

空間経済分析のための市区町村間交易マトリクスの推定と関東地域への適用

吉川 光志¹・石倉 智樹²・小根山 裕之³

1非会員 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 都市環境科学専攻 都市基盤環境学域

2正会員 首都大学東京都市環境学部 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

E-mail: iskr@tmu.ac.jp

3正会員 首都大学東京都市環境学部 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

近年、人口減少やインフラ整備などによる経済的影響を分析するための空間経済モデルが著しく発展している。理論面では任意の空間構成単位でのモデル構築は可能だが、わが国でニーズの高い、市区町村単位での分析においては、市区町村単位の交易マトリクスの推定が必要である。

そこで本研究は、都道府県交易マトリクスを基に交易推定モデルを構築し、そのモデルを市区町村間交易推定に援用することで市区町村交易マトリクスの推定を行った。具体的には、Fixed Effect Gravityモデルを用い、各都道府県間の所要時間や地域特性ダミーによる、輸送マージン率との関係を定量的に推定し、関東地域における市区町村間交易額推定に適用した。

Key Words : *Inter-municipality Trade Matrix, Fixed Effect Gravity Model, Spatial Economics*

1. はじめに

近年、人口減少やインフラ整備などによる経済的影響を分析するための空間経済モデルが発展している。理論面では任意の空間構成単位でのモデル構築は可能だが、データの利用可能性が適用時の限界を決定づけている。特に、わが国でニーズの高い、市区町村単位での分析においては、パラメータを決定するための市区町村単位の交易マトリクスが得られないことが障害となっている。

関連する先行研究としては、奥田ら(1998)¹⁾が、全国を207に分割し、フレータ法で交易マトリクスを作成している。地域間産業連関表作成時に交易マトリクスを作成する関係上、西村(2006)²⁾や、山田(2012)³⁾などが、都道府県単位より細かいエリアで交易マトリクスを作成している。

経済データのみから市区町村単位での交易実績を得ることは困難であるので、代替的なデータとして物流のODデータを活用する方法も検討されている。西村(2006)²⁾は、産業連関表を利用して、グラビティ比を用い、山田(2012)³⁾は、重量ベースのOD表を利用し、フレータ法を用いることによって、小池(2012)⁴⁾は、地域間の移出入を表すマトリクスを作成し、物流センサスの貨物重量

ODマトリクスを用いて、フレータ法や二重制約型重力モデルにより市区町村単位での地域間マトリクスを作成している。このように先行研究でも様々な方法論が研究されているが、実データが存在しないため、再現性の検証が困難であるという課題を抱えている。

交易マトリクスの推定を、(基準均衡の)データ作成という観点のみから捉えると、手法の応用可能性、データの入手可能性を踏まえたものであることが望ましい。しかし、得られた交易マトリクスのデータを用いて、特定の種類の空間経済モデルへの適用を考慮している場合には、推定手法と理論モデルの整合性についても認識する必要がある。事実、国際貿易における国境効果や地理的距離の影響を実証する研究⁵⁾においては、厳密な理論展開から得られる貿易モデルにデータを当てはめて、計量経済学的な検証がなされている。

近年の空間経済モデルにおいては、Iceberg型の輸送マージン率を前提として展開される理論モデルが数多く蓄積されている。したがって、冒頭に述べたような空間経済モデルの市区町村単位経済システムへの適用という観点からは、モデルの理論式を踏まえた交易マトリクスの推定、特に輸送マージン率と地域間交易額との関係に焦点をおいた推定手法が望ましい。そこで本研究では、利

用可能なデータが得られやすい都道府県間交易マトリクスを作成し、そのパターンに対して空間経済モデルから導出される理論を適用して、交易と交通抵抗の関係式を推定する。これを基に、市区町村間の交易マトリクスを推定する方法を提案し、山梨県を含む関東地方を対象にデータ作成を試みる。

2. 推定手法

(1) 手法の全体構成

まず、県民経済計算の各都道府県の移出入データと、物流センサスのデータを用いてフレータ法によって都道府県間交易マトリクスを作成する。その後、Fixed Effect Gravity モデルを利用して都道府県間交易のパターンを分析し、市区町村単位の輸送マージン率を算出する。最後に、石倉ら(2013)⁹と同一のモデルを用いて市区町村の生産額を推定し、輸送マージン率のデータと合わせて市区町村の交易マトリクスを作成する。

