

産業間の連関性と空間的な価格均衡を考慮した 物資流動モデル構築の試み

溝上章志*

本研究は、従来、パーソントリップの需要予測に関する研究成果の適用が一般的であった地域間物流需要の予測モデルに対して、地域間産業連関と空間価格均衡の分析フレームに基づく新たな物資流動モデルの試案を提示する。さらに、全国貨物純流動調査などの実際のデータを用いて提案したモデルの実証的な検討を行い、その実用可能性を検証したものである。

Key Words : freight demands, Input-Output analysis, spatial price equilibrium

1. はじめに

物資流動とは、ある生産者の産出した生産物が他の生産者へ中間財として輸送されたり、それを投入して生産された製品が製造業者から卸売りや小売りへ輸送されたり、小売りから家計へ商品として配送されるなど、物資が生産活動や商取引活動の中で種々の産業間を地域間で移動する一連の流れである。また、①移動単位や記録尺度の不定性、②品目の多様性、③移動過程での荷姿の変化、④移動目的の多様性、⑤移動サイクルの多様性などの点で、人の移動であるパーソントリップとは異なる特性¹⁾を持つ。にもかかわらず、従来の物流需要予測に関する調査研究では、その特性が比較的明瞭であるパーソントリップの需要予測に関する研究成果を適用するのが一般的であった²⁾。しかし、その需要予測モデルは、できるだけ経済理論に整合し、産業や経済構造、立地の変化などにも対応できるような分析フレームに基づくのが本質的と考えられる。特に、同一の財であっても地域により生産価格が異なることによって地域相互に流動が生じるような場合には、このような分析フレームを物資流動需要予測モデルに導入する意義は大きい。

上述した物資流動の本質的性質を明示的に表現する一つの試みとして、本研究では地域間産業連関と空間価格均衡の分析フレームに基づいた物資流動需要予測モデルを提案し、実用化に向けて考慮すべきデータや補完的モデル、およびモデルの推定例について概説する。

2. 従来の研究と提案するモデルの概要

近年、パーソントリップ需要の調査分析法とは異なる視点から物流需要予測モデルを構築した研究がいくつかある。鹿島³⁾は貨物需要の発生単位を物流施設として物

流施設相互間の物流連関表を作成し、施設相互の連鎖性を考慮した物流需要の予測手法を提案した。しかし、このモデルでは物資の地域間移動は予測できないし、物流誘発係数が固定であるため将来予測に適用可能かどうかは定かでない。運輸経済研究センターは、全国貨物純流動調査データをもとに地域間の品類別流動を表す金銭表示貨物地域流動表⁴⁾、および全国産業連関表をベースとして産業間の物資流動を表す物流産業連関表⁵⁾を作成している。これらは現況の産業連関表や全国貨物純流動調査から得られるデータを地域間の品類別流動量や産業間貨物流動量へ変換する方法を示したもので、物資流動の持つ本質にかなり接近したものと評価できる。稲村ら⁶⁾は、商品のフローを産業部門分類とは独立に取り扱うことのできる新 SNA 産業連関表の考え方をういた地域間物流予測モデルを提案している。このモデルは産業間の物資移動を商品レベルで扱うことを可能としており、今後実際のデータを用いた検証が進めば実用に供すると思われる。

一方で、Samuelson⁷⁾やTakayama & Judge⁸⁾らにより、経済活動における市場を隔てる空間を経済モデルの中に導入した空間価格均衡 (Spatial Price Equilibrium) モデルが開発された。従来の空間価格均衡モデルに関する研究は、主として1財2地域を対象にして輸送コストを考慮した価格に地域差がある場合にのみ交易が生じるという確定論的相補条件を満足するような地域間交易の数学的定式化と均衡解の解法を主要課題としてきた^{9),10)}。近年、この種のモデルは物流施設や交通網などの輸送システムをネットワークで表現することによってネットワーク均衡モデルと統合され、Harker¹¹⁾らによってさらに高度に展開されているが、いずれにせよ、現実の地域間物流需要を対象にモデルを適用した例はほとんど見られない。これらの詳細なレビューと展望については他に譲ることとする^{12),13)}。

* 正会員 工博 九州東海大学助教授 工学部土木工学科
(〒862 熊本市渡鹿9丁目1-1)

本研究では、①生産量、生産価格、地域間交易パターンを変数とし、それらがすべての産業間で相互依存関係にあり、各財の需給均衡が成立するという一般均衡分析の枠組みの下にモデルは構築される。②幾つかの欠損や不備はあるものの、全国を対象として地域間物流量を直接的に把握できるデータは純流動調査データであり、これと既存統計データとを有効に活用した実用的物流需要予測法の開発をめざす。そのために、③利用可能なデータの信頼性やモデルの適用可能性を考慮して、各部分モデルの定式化においては実用的な意義を高めることに主眼をおく。これによって、経済学的理論を意識しつつ、実用性を重視した新たな物流需要予測モデルの一試案を提示する。

