを地域間物流予測へ適用するため、物流ベースの表を実測値、金額ベースの表を推計値としている。結果は本研究の推計過程が地域間SNA型物流解析モデルに利用可能であることを立証している。

**Key Words** : commodity flow, rectangular I-O analysis, multi-regional I-O table

## 1. はじめに

物流予測に携わる多くの機関、研究者の誰もが正しい予測が出来るとは考えていない。それは各機関で独立にかつ莫大に集積されたデータのハンドリングの困難さと精度の低さを認識しているからである。莫大な相互に調整されていないデータを組み合わせたモデル化の作業は一万ピースのジグソーパズルを解く努力にも似ている。我々はそのようにして従来から多くのモデルを作成し、予測を行ってきた。しかし、誰もがそれに成功したとはいわない。それは余りに性格の異なる多くの物流品目を限られたモデルで表現できると思っていないからである。ただより多くの情報を、より合理的、より理論的に組合せ精度を上げようとしているのである。本研究も従来の研究の方法と大きく変わるものではない。すなわち、多岐に亘るデータの中からより有用なデータの組合せより合理的な物流予測手法を提案し、実証するものである。

地域間物流予測の境界条件は単純である。所与とされるのは全総計画等で与えられる地域別の将来産業出荷額等経済条件および将来人口等社会条件、そして高速道路計画等交通条件である。目的とするのは将来の品目別地域間流動量の推計である。従来の研究は大きく2種に分かれる。第一は現在の物流を詳細に解析し、経済指標で相関させる方法、これは諸官庁で実務の中で行われてきた。すなわち、物流を産業別GDP、建設投資実績等の経済指標と単回帰又は重回帰分析で結びつける方法、経済指標との相関が悪い品目に関しては生産予測、需要予測を分離して行う方法等である。この方法は簡単で理解し易いという特長を持つ反面、対外関係変化といったこ

とが反映されないという欠点を持つ。第二は地域間産業連関表を用いる方法<sup>1)</sup>、これは大学を中心に多くの試みがなされている。本研究も後者の流れの中にあるが、産業と商品を分離したSNA<sup>2)</sup>タイプの分析を行っている点が他と異なる。

SNA産業連関分析に関連する研究は1953年の国連の提示以来、多くの研究者によってなされている。例えば、Larry V. St. Louis<sup>3)</sup>は従来の産業連関表の更新に用いてきたRAS法、H-M法<sup>4)</sup>、LM法<sup>5)</sup>をSNA型産業連関表に適用し、その精度を検討した。すなわちこれらはSNAの2次構造を維持したまま更新できるように改良するものであり、結論としてRAS法が他の手法と比較して良い結果を与えることを示した。また、Oosterhaven<sup>6)</sup>はSNA型産業連関表を地域間に発展させるためのモデルを開発した。これは、SNA型一国産業連関表から地域配分のODデータを用いて作成するもので、商品の購入先、購入元、販売先、販売元のデータのうち利用可能なデータを用いて6種類のモデルが提案されている。著者ら<sup>7)</sup>はこのオースターハブンのモデルを利用し地域間産業連関表と全国貨物純流動調査データをベースとして地域間SNA型物流予測モデルを過去に開発した。しかし、これを含め従来の研究は常に理論的展開、数値計算例のみであり、現実のデータを使用した実証研究はほとんどない。その理由はデータの入手の難しさ、データの膨大さにある。

本研究の目的は著者らの前記の物流予測モデルの解析部分の実用性、妥当性を現実のデータを用いて実証的に検証するところにある。しかし、このモデルは論文公表後の議論<sup>8)</sup>、実証研究の中でいくつかの問題点が生じ、変更がなされた。主たる変更点は以下の通り。

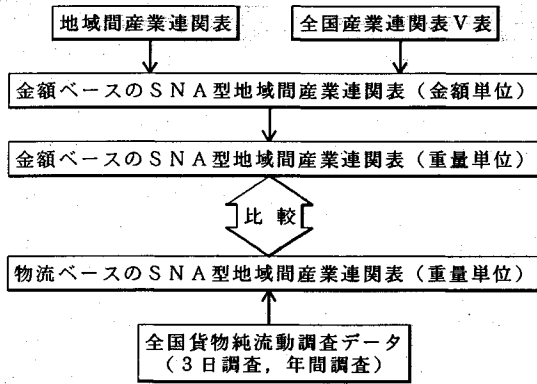
- 1) 原モデルが産業技術仮定に基づいて定式化されたのに対し、本研究は商品技術仮定に基づき再定式化がなされている。

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

\*\* 正会員 工修 清水建設

\*\*\* 正会員 東北大学大学院助手 情報科学研究科

\*\*\*\* 正会員 工博 東北大学大学院教授 情報科学研究科



図一 本研究の流れ

- 2) これに伴い、地域間 SNA 産業連関表の推計手順が大幅に変更された。
- 3) 倉庫業、卸売業の取扱いが明確にされた。

## 2. 貨物流動予測手法

鹿島<sup>9)</sup>らは、重量換算産業連関表、卸売を考慮した物流産業連関表、卸売・倉庫を考慮した物流産業連関表の3つの表を作成した。これらの物流産業連関表は、変換用のデータの算出方法など改善すべき課題はいくつかあるが、現在の貨物の流動量を捉えることについては1つの有効な方法といえる。わが国の産業連関表は商品×商品表であり、将来予測のために与えられる経済フレームは産業別出荷額で与えられる。本研究の最大の特徴は商品技術仮定に基づく SNA タイプの産業連関表を使用して産業と商品を分離した点にある。すなわち、地域間産業連関表から SNA 型の表を作成し、地域間物流の現状を推計する。次に、サンプリング調査の純流動調査データからも SNA 型の表を作成して、2つの表を比較し、前者の方法の妥当性を論じる。SNA 型産業連関表による方法は商品分類が産業部門と独立して扱えるために重量換算率の作成を容易に行うことができるという特長を持ち、鹿島らの問題を解決している。また、同時に従来からの産業連関表の屑・副産物の2次投入問題も解決される。