(2) 都道府県間交易マトリクスの作成

内閣府の県民経済計算の移出入額と、全国貨物純流動調査(物流センサス)の物流データを利用し、県間交易マトリクスを作成する。このうち、移出入額は、輸出入と移出入の合算となっているが、各都道府県の輸出入のデータが得られないため、国民経済計算の全国輸出入計を、各都道府県の移出入額を配分して用いた。そして、物流パターンと交易パターンが同一であると仮定し、フレータ法で交易マトリクスを計算した。

(3) 県間交易についてのFixed Effect Gravityモデル

石倉ら(2013)⁹をはじめとする多くの空間経済モデルでは、地域*i*から地域*j*への交易額は次式のような形(Fixed Effect Gravityモデル)で表される。

$$Q_{ij}=A_i \cdot B_j \cdot \tau_{ij}^{-1-\sigma} \quad (1)$$

ここで、 A_i は生産の固定効果、 B_j は消費の固定効果、 τ_{ij} は*ij*間のアイスバーグ型モデルにおける輸送抵抗、 σ は代替弾力性を表す。(1)式は、

$$\ln(Q_{ij})=\ln(A_i)+\ln(B_j)+\ln(\tau_{ij}^{-1-\sigma}) \quad (2)$$

とあらわせる。ここで、輸送マージン率 τ_{ij} がいかなる要素から構成されるかを、実データを用いて分析する。

海外との貿易の事例であれば、言語や人種などの違いによって交易に抵抗があるという先行研究がされている。しかし、日本国内においては、それらの要素は存在しない。そこで、日本が何らかのエリアに分割されていると想定し、異なるエリア間には抵抗が生じ、同一エリア内の感には抵抗がないという条件を設定して分析を行う必要がある。

本研究では日本を4パターンエリアに分割することで、どの要素が交易に対してどの程度抵抗を示しているのかということ进行分析した。それぞれをダミー変数として設定し、エリアをまたがる場合のみ交易に障害が生じるようにした。エリアの分割は、以下のように行った(図2にも示した)。

Sf 年間降雪量が30cm以上か否か

DA 気象庁の地域区分を利用し、北海道、東北、関東(甲信含む)、北陸、東海、近畿、中国、四国、北九州、南九州の10のエリア

SP 海を超えるかどうかのダミー変数で、北海道・本州・四国・九州の4つ。

EW 気象庁の地域区分で、東日本・西日本の区別

具体的な式は(3)式を想定し、OLSによりパラメータを推定した。

$$\ln(Q_{ij})=\sum_{i=1}^{46}\beta_1(i)+\sum_{j=1}^{46}\beta_2(j)+\gamma\ln(t_{ij})+Sf\delta_{Sf}+DA\delta_{DA}+SP\delta_{SP}+EA\delta_{EA} \quad (3)$$

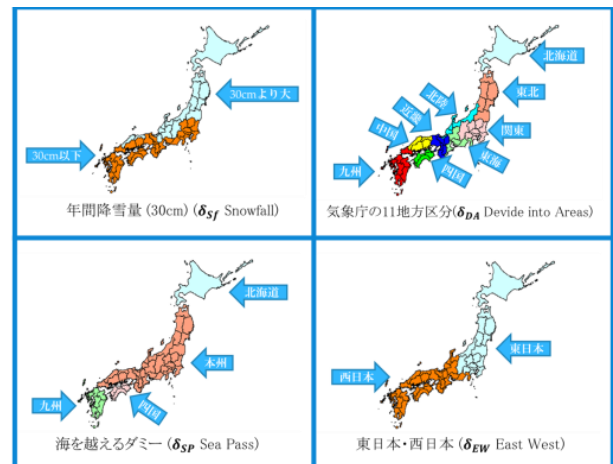


図2 ダミー変数の設定

ただし、

$$a_i = \ln(A_i) \quad (4)$$

$$b_j = \ln(B_j) \quad (5)$$

である。パラメータ推定の結果を表1に示す。所要時間に関する係数(γ)は、有意であることがわかる。

表1 Fixed Effect Gravity モデルの結果

	γ	Sf	DA	SP	EW
	-1.4652	-0.1645	-0.1636	-0.1889	-0.2292
[t value]	[-21.90]	[-3.57]	[-1.74]	[-2.30]	[-3.73]

(3) 市区町村間交易における輸送マージン率

式(3)より、輸送マージン率 τ_{ij} は、

$$\tau_{ij} = \exp((\gamma\ln(t_{ij})+Sf\delta_{Sf}+DA\delta_{DA}+SP\delta_{SP}+EW\delta_{EW})/(1-\sigma)) \quad (6)$$