①の課題については、地域間産業連関分析フレームの中で市場を構成する全ての産業業種の産出する生産物の価格と出荷量（総産出量に等しいと仮定する）の均衡解を得る地域間産業業種間物流需要予測モデルを構築する。地域間産業間の物資のフローはチェネリー＝モーゼス型地域間産業連関表の枠組みを用いて表現され、量についての需給均衡条件はこれにより満足される。通常の地域間産業連関表では価格は与件、投入係数は固定であるのに対して、本モデルでは以下に示すようなメカニズムによって財の総産出量と生産価格が完全競争市場のもとでの均衡値として得られる構造になる。生産価格の変化は入荷（需要）ゾーンにおける原材料の購入価格を変化させるから、各産業業種の最適生産行動の結果である最適な投入要素入荷（投入）量に変化して地域投入係数が変化する（図-1（a）参照）。同時に地域間交易係数も変化（図-1（b）参照）して各ゾーン別の総需要量が決まる。このとき、すべての財について利潤=0となるように生産価格が調整されるとともに、産業連関分析の枠組みより需給均衡は満足され、市場はクリアな状態となる。この均衡メカニズムにより、最終需要に対する総出荷量と生産地ベースの生産価格とを求めるものである。この概念はEcheniqueらの開発した汎用的土地利用・交通統合モデルMEPLAN¹⁴⁾でも導入されており、その他、地域経済学におけるいくつかの地域計量モデル¹⁵⁾にも見られるが、現実の地域間物流需要予測を主題にしたものはあまりないようである。

全国規模の産業間の物資流動量を把握するために利用可能なデータとしては、全国貨物純流動調査しかない。通産省が作成している金額ベースの地域間産業連関表を利用する手もあるが、これは全国貨物純流動調査データなどを基礎データとして二次的に作成されているのであるから、物流需要を取り扱うのであればオリジナルなデータを直接的に使用の方が誤差が少なく、合理的であると考えられる。一方で、地域間物流需要予測に地域間産業連関の分析フレームを適用するためには産業業種

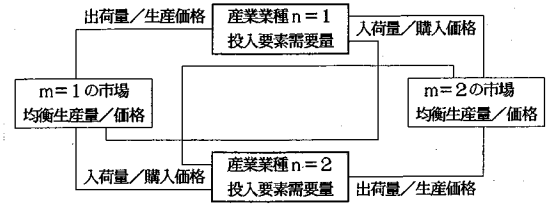


図-1 (a) 価格均衡フレームの概念図

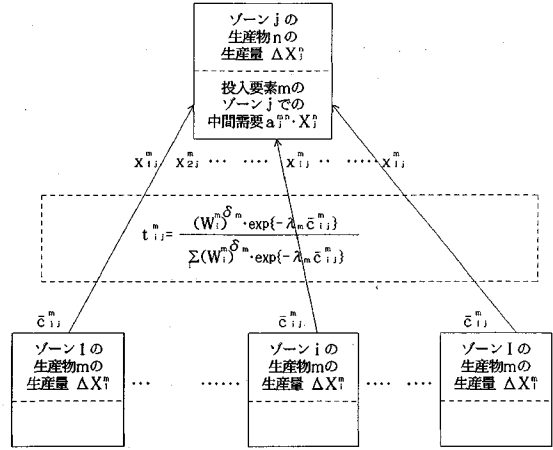


図-1 (b) 地域間産業業種間連関の概念図

や地域の適切な分類などを必要とする。また、出荷量の季節変動が大きい産業業種では出荷先の産業業種や出荷量などが把握できないなど、全国貨物純流動調査はモデル特定化のためのデータとしていくつかの不備や欠損がある。そこで、提案するモデルのフレームと整合させながら既存統計データを有効に結合してモデル推定のためのデータベースを作成することを試みる。最後に、1985年のデータを用いて部分モデルを特定化し、トータルテストを実行して提案モデルの現況再現性を検討することによって、課題②と③の検証を行った。

3. 地域間産業業種間物資流動モデル

(1) モデルの構成

モデルの構成を図-2に沿って説明する。まず、各産業業種の総出荷量と生産価格の均衡メカニズムにおける各ステップの働きを概説し、均衡値の計算プロセスについては次節で述べる。変数の添字は、 m, n が発、着（入荷）産業業種を、 i, j が発、着ゾーンを表す。なお、 $m=M+1$ は付加価値としての労働力である。また、各産業業種は唯一の生産物しか産出しないとする。

①産業業種の行動と最適入荷量

各企業は財の生産量と投入要素の購入パターンとを同時に決定するという最適戦略をとり、その行動をグラビティタイプのモデルで定式化するような研究も見られる¹⁶⁾。しかし、ここでは財の交易パターンはロジット型

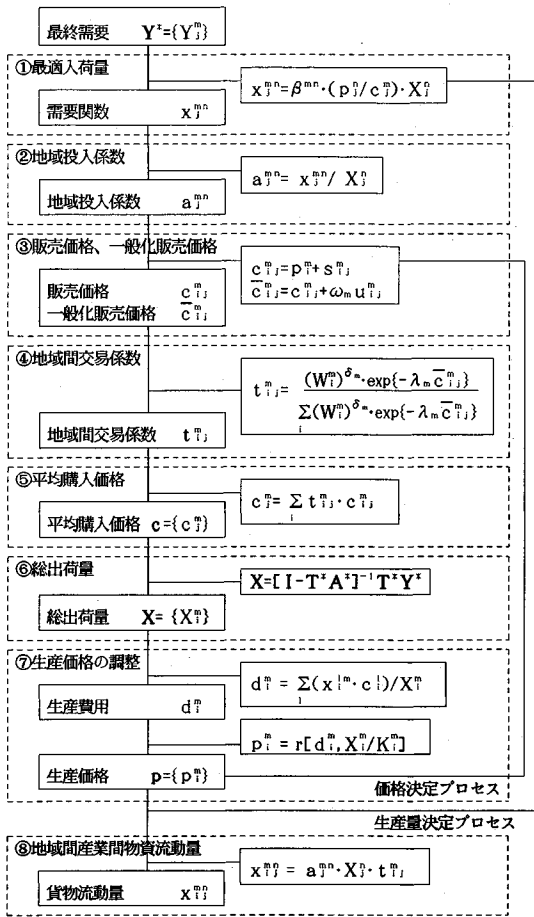


図-2 モデルの構造

の地域間交易係数モデルより確率的に決定され、中間要素の最適投入量は、別途、生産地における企業の利潤最大化行動から確定的に決定されるという逐次的な構造をモデル化することにした。

