

輸送コストの変化に伴う 地域間産業間物流需要の分析モデル

溝上章志¹・柿本竜治²・竹林秀基³

¹正会員 工学博士 熊本大学教授 工学部環境システム工学科 (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)

²正会員 博士(学術) 熊本大学助教授 工学部環境システム工学科 (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)

³修士(工学) 国土交通省河川局河川計画課 (〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3)

本研究は、全国貨物純流動調査データに基づいて、実用に供する地域間産業間物流の需要予測モデルを構築することを主目的とする。提案したモデルは、空間的一般均衡理論に整合させるだけでなく、土地と一般財を消費する家計を生産化した準クロードモデルに拡張されている。さらに、輸送政策評価を操作的にするために、輸送コストを政策変数として付加価値項に配置している点が特徴である。これによって、幹線道路整備などによる地域間の貨物輸送コストや輸送時間の改善が及ぼす効果を家計の消費者余剰の変化として計測することを可能にした。このモデルを用いて、中央集中化と地方分散化という2つの都市間高速道路整備施策に対する地域別帰属便益の変化についてのFSを行った結果が報告される。

Key Words: freight demand, inter-regional and inter-industrial I/O, general 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、生産や商品取引などの経済活動の中で種々の産業間を地域間で移動する一連の物資の流れである。したがって、その需要分析モデルは経済理論に整合し、できれば産業や経済の構造変化、立地変動などにも対応できるような分析フレームを用いるのが適切と考えられる。特に、同一の財であっても地域により生産価格に差があったり、都市間高速道路整備によって輸送コストが改善したりして地域間・産業間の財の流動に変化が生じる場合の物資流動需要の分析、およびその経済便益の計測を行う場合には有効であろう。地域間産業間の物流需要に関する研究の動向とそれぞれの研究の特徴については参考文献1)などに詳しいのでそれを参照されたい。

このような物資流動の性質を明示的に表現するために、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地域間物資流動需要の分析モデルを構築する。著者らは全国貨物純流動調査データを用いた物量ベースの地域間産業間物資流動モデル¹⁾を提案した。このモデルでは、家計を最終需要の一部門として外生的に取り扱い、企業の生産する中間財の最適投入量とその地域間交易パターン、および生産価格を求めるオープンモデルであった。また、企業の総出荷量が生産能力より大きい場合や企業の需要する労働サービスがそれを供給する世帯数を超過する場合に、生産価格を調整する実用的な関数を導入するなど、一般均衡理論に厳密には整合していないなどの問

題点があった。本モデルも同様に全国貨物純流動調査データを基礎にし、地域間産業間物流の需要予測モデルとして実用に供することを主目的として構築する。その上で、1)できる限り空間的一般均衡理論に整合させるだけでなく、2)土地と一般財を消費する家計を生産化した準クロードモデルに拡張している。さらに、3)輸送政策評価を操作的にするために、家計の投入する土地だけでなく、輸送コストを政策変数として付加価値項に配置している点が特徴である。4)これによって、幹線道路整備などによる地域間の貨物輸送コストや輸送時間の改善が及ぼす効果を家計の消費者余剰の変化として計測することを可能にしている。

以下、2章では地域間産業間物資流動需要の予測モデルを定式化する。3章では部分モデル推定のための原データの収集と加工法を詳述した後、各部分モデルの推定結果を示す。4章では、中央集中化と地方分散化という2つの都市間高速道路整備施策に対する地域別総生産量と地域別帰属便益の変化についてのFSの結果を報告する。

2. 地域間物資流動モデルの定式化

本モデルには、図-1に示すように、経済主体として企業 ($m=1,2,\dots,M-2$) と小売業 ($m=M-1$)、および家計 ($m=M$) が、市場としてはこれらの生産する財と労働の市場、および家計だけが投入する土地市場を仮定する。以下では、1)これらの主体の行動、2)地代、および3)産出体系と価格体系の均衡条件について述べる。変数の添字は m, n が発着産業種を、 i, j ($=1,2,\dots,I$) が発着地域を表す。なお、

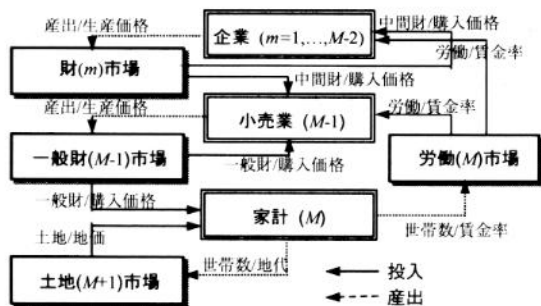


図-1 経済主体と市場、投入/産出の関係

各産業業種は唯一の生産物しか産出せず、どの地域においても同質の生産物を産出すると仮定している。また、ここでの定式化は通常の投入/産出分析で用いられる金額ベースではなく、全国貨物純流動調査から得られる物量ベースのデータを用いることを想定したものになっていることに注意を要する。

(1) 各主体の行動

a) 企業の行動

企業が財を生産する際に投入する中間財の最適投入量は、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。このときの交易パターンは、後述するロジット型の地域間交易係数モデルによって確率的に決定されるという段階的な構造を仮定して、以下に各企業の行動をモデル化する。まず、産業業種 n は、生産価格 $\mathbf{p} = \{p_j^n\}$ と投入要素の平均購入価格 $\mathbf{c} = \{c_j^m\}$ が所与のとき、均衡時の総出荷量 $\mathbf{X} = \{X_j^n\}$ を出荷するという条件の下で利潤最大となるような産業業種 m ($=1, 2, \dots, M-1$) からの中間投入量 x_j^{mn} と家計からの労働 x_j^{Mn} を決定する。ここで、企業の生産関数は規模に関する収穫不変の Cobb-Douglas 型、費用関数は線形と仮定すると、この行動は以下の最適化問題で表現できる。

$$\max: \pi_j^n = p_j^n X_j^n - \sum_{m=1}^M x_j^{mn} c_j^m \quad (1)$$

$$\text{s.t. } \prod_{m=1}^M (x_j^{mn})^{\beta^{mn}} = X_j^n \quad (2)$$

ただし、 $\sum_{m=1}^M \beta^{mn} = 1$ とする。この最適化問題を解くことにより、投入要素 m の最適入荷量 x_j^{mn} は以下のように表される。

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

したがって、地域 j における産業業種 n が 1 単位だけ生産するのに必要な産業業種 m の投入量は

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

である。これは地域投入係数に相当する。

b) 輸送業者の行動

地域 i の産業業種 m によって産出される 1 単位の生産物を地域 j で入荷する際の購入価格 c_{ij}^m は、地域 i での生産価格 p_i^m に地域 ij 間の単位輸送マージン s_{ij}^m を加えた以下の式で表すことができる。