### (1) 本研究の流れ

本研究の概略のフローを図一に示す。地域間産業連関表と全国産業連関表 V 表から SNA 型地域間産業連関表（以後、金額ベースの SNA 型地域間産業連関表と呼ぶ）を作成する。一方、全国貨物純流動調査データからも SNA 型地域間産業連関表（以後、物流ベースの SNA 型地域間産業連関表と呼ぶ）を作成する。その2つの表を、金額ベースの SNA 型地域間産業連関表を推定表、物流ベースの SNA 型産業連関表を実測表として比較する。比較する際に金額ベースの SNA 型地域間産

表一 金額ベースの SNA 型地域間産業連関表の構造

	地域 r		地域 s		最終需要		輸	総	
	商品	産業	商品	産業	地域 r	地域 s			
地域 r	商品		$U^{rr}$		$U^{rs}$	$f^{rr}$	$f^{rs}$	$e^r$	$q^r$
	産業	$V^{rr}$		$V^{rs}$					$g^r$
地域 s	商品		$U^{sr}$		$U^{ss}$	$f^{sr}$	$f^{ss}$	$e^s$	$q^s$
	産業	$V^{sr}$		$V^{ss}$					$g^s$
付加価値			$\tau y^r$		$\tau y^s$				
総供給		$\tau q^r$	$\tau g^r$	$\tau q^s$	$\tau g^s$				

業連関表の単位を輸入価格表の単位換算率を用いて金額から重量に変換する。その比較により、推定表が貨物流動データとして利用可能であるかどうかを検討する。

### (2) 金額ベースの SNA 型地域間産業連関表

本研究で用いる表の構造を表一に示す。この表は Oosterhaven によって提案された完全情報下における地域間モデルを利用したものである。この表の定式化は以下の通りである。

$$\left. \begin{aligned} U^{rs} &= B^{rs} g^s \\ (V^{rs})^T &= C^{rs} g^r \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 $\hat{\phantom{x}}$  はベクトルの対角化行列、 $\tau$  は転置行列

$g^s = (g_j^s)$  : s 地域 j 産業の生産額

$U^{rs} = (u_{ij}^{rs})$  : r 地域から s 地域への i 商品の j 産業への中間投入行列

$V^{rs} = (v_{ij}^{rs})$  : r 地域から s 地域への j 産業の i 商品への産出行列

$B^{rs} = (b_{ij}^{rs})$  : r 地域から s 地域への (商品 i) × (産業 j) ベースの係数行列

$C^{rs} = (c_{ij}^{rs})$  : r 地域から s 地域への (産業 j) × (商品 i) ベースの係数行列

商品技術仮定に基づく SNA 及び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次の通りである。

$$q = (I - BC^{-1})^{-1}(f + e) \dots \dots \dots (2)$$

$$x = (I - TA)^{-1}(Tf + e) \dots \dots \dots (3)$$

ここで、 $q$ 、 $x$  : 商品別投入額

$T$  : 交易係数

$A$  : 投入係数

$f$  : 最終需要

$e$  : 輸出

いま、 $q$  と  $x$  は商品別投入額で全く同一のものである。よって式 (2) と式 (3) より

$$T^{rs} A^{ss} = B^{rs} (C^{rs})^{-1} \dots \dots \dots (4)$$

という関係が成立すれば、チェネリーモーゼス型地域間産業連関表と SNA 型地域間産業連関表が結合されたことになる。

(3) 金額ベースのSNA型地域間産業連関表の作成手順

収束計算のための収束基準(目的関数)として何を用いるかは大きな問題である。これは結果の比較評価の基準とも関係してくる。David G. McMenaminとJoseph E. Haring<sup>1)</sup>は、新しく開発した収束計算方法(H-M法)によって作成した推定の産業連関表と実際の産業連関表とを比較する際に絶対百分率偏差(MAD)を用いている。このMADによる比較は推計モデルどうしの比較などでは良く用いられる指標である。しかし小さな係数値の偏差が大きい係数値の偏差にかなり影響を及ぼすという欠点を持つ。W. I. MorrisonとP. Smith<sup>10)</sup>は、比較変化の指標、相似指標、情報含有量という指標を用いている。先の2つの指標は $a_{ij}=0$ のときでも比較ができるという特長を持っているが推計精度は低い。情報含有量は $a^*_{ij} \neq 0$ の状況処理できないため、あくまでも仮の比較計測手段として用いるのが妥当であると考えられる。本研究では既存の収束計算法の優劣が定まっていないため、絶対偏差を最小とする通常の方法を採用した。

ここで利用するデータは、わが国で公表されている9地域間チェーンリーモーゼス型産業連関表及び全国産業連関表のV表である。従って式(4)において地域ベース(商品×商品)の $T, A, f, e$ を既知として、 $U, V$ を求めればよい。この際式(2), (3)から $q$ も既知となっており、その一致性を推計収束計算の基準としている。その作成手順を図-2に示す。

- ① 全国産業連関表のV表から係数行列Cを求める。

$$c_{ji} = v_{ji}/g_j \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{ここで, } g_j = \sum_i v_{ji}$$