産業業種 n は生産価格 $p = \{p_i^m\}$ と投入要素価格 $c = \{c_i^m\}$ 、および労働賃金 c^{M+1} が所与のとき、均衡時の総出荷量 $X = \{X_i^m\}$ を出荷するという条件下で利潤最大となるような業種 m からの最適入荷量 $X = \{x_j^{mn}\}$ と労働投入 $x_j^{M+1,n}$ を決定する。この行動は Cobb-Douglas 型生産関数と線形の費用関数を仮定したとき、以下の最適化問題で表現できる。

$$\max : \pi_j^n = p_j^n X_j^n - \sum_m x_j^{mn} c_i^m \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{s. t. } \beta^{0n} \prod_m (x_j^{mn})^{\beta^{mn}} = X_j^n \dots\dots\dots (2)$$

$$(\text{ただし } \sum_m \beta^{mn} = 1)$$

この最適化問題を解くことにより、投入要素 m の最適な入荷量 x_j^{mn} と労働投入量は以下のように表される。

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

ここでは生産関数として規範的な一次同次の Cobb-Douglas 型を用いているが、適合性の向上をめざす場合にはより汎用性を有する CES 型やトランスログ型などの生産関数を用いるのが適切であろう。以下の導出はそれに応じて修正されるが、基本的には全く同じ手続きを経るのみである。

②地域投入係数

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 と労働の投入係数 a_j^{mn} は

$$a_j^{mn} = x_j^{mn} / X_j^n \dots\dots\dots (4)$$

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と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 ゾーンの m 産業業種によって産出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、出荷ゾーン i での生産価格 p_i^m と ij 間の輸送費 s_{ij}^m との和

$$c_{ij}^m = p_i^m + s_{ij}^m \dots\dots\dots (5)$$

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、

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

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

従来型の確定論的な空間価格均衡モデルにおいては限界利潤が正のゾーンからのみ財の購入が行われ、それに応じて地域間交易パターンは内生的に決定される。ここでは、市場に関する不完全な情報や財の観測不可能な非価格的要素の存在などのために、生産業種 n の中間投入要素 m の購入は、誤差項を含む一般化費用の大きさによってすべての代替的ゾーンからロジットモデルに従って確率的になされると仮定する。

ゾーン j で入荷する産業業種 m の生産物総量のうちで i ゾーンから入荷する量 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 、およびゾーン i に固有のポテンシャル、たとえば選択肢集計化法によりゾーン単位で小ゾーン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モデルで表すことができよう。

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

この値をチェネリー=モーゼス型地域間産業連関表という地域間交易係数と考える。

⑤平均購入価格

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

$$c_j^m = \sum_i (\text{Prob}[x_{ij}^m] \cdot c_{ij}^m) = \sum_i (t_{ij}^m \cdot c_{ij}^m) \dots\dots\dots (8)$$

て p_i^m だけを求め、その後で X_i^m を修正する簡易的な方法を説明する。

k 回目の反復計算から得られる各変数値を添字^(k)をつけて表すと、 $X_i^{m(k)}$ に対して、式 (11) より

$$p_i^{m(k)} = r \left\{ \sum (x_i^{m(k)} \cdot c_i^{(k)}) / X_i^{m(k)}, X_i^{m(k)} / K_i^m \right\} \dots \dots (13)$$

が得られる。未知の変数は $p_i^{m(k)}$ と $c_i^{m(k)}$ であるが、式 (5) と (8) より

$$c_i^{(k)} = \sum \{ \text{Prob}[x_i^{l(k)}] \cdot (p_l^{(k)} + s_{li}) \} \dots \dots (14)$$

であるから、最終的には $p_i^{m(k)}$ だけが未知数となる。これを上式に代入すると

$$p_i^{m(k)} = r \left\{ \sum (x_i^{m(k)} \cdot \sum \{ \text{Prob}[x_i^{l(k)}] \cdot (p_l^{(k)} + s_{li}) \}) / X_i^{m(k)}, X_i^{m(k)} / K_i^m \right\} \dots \dots (15)$$

となる。式 (13) が線形であれば、式 (15) は $p_i^{m(k)}$ ($m=1, \dots, M, i=1, \dots, I$) を変数とする $I \times M$ 元線形連立方程式であるから容易に解ける。また、簡易的には $X_i^{m(k)}$ に対して式 (13) と式 (14) を $p_i^{m(k)}$ が収束するまで交互に解けばよい。以上を①~⑦の収束計算を行う中で実行することによって、地域 i における生産物 m の生産価格 p_i^m と総出荷量 X_i^m の同時均衡解を得る。

均衡解の存在を解析的に証明するのは困難である。しかし、地域投入係数や購入価格が各収束段階で順次、変化するものの、 X_i^m を固定して p_i^m を求めるプロセスは産業連関分析における価格決定モデルであり、 p_i^m を固定して X_i^m を求めるプロセスは生産量決定モデルに相当することから、直感的に解は収束すると考えられる。

4. データ収集とモデル推定

(1) 全国貨物純流動調査と連関表の枠組み

全国ベースでの貨物流動を純流動の形で計測した調査としては、全国貨物純流動調査がある。この調査は産業業種間の貨物の移動をダイレクトに物量ベースで把握しており、地域間流動量に関する信頼性は比較的高いと言われている。このときの入荷量と出荷量は、投入要素需要量と生産物の産出量とみなすことができるから、純流動調査から得られる地域間産業業種間物資流動量は本研究の分析フレームである物資の地域間産業連関を与えると考えてよい。そこで、これを年間の地域間産業業種間物資流動量 x_{ij}^{mn} の基本データとする。