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

また、地域 i の産業業種 m によって産出される 1 単位の生産物を地域 j で入荷するのに、ここでは企業とは区分された輸送業が存在すると仮定する。彼らは、輸送マージン s_{ij}^m を操作することができる一般均衡分析の内部には含まれない外生的な産業業種とし、地域 i から入荷する量 x_{ij}^m の比率 t_{ij}^m を以下のロジットモデルで決定するとする。

$$t_{ij}^m = \text{Prob}[x_{ij}^m] = \frac{(W_i^m)^{\delta_m} \exp(-\lambda_m \bar{c}_{ij}^m)}{\sum_i (W_i^m)^{\delta_m} \exp(-\lambda_m \bar{c}_{ij}^m)} \quad (6)$$

ここで、 $\bar{c}_{ij}^m$ は

$$\bar{c}_{ij}^m = c_{ij}^m + \omega_m u_{ij}^m = p_i^m + s_{ij}^m + \omega_m u_{ij}^m \quad (7)$$

であり、購入価格 c_{ij}^m とその非価格要素 u_{ij}^m 、例えば輸送時間などを含む一般化購入価格である。 ω_m は輸送業者の時間価値のような価格換算パラメータである。また、 W_i^m は地域 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地域単位で小地域を集計化したことによって得られる地域ポテンシャルである。

式(6)は地域間交易係数に相当する。これより、地域 j における平均購入価格 c_j^m は、地域間交易係数 t_{ij}^m を確率とする購入価格 c_{ij}^m の期待値

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

で表される。

c) 家計の行動

家計 (M) は産出した労働の価格である所得 p_j^N を土地 ($m=M+1$) と一般財 ($m=M-1$) の消費に使用するとき、予算制約下で効用最大化となる土地と一般財の需要量を決定する。しかし、式(9)に示すような一次同次の Cobb-Douglas 型効用関数を仮定した場合、家計は得た収入を一定の比で一般財と土地に当てることになり、短期的にも土地の需要量が大きく変化することになる。本モデルでは一世帯あたりの土地の消費量 x_j^{M+1} / X_j^N は短期には変化しないものとし、家計は一般財だけを最大化することによって効用最大化を図ると仮定する。ただし、便益計測の際、家計の効用関数として以下のものを用いている。

$$U_j^N = (x_j^{M-1,N})^{\alpha_1} \cdot (x_j^{M+1,N})^{\alpha_2} \quad (9)$$

ただし、 $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ を仮定する。

地域 j の世帯数 X_j^N 、賃金 p_j^N 、地代 c_j^{M+1} 、一般財 m の平均購入価格 c_j^m が与えられたとき、家計の予算制約は

$$p_j^N X_j^N = c_j^{M-1} x_j^{M-1,N} + c_j^{M+1} x_j^{M+1,N} \quad (10)$$

であるから、一般財の購入量 $x_j^{M-1,N}$ は

$$x_j^{M-1,N} = (p_j^N X_j^N - c_j^{M+1} x_j^{M+1,N}) / c_j^{M-1} \quad (11)$$

となる。したがって、地域 j における一家計あたりの一般財購入量、つまり一般財の投入係数 $a_j^{M-1,N}$ は以下ようになる。

$$a_j^{M-1,N} = (p_j^N - c_j^{M+1} x_j^{M+1,N} / X_j^N) / c_j^{M-1} \quad (12)$$

(2) 地代

地代については、本物流需要モデルの枠組みとは別に、あらかじめ世帯数 X_i^M と家計所得 p_i^M の関数として住宅地の地価関数を推定しておき、その土地を家計が i 年間で買い取るとして変換された年間返済額が家計の予算制約式(10)を介して一般財の購入量に影響を与える。この際の地価関数の推定、地代の算出方法については、森杉ら²⁾の提案した下記のような宅地の需給均衡モデルから導出される地価関数と地代の算出方法を採用した。

地域 i の可住地面積を K_i^{M+1} 、地域 i の世帯数 X_i^M 、地域 i の 1 世帯当りの所得 p_i^M 、地域 i の社会経済指標を SE_i とすると、地域 i の住宅地地価 R_i^{M+1} は

$$R_i^{M+1} = a_0 + a_1 \frac{X_i^M}{K_i^{M+1}} + a_2 \frac{p_i^M X_i^M}{K_i^{M+1}} + a_3 \frac{SE_i}{K_i^{M+1}} \quad (13)$$

となる。これにより地代 c_i^{M+1} は以下のように表される。

$$c_i^{M+1} = \gamma(t) \cdot R_i^{M+1} \quad (14)$$

$$\gamma(t) = \frac{\xi}{(1+\xi)^t - 1} \quad (15)$$

ここで、 ξ は年間賃金および一般財の年間購入量の変化率を表し、年間所得と一般財購入量の伸び率 ρ と利子率 η によって $1+\xi = (1+\rho)/(1+\eta)$ のように定義される。

このように、地代は地域間産業間物流需要を決定する中間財や労働などの市場とは別に存在する土地市場で決定され、一般均衡モデル内部では地代合計の受け渡しはない構造としている。不在地主を仮定して地代収益を世帯割で世帯に還元した場合、所得水準が上昇する。しかし、一般均衡で決定される各財の価格水準も同率で上昇するため、需要の所得と

価格に関する 0 次同次生からその効果はキャンセルされる。したがって、物流に関しては地代の行方を考慮しなくてもその影響はないと考えて良い。

(3) 均衡条件

a) 産出体系の均衡条件

産出体系の均衡条件とは、物量ベースの産業連関表の行方向の和に関する条件式である。いま、式(4)に示す $\{a_j^{mn}\}$ で構成される小行列

$$\mathbf{A}_j = \begin{pmatrix} a_j^{11} & a_j^{12} & \cdots & a_j^{1n} & \cdots & a_j^{1N} \\ a_j^{21} & & & \vdots & & \vdots \\ \vdots & & & \vdots & & \vdots \\ a_j^{m1} & \cdots & \cdots & a_j^{mn} & \cdots & a_j^{mN} \\ \vdots & & & \vdots & & \vdots \\ a_j^{M1} & \cdots & \cdots & a_j^{Mn} & \cdots & a_j^{MN} \end{pmatrix} \quad (16)$$

を j 番目対角ブロックに持つ以下のような地域投入係数行列 $\mathbf{A}^*$ とする。

$$\mathbf{A}^* = \begin{pmatrix} \mathbf{A}_1 & & & & 0 \\ & \mathbf{A}_2 & & & \\ & & \ddots & & \\ & & & \mathbf{A}_j & \\ 0 & & & & \ddots \\ & & & & & \mathbf{A}_J \end{pmatrix} \quad (17)$$

