

# 地域間交易における財部門内代替弾力性の推定

石倉 智樹<sup>1</sup>・池田 慶祐<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 首都大学東京准教授 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

<sup>2</sup>非会員 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)

政策実施による経済効果の空間的波及を定量的に評価する代表的手法である空間的応用一般均衡モデルでは、外生的に与えられる代替弾力性パラメタの値が、分析結果に大きく影響する。これまで、アーミントン仮定に基づく、生産地間の代替弾力性についての研究は蓄積されてきたが、近年開発が進んでいる独占的競争型モデルを前提とする、財バラエティ間の弾力性については、実証的推定がほとんど行われていない。本研究は、国内交易における財バラエティ間の代替弾力性の簡易な推定方法を提案し、産業部門別に代替弾力性の値を推定した。

**Key Words:** elasticity of substitution, inter-regional trade, spatial computable general equilibrium model

## 1. はじめに

空間的応用一般均衡 (Spatial Computable General Equilibrium; SCGE) は、交通整備をはじめとする地理空間的に経済波及をもたらし政策効果の代表的な定量分析手法の一つである。多くの SCGE モデルでは、効用関数の選好構造や生産関数の技術構造において、財間の代替補完関係とその下位階層において各財の生産地間代替関係を想定する、nested 型関数が用いられる。特に、生産地間の代替関係には代替弾力性一定 (CES) 型関数が採用される場合が多い。

代替弾力性は、財の相対価格の変化率に対する需要量の変化率を表すものであり、その定義からも明らかのように、政策実施による効果の地域間分布を決定づける重要なパラメタである。その一方で、代替弾力性は基準均衡データに対するキャリブレーションのみでは導出できないパラメタであり、構築される SCGE モデルの外部で推定するなど、先決される必要がある。

収穫一定技術かつ完全競争市場を仮定し、生産地によって財を差別化して扱う Armington 仮定に基づく伝統的 SCGE モデルの分野では、我が国においても代替弾力性を推定する実証研究<sup>1)2)</sup>が進んでいる。Armington 仮定のモデルにおける代替弾力性は、財の生産地間の代替に係るパラメタである。

近年では、Armington 仮定を採用せず、多様性選好を仮定した Dixit-Stiglitz 型関数を用いて、交通抵抗と生産地における生産規模から内生的に生産地毎の需要シェアが決定される、独占的競争型 SCGE モデルの開発が進んでいる。独占的競争型 SCGE モデルにおいても代替弾力性パラメタは分析結果に大きな影響を及ぼす重要な要素であるが、その意味は Armington 仮定の

モデルとは異なり、生産地間ではなく水平的に差別化された財バラエティ (差別化された企業ごとの生産物) 間の代替に係るものである。具体的には、それぞれの財部門における個々のバラエティの差別化の程度を表すパラメタとして解釈され、弾力性が小さな場合には、バラエティ毎の差別化の程度が大きい<sup>1</sup>ことを意味する。

独占的競争型モデルにおける弾力性推定について、Head and Mayer<sup>3)</sup>が理論面でのレビューや過去の実証例を詳しく紹介しているが、その適用例は国際貿易の分野に限られており、国内地域間交易を対象とした事例は限られている。海外では、米国を対象とした推定事例<sup>4)</sup>やオランダを対象とした推定事例<sup>5)</sup>などが報告されている。日本における実証研究は、筆者の知る限り、渡邊・中村<sup>6)</sup>以外には見られない。渡邊・中村<sup>6)</sup>は、NEG モデルの誘導形を直接用いて代替弾力性の推定を行っているが、財バラエティの規模を地域別産業別の事業所数で代替する、財の価格指数を物価指数で代替する、財の生産地価格を労働賃金率 (から推定した値) で代替する、など利用データと理論モデルとの関係が不明瞭である点に課題がある。そこで本研究では、利用データと理論モデルとの整合性を重視した Head and Ries<sup>7)</sup>、Head and Mayer<sup>3)</sup>の手法を、国内地域間交易における代替弾力性の推定に援用することを試みる。

## 2. モデル

まず、Head and Ries<sup>7)</sup>、Head and Mayer<sup>3)</sup>と同様に、標準的な Dixit-Stiglitz 型効用関数あるいは生産技

<sup>1</sup> 独占的競争モデルにおいては、代替弾力性の値が小さいと、均衡状態における財価格と限界費用の乖離すなわちマークアップ率が大きくなる。

術を念頭においた、需要関数を導出する。

例えば、効用関数として上位に Cobb-Douglas 型、下位に CES 型となる階層的な関数形を想定すると、地域  $s$  の集計的家計の直接効用関数は、

$$U_s = \prod_i (C_s^i)^{\mu_s^i} \left( \sum \mu_s^i = 1 \right) \quad (1)$$

および、

$$C_s^i = \sum_r \left\{ n_r^i (c_{rs}^i)^{\frac{\sigma^i - 1}{\sigma^i}} \right\}^{\frac{\sigma^i}{\sigma^i - 1}} \quad (2)$$

と表される。ここで、 $\mu_s^i$  は財  $i$  別に対する選好シェアパラメタ、 $n_r^i$  は生産地  $r$  における財部門  $i$  の財バラエティ数である。ただし、同一地域で生産される同一部門の財については、バラエティに依存せず生産技術が均質であると仮定している。 $\sigma^i$  は、部門  $i$  財における財バラエティ間の代替弾力性であり、多様性に関する選好を規定するパラメタとしての役割も果たす。