純流動調査ではゾーンは県単位に、産業業種は日本標準産業分類に沿って 61 に分類されている。しかし、後述するように純流動調査データの欠損を補完するために用いる地域産業連関表など、他の統計データとの整合性の理由から、ここでは地域を 9 (沖縄を除く 8 地域で、関東は東京・神奈川とその他に分割)、産業業種を 29 に分類し直した。そのうち、中間需要業種は 26 業種、最終需要業種は金融・保険業やサービス業などを一つの産

入荷 (産出) 出荷 (投入)	中間業種																最終業種		輸出 (総出荷量)
	1 農業	2 鉱業	3...	16	17...	24	25 倉庫業	26 小売	27 地3	28 家計	29								
1 農業																			X_1^1
2 鉱業																			X_2^1
3																			X_3^1
...																			\vdots
16																	0		X_{16}^1
17																			X_{17}^1
...																			\vdots
24																			X_{24}^1
25 倉庫業																	0		X_{25}^1
26 小売業	0	0			0			0				0				0			X_{26}^1
27 労働力																			X_{27}^1

図-3 連関表の枠組み

業業種として再分類したものと、仮想的に設定した家計の 2 業種である。このとき、家計は小売りのみから物資を入荷する構造にする。今回は簡単のため輸入については取り扱っていない。以上のようにして構成された連関表の枠組みは図-3 に示すようなオープンモデルとなる。分析対象年は 1985 年である。

(2) データ収集とデータベース作成

部分モデルを特定化するのに必要となるデータは、図-4 で 2 次データとして示したものである。これらのデータの収集とモデル推定のためのデータベースの作成について以下で述べる。

① 地域間産業業種間年間物資流動量

純流動調査では、年間輸送傾向調査 (年間調査) と、3 日間流動調査 (3 日間調査) が実施されており、年間調査から年間発地域別発産業業種別出荷量 X_i^m を、3 日間調査から 3 日間の出荷貨物 1 件について発地域別発産業業種別の着地域別着産業業種別移動量 f_{ij}^{mn} を得ることができる。 x_{ij}^{mn} を得るには基本的には f_{ij}^{mn} を年間ベースに換算すればよい。しかし、3 日間調査は農業など出荷量の季節変動が大きい業種についてはなされておらず、小売業については入荷だけが調査対象である。一方、年間調査では、着産業が不明であることや総出荷量のうちの着県別配分比が厳密でないなどの理由で、 x_{ij}^{mn} を調査データから直接集計することができない。そこで、以下のような手順でこの値を推計する。

農業以外の産業業種については、 f_{ij}^{mn} を先験値として年間周辺分布に一致するようにフレーター法により x_{ij}^{mn} を推定することを試みる。このとき、発地域別産業業種別の年間周辺分布には年間調査からの集計値 X_i^m を用いられよすが、着側については年間周辺分布 X_j^n が得られないために x_{ij}^{mn} は一意に定まらない。そこで、全国 of 全産業業種による総出荷量 $\sum_i \sum_m X_i^m$ に対する j 地域 n 産業業種への年間出荷比率は 3 日間のそれと等しいと仮定し、

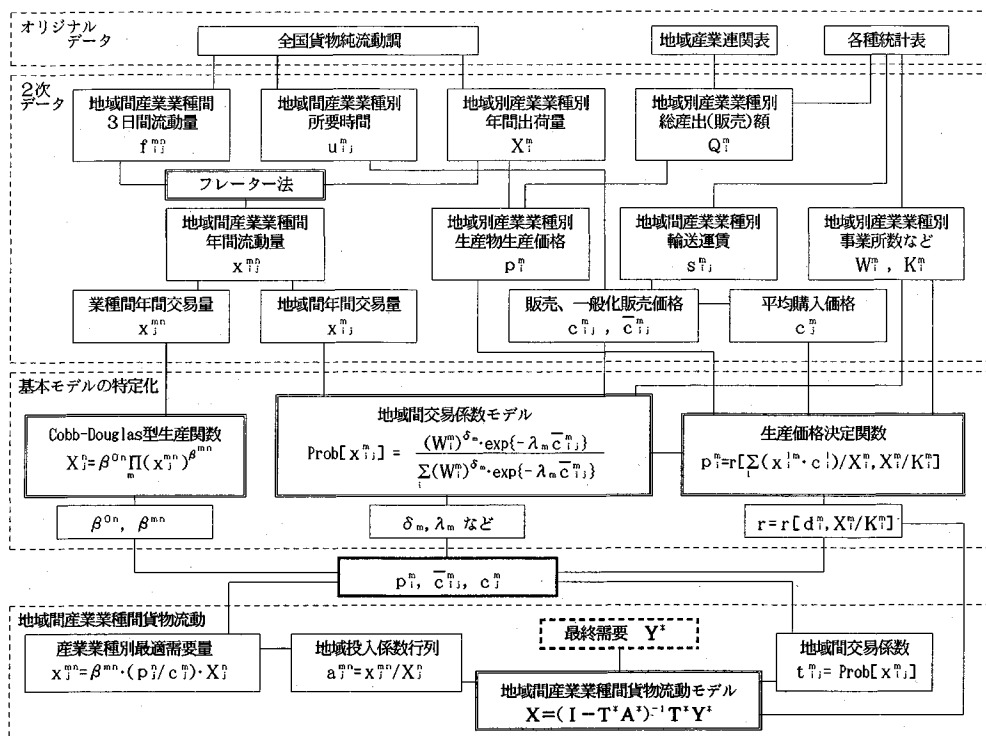


図-4 データベースの作成と基本モデルの推定フロー

$$X_j^n = (\sum_i \sum_m X_{ij}^m) \cdot (\sum_i \sum_m f_{ij}^{mn} / \sum_j \sum_m \sum_n f_{ij}^{mn}) \dots (16)$$