また、式(7)の $\{t_{ij}^m\}$ で構成される小行列

$$\mathbf{T}_{ij} = \begin{pmatrix} t_{ij}^1 & & & 0 \\ & t_{ij}^2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & t_{ij}^m \\ 0 & & & & \ddots \\ & & & & & t_{ij}^M \end{pmatrix} \quad (18)$$

を (i, j) 要素ブロックに持つ

$$\mathbf{T}^* = \begin{pmatrix} \mathbf{T}_{11} & \mathbf{T}_{12} & \cdots & \mathbf{T}_{1j} & \cdots & \mathbf{T}_{1J} \\ \mathbf{T}_{21} & & & \vdots & & \vdots \\ \vdots & & & \vdots & & \vdots \\ \mathbf{T}_{i1} & \cdots & \cdots & \mathbf{T}_{ij} & \cdots & \mathbf{T}_{iJ} \\ \vdots & & & \vdots & & \vdots \\ \mathbf{T}_{J1} & \cdots & \cdots & \mathbf{T}_{Jj} & \cdots & \mathbf{T}_{JJ} \end{pmatrix} \quad (19)$$

のような地域間交易係数行列を $\mathbf{T}^*$ とする。

入荷地域 j の産業業種 m の生産物に対する最終需要 Y_j^m から成る列ベクトル $\mathbf{Y}_j = (Y_j^1, \dots, Y_j^m, \dots, Y_j^M)$ を j 行目にもつ入荷地域別産業業種別最終需要ベクトルを $\mathbf{Y}^* = (\mathbf{Y}_1, \dots, \mathbf{Y}_j, \dots, \mathbf{Y}_J)$ とする。いま、 $\mathbf{X}_i = (X_i^1, \dots, X_i^m, \dots, X_i^M)$ としたとき、発地域別産業

出荷	入荷	中間需要業種						最終需要	29	総生産量
		1 農業	2 鉱業	3...16 製造業	17...24 卸売業	25 倉庫業	26 小売業	27 家計	28 他	
1 農業								0		X_i^1
2 鉱業								0		X_i^2
3 製造業								0		X_i^3
16										X_i^{16}
17 卸売業								0		X_i^{17}
24										X_i^{24}
25 倉庫業								0		X_i^{25}
26 小売業		0	0	0	0	0			0	X_i^{26}
27 家計								0	0	X_i^{27}
付加価値項		$V_j^n = \left(\sum_i \sum_m x_{ij}^{mn} s_{ij}^m \right) / X_j^n$				0	$V_j^N = c_j^{M+1} \cdot (x_j^{M+1,N} / X_j^N)$			

図-2 産業連関表の枠組み

業種別総出荷列ベクトル $\mathbf{X}^* = (\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_i, \dots, \mathbf{X}_I)^T$ は、

$$\mathbf{X}^* = [\mathbf{I} - \mathbf{T}^* \mathbf{A}^*]^{-1} \mathbf{T}^* \mathbf{Y}^* \quad (20)$$

により求めることができる。これが物量ベースの均衡条件式になる。

b) 価格体系の均衡条件

価格体系の均衡条件式とは、金額ベースの産業連関表の列方向の和に関する条件である。まず、企業 n ($=1, 2, \dots, M-1$) の均衡条件は以下になる。

$$p_j^n X_j^n = \sum_i \sum_m x_{ij}^{mn} p_i^m + \sum_i \sum_m x_{ij}^{mn} s_{ij}^m \quad (21)$$

左辺は地域 j の産業業種 n の総出荷額を表す。右辺の第1項は中間投入財を生産価格で買ったときの総費用を、第2項はこれらの中間投入財を購入するために支払った輸送費用の総額を表している。

一方、家計 ($n=M$) の均衡条件は式(10)の予算制約式がそれに相当する。しかし、家計は一般財を同一地域の小売業からのみマージンなしで購入すると仮定しているので、 $c_j^{M-1} = p_j^{M-1}$ であり、

$$p_j^N X_j^N = p_j^{M-1} X_j^{M-1,N} + c_j^{M+1} X_j^{M+1,N} \quad (22)$$

のように書き換えることができる。これらの両辺を X_j^n で除すと

$$p_j^n = \sum_i \sum_m (x_{ij}^{mn} / X_j^n) \cdot p_i^m + \left(\sum_i \sum_m x_{ij}^{mn} s_{ij}^m \right) / X_j^n \quad (23)$$

$$p_j^N = p_j^{M-1} \cdot (x_j^{M-1,N} / X_j^N) + c_j^{M+1} \cdot (x_j^{M+1,N} / X_j^N) \quad (24)$$

となる。両式の右辺の第2項が付加価値ベクトルに相当し、以後、次のように書く。

$$V_j^n = \left(\sum_i \sum_m x_{ij}^{mn} s_{ij}^m \right) / X_j^n \quad (25)$$

$$V_j^N = c_j^{M+1} \cdot (x_j^{M+1,N} / X_j^N) \quad (26)$$

式(25)は輸送コストに関する項であり、一般均衡分析の内部には含まれない外生的な産業業種である輸送業が操作可能な政策変数と仮定した輸送マージン s_{ij}^m を含んでいる。また、式(26)は別途、地代モデル式(14)から得られる c_j^{M+1} を含む地代項である。両者は、産出体系、および土地市場の均衡が成立している時点では外生変数となり、後述する価格決定モデル式(27)の外生部である $\mathbf{V}^*$ の項に相当するという意味で付加価値項と表現する。

入荷地域 j の産業業種 n に対する付加価値 V_j^n から成る列ベクトル $\mathbf{V}_j = (V_j^1, \dots, V_j^n, \dots, V_j^N)^T$ を j 行目にもつ入荷地域別産業業種別付加価値ベクトルを $\mathbf{V}^* = (\mathbf{V}_1, \dots, \mathbf{V}_j, \dots, \mathbf{V}_J)^T$ とすると、生産価格ベクトルを $\mathbf{P}_i = (p_i^1, \dots, p_i^m, \dots, p_i^M)^T$ としたときの発地域別産業業種別生産価格ベクトル $\mathbf{P}^* = (\mathbf{P}_1, \dots, \mathbf{P}_i, \dots, \mathbf{P}_I)^T$ は次のように表される。

$$\mathbf{P}^* = [\mathbf{I} - (\mathbf{T}^* \mathbf{A}^*)]^{-1} \mathbf{V}^* \quad (27)$$

これが価格ベースでの均衡条件式である。

地域 ij 間 mn 産業業種間の物資流動量 x_{ij}^{mn} は次式で与えられることになる。

$$x_{ij}^{mn} = a_{ij}^{mn} \cdot X_j^n \cdot t_{ij}^m \quad (28)$$

以上によって定式化された本モデルは、概念的には図-2に示すような物量産業連関表の枠組みとなる。ただし、付加価値項については金額ベースで表現した。金額表はこの物量表に生産価格を乗じることによって作成される。