- ② 地域間産業連関表の $q^r$ と式(5)より求めた係数行列Cより、初期V表における $g^r$ を求める。

$$g^r = C^{-1}q^r \dots\dots\dots (6)$$

- ③ 係数行列Cと式(6)から求めた $g^r$ より初期V表を作成する。

$${}^1(V^r)^T = Cg^r \dots\dots\dots (7)$$

- ④ 地域間産業連関表のX表から投入係数行列Aを求める。(X, Aの場合のみij共に産業分類)

$$a_{ij}^r = x_{ij}^r/q_j^r \dots\dots\dots (8)$$

- ⑤ 係数行列Cと式(8)から求めた投入係数行列Aより係数行列Bを算出する。

$$B^{rs} = A^{rs}C \dots\dots\dots (9)$$

- ⑥ 式(6)から求めた $g^r$ と式(9)から求めた $B^{rs}$ より初期U表を作成する。

$${}^1U^{rs} = B^{rs}g^r \dots\dots\dots (10)$$

- ⑦ 地域間産業連関表の商品別付加価値 $y^s$ をオース

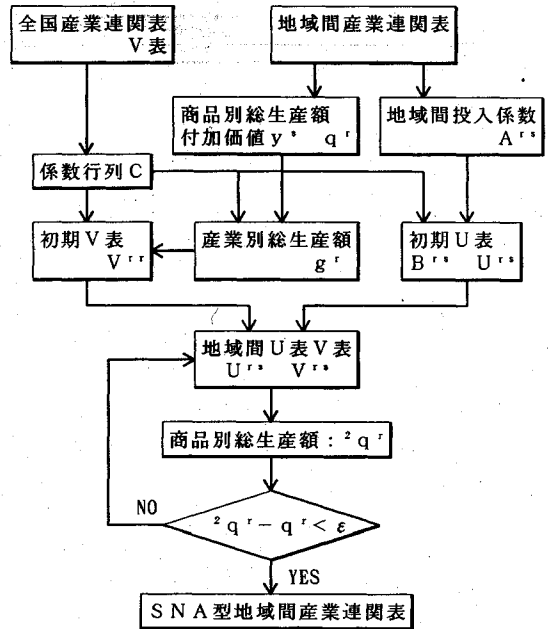


図-2 金額ベースのSNA型地域間産業連関表の作成手順

ターハーベンの構造に合わせるために、産業別付加価値に変換する。

$$y^s = C^{-1}y^s \dots\dots\dots (11)$$

- ⑧ 式(10)で求めた初期U表と式(11)より求めた産業別付加価値を用いて $g^s$ を求める。

$${}^Tg_j^s = \sum_r \sum_i {}^1u_{ij}^r + y_j^s \dots\dots\dots (12)$$

- ⑨ 式(6)で求めた $g^r$ と式(12)で求めた $g^s$ が等しくない場合は、 $g^r$ と $g^s$ との平均値を求め、それを真の $g^r, g^s$ としてU表, V表をそれぞれ式(13), (14)で更新する。

$${}^2u_{ij}^s = \left( \frac{{}^Tg_j^s - y_j^s}{{}^Tg_j^s - y_j^s} \right) {}^1u_{ij}^s \dots\dots\dots (13)$$

$${}^2v_{ji}^s = {}^1v_{ji}^s \left( \frac{g_j^r}{g_j^s} \right) \dots\dots\dots (14)$$

- ⑩ 式(13), (14)によって更新されたU表, V表についてそれぞれ $q$ を求める。

$${}^2q_i^r = \sum_s \sum_j {}^2u_{ij}^s + \sum_s \sum_j f_{ij}^s + e_i \dots\dots\dots (15)$$

$${}^Tq_i^s = \sum_r \sum_j {}^2v_{ji}^s \dots\dots\dots (16)$$

- ⑪ 式(15), (16)で求めた ${}^2q$ がもとの $q$ に等しくない場合はU表, V表をそれぞれ式(17), (18)で更新する。

$${}^3u_{ij}^s = \left( \frac{q_i^r - f_i^r}{{}^2q_i^r - f_i^r} \right) {}^2u_{ij}^s \dots\dots\dots (17)$$

$${}^3v_{ji}^s = {}^2v_{ji}^s \left( \frac{{}^Tq_i^s}{{}^2q_i^s} \right) \dots\dots\dots (18)$$

表一 物流ベースの SNA 型地域間産業連関表の構造

		地域 r		地域 s		最終 需要		輸 出	総 需要
		商品	業種	商品	業種	地域 r	地域 s		
地域	商品		$N^{r,r}$		$N^{r,s}$	$F^{r,r}$	$F^{r,s}$	$E^r$	$q^r$
r	業種	$M^{r,r}$		$M^{r,s}$					
地域	商品		$N^{s,r}$		$N^{s,s}$	$F^{s,r}$	$F^{s,s}$	$E^s$	$q^s$
s	業種	$M^{s,r}$		$M^{s,s}$					

ただし、 $fi^r = \sum_j \sum_s fi_j^s$

- ⑫ ⑩で求める  $q$  がもとの  $q$  に十分近似されるまで⑧～⑪の計算を繰り返す。
- ⑬ ⑩で求める  $q$  がもとの  $q$  に十分近似されたときの U 表, V 表が求める U 表, V 表であり, これによって金額ベースの SNA 型地域間産業連関表が作成される。

(4) 物流ベースの SNA 型地域間産業連関表

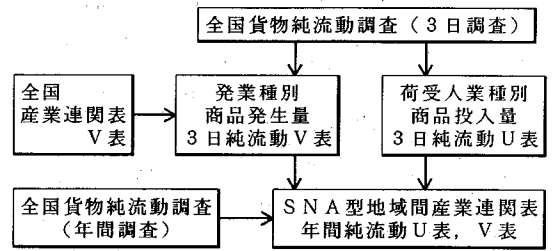
ここで, 利用するデータは全国貨物純流動調査データ (年間調査, 3日調査), 全国産業連関表の V 表である。その構造を表一に示す。この純流動調査データは運輸省が5年ごとに実施している統計調査であり, 以下の点が産業連関表と異なっている。