の式のように得られる。市区町村単位においては、(6)式で用いられているダミー変数はすべて0となるので、(6)式は、

$$\tau_{ij} = \exp((\gamma \ln(t_{ij})) \quad (7)$$

となる。結果を表2に示す。

表2 市区町村輸送マージン率

	水戸市	宇都宮市	前橋市	大宮区	稲毛区	新宿区	神奈川区	甲府市
水戸市	1.000	2.015	2.189	2.120	2.171	2.137	2.180	2.355
宇都宮市	2.015	1.000	2.069	2.080	2.214	2.156	2.220	2.361
前橋市	2.186	2.057	1.000	2.077	2.214	2.116	2.183	2.261
大宮区	2.127	2.073	2.073	1.000	2.002	1.845	1.983	2.203
稲毛区	2.189	2.220	2.217	2.006	1.000	1.909	1.942	2.238
新宿区	2.140	2.146	2.116	1.830	1.897	1.000	1.858	2.120
神奈川区	2.186	2.220	2.183	1.978	1.937	1.852	1.000	2.189
甲府市	2.359	2.363	2.261	2.203	2.236	2.123	2.206	1.000

所要時間が短いところでは、輸送マージン率が小さいことが分かる。

(4) 市区町村間交易マトリクスの推定手法

本研究では石倉ら(2013)⁹⁾による空間経済モデルから導出される交易額、交易財生産額、交易財需要額、輸送マージン率の関係式、および前節で推定した市区町村間の輸送マージン率を用いて、市区町村間交易マトリクスを推定する。石倉ら(2013)⁹⁾では、地域*i*産交易財の地域*j*による需要額すなわち地域間交易額 Q_{ij} は(8)式で表される。

$$Q_{ij} = S_i p_i^{-\sigma} \tau_{ij}^{1-\sigma} \frac{\beta}{\alpha(\sigma-1)} q_j^{\sigma-1} \psi_j^{1-\sigma} E_j \quad (8)$$

ここで、 S_i は地域*i*の交易財生産額を、 E_j は地域*j*の交易財需要額を表す。 p_i は地域*i*での交易財生産地価格、 q_j は地域*j*における交易財需要の価格指数である。他の変数およびパラメータは本研究での展開には無関係となるので、説明を割愛する。地域間交易額を生産地について集計すると、地域別の交易財需要額に等しいため、

$$E_j = \sum_i Q_{ij} \quad (9)$$

の関係が成立する。したがって、式(8)は

$$Q_{ij} = \frac{S_i p_i^{-\sigma} \tau_{ij}^{1-\sigma}}{\sum_i S_i p_i^{-\sigma} \tau_{ij}^{1-\sigma}} \cdot E_j \quad (10)$$

のように、交易財需要額と生産地シェアの積の形式に書き換えることができる。ここで、

$$d_{ij} = \frac{S_i p_i^{-\sigma} \tau_{ij}^{1-\sigma}}{\sum_j S_i p_i^{-\sigma} \tau_{ij}^{1-\sigma}} \quad (11)$$

とおくと、

$$Q_{ij} = d_{ij} E_j \quad (12)$$

であるので、

$$\begin{pmatrix} Q_{11} & \cdots & Q_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Q_{n1} & \cdots & Q_{nn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d_{11} E_1 & \cdots & d_{1n} E_n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{n1} E_1 & \cdots & d_{nn} E_n \end{pmatrix} \quad (13)$$

の関係が成立する。ここでさらに、 d_{ij} を*i*行*j*列要素とする行列

$$\mathbf{D} = \begin{pmatrix} d_{11} & \cdots & d_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{n1} & \cdots & d_{nn} \end{pmatrix} \quad (14)$$

と、 S_i を*i*行要素とする行ベクトル

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} S_1 \\ \vdots \\ S_n \end{pmatrix} \quad (15)$$

および、 E_j を*j*行要素とする行ベクトル

$$\mathbf{E} = \begin{pmatrix} E_1 \\ \vdots \\ E_n \end{pmatrix} \quad (16)$$

を定義する。式(10)の関係より、交易額を需要地について集計すると、生産地における交易財生産額に等しくなければならないので、

$$\mathbf{S} = \mathbf{D} \mathbf{E} \quad (17)$$

の関係が成立する。したがって、

$$\mathbf{E} = \mathbf{D}^{-1} \mathbf{S} \quad (18)$$

となるため、生産地価格 p_i の水準を定め、地域別の交易財生産額 S_i と輸送マージン率 τ_{ij} および代替弾力性 σ が与えられると、交易財需要額 E_j が求められる。さらに、式(10)から地域間交易額 Q_{ij} も導出される。