(4) 均衡解の計算プロセス

本研究のモデルを用いて現況再現性の検証や輸送時間短縮効果の計測を行う時には、上記の産出体系と価格体系の均衡条件を同時に満たす財の量と価格を求める必要がある。ここでは、均衡解を求めるための計算フローを図-3に沿って説明する。まず、

Step-1: 初期値として生産価格 P^0 を与え、
Step-2: それに輸送費を加えた1単位当たりの購入価格 c_{ij}^m と一般化購入価格 $\bar{c}_{ij}^m$ を、それぞれ式(5)、(6)より求める。

Step-3: 一般化購入価格を用いて、式(7)より地域間交易係数行列 T^* を求める。

Step-4: 式(7)より1単位当たりの平均購入価格 c_j^m は地域間交易係数と購入価格の積和として求める。

Step-5: 得られている生産関数パラメータ、生産価格、平均購入価格を用いて、式(4)より各企業の地域投入係数行列 A^* を求める。ただし、この時点では家計の一般財の投入係数 $a_j^{M-1,N}$ は求まっていないので、適切な初期値を与えておく。

Step-6: 地域投入係数行列 A^* と地域間交易係数行列 T^* 、および外生変数である最終需要行列 Y^* を用いて、式(15)より総出荷量 X^* を求める。ここまでは生産価格所与のもとでの総生産量を求めるプロセスとなる。

次に総生産量所与のもとで生産価格を求めるプロセスに入る。まず、
Step-7: 総出荷量と地域投入係数行列、および地域間交易係数行列を用いて地域間産業間物資流動量 x_{ij}^{mn} を求め、企業が中間投入財を購入する時に支払った輸送費用総額を求める。

Step-8: 家計については、総出荷量と同時に求まった世帯数を用いて、地価関数モデル式(13)~(15)により、地価 R_i^{M+1} と地代 c_i^{M+1} を求める。

Step-9: 式(11)、(12)から家計の一般財の消費量 $x_j^{M-1,N}$ と投入係数 $a_j^{M-1,N}$ を求めておく。家計については地代と一世帯当りの土地消費量、企業については輸送費用の総額と総出荷量を用いて、式(25)と(26)より付加価値行列 V^* を作る。

Step-10: 地域投入係数行列 A^* 、地域間交易係数行列 T^* 、および付加価値行列 V^* を用いて、式(27)より生産価格 P^* を求める。ここまでの、総生産量所与のもとでの均衡価格の決定プロセスである。

Step-11: 生産価格を更新し、総生産量を求めるプロセスにもどる。このループを総生産量と生産価格が

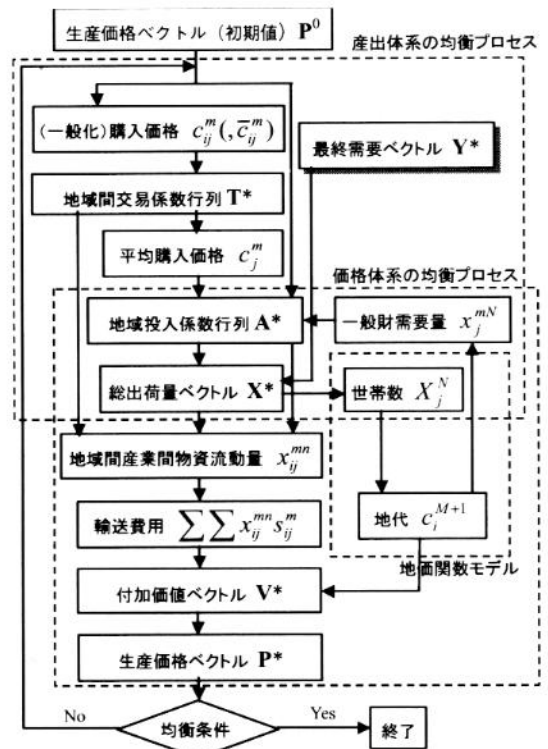


図-3 均衡解の計算プロセス

ともに収束するまで繰り返すことにより、一般均衡解を得る。

Step-12: 地域間産業間物資流動量は式(28)より求められる。

3. データの収集・作成と部分モデルの推定

(1) データの収集と作成

a) 全国貨物純流動調査について

全国ベースでの貨物流動を純流動の形で計測する調査としては、全国貨物純流動調査がある。この調査は地域間産業業種間の貨物移動量を物量ベースでダイレクトに把握しており、地域間流動量に関する信頼性は比較的高いといわれている。入荷量と出荷量は投入要素需要量と生産物産出量に対応しているから、全国貨物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もよい。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。

全国貨物純流動調査には年間輸送傾向調査と3日間流動調査（以下では、それぞれ年間調査、3日間調査と記す）がある。年間調査から年間発地域別発産業業種別出荷量 X_j^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 日間調査で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、小売業に関しては入荷のみが調査対象となっている。一方、年間調査では、着業種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的に集計することができない。さらに、本研究で用いた 1990 年調査データからは年間調査の対象となる産業から農業が除外されているため、全国貨物純流動調査からは農業に関する貨物流動量の実態は全く把握できない状況となっている。

全国貨物純流動調査では、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を図るために、ここでは地域を 8 (沖縄を除く 8 地域)、産業業種を 29 に分類し直した。そのうち、中間需要業種は 27 産業業種 (1~26 部門が企業で、27 部門が家計)、最終需要業種は金融・保険業、サービス業、輸出などを 1 つの産業業種 (28 部門) として再分類した。この時、家計は同一地域の小売業のみから一般財だけを購入し、労働力を産出する中間業種として内生化している。また、小売業は同一地域の小売業、家計、最終需要業種のみに出荷する。輸出が 29 部門である。今回は簡単のために政府と輸入は取り扱っていないが、これらの部門を含むように拡張することは可能である。

b) データ収集とデータベース作成

部分モデルの特定化に必要な原始データの収集とそのデータベース作成方法について述べる。

① 地域間産業業種間年間物資流動量

3 日間調査データより得られる発地域別発産業別の着地域別着産業別物資流動量 f_{ij}^{mn} と年間調査から得られる X_i^m を用いて地域間産業業種間年間物資流動量 x_{ij}^{mn} を求める。1990 年の 3 日間調査では農業と小売業についての出荷先が調査されていないので、以下のような方法で f_{ij}^{mn} を設定する。まず、農業 ($m=1$) と家計 ($m=27$) 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を用いて x_{ij}^{mn} を推定する。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 を用いなければならないが、着側については年間周辺分布 X_j^n が得られないため、一意には決まらない。そこで、全国の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、

$$X_j^n = \left(\sum_i \sum_m X_i^m \right) \cdot \left(\sum_i \sum_m f_{ij}^{mn} / \sum_i \sum_m \sum_n \sum_m f_{ij}^{mn} \right) \quad (29)$$