により着側の周辺分布を与えることにした。

農業については先に述べた理由で f_{ij}^{mn} が未知であるためフレーター法が適用できない。そこで、地域産業連関表を用いて、農業の地域間移入・移出額より農業生産物の ij 地域間移動比率を、農業から他産業への投入額より着 j 地域における農業生産物の n 産業業種への投入比率を求め、これらの積で i 地域で産出された農業生産物の j 地域 n 産業業種への出荷比率 e_{ij}^{mn} を求めた。これより、農業から n 産業業種への ij 地域間年間流動量 x_{ij}^{mn} は

$$x_{ij}^{mn} = e_{ij}^{mn} \cdot X_i^m \dots (17)$$

より得ることができる。ここでは産業業種 m はすべて農業である。

②地域別産業業種別生産価格

物資流動の基本的単位は品目であるが、ここではそれらを複数生産している産業業種を単位としている。また、たとえ各産業業種の生産する全ての品目が分ったとしても、個々の生産価格を市場データから直接的に知することは困難である。そこで、工業、商業統計表などから得られる i 地域 m 産業業種の総産出（販売）額 Q_i^m を総出荷量 X_i^m で除した規範的価格を p_i^m として用いる。

③地域間産業業種別輸送運賃

1988年貨物運賃と各種料金表の基本料金表にある単

位重量当りの距離別料金をデータとして、運賃の輸送距離による回帰式を求めた。これに、別途求めた地域間距離を代入することによって地域間産業業種別輸送運賃 s_{ij}^m を算出した。地域間産業業種別輸送時間 u_{ij}^m には3日間調査から得られる輸送時間の単純平均値を用いた。

④地域別産業業種別ポテンシャル指標

式(7)の地域間取引係数モデルでは地域を選択肢としているが、本来、 m の購入先選択肢は個々の事業所である。ロジットモデルにより集計化された地域に対する選択確率を定式化する場合、個々の事業所を地域ごとにグルーピングして一つの選択肢とする選択肢集計化法がよく用いられる。この方法は、地域内にある W_i^m 軒の事業所が等しい特性値を持つと仮定すると、 j 地域で m 産業業種の生産物を i 地域から入荷する確率が式(7)で定式化できるというものである。そこで、地域別産業業種別ポテンシャル指標 W_i^m として i 地域 m 産業業種の事業所数を用いた。これらのデータは工業、および商業統計表より得ることができる。ただし林業や倉庫業については事業所数に関する統計がないため、従業者数を用いた。

⑤地域別産業業種別生産要素量

K_i^m には i 地域における m 産業業種の労働や土地、資本などの生産要素の上限値を用いるのが適切であると考えられる。しかし、これらに相当するデータをすべて得るのは容易でないことから、その代理指標としてここで

表一 地域間交易係数モデルの推定例

説明変数	産業業種(n)		製造業		卸売業		倉庫業	小売業
	農業	鉱業	食・飲・飼	非鉄金属	繊維品	化学製品		
定数項	-2.625	-0.124	-2.782	0.375	-3.064	0.863	-3.185	-2.899
生産価格 (-λ _m)	-4.238 (2.492)	-151.383 (1.98)	-6.176 (0.75)	-7.218 (2.17)	-0.004 (2.34)	-0.422 (2.35)	-89.142 (0.59)	-0.002 (0.37)
輸送費用 (-λ _m μ _m)	-0.822 (4.81)	-3.099 (7.73)	-1.893 (16.02)	-0.786 (3.12)	-0.199 (7.91)	-0.814 (7.95)	-1.959 (12.17)	-0.621 (7.73)
輸送時間 (-λ _m ω _m)				-0.895 (2.82)	-0.024 (0.10)	-1.970 (1.26)	-0.121 (0.76)	
ポテンシャル (δ _m)	1.245 (6.01)	0.386 (1.03)	1.642 (8.12)	0.548 (2.01)	1.232 (4.00)	2.344 (3.63)	0.715 (5.35)	0.501 (1.05)
F値	12.02	14.12	75.02	29.42	16.42	23.88	68.80	13.35
重回帰係数	0.835	0.895	0.965	0.937	0.904	0.949	0.965	0.874