3. 市区町村間交易マトリクスの推定

一般に、交易財需要額に比べて生産額の方が、地域別データの入手が容易である。しかし、市町村単位で正確なデータを得ることは困難であり、本研究は、交易財生産額は各都道府県・政令市の産業連関表を労働人口で按分することで求め、 τ_{ij} は、先ほど求めた輸送マージン率を使用することで、交易財需要額・交易財生産額を推定した。

対称とする関東地域における、市町村別交易財需要額の推定結果を図3に示す。湾岸地域、東京都・神奈川県などで大きい値が出ていることがわかる。また、市区町村間の交易額推定結果について、一部の市区町村間について抜粋したものを表3に示す。

表3 市区町村間交易財取引額(百万円)

	水戸市	宇都宮市	前橋市	大宮区	稲毛区	新宿区	神奈川区	甲府市
水戸市	1184199	3898.21	1181.84	345.407	572.081	2000.42	706.113	291.432
宇都宮市	2035.98	2012084	1849.1	385.274	451.612	1738.41	565.879	268.403
前橋市	863.676	2691.41	1133346	345.607	398.538	1811.2	579.912	350.502
大宮区	820.802	1864.43	1190.03	184039	733.203	4625.5	1022.47	327.927
稲毛区	727.79	1157.87	747.203	402.073	434801	3915.58	1416.59	327.274
新宿区	755.724	1326.59	960.693	776.779	1159.09	1113814	1783.56	451.745
神奈川区	648.845	1020	756.045	402.363	998.928	4530.59	490634	352.173
甲府市	517.228	919.064	874.574	241.601	435.287	2094.66	628.595	643799

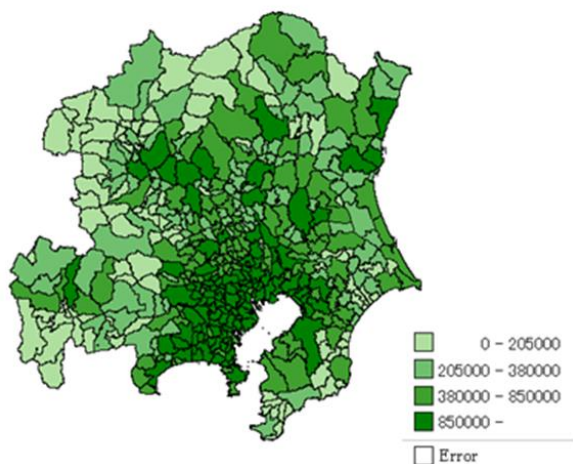


図3 市区町村別交易財需要額推定結果(百万円)

4. おわりに

本研究は、都道府県別産業連関表と物流センサスの県間物流のデータを用いて都道府県間交易マトリクスを作成し、Fixed Effect Gravityモデルによって、地域間の輸送抵抗と輸送マージンの関係を分析した。さらに、得られた輸送マージン推定式を用いて、市区町村間の交易マトリクスを推定した。推定した交易マトリクスはいずれも、東京などの大都市を中心に高い取引額を示し、比較的現実的なデータが推定できたといえる。

一方、市区町村間交易マトリクスについて、都心部より郊外の方が、高い取引額を示すという結果が出力された。面積や職種が異なるために一概には比較できないが、その妥当性については今後検討する。

参考文献

- 1) 奥田隆明, 大久保純一: 生活圏を単位とした地域間産業連関表の推計とその分析, 土木計画学・講演集, No.21(2), 1998.
- 2) 西村一彦: 知多半島地域間産業連関表の作成と応用, 日本福祉大学経済学会・日本福祉大学福祉社会開発研究所『日本福祉大学経済論集』, 2006.
- 3) 山田光男, 大脇佑一: 2005年愛知県内4地域間産業連関表の推計, 2012.
- 4) 小池淳司: 平成24年度環境経済政策研究地方公共団体における地球温暖化対策実行計画等の実施に伴う環境・経済・社会への影響分析, 2012.

- 5) Redding, S. and Venables, A.J.: Economic geography and international inequality, *Journal of International Economics*, 62(1), pp.53-82., 2004.
- 6) 石倉智樹, 赤松隆, 高山雄基: 階層化された空間スケールを持つ空間経済システムにおける経済集積と輸送費, 土木計画学研究・講演集 vol.48 Nov 2013, 2013.