より着側の周辺分布を与えることにした。

小売業 ($m=26$) の入荷量は全国貨物純流動量調査データから得られるが、出荷先のデータは得られない。そこで、小売業は入荷した中間財をすべて同一地域の小売業、家計、最終需要業種に出荷するものとし、その比率には商業統計表の金額ベースでの出荷比率を用いた。

農業 ($m=1$) については、地域産業連関表の農業の地域間移入・移出額より農業生産物の地域間移動比率を、農業から他産業への投入額より着地域 j 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}^{1n} を算出した。本来であれば、この出荷比率 e_{ij}^{1n} と年間出荷量 X_i^1 の積で地域間年間流動量 x_{ij}^{1n} は求まるが、1990 年の年間調査以降、農業が調査業種の対象から外されたため、地域別の年間出荷量データ X_i^1 を得ることができない。そこで、地域 1 の農業生産品の生産価格 p_i^1 を 1 に基準化することによって、まず、地域産業連関表より得られる地域 1 における農業の年間出荷額 Q_i^1 より年間出荷量 X_i^1 を求める。次に、1985 年の年間調査では調査されている農業の地域別の年間出荷量 X_i^1 の比と、先ほど求めた地域 1 の年間出荷量 X_i^1 を用いて地域別の年間出荷量 X_i^1 を求めた。これにより、農業から n 産業業種への ij 地域間年間流動量は

$$x_{ij}^{1n} = e_{ij}^{1n} X_i^1 \quad (30)$$

より得ることができる。

家計 ($m=27$) が産出する労働力については、産業業種別の就業者人口を用いた。

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かったとしても、ここの生産価格を市場データから直接的に知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。家計の産出物の生産価格である労働賃金 p_i^{27} には、地域 i の家計が土地と一般財の購入に当たった金額 Q_i^{27} を地域 i の総世帯数 X_i^{27} で除したものをを用いた。

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、輸送時間

表一 生産関数の推定結果

	産出産業業種 (n)	鉱業	製造業				卸売業		倉庫業	小売業
			窯業・土石	鉄鋼業	非鉄金属	輸送機械器具	繊維品	衣服・身の回り品		
製 造 業	投入産業業種 (m)									
	1 農 業	0.00E+00	1.99E-03	6.12E-06	3.47E-04	3.23E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.14E-05
	2 鉱 業	5.30E-01	4.39E-01	4.12E-02	3.04E-02	2.61E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.07E-03
	3 食・飲・飼料	0.00E+00	1.15E-06	2.38E-07	0.00E+00	9.17E-05	0.00E+00	0.00E+00	1.16E-02	9.65E-02
	4 繊維・衣服	0.00E+00	0.00E+00	2.49E-07	1.24E-07	4.56E-04	3.97E-01	2.99E-01	2.41E-03	8.55E-03
	5 木材・木製品・家具	0.00E+00	4.65E-06	9.13E-06	7.42E-06	7.30E-05	4.51E-08	2.12E-04	9.82E-05	8.00E-03
	6 パルプ・紙・印刷	2.66E-06	7.47E-06	3.51E-05	1.41E-03	5.93E-03	2.14E-04	4.64E-03	2.93E-03	1.45E-02
	7 化学工業	1.37E-02	4.11E-04	1.70E-02	3.18E-03	2.48E-04	3.15E-03	1.33E-05	1.46E-01	1.09E-02
	8 プラスチック・ゴム	3.31E-06	1.07E-05	7.77E-06	1.08E-03	4.86E-03	4.83E-02	8.37E-02	1.97E-02	6.25E-03
	9 窯業・土石	2.67E-03	2.68E-01	3.03E-02	8.57E-02	1.48E-02	1.86E-06	0.00E+00	1.92E-02	1.28E-02
	10 鉄鋼業	1.50E-04	2.98E-05	1.71E-01	3.27E-04	1.97E-02	0.00E+00	0.00E+00	4.82E-03	6.33E-07
	11 非鉄金属	4.22E-04	2.05E-04	9.32E-04	5.53E-01	3.59E-02	0.00E+00	0.00E+00	4.88E-05	4.69E-05
	12 金属製品	0.00E+00	7.11E-04	1.66E-02	4.37E-03	9.38E-03	3.61E-06	0.00E+00	4.29E-05	3.35E-04
	13 一般機械器具	8.11E-04	2.95E-04	5.69E-02	2.92E-03	3.02E-02	0.00E+00	2.28E-06	1.82E-03	1.15E-03
	14 電気機械器具	1.70E-06	8.61E-06	2.55E-04	2.74E-02	2.17E-02	8.52E-08	1.12E-04	5.64E-03	1.47E-03
	15 輸送機械器具	0.00E+00	3.95E-05	8.80E-03	1.03E-03	7.85E-01	1.52E-07	1.75E-06	9.07E-02	9.09E-03
16 精密機械器具	4.01E-07	4.75E-06	3.17E-05	1.13E-04	5.25E-03	1.92E-04	9.99E-03	1.36E-04	7.30E-03	
卸 売 業	17 繊維品	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.63E-08	4.63E-01	6.64E-02	1.33E-03	1.06E-02
	18 化学製品	8.87E-07	1.14E-04	1.07E-03	1.56E-03	3.88E-03	1.20E-04	8.39E-04	1.07E-05	3.14E-02
	19 鉱物・金属材料	1.32E-02	3.02E-04	5.81E-01	4.18E-02	8.24E-03	1.02E-05	0.00E+00	7.80E-05	1.07E-01
	20 衣服・身の回り品	0.00E+00	0.00E+00	1.31E-07	0.00E+00	1.15E-07	5.36E-02	4.69E-01	1.06E-04	5.35E-02
	21 農・畜・水産物	0.00E+00	0.00E+00	1.66E-06	0.00E+00	8.67E-09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.84E-02
	22 食料・飲料	0.00E+00	0.00E+00	4.40E-09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.24E-03	1.57E-05	9.34E-02
	23 家具・建具・什器	0.00E+00	7.38E-04	2.25E-06	0.00E+00	9.81E-08	1.13E-03	6.39E-04	4.87E-03	5.69E-02
	24 各種商品	0.00E+00	9.95E-05	3.53E-04	1.78E-05	7.59E-03	1.08E-02	1.82E-02	5.57E-05	3.10E-01
	25 倉 庫 業	5.15E-07	9.95E-06	1.92E-04	2.59E-04	1.74E-04	7.62E-04	3.29E-04	2.05E-04	4.05E-04
	26 小 売 業	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.40E-03
	27 家 計 計	4.39E-01	2.88E-01	7.46E-02	2.45E-01	4.58E-02	2.10E-02	4.56E-02	6.88E-01	7.52E-02