注) 効用関数には着地域ゲーム変数を導入しているが、紙面の都合上、パラメータ推定値は省略する。

表二 Cobb-Douglas 型生産関数の推定例

投入産業業種(n)	産出産業業種(n)	農業	鉱業	製造業		卸売業		倉庫業	小売業	
				食・飲・飼料	非鉄金属	繊維品	化学製品			
1 農 業	0.622E-01	0.245E-01	0.532E-01	0.134E-01	0.390E-02	0.120E+00	0.367E-01	0.648E-03		
2 鉱 業	0.844E-04	0.276E+00	0.280E-03	0.751E-02		0.130E-14		0.109E-02		
製 造 業	3 食・飲・飼料	0.229E+00	0.816E-03	0.428E+00	0.130E-03	0.323E-06	0.134E-01	0.864E-01	0.116E-01	
	4 繊維品	0.353E-03	0.156E-02	0.445E-03	0.467E-02	0.188E-01	0.230E-02	0.225E-01	0.287E-02	
	5 木材・木製品	0.264E-01	0.770E-02	0.373E-03	0.747E-02	0.468E-06	0.157E-02	0.557E-02	0.133E-02	
	6 パルプ・紙・印刷	0.379E-01	0.300E-02	0.493E-01	0.636E-02	0.232E-04	0.957E-03	0.119E-01	0.411E-02	
	7 化学工業	0.244E-01	0.572E-02	0.234E-01	0.185E-01	0.113E-03	0.287E+00	0.378E-01	0.110E-02	
	8 プラスチック	0.149E-01	0.971E-03	0.126E-01	0.249E-02	0.102E-03	0.409E-01	0.280E-01	0.114E-02	
	9 窯業、土石製品	0.833E-02	0.492E+00	0.260E-01	0.969E-01	0.306E-05	0.637E-01	0.702E-01	0.305E-02	
	10 鉄鋼業	0.189E-02	0.382E-03	0.183E-03	0.164E-01		0.110E-03	0.573E-02	0.153E-03	
	11 非鉄金属		0.461E-02	0.176E-02	0.449E+00		0.640E-02	0.199E-01	0.120E-03	
	12 金属製品	0.858E-03	0.730E-01	0.436E-01	0.483E-01	0.106E-05	0.100E-02	0.466E-02	0.228E-02	
	13 機械・器具	0.103E-01	0.161E-01	0.248E-01	0.280E-01	0.188E-04	0.518E-02	0.210E-01	0.153E-02	
	14 電気機械器具	0.153E-02	0.514E-02	0.458E-02	0.592E-01	0.225E-02	0.446E-02	0.441E+00	0.153E-01	
	15 輸送機器	0.111E-02	0.745E-02	0.164E-03	0.105E-01		0.467E-03	0.365E-01	0.634E-02	
	16 精密機械器具	0.115E-01	0.816E-03	0.457E-01	0.304E-02	0.179E-02	0.562E-01	0.377E-01	0.883E-02	
	卸 売 業	17 繊維品			0.186E-07		0.804E+00	0.130E-14		0.260E+00
		18 化学製品	0.545E-01	0.642E-02	0.923E-02	0.161E+00	0.167E-02	0.367E+00	0.142E-04	0.489E-02
19 輸送機器		0.151E-01	0.863E-01	0.867E-01	0.703E-01	0.197E-04	0.172E-01	0.395E-02	0.602E-01	
20 衣服・日用品				0.491E-03		0.163E+00	0.296E-03		0.407E+00	
21 農産物		0.709E-01		0.399E-01	0.358E-18	0.229E-05	0.130E-14	0.142E-04	0.453E-01	
22 家具・日用品		0.280E-01	0.816E-03	0.397E-01		0.103E-05			0.563E-01	
23 電気機械器具		0.752E-06		0.683E-03		0.101E-03	0.663E-03		0.150E-01	
24 その他商品		0.338E+00	0.111E-02	0.337E-01	0.162E-02	0.182E-03	0.118E-01	0.224E-01	0.511E-01	
25 倉 庫 業	0.868E-03	0.500E-03	0.174E-01	0.179E-02	0.334E-04	0.789E-03	0.226E-01	0.292E-03		
26 小 売 業		0.816E-03	0.112E-01		0.627E-02	0.936E-02	0.696E-01	0.393E-01		

注) 空白部はデータが存在しないために推定不可

は従業者数を用いた。

(3) モデルの推定方法

本モデルであらかじめ特定化しておく部分モデルは、

①地域間交易係数モデル、②生産関数、および、③生産価格決定関数である。それぞれのモデルの推定法について以下に述べる。

①地域間交易係数モデル

産業業種別に、すべてのjについて基準となる一つの入荷先地域選択肢を選び、各選択肢の選択確率と基準選択肢の選択確率との比の対数をとることにより、式(7)を線形回帰式に変換し、これに重回帰分析を適用する。

サンプルは各産業業種別にJ×(I-1)利用できる。モデル推定に必要な説明変数はc_{ij}^mとW_{ij}^mであるが、c_{ij}^mを構成するs_{ij}^mが貨幣タームであるのに対してp_{ij}^mは規範的価格であるため、これらを単純に加えることはできない。そこで、換算パラメータμ_mを導入してc_{ij}^mを

$$c_{ij}^m = p_{ij}^m + \mu_m \cdot s_{ij}^m \dots \dots \dots (18)$$

のように置き換え、μ_mをλ_m、ω_m、δ_mなどと同時に推定する。

②生産関数

本来であれば、現況のx_{ij}^mとX_{ij}ⁿを用いて式(2)の生産関数式のβ^{mnn}を推定するのが妥当である。しかし、任意の産業業種nに対する未知パラメータの数M+1

に対してサンプルは地域数Jだけであり、未知パラメータの数がサンプル数を上回る。そこで、投入要素需要関数式(3)を用いて、nごとに一次同次性を満足するよう、非線形最小二乗法によりβ^{mnn}を推定した。

③生産価格決定関数

式(11)の右辺第1項の実績値を市場データより入手することは難しい。そこで、①で推定されたλ_mを式(19)に代入してc_{ij}^mを求め、式(8)から得られるc_{ij}^mの推計値を用いてこれを計算し、実績値の代わりとする。これとX_{ij}^m、K_{ij}^mを説明変数として重回帰分析を行う。

(4) モデルの推定結果とその考察

地域交易係数モデルの推定例を表一に示す。パラメータの符号は全て論理的であり、いずれの産業業種においても「輸送費用」や「地域ポテンシャル」のパラメータの統計的有意性は高い。倉庫業や小売業などで、「生産価格」にかかるパラメータλ_mが統計的に有意となっていないが、他のパラメータ値を求めるのに必要であることから採用している。全ての産業業種でF値、重回帰係数とも大きく、比較的信頼性の高いモデルが得られているといえよう。