- 1) 付加価値部門は物流モデルでは無視しても整合性は保持される。
- 2) サービス部門は4)の倉庫, 卸売, 小売を除いて原材料, 製品の投入, 産出面においては殆ど無視できる。
- 3) 輸入貨物が直接製造業への投入となるのは臨海工業の場合が殆どであるため, これは別調査 (陸上出入貨物調査) で把握でき, また地域間流動という観点では考慮する必要がない。
- 4) 産業連関モデルと物流モデルの相違の中で最も重要かつ影響が大きいのが倉庫業, 卸売業, 小売業の取扱いである。その扱いについては2.5で述べている。

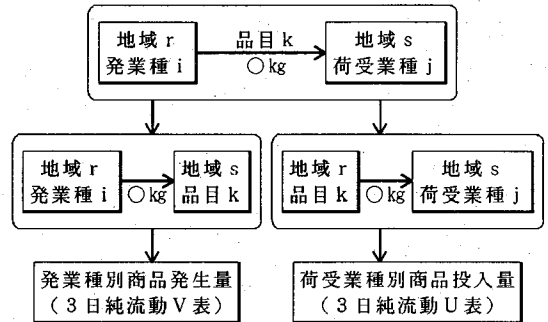
(5) 物流ベースの SNA 型地域間産業連関表の作成手順

作成手順を図一に示し, 以下に述べる。

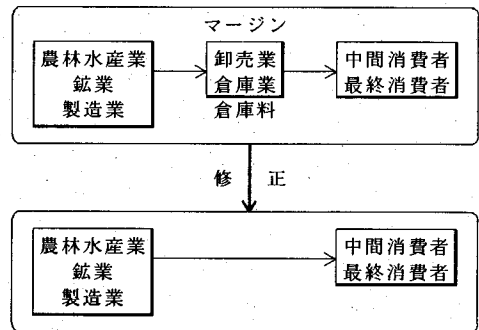
- ① 純流動の3日調査データの構造を図一に示す。このデータを発地域別発業種別に集計し, 発業種別商品発生量すなわち3日純流動 V 表を作成する。
- ② 純流動の3日調査データを着地域別荷受人業種別に集計し, 荷受人業種別商品投入量すなわち3日純流動 U 表を作成する。
- ③ ①で作成した3日純流動 V 表と②で作成した3日純流動 U 表において, 卸売業, 倉庫業, 小売業に関する修正を行う。これは, 先に述べたように産業連関表では商品の倉庫料, マージンとして与えら



図一 物流ベースの SNA 型地域間産業連関表の作成手順



図二 純流動3日調査のデータ構造と集計方法



図三 卸売業, 倉庫業の修正

れているのに対し純流動調査では実際に取引した商品の流動量として与えられ, 扱い方が異なるからである。卸売業, 倉庫業, 小売業は商品を生産しておらず, 農林水産業や製造業が生産した商品を中間消費者や最終消費者へ流通する中間取引者にすぎない。本研究ではこれら卸売業, 倉庫業, 小売業を経由する商品の流れを直接中間消費者, 最終消費者に流動するように修正する (図一)。3日純流動 V 表 (地域別) については, 発業種が流通業である物流量に関して全国産業連関表の V 表の比率を用いて商品別物流量を各産業別に配分する。3日純流動 U 表については, 荷受人業種が小売業であるものは全て地域内で最終消費されるものと仮定し最終需要部門とする。荷受人業種が外国であるものは輸出とした。商品別流動量のうち荷受人が流通業である

ものは、発業種は無差別となっている。したがって、上記の修正を行った後、各商品別の最終需要まで含めた配分パターンを利用して、荷受人業種が卸売業、倉庫業である物流を各産業別に配分した。

- ④ 純流動年間調査データを発地域別発業種別に集計し、②の3日純流動調査と同様な修正をした後、式(19)に従って3日調査のV表の横行の比で配分し、年間純流動V表を作成する。

$$m_{ij}^s = ({}^3m_{ij}^s / \sum_j \sum_j {}^3m_{ij}^s) \times g_j^s \dots\dots\dots (19)$$

$m_{ij}^s$ : 年間純流動V表の要素  
 ${}^3m_{ij}^s$ : 3日純流動V表の要素  
 $g_j^s$ : 年間純流動地域別発業種別データ

- ⑤ ④で作成した $m_{ij}^s$ を式(20)に従って着地域別品目別に集計し、 $q_i^s$ とする。

$$q_i^s = \sum_j m_{ij}^s \dots\dots\dots (20)$$

この投入量を式(21)に従って3日純流動U表の横行の比で配分し、年間純流動U表を作成する。

$$n_{ij}^s = ({}^3n_{ij}^s / \sum_j \sum_j {}^3n_{ij}^s) \times q_i^s \dots\dots\dots (21)$$

${}^3n_{ij}^s$ : 3日純流動U表の要素(最終需要, 輸出項を含む)  
 $n_{ij}^s$ : 年間純流動U表の要素(最終需要, 輸出項を含む)

こうして、物流ベースのSNA型地域間産業連関表が作成される。

(6) 比較分析

金額ベースのSNA型地域間産業連関表と物流ベースのSNA型地域間産業連関表とを比較する。将来の貨物流動量を予測する際には金額ベースのSNA型地域間産業連関表を用いるが、実際の貨物流動量との誤差が問題となる。本研究では金額ベースのSNA型地域間産業連関表を推計値、物流ベースのSNA型地域間産業連関表を実測値として比較分析を行う。