の対価を含まない地域間産業業種別単位重量輸送運賃、つまり単位重量輸送マージン s_{ij} が算出される。地域間産業業種別輸送時間 u_{ij}^m には 1990 年の 3 日間調査から得られる輸送時間の単純平均値を用いる。

④地域別産業業種別ポテンシャル指標

式(8)の地域間交易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_j^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(8)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_j^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統計表、商業統計表より得ることができる。

(2) 部分モデルの推定

本モデルであらかじめ特定化しておく部分モデルは、a)生産関数、b)地域間交易係数モデル、c)地価関数、およびd)家計の効用関数である。ここでは、それぞれのモデルの推定方法と推定結果について述べる。

a) 生産関数

本来であれば、 x_{ij}^{mn} と X_j^n の実績値を用いて式(2)

表二 効用関数の推定結果

	パラメータ
一般財 (α_1)	0.667
土地 (α_2)	0.333
Σ	1.0

の生産関数式の β^{mn} 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 ($=27$) に対してサンプルは地域数 J ($=8$) 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 1 次同次の条件下での非線形最小二乗法によって β^{mn} を推定した。

紙面の都合上、主要な産業業種だけの生産関数の推定結果を表一に示す。生産関数の一次同次条件を満足するように推定されており、妥当なものと考えられる。

b) 家計の効用関数

家計の効用を直接計測することはできない。そこで、以下のような予算制約の下での効用最大化問題

$$\max: U_j^N = (x_j^{mN})^{\alpha_1} \cdot (x_j^{M+1,N})^{\alpha_2} \quad (31)$$

$$s.t. p_j^N X_j^N = c_j^m x_j^{mN} + c_j^{M+1} x_j^{M+1,N} \quad (32)$$

ただし、 $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ の解として求まる家計の一般財

表-3 地域間交易係数モデルの推定結果

産業業種 (n) 説明変数	農業	鉱業	製 造 業				卸 売 業		倉庫業
			窯業・土石	鉄鋼業	非鉄金属	輸送機械 器具	繊維品	衣服・身の 回り品	
定数項	-1.711 (-3.759)	-3.479 (-1.609)	-2.445 (-2.22)		-1.584 (-1.635)	-0.927 (-2.909)		-1.661 (-1.705)	-4.925 (-5.087)
生産価格 ($-\lambda_m$)	-0.877 (-2.627)	-4.871 (-0.359)	-1.475 (-1.106)	-0.697 (-2.798)	-0.093 (-2.895)	-0.015 (-1.090)	-0.005 (-1.971)	-0.008 (-1.502)	-8.137 (-2.296)
輸送費用 ($-\lambda_m \mu_m$)	-0.507 (-4.413)	-4.521 (-3.310)	-0.910 (-1.725)	-1.595 (-6.191)	-1.511 (-4.861)	-1.440 (-3.076)	-1.697 (-6.284)	-1.427 (-5.882)	-1.071 (-4.204)
輸送時間 ($-\lambda_m \omega_m$)		0.115 (1.881)	-0.055 (-1.705)		-0.042 (-2.290)	-0.034 (-1.185)			
ポテンシャル (δ_m)	0.881 (3.848)	1.123 (1.204)	1.215 (1.702)		0.666 (1.948)	0.726 (2.495)	1.317 (3.213)	1.717 (4.462)	1.657 (1.858)
地域ダミー 地域 1	0.050 (0.085)	1.738 (0.524)	-0.256 (-0.174)	-3.336 (-2.933)	7.456 (6.217)	0.601 (0.629)	0.979 (0.678)	-1.532 (-1.170)	0.988 (0.831)
地域 2	-0.179 (-0.306)	-0.894 (-0.325)	-0.241 (-0.174)	-3.545 (-2.933)	2.401 (6.217)		-0.699 (-0.594)	-1.154 (-0.853)	2.410 (2.076)
地域 3	0.811 (1.525)	4.210 (1.512)	2.880 (2.266)	-2.083 (-2.169)	1.004 (0.821)	0.857 (0.825)		2.462 (1.866)	2.633 (1.844)
地域 4	-0.416 (-0.500)	1.417 (0.504)	0.890 (0.577)	-2.731 (-2.640)	0.669 (0.571)	-1.217 (-1.297)	-1.734 (-1.664)	0.874 (0.780)	2.195 (1.862)
地域 5	0.733 (1.272)	2.520 (0.899)	1.998 (1.308)	-2.322 (-2.425)	0.463 (0.377)	0.659 (0.739)	-1.611 (-1.343)	1.809 (1.367)	2.045 (1.607)
地域 6	-0.335 (-0.574)	1.406 (0.548)	0.710 (0.553)	-2.653 (-2.602)	1.195 (1.046)	-0.719 (-0.828)		0.549 (0.440)	2.986 (2.174)
地域 7	-0.478 (-0.845)	0.835 (0.302)	-0.897 (-0.620)	-3.273 (-3.247)	-1.399 (-1.111)		-3.203 (-2.733)	-2.012 (-1.677)	0.652 (0.542)
F 値	5.778	1.842	6.101	32.483	13.515	7.656	15.081	8.638	4.221
重相関係数	0.722	0.629	0.757	0.920	0.869	0.778	0.853	0.793	0.666

と土地の需要関数

$$x_j^{mN} = \alpha_1 \cdot (P_j^N / c_j^m) \cdot X_j^N \quad (33)$$

$$x_j^{M+1,N} = \alpha_2 \cdot (P_j^N / c_j^{M+1}) \cdot X_j^N \quad (34)$$

を推定することによって、下記のようにして効用関数を特定化する。家計は労働を産出することによって得た所得をすべて一般財の購入と地代に当てる。土地の消費量には宅地面積を、地価には住宅地価公示を用いた。また、参考文献 2) の実証研究成果にしたがって、 $\gamma(t)$ には $t=30$ 、 $\rho=0.08$ 、 $\eta=0.05$ としたときの $\gamma(30)=0.02$ の値を採用した。一方、一般財の購入量と価格は商業統計表から得ることができる。これらに関する 47 都道府県のデータを用い、 $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ の条件下で、式(5)、(6)による推計値と実績値との残差平方和を最小とする α_1, α_2 を求めた。

家計の効用関数の推定結果を表-2に示す。家計の効用関数も生産関数と同様、一次同次条件を満足するよう推定されている。

c) 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って式(7)を線形回帰式に変換し、これに重回帰分析を適用する。利用可能なサンプル数は各産業業