表二には一次同次のCobb-Douglas型生産関数の推定例を示す。いずれの産業についても良好な生産関数を得ることができた。

表-3 生産価格決定関数の推定結果

産業業種		定数項	d ¹	X ^m /K ^m	K ^m	R	F値	
農業	1	0.493E+00	0.287E-01	-0.133E+00		0.79	5.1	
鉱業	2	0.236E+00	0.161E+01	-0.181E-08		0.87	9.1	
製 造 業	3	0.212E+01	0.251E-01	-0.279E-01	0.780E-02	0.42	0.3	
	4	0.132E-01	0.836E-03	-0.264E-01	-0.729E-01	0.90	7.4	
	5	0.182E+00	0.961E-01	-0.545E-03		0.95	25.3	
	6	0.772E+00	0.462E-01	-0.127E+00		0.96	34.6	
	7	-0.174E+00	0.135E+00	-0.171E-03	0.351E-01	0.97	33.7	
	8	0.609E+00	-0.377E-01	-0.845E-02	0.233E-01	0.86	4.8	
	9	0.530E-01	0.151E+00	-0.819E-02		0.92	16.0	
	10	0.246E-01	0.180E-01	-0.524E-04	0.781E-02	0.87	5.2	
	11	0.103E+01	0.526E-01	-0.161E+00		0.99	78.3	
	12	0.321E+00	0.107E-01	-0.276E-02	0.105E-01	0.73	1.9	
	13	0.153E+00	0.334E-01	-0.175E-01	0.325E-01	0.84	4.0	
	14	-0.304E-01	0.147E-01	-0.363E-01		0.83	6.7	
	15	0.565E+00	0.111E+00	-0.419E-03	0.876E-01	0.96	17.8	
	16	0.239E+01	0.502E-01	-0.123E+00		0.91	14.6	
	卸 売 業	17	0.489E+03	0.331E-01	-0.155E+03		0.87	9.5
		18	0.258E+02	0.659E+00	-0.368E+01		0.92	16.2
19		0.961E+01	0.122E-01	-0.955E+00		0.83	6.8	
20		0.134E+03	0.169E+00	-0.315E+02		0.91	13.6	
21		-0.304E-01	0.311E-01	-0.175E-01	0.150E+00	0.83	3.9	
22		-0.465E+00	0.184E+00	0.271E-03	0.606E-01	0.78	2.6	
23		-0.383E+00	0.719E-02	0.485E-03	0.190E+00	0.65	1.2	
24		-0.173E+02	0.552E+00	-0.523E-03	0.245E+01	0.74	2.0	
倉庫業		25	0.209E-01	0.834E-01	-0.243E-02		0.83	6.4
小売業	26	0.324E+03	0.342E-01	-0.201E+03		0.91	15.2	

注) モデルのタイプは以下に示す変数による線形回帰式である。

- 1: $r^m = r[d^m, X^m/K^m]$, 2: $r^m = r[d^m, \ln(X^m/K^m)]$,
 3: $r^m = r[d^m, X^m/K^m, \ln(K^m)]$, 4: $r^m = r[d^m, \ln(X^m/K^m), \ln(K^m)]$

一方、表-3に示す生産価格の決定関数モデルは、後述するトータルテストによるモデル全体の適合性を高めることを最終的な目的としたために、以下のような合理的でないものが採用される結果となった。まず、生産コストのパラメータの値が1.0でなく、本来なら正になると考えられる X^m/K^m のパラメータが負値となるものが多く見られる。これは価格変数が規範的な値であるのが主な理由であり、平均購入価格の算出に地域間交易係数モデルのパラメータ λ_m の推定値を使用していることなども考えられる。しかし、F値、相関係数とも高く統計的信頼性は高いことから、実用性は保証されるであろう。

5. 適合性の検討

(1) 最終需要業種への出荷量の推計

本モデルは、与件値として着地域別に各産業業種から最終需要業種への出荷量と輸出量のベクトル Y^m が必要である。そのうち、すべての産業業種からの輸出量、および家計以外の最終需要業種への出荷量については年間調査データの集計値を用いればよいが、仮想的に設定した家計への出荷量については何らかの方法でこれを推計しておく必要がある。本モデルは家計への出荷はすべて小売業だけから行われる構造にしているが、純流動調査では小売業の出荷量を調査していない。そこで、①小売業は同一地域の家計へ物資の出荷を行うだけで、地域間の流動はなく、②小売業から家計への年間出荷量は、小売業の年間入荷量のうちの(総出荷額)/(総出荷額+商品保有額)の割合である、という実証的にも合理的な仮定をおいた。①の仮定については、商業統計から得られる都道府県別小売業の販売先構成比実績より明かである。また、②の総出荷額と商品保有額は商業統計表より、小売業の年間入荷量は年間調査より得られることから、

小売業から家計への年間出荷量は合理的に推計できる。

(2) 適合性の検討

設定した最終需要業種への総出荷量を外生値としてモデル全体のトータルテストを実行した。収束計算は、総生産量決定プロセスの各繰り返しの中で生産価格決定プロセスを50回繰り返し、前回との相対的誤差が5%を下回った場合に終了させている。トータルテストの結果、総出荷量と生産価格についての推定値の実績値再現性は次のようになった。

$$\text{総出荷量: } Y = 0.5111 X + 84278.$$

$$(R = 0.73, F \text{ 値} = 270.1)$$

$$\text{生産価格: } Y = 1.0342 X + 0.5524.$$

$$(R = 0.92, F \text{ 値} = 1321.7)$$

ここで、 X , Y はそれぞれ実績値、推定値ベクトルを示す。生産価格については、相関係数 (R) , F 値とも高く、 X のパラメータは1.00に等しいという帰無仮説は棄却されないことから、実績再現性は高いといえよう。生産価格の推定精度は高いにもかかわらず、総出荷量は過小推定される結果となった。これは、トータルテストの中で地域投入係数が過小に設定されているためであるが、その原因は地域投入係数算出の元になる式(3)の β^{mm} の値が小さいためと考えられる。すなわち、かなり厳しい仮定である一次同次のCobb-Douglas型生産関数が制約となって地域投入係数の精度を低下させているためと思われる。