分析は物流ベースのSNA型地域間産業連関表の表示単位である重量単位で比較するため、金額ベースのSNA型地域間産業連関表の表示単位を重量単位に変換する。本研究では運輸省による輸入価格表から単位換算表を作成し、金額ベースのSNA型地域間産業連関表の対応する商品に乗じる。金額ベースと物流ベースの2つのSNA型地域間産業連関表の商品分類、産業分類を統合する。U表、V表は各要素の値に大きな広がりがあるため、値を対数に変換して比較を行う。更に、地域別に産業と商品について比較がなされる。

第一の比較には両データの相関を見るために相関係数、不等係数を用いて行った。

第二の比較には両データの一貫性を見るために $\chi^2$ 検定を行った。 $\chi^2$ 値を求める前に、両データを標準化した。

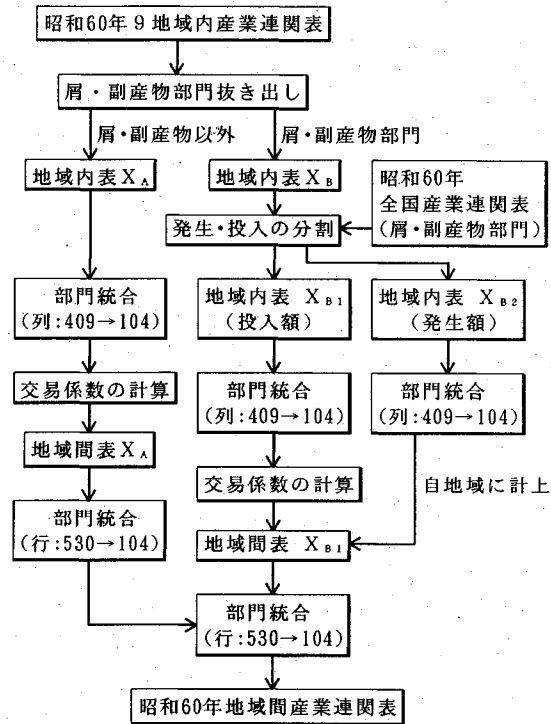


図-6 地域間産業連関表の作成手順

$\chi^2$  値の式を式(22)に示す。

$$\chi_j^2 = \sum_i \frac{(a_{ij} - b_{ij})^2}{|b_{ij}|} \dots\dots\dots (22)$$

$a_{ij}$ : 標準化を行った金額ベースのデータ  
 $b_{ij}$ : 標準化を行った物流ベースのデータ

その他、2群データを比較する方法にはコンティンジェンシー係数等多々あるが、比較的精度の低いデータ群に対してはこの3係数の比較で十分問題点が検討できると考える。

3. ケーススタディー

ケーススタディーとして本研究で使用したデータは、昭和60年の9地域内産業連関表<sup>11)</sup>、全国産業連関表のV表<sup>12)</sup>、全国貨物純流動調査(3日調査, 年間調査)<sup>13)</sup>データで、単位換算表のベースとなるデータとして1985年の輸入価格表<sup>14)</sup>を用いた。

(1) 金額ベースのSNA型地域間産業連関表の作成  
 本研究では、9地域内産業連関表からチェネリー・モーゼス型の地域間産業連関表が作成される。9地域は北海道、東北、関東、中部、近畿、中国、四国、九州、沖縄である。9地域内産業連関表では、内生部門が行530部門×列409部門となっている。作成手順は図-6に示されている。

- ① 地域内表から行部門のうち、屑・副産物の発生を

表—3 東北、関東の対象地域

地域区分	対象地域範囲(都道府県)
東北	青森 岩手 宮城 秋田 山形 福島
関東	茨城 栃木 群馬 埼玉 千葉 東京 神奈川 新潟 山梨 長野 静岡

含む部門の表(地域内表  $X_B$ )と含まない部門の表(地域内表  $X_A$ )に分ける。

② ①で屑・副産物の発生を含まない部門の表について、列の409部門を全国産業連関表のV表の部門に合わせて統合し104部門とする。

③ ②で統合した表より式(23)に従って交易係数を計算する。

$$\text{交易係数} = \frac{\text{地域別移輸入額}}{\text{中間需要} + \text{地域内最終需要計} - \text{製品在庫純増} - \text{一半製品・仕掛品在庫純増}} \dots (23)$$

④ 式(23)で計算された交易係数を用いて地域間の中間投入、最終需要の表を作成する。

⑤ ①で屑・副産物の発生を含む部門の表について、表の各セルの額を全国産業連関表の対応するセルの投入額と発生額の比で分け、投入額の表と屑・副産物の発生額の表を作成する。

⑥ ⑤で作成した投入額の表の列部門を②と同様に104部門に統合し、式(23)に従って交易係数を計算する。

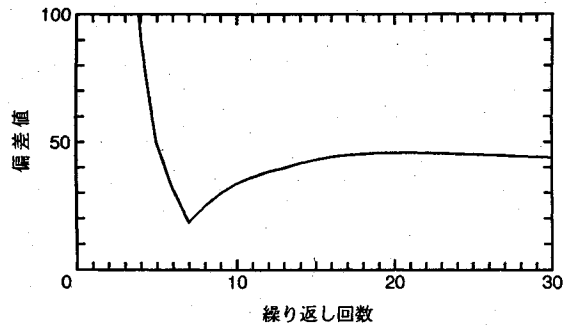
⑦ ⑥で計算した交易係数を用いて地域間の中間投入、最終需要の表を作成する。

⑧ ⑤で作成した屑・副産物の発生額の表は列を104部門に統合する。

⑨ ④⑦で作成した表を結合し、⑧で作成した表を地域内の部分に加算する。

⑩ ⑨の表の行部門を全国産業連関表のV表の行部門(列部門と同じ)に合わせて統合し104部門とする。

このようにして作成された9地域間産業連関表の地域を東北、関東、その他全国の3地域に統合し、2.(3)の作成手順に従ってSNA型地域間産業連関表を作成した。東北と関東の該当都道府県を表—3に示す。gの値を式(6)を用いて算出すると一部に負値が生じ、式(7)よりV表を求める際に負値が混ざってしまうので、gの初期値としてqを用いている。これは、V表が対角行列と見なせるほど対角要素が大きいからである。また初期の地域間のV表は、式(7)より作成した $V^{ss}$ を地域間産業連関表の地域間の投入額の比で各地域に配分して求めた。収束条件は各部門の偏差の10%とし、繰り返し回数は最高30回までとした。しかし、収束しなかった部門が10部門存在した。そこで、繰り返し計算