種別に $J \times (I-1)$ ($8 \times 7 = 56$) である。モデル推定に必要な説明変数は $\bar{c}_{ij}^m$ と W_i^m であるが、 $\bar{c}_{ij}^m$ を定義する s_{ij}^m が貨幣タームであるのに対して p_i^m は規範的価格であるため、これらを単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、

$$c_{ij}^m = p_i^m + \mu_m \cdot s_{ij}^m \quad (35)$$

のように置換え、 μ_m を $\lambda_m, \omega_m, \delta_m$ などと分離せず、これらと同時に推定する。

地域間交易係数モデルの推定結果を表-3に示す。パラメータの符号は論理的であり、いずれの業種においても「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。製造業や卸売業に属する業種では、推定されたモデルのF値、重相関係数値とも大きく、信頼性の高い地域間交易係数モデルが得られている。しかし、農業や鉱業、倉庫業では適合度指標は必ずしも高いとはいえない。これは、これらの産業業種は市場取引の仕組みが明確でないことや年度を超えた在庫調整があることなどが原因と考えられる。

d) 地価関数

式(13)の左辺には全国 47 都道府県の住宅地価公示を用い、右辺の説明変数には地価の決定要因と思われるもののうち統計資料等より収集可能なものを

いくつか取り上げて重回帰分析を適用する。その際 stepwise 法によって説明変数の選択を行った。

地価関数のパラメータ推定結果を次式に示す。括弧内は t 値を示している。すべてのパラメータの t 値は高く、重相関係数も高いことより、適合度の高いモデルが推定されているといえるが、第 2 項の「世帯数」に関する項の符号が論理的でない結果となった。これは、第 3 項との重共線性がある原因の一つと考えられる。しかし、この項は以下の均衡解の計算に必要なので、今回、やむを得ずこのままのモデルを採用する。

$$R_i^{M+1} = 4.181 - 0.0391 \times \frac{X_i^M}{K_i^{M+1}} + 0.000199 \times \frac{p_i^M X_i^M}{K_i^{M+1}} \quad (5.13) \quad (-6.20) \quad (12.4) \quad (\text{重相関係数 } 0.99)$$

4. 交通施設整備の効果分析への適用

(1) 現況再現性の検証

1990 年の全国貨物純流動調査データを集計することによって得られた最終需要行列を用いて、本モデルのトータルテストを行った。均衡計算の収束条件は、総産出量と生産価格ともに前回の繰り返しで得られた値との相対誤差が 5% 以下とした。トータルテストによる総産出量と生産価格についての現況再現性を、実績値と計算値との相関係数、および単回帰の傾きのパラメータで評価した結果を表 4 に示す。総出荷量については、重相関係数は高いものの実績値に比べて過小に推定されている。参考のために、一次同次の制約を課さずに推定された生産関数を用いて総出荷量を推計したところ、高い実績再現性を示した。総出荷量が過小推定されるのは、生産関数が一次同次という制約を満足するように推定しているためと考えられる。一方、生産価格に関しては、重相関係数も高く、単回帰の傾きのパラメータが 1.0 であるという仮説が棄却されないことより、実績再現性は高いといえる。

解の存在を証明するためには、産出量決定モデルでは式(20)の $[I - T^*A^*]$ 、価格決定モデルでは式(27)の $[I - (T^*A^*)']$ が非負の逆行列を持つこと（ホーキンズ・サイモンの定理）を示さなければならないが、本モデルのように、これらが内生的に決まるようなモデルではこの作業は極めて困難である。しかし、数値計算の結果、解が求まったことから実証的には解の存在が証明されたといつて良いだろう。

(2) 交通施設整備の効果分析への適用例

都市間高速道路の整備が行われて地域間輸送時間が短縮された場合、地域別の総生産量と便益にどのような影響が生じるかを本モデルを用いて検討する。ここでは以下の 2 つの相対する高速道路整備施策について検討を行った。

Case-1：第二東名名神高速道路のように、関東地域

表 4 単回帰分析の結果

	相関係数	パラメータ (t 値)
総産出量	0.800	0.243 (21.9)
生産価格	0.998	1.085 (283.)

から関西地域間の二大都市圏間に交通施設整備を行う中央集中化施策

Case-2：北海道地域から関東地域間、九州地域から関西地域間のように、地方から二大都市圏への高速道路整備を行う地方分散化施策

ここでは、両施策ともゾーン間輸送時間が現行よりも 10%、20% 短縮されて、従来の 90%、80% になった場合を想定した試算を行っている。交通施設整備後の均衡解の収束判定についても現況再現と同一の値を用いて整合をとっており、両者から得られた各種出力値の変化率を比較検討することには問題はないと考えられる。ただし、以下の結果は本モデルの感度を考察するものであり、得られた実数の信頼性は今後の詳細な検証を要する。

a) 便益計測モデル

便益計測には等価偏分 (EV) を用いる。便益計測の対象となるのは企業と家計の 2 つの経済主体であるが、均衡状態における企業の利潤は 0 であるから企業の便益は 0 となり、便益の発生する主体は家計のみである。以下では、家計の便益計測モデルを説明する。まず、整備前の地域 j の家計の効用は、

$$U_j = \left(\frac{\alpha_1}{c_j^{M-1,N}} \right)^{\alpha_1} \left(\frac{\alpha_2}{c_j^{M+1,N}} \right)^{\alpha_2} p_j^N X_j^N \quad (36)$$

であるから、整備後（ $\hat{\cdot}$ を付けて表現）の家計の効用は以下ようになる。

$$\hat{U}_j = \left(\frac{\alpha_1}{\hat{c}_j^{M-1,N}} \right)^{\alpha_1} \left(\frac{\alpha_2}{\hat{c}_j^{M+1,N}} \right)^{\alpha_2} \hat{p}_j^N X_j^N \quad (37)$$

$\hat{c}_j^{M-1,N}$ 、 $\hat{c}_j^{M+1,N}$ 、 $\hat{p}_j^N$ は、それぞれ整備後の家計による一般財の購入価格と地代、および家計所得である。ここで、整備前と整備後の効用レベルが同じとなるような整備前の家計の所得の追加的な補償額が等価偏分であるから、一世帯あたりの等価的偏差 EV_j は、

$$EV_j = \left(\frac{c_j^{M-1,N}}{\hat{c}_j^{M-1,N}} \right)^{\alpha_1} \left(\frac{c_j^{M+1,N}}{\hat{c}_j^{M+1,N}} \right)^{\alpha_2} \hat{p}_j^N - p_j^N \quad (38)$$

で求めることができる。式(38)で求めた一世帯あたりの等価偏分 EV_j と世帯数 X_j^N の積が地域 j 全体の便益であり、この値によって交通施設整備の効果を評価する。本モデルでは、不在地主を仮定してはいないものの地代収益を世帯に還元していないために、便益は過小評価される。

b) 交通施設整備の効果

Case-1：関東地域から関西地域間の二大都市圏を結ぶ路線で所要時間が従来の 90%、80%になるような交通施設整備が行われた場合の、地域別全中間産業業種の総出荷量の現況に対する変化率を図-4 に、便益の変化額を図-5 に示す。