6. おわりに

地域間物資流動需要の予測モデル構築に対して、地域間産業連関と価格均衡の分析フレームを適用した。その中で、総出荷量と生産価格との均衡値を求めるという一般均衡理論などの経済学的理論に基づき、かつ実用可能性を志向した新たなモデルを提案した。本モデルは、①家計などの最終需要は他の経済モデルにより外生的に与えられており、②交通サービスレベルの変化によって産業立地には変化がないなど、オープン、かつ短期均衡のもとでの物流需要予測に適用可能と考えられる。提案したモデルは幾つかの部分モデルで複雑に構成されているものの、総出荷量についてはやや過小に推定されるが、生産価格については推定精度はかなり高いことが現実のデータを用いた実証分析の結果から検証された。

近年の実用的な交通需要予測モデルや土地利用モデルが、当初、他分野の研究成果のアナロジーから出発して、行動分析と均衡理論を統合したモデルに展開されてきたように、物流需要予測モデルもそのような方向に発展するであろうことは疑う余地がないと考えるとき、本モデルはそのきわめて初歩的な一歩となるかもしれない。しかし、本モデルは理論的にも実証的にもまだまだ試案の域を出ていない。まずは、企業の行動原理や厳密な意味

での一般均衡理論などの経済理論との理論的整合性を詳細に検討する必要があるであろう。また、家計の内生化、輸入の取扱い、動学化などへのモデルの拡張も必要であろう。

一方、実証面では、データや部分モデルの精緻化、時間移転可能性の検討など、推定精度の向上と実用可能性の検証をさらに進める必要があることは論を待たない。特に、地域間物流のフローを大きく変化させるような都市間高速道路などの交通施設整備前後への適用を行うことが、予測モデルとしての利用可能性を評価する上で是非とも実行されるべきである。これらは今後の課題としたい。

本論文で用いた実証データは昭和60年全国貨物純流通調査データであり、これをご提供いただいた運輸経済研究センター、日通総研など関係各位に対して深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 新谷洋二：都市内物流に関する調査手法とその問題点，都市計画，No.154，pp.23～29，1988.
- 2) 浅野光行：都市交通計画としての都市内物流の計画課題と計画手法，都市計画，No.154，pp.30～35，1988.
- 3) 鹿島 茂：都市内物流の相互依存性の分析，土木計画学研究・論文集，No.6，pp.265～272，1988.
- 4) 運輸経済研究センター：金額表示貨物地域流動表の作成報告書，1988.
- 5) 運輸経済研究センター：産業連関表による輸送分析に関する調査報告書，1989.
- 6) 稲村肇・須田 潤：地域間SNA型物流予測モデルの開発，土木学会論文集，No.431/IV-15，pp.41～46，1991.
- 7) Samuelson, P.A. : Spatial Price Equilibrium and Linear Programming, American Economic Review, No.42, pp.283～303, 1952.
- 8) Takayama, T. and Judge, G.G. : Spatial and Temporal Price and Allocation Models, North-Holland, Amsterdam, 1971.
- 9) Brocker, J. : Interregional trade and economic integration, a partial equilibrium analysis, Regional and Urban Economics, Vol.18, pp.261～281, 1988.
- 10) Batten, D.F. and Westin, L. : Modelling Commodity Flows on Trade Networks; Retrospect and Prospect, New Frontiers in Regional Science, Macmillan, 1990.
- 11) Harker, P.T. : Predicting Intercity Freight Flows, VNU Science Press, 1987.
- 12) 宮城俊彦：一般化交通均衡問題の定式化とその計算法に関する研究，平成元年度科学研究費補助金研究成果報告書，1989.
- 13) Batten, D.F. : Combinational Trade Modelling : retrospect and prospect, Proc. of JSCE, No.440/IV-16, pp.1～11, 1992.
- 14) Macial Echenique & Partners Ltd. : MEPLAN Users Manual, 1986.
- 15) K.Sasaki, M.Shinmei and S.Kunihisa : Multi regional model with endogenous price system for evaluating road construction projects, Environment and Planning A, Vol.19, pp.1093～1114, 1987.
- 16) Harker, P.T. : Dispersed spatial price equilibrium, Environment and Planning A, Vol.20, pp.353～368, 1988.
- 17) 森杉壽芳・大野栄治・松浦郁雄：地価を内生化した住宅立地モデル，地域学研究，第18巻，pp.205～225，1988.
(1993.4.22 受付)

AN INTERREGIONAL TRADES MODEL IN CONSIDERATION OF INPUT-OUTPUT AND PRICE EQUILIBRIUM

Shoshi MIZOKAMI

A development of the demands forecasting method for interregional trades becomes to be one of the important subjects on not only urban land-use and transportation planning but also environment management. Because the freight demands is the spatial flows of goods between activity factors resulting from production and consumption activities, we have to propose a demands forecasting model based on the framework which can represent this mechanism explicitly. The first aim of this study is to develop a demands forecasting model for interregional trades based on frameworks both of Input-Output and spatial price equilibrium. The second one is to show a database system for model estimation procedure by using only existing survey data.