図—7 収束計算結果

表—4 収束しなかった部門

地域	商品部門
東北	8 石炭・亜炭
	51 事務用・サービス機器
	53 電子・通信機器
	54 重電機器
	56 自動車
73 鉄道	
関東	6 金属鉱物
	8 石炭・亜炭
	90 娯楽サービス
その他全国	9 原油・天然ガス
	53 電子・通信機器

を行う度に偏差量のトータル値を計算し、そのトータル値が最小となったときに繰り返し計算を終了させることにした。図—7は、収束計算の繰り返し回数と偏差量のトータル値の関係を示したものである。その結果7回で最小値18.5(単位:100万円単位の対数総和)を取ることが分かった。よって、繰り返し回数は7回までと決めた。7回の繰り返し計算で偏差内に収束しなかった部門を表—4に示す。

### (2) 物流ベースのSNA型地域間産業連関表の作成

昭和60年の全国貨物純流動調査の3日調査データは発地域、着地域ともに市町村単位のため、9地域間産業連関表の地域に合わせて統合する。その後2.(5)の作成手順に従って作成する。卸売業、倉庫業の修正については以下に述べる。

#### a) 3日純流動V表の修正

3日純流動V表については商品がどの地域から流動したかを知る必要がある。まず、純流動の3日調査データより発地域、着地域、発業種、荷受人業種を取り出して地域間の産業間の流動表(仮のV表、U表)を作成する。卸売業ではあらゆる地域から商品が投入されているため、発生地域別に配分を行う。また、全国純流動調査の卸売業の取扱い商品と昭和60年全国産業連関表のV表の比率を用いて各産業別に配分する。その一部を表—5に示す。

表一五 全国貨物純流動調査の卸売業取扱い品目

卸売業	取扱い品目内容	出荷元業種
鉱物・金属材料卸売業	石炭, 石油, 金属鉱物, 鉄鋼, 非鉄金属	金属鉱業 石炭・亜炭鉱業 原油・天然ガス鉱業 非金属製造業
機械器具卸売業	事務用・農業用・繊維関係等一般機械器具, 自動車及び部品, 精密機械器具, 電気機械器具	一般機械器具製造業 電気機械器具製造業 輸送機械器具製造業 精密機械器具製造業
食料・飲料卸売業	砂糖, 味噌, 醤油, 酒, 乾物, 缶詰, 瓶詰め, 菓子, パン, 清涼飲料, 茶類	食料品製造業 飲料・飼料・たばこ製造業

表一六 統計分析のための地域のグルーピング

	U 表	V 表
産業別比較	u1: 東北着 u2: 関東着 u3: その他全国着	v1: 東北発 v2: 関東発 v3: その他全国発
商品別比較	u1: 東北発 u2: 関東発 u3: その他全国発	v1: 東北着 v2: 関東着 v3: その他全国着

表一七 産業別の相関係数

部門名	u1	u2	u3	v1	v2	v3
農業	.334	.483	.498	.778	.739	.748
林業	.856	.507	.321	.548	.548	.791
漁業	.720	.254	.523			
金属鉱業	.373	.014	.308	.991	.672	.947
石炭・亜炭鉱業			.541			.864
原油・天然ガス	.236	.554				
非金属鉱業	.286	.424	.570	.886	.751	.757
建設業	.394	.510	.492			
食料品製造業	.627	.577	.610	.636	.663	.563
飲料・飼料・たばこ	.391	.508	.659	.881	.797	.826
繊維工業	.344	.592	.585	.545	.552	.610
衣服・その他繊維	.619	.272	.507	.644	.677	.611
木材・木製品製品	.523	.561	.711	.671	.628	.688
家具・装備品製品	.015	.568	.653	.445	.523	.602
パルプ・紙・紙製品	.619	.707	.754	.629	.724	.839
出版・印刷	.589	.662	.632	.839	.814	.703
化学工業	.500	.563	.692	.676	.721	.761
石油・石炭製品	.744	.575	.590	.668	.754	.746
プラスチック製品	.196	.516	.570	.297	.509	.687
ゴム製品製造業	.644	.257	.606	.293	.410	.554
なめし革・同製品	.011	.434	.330	.724	.731	.673
窯業・土石製品	.742	.730	.627	.611	.638	.704
鉄鋼業	.645	.700	.717	.610	.574	.785
非鉄金属製造業	.684	.495	.745	.542	.562	.632
金属製品製造業	.577	.614	.606	.574	.589	.667
一般機械器具製造業	.489	.496	.660	.660	.737	.847
電気機械器具製造業	.464	.670	.638	.661	.518	.743
輸送機械器具製造業	.446	.638	.693	.757	.671	.820
精密機械器具製造業	.179	.534	.532	.403	.587	.695
その他の製造業	.153	.453	.615	.496	.689	.710
金融・保険業	.714	.493	.457			
不動産業		.109	.001			
運送業	.332	.431	.523			
通信業	.407	.076	.247			
電気・ガス・熱	.418	.321	.607			
サービス業	.178	.279	.351			
公務	.513	.273	.502			