総出荷量は関東や中部で増加しているが、便益は中部地域では減少し、関東や関西の二大都市圏での増加が顕著に現れている。これは、所要時間短縮により中部地域からの交易係数が上昇するために、中間投入財の過大な需要が発生し、それに伴い中間投入財の生産量が増加するためと考えられる。この生産量の増加は労働投入量の増加をもたらす、中部地域と関東地域で世帯数が増加している。しかし、世帯数の増加は地価の上昇をもたらす、一般財の購入量が減少して家計の効用は減少する、そのため、関東地域と関西地域の途中に存在する中部地域では家計に負の便益がもたらされたと考えられる。一方、関東地域では人口増加による地価上昇の影響は小さくなく、それ以上に総出荷額の増加に伴う家計所得増加の影響の方が大きかったために便益も増加している。

Case-2：Case-1 と同じように、所要時間が 90%、80%に減少する場合の地域別全中間産業業種の総出荷量の変化率と便益の変化額を図-6 と図-7 に示す。東北、中国および四国で出荷量は増加するものの便益は負となっている。これは Case-1 の場合と同様に、北海道と関東地域の上に位置する東北地域、関西地域と九州地域の上に位置する中・四国地域で総出荷量と世帯数が増加するが、家計の所得、一般財の価格の変化に比べて地価の上昇の影響が大きいため、家計の効用が減少して便益は負になったためと考えられる。逆に、九州と北海道、および中部地域では総生産量はやや減少するものの、便益は増加する。

いずれのケースにおいても、整備路線の途中にある地域では総出荷量は増加するものの便益はやや減少する。逆に整備路線の両端の地域では常に便益は増加する。幾つかの例外的な地域を除いて、輸送時間の改善率が大きいほど便益額も大きい。また、中央集権化施策といえる Case-1 と地方分散化施策といえる Case-2 とでは、後者の方が国内の総便益はより大きいという結果が得られた。

5. おわりに

本研究では、産業間の連関性と地域間の価格均衡の考え方を取り入れた地域間物資流動量モデルを開発することができた。モデルの中では、家計の一般財に対する消費を内生化した、中間財の輸送費用を付加価値のように取り扱うことによって、労働者数と賃金の内生性、および輸送費用の変化に伴う均衡状態を表現できる新たなモデルを開発することができた。総生産量の現況再現性には、やや問題が残って

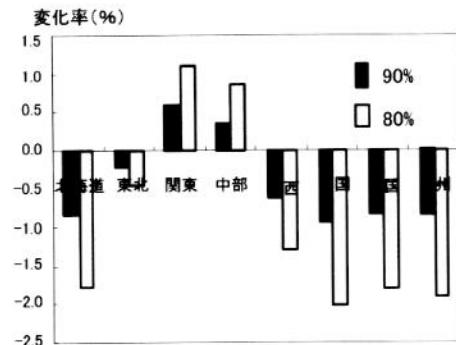


図-4 地域別総出荷量の変化率 (Case-1)

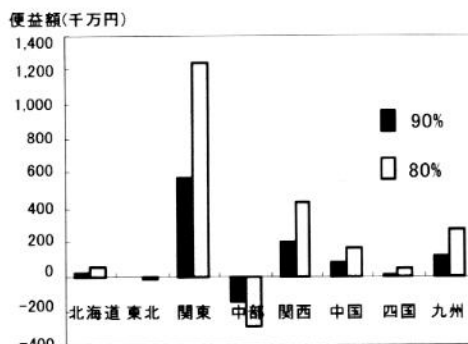


図-5 地域別便益 (Case-1)

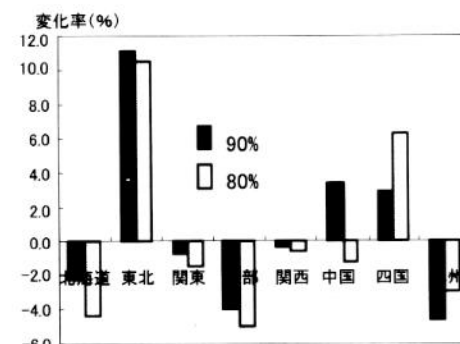


図-6 地域別総出荷量の変化率 (Case-2)

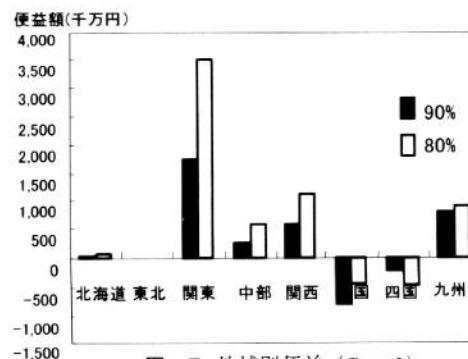


図-7 地域別便益 (Case-2)

いるものの、生産関数の推定法の改良や関数型のCES型への変更などによってこれらの問題は解決されることが考えられる。また、本モデルを用いて交通施設整備による総出荷量の変化や便益の計測を行うことができた。本モデルは高速道路や港湾などの施設整備、輸送サービス水準の改善の効果分析にも適用できるであろう。

今後の課題としては、①生産関数や家計の効用関数の改良と推定法の開発、②家計の行動をより理論的にモデル化することなどが挙げられる。

参考文献

1) 溝上章志：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，土木学会論文集，No.494/IV-24，pp.53-61，1994.

- 2) 森杉壽芳，大野英治，松浦郁雄：地価を内生化した住宅地立地モデル，地域学研究，第18巻，pp.205-225，1988.
- 3) 安藤朝夫：価格差を考慮した多地域計量モデルによる交通基盤整備プロジェクト評価システムの開発，文部省科学研究費補助金研究成果報告書，1996.
- 4) C.ディンウェディ/F.テール，山岡道男訳：コンピュータ時代の経済学入門～2部門経済モデルの一般均衡論～，早稲田大学出版部，1995.
- 5) 財団法人 運輸経済研究センター：1990年全国貨物純流動調査報告書，1992.

(2002.7.18 受付)

A FREIGHT DEMAND MODEL BASED ON THE ANALYTICAL FRAMEWORK OF INATER-REGIONAL AND INTER-INDUSTRIAL LINKAGE

Shoshi MIZOKAMI, Ryuji KAKIMOTO and Hideki TAKEBAYASHI

As an attempt to express the essential characteristics of inter-regional trade, we propose a demand forecasting model based on the analytical frameworks of inter-regional and inter-industry linkage analysis and the spatial price equilibrium model. This model seems to be useful in predicting inter-regional freight demands in conditions of semi-open and middle-term equilibrium. At the same time, we explain the kind of data to be considered for practical use, using a complementary model and an estimation of a model. Furthermore, we show an application results to motorway improvement project in Japan and we verify the applicability of our model.