一方、倉庫業からの発生貨物は他地域への発生量が総発生量の1%に満たないため、全て自地域からの発生と仮定する。倉庫業に関しては倉庫業法<sup>15)</sup>に定められている取扱い商品と昭和60年全国産業連関表のV表の比率を用いて各産業別に配分する。小売業は他の産業に比べて流動範囲が狭く発生流動量も比較的少ないのでここでは無視する。

b) 3日純流動U表の修正

荷受人業種が小売業と外国であるものはそれぞれ自地域内、地域外に分類する。荷受人業種が卸売業と倉庫業であるものは、投入された商品が中間消費者、最終消費者へ再投入されるに際し商品の行先が他産業からの投入と同様であるとする。そこで流動量を発地域の商品別に集計し、商品の投入パターンで配分する。

式(19)~(21)に従って物流ベースのSNA型地域間産業連関表を作成する。作成された表の部門数は業種で38、商品で55となった。最後に、金額ベースのSNA型地域間産業連関表と比較するために9地域を東北、関東、その他全国の3地域に統合した。

(3) 金額ベースのSNA型地域間産業連関表の単位変換

昭和60年の輸入価格表は商品ごとに取引量(トン単位)と価格(千円単位)が与えられている。輸入価格表を金額ベースのSNA型地域間産業連関表の分類に従って統合し、単位換算表を作成した。商品分類は農林水産業から製造業までをカバーしている。作成した単位換算表を用いて金額ベースのSNA型地域間産業連関表の単位を金額単位から重量単位に変換した。

(4) 比較のための統合処理

物流ベースのSNA型地域間産業連関表は金額ベースのSNA型地域間産業連関表に比べ部門分類が粗いため、比較が可能ないように2表の部門を統合した。その結果、商品分類が33部門、産出産業分類(V表の行数)は30部門、投入産業分類(U表の列数)が37部門となった。また、各地域間ごとの産業別、商品別比較はそれぞれ

れ該当するデータ数が極めて少なくなりサンプルとしての信頼性が落ちるため、投入・産出構造を考慮してODをグルーピングして統計的に検討を行った。表一六に示すように東北のU表の産業別比較を例に挙げると、全国から東北の産業に投入される流動量を1つのグループとしてまとめた。つまり、東北→東北、関東→東北、その他全国→東北の3つのU表の要素の産業別の和をとり1つのデータセットとするわけである。同様に、U表の商品別比較では東北から全国への商品の流動量を着

表一八 適合度検定結果（産業別）

	u1	u2	u3	v1	v2	v3
1%で棄却されない	28	31	32	23	25	26
5%で棄却されない	3	0	0	0	0	0
5%で棄却される	4	5	4	3	1	1
比較可能データ数	35	36	36	26	26	27

地を無差別として1つのグループとしてまとめた。V表も同様である。

(5) 分析結果

a) 産業別の評価

表一七は産業別にみたU表、V表の相関係数を示している。この表よりV表の相関は一部産業を除いて比較的高い相関を示していることが分かる。これは対角要素が大きいためと考えられる。U表は特に東北着の相関が低い。これは他地域と比較して相対的に貨物量が少ないため、今後地域分割を小さくした場合に手法の改良が必要となることを示唆している。サービス部門の相関は極めて低いが、これは物流自体が少ないため問題はないと思われる。金属鉱業、石炭・亜鉛、原油・天然ガスは相関が低い。これらの産業は国内における生産量が少なくほとんど輸入に頼っているために国内における取引量が少ない。産業連関表の中間投入、最終需要は輸移入を含んだ値であり、物流では国内発データであるため含まれない。したがって、こうした産業の適合度は当然低くなる。空欄はデータサンプル数が不十分な産業を示す。

表一八は適合度検定の結果を示している。U表については有意水準5%で棄却された産業が4, 5, 4部門であった。V表に関しては3, 1, 1部門と非常に少ない。相関が低いことは、データの性格からして物流予測に関してはやむを得ないと考える。相関と比較して適合度検定が良い結果を示したのは式(22)による標準化の影響と考える。

b) 商品別の評価

表一九は商品別にみたU表、V表の相関係数を示している。V表については全体的に相関がよい。U表については石炭・亜炭、原油・天然ガス、化学肥料、輸送機械の相関が良くない。これらのほとんどは輸出入関連産業であり、幹線貨物純流動調査が国内産業の発地ベースの調査であることに根本的原因があると考えられる。地域別にみると東北のU表の相関が良くなかった。

表一十は適合度検定の結果を示している。U表に関し有意水準5%で棄却された産業は3, 5, 1部門であり、V表においてはゼロであった。U表、V表共に良好な推計結果だといえる。

表一九 商品別の相関係数

部 門 名	u1	u2	u3	v1	v2	v3
耕種農業	.530	.597	.636	.909	.890	.961
畜産	.624	.821	.598	.947	.923	.965
林業	.633	.563	.771	.948	.985	.992
漁業	.462	.632	.566		1.00	.997
金属鉱物	.806	.784	.649		.572	.835
非金属鉱物	.556	.468	.682	.697	.706	.816
石炭・亜炭	.794	.354	.691			
原油・天然ガス	.331	.173	.705			
食料品	.788	.616	.733	.861	.842	.910
飲料	.405	.759	.676	.963	.798	.799
飼料・有機質肥	.788	.468	.753	.850	.902	.929
繊維製品	.431	.629	.668	.721	.726	.783
紙・パルプ	.546	.734	.695	.706	.908	.809
化学肥料	.099	.156	.048	.919	.877	.847
化学基礎・中間製品	.277	.722	.756	.605	.752	.724
合成樹脂	.457	.737	.627	.692	.744	.726
化学最終製品	.365	.615	.609	.610	.650	.629
石油製品	.487	.658	.678	.754	.726	.702
石炭製品	.491	.302	.350	.719	.842	.805
その他の製造工業品	.103	.609	.575	.702	.775	.767
ガラス・ガラス製品	.316	.681	.781	.654	.741	.779
セメント・同製品	.849	.586	.553	.692	.776	.638
その他の窯業品	.398	.508	.656	.632	.729	.720
鉄鋼	.660	.761	.770	.785	.860	.904
非鉄金属	.513	.664	.648	.785	.780	.694
金属製品	.441	.657	.705	.767	.815	.908
産業機械	.495	.606	.717	.750	.610	.869
電気機械	.462	.667	.640	.755	.785	.848
自動車	.304	.579	.751	.579	.564	.655
輸送機械	.258	.123	.330	.731	.530	.644
その他の機械	.546	.745	.496	.692	.676	.806
日用品	.511	.670	.757	.629	.617	.734
製材・木製品	.542	.541	.507	.747	.762	.707

表一十 適合度検定結果（商品別）

	u1	u2	u3	v1	v2	v3
1%で棄却されない	30	28	32	29	31	31
5%で棄却されない	0	0	0	0	0	0
5%で棄却される	3	5	1	0	0	0
比較可能データ数	33	33	33	29	31	31

4. 結 論

本研究では地域間SNA型貨物流動予測モデルの開発として、地域間産業連関表から金額ベースのSNA型地域間産業連関表を、全国貨物純流動調査データから物流ベースのSNA型地域間産業連関表をそれぞれ作成し、その2つの表の比較分析を行った。その結果、相関係数の低さに代表される問題点は多々指摘できるが経済データを物流に換算するという大胆な試みとしては、SNAの枠組みが有効に機能したと考える。したがって、本分析の結果は金額ベースのSNA型地域間産業連関表を地域間SNA型物流予測モデルに利用するための第一近似解を与えているといえる。しかし、比較に用いた純流動



データの信頼性が必ずしも高くないこと、経済データと物流データは産業間によっては取引の構造上の不一致点が存在することから産業別調整が求められること等、多々の問題が存在する。

本研究の推計上の問題点に関しては以下のような課題が指摘できる。

- ① 金額から重量への変換に際し、当初産業連関表の付帯物量表を使用しようとしたが、物量表は部門数が少なく物量の単位が多様であるために輸入価格表に変更した。しかし、この輸入価格は通関実績を基にしており、当然生産価格とはかなり異なり、多くの商品に問題があるため、生産者価格を直接推計する必要がある。
- ② 金額ベースの表を物流ベースの表に接近させるため輸出入構造修正、環境セクターを考慮した、物量保存型 SNA 物流連関表の作成が必要とされる。

#### 参 考 文 献

- 1) Polenske, K. R. : An Empirical Test of Interregional Input-Output Models : Estimation of 1963 Japanese Production, *American Economic Review* 60, pp.76~82, 1970.
- 2) 経済企画庁経済研究所国民所得部：新国民経済計算の体系—国際連合の新しい国際基準—, 1974.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) W. I. Morrison and R. G. Thumann : A Lagrangian Multiplier Approach to the Solution of a Special Constrained Matrix Problem, *Journal of Regional Science*, Vol.20, No.3, 2980.
- 6) Jan Oosterhaven : A Family of Square and Rectangular Interregional Input-Output Tables and Models, *Region Science and Urban Economics*, Vol.14, 1984.
- 7) 稲村 肇・須田 薫：地域間 SNA 型物流予測モデルの開発, 土木学会論文集, No. 431, pp. 41~46, 1991.
- 8) 安藤朝夫：稲村 肇・須田 薫共著“地域間 SNA 型物流予測モデルの開発”への討論, 土木学会論文集, No. 449, pp. 235~238, 1992.
- 9) 鹿島 茂 他：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, pp. 465~472, 1989.
- 10) W. I. Morrison and P. Smith : Nonsurvey Input-Output Techniques at the Small Area Level : An Evaluation, *Journal of Regional Science*, Vol.14, No.1, 1974.
- 11) 通産省：昭和 60 年地域間産業連関表（作成報告書，取引基本表），1990.
- 12) 総務庁：昭和 60 年産業連関係数（2），1985.
- 13) 運輸省：全国貨物純流動調査報告書，1990.
- 14) 財団法人海事産業研究所：国際貨物輸送を中心とした新しい産業連関表の作成，1988.
- 15) 運輸六法「倉庫業」

(1993. 6. 30 受付)

## A NUMERICAL ANALYSIS OF THE INTER-REGIONAL FREIGHT FLOW BASED ON A RECTANGULAR MODELLING

Hajime INAMURA, Tetsuya HAYASAKA, Yoshiyuki TOKUNAGA and Hiroshi SUDA

A rectangular inter-regional input-output model is discussed in this paper which is expected to realize more accurate prediction of inter-regional freight flow than the others, since it deals the inter-industry transaction by commodity. A rectangular inter-regional input-output table is determined by using a part of the national rectangular input-output table, i.e. V table, and the inter-regional input-output tables. A rectangular type of the inter-regional freight flow table, on the other hand, is prepared by using the freight flow CENSUS in 1990. The metric ton based inter-regional freight flow is, then converted to the value based trade table with the commodity prices. The purpose of the paper is an evaluation of the accuracy of the rectangular inter-regional input-output table comparing with the real freight flow. The result showed that there are significant mismatches of transaction, however, the method can still be used for the inter-regional freight flow forecasting.