消費支出額  $I_s$  の制約下で上記の効用最大化問題を解くと、 $r$  地域産の消費財バラエティ  $c_{rs}^i$  に対する需要関数が、

$$c_{rs}^i = (p_r^i \tau_{rs}^i)^{-\sigma^i} \mu_s^i \frac{I_s}{(\rho_s^i)^{1-\sigma^i}} \quad (3)$$

のように導出される。ここで、 $p_r^i$  は地域  $r$  で生産される部門  $i$  財バラエティの生産地価格、 $\tau_{rs}^i$  は地域  $s$  における地域  $r$  産財  $i$  の一単位需要を満たすために必要な発送量であり、 $\tau_{rs}^i - 1$  が iceberg 概念における輸送マージン率、すなわち交易財一単位の輸送活動のために消費される同財の量に相当する。また、 $\rho_s^i$  は需要地  $s$  における財  $i$  の価格指数であり、以下のように定義される。

$$\rho_s^i = \left\{ \sum_r n_r^i (p_r^i \tau_{rs}^i)^{1-\sigma^i} \right\}^{\frac{1}{1-\sigma^i}} \quad (4)$$

企業の生産技術においても、上位技術に上位に Cobb-Douglas 型、下位技術に CES 型となる Dixit-Stiglitz 型の階層的な関数形を想定し、かつ財バラエティ間の弾力性も家計消費と共通であることを仮定すると、産業部門  $j$  における部門  $i$  財バラエティに関する中間投入需要  $x_{rs,j}^i$  は、消費需要と同様に、

$$x_{rs,j}^i = (p_r^i \tau_{rs}^i)^{-\sigma^i} \nu_{s,j}^i \frac{S_{s,j}}{(\rho_s^i)^{1-\sigma^i}} \quad (5)$$

のように導出される。したがって、地域  $s$  における部門  $i$  財への支出額  $E_s^i$  を、

$$E_s^i = \mu_s^i I_s + \sum_j (\nu_{s,j}^i S_{s,j}) \quad (6)$$

として整理すると、地域  $s$  における地域  $r$  産の部門  $i$  財バラエティに対する需要の集計量  $d_{rs}^i$  は、

$$d_{rs}^i = (p_r^i \tau_{rs}^i)^{-\sigma^i} \frac{E_s^i}{(\rho_s^i)^{1-\sigma^i}} \quad (7)$$

となる。

価格指数は需要地  $s$  財部門  $i$  で共通であることに注目すると、財バラエティの生産地ごとのシェア  $h_{rs}^i$  が、

$$h_{rs}^i = \frac{(p_r^i \tau_{rs}^i)^{1-\sigma^i}}{\sum_{r \in R} (p_r^i \tau_{rs}^i)^{1-\sigma^i}} \quad (8)$$

のように導出される。生産地と部門が共通な財のバラエティは均質と仮定しているため、 $h_{rs}^i$  は、地域  $s$  における生産地  $r$  の財  $i$  に対する支出シェアを意味する。

ここで、同一地域内においては輸送マージン率が 0、すなわち  $\tau_{rr} = 1$  であることと、地域間の輸送マージン率が対照、すなわち  $\tau_{rs} = \tau_{sr}$  という新たな仮定を設ける。そうすると、任意の 2 地域間における取引額に対する自地域支出額のシェアの幾何平均  $b_{rs}^i$  について、

$$b_{rs}^i = \sqrt{\frac{h_{ss}^i h_{rr}^i}{h_{rs}^i h_{sr}^i}} = (\tau_{rs}^i)^{\sigma^i - 1} \quad (9)$$

の関係が成立する。

### 3. 交易データを用いた弾力性の推定

#### (1) 利用データ

前章で導出した式 (9) を、わが国の実取引額データに適用することで、未知の弾力性パラメタを推定する。取引額のデータとして、平成 17 年 (2005 年) 地域間産業連関表 12 部門表を用いた。それぞれの部門  $i$  における地域間取引額の支出シェア  $h_{rs}^i$  は、中間投入と最終需要を集計した部門毎の地域間取引額から算出した。地域間の輸送マージン率の設定は、自動車利用時の地域間最短所要時間を基に行う。具体的には、まず、対象地域の代表地点として北海道庁、宮城県庁、東京都庁、愛知県庁、大阪府庁、広島県庁、愛媛県庁、福岡県庁、沖縄県庁を仮定し、Google Map 経路探索サービスを用いて自動車利用時の最短所要時間を得る。同地域内の最短所要時間指標としては、Wei<sup>8)</sup> による近似の考え方を採用し、再近接他地域との所要時間の 4 分の 1 とした。

本研究の推定手法では、同一地域内での取引には輸送マージンを要しないと仮定する必要があるため、この所要時間指標を用いて、輸送マージン  $\tau_{rs}$  を、

$$\tau_{rs} = \tau_{sr} = \sqrt{\frac{\ln T_{rs} \ln T_{sr}}{\ln T_s \ln T_r}} \quad (10)$$

のように設定した。ここで  $T_{rs}$  は地域  $r-s$  間の所要時間、 $T_s$  は需要地  $s$  における内々所要時間指標である。すなわち、所要時間の対数を取り、需要地側から見たその相対値の双方向幾何平均を輸送マージンの指標として見なしている。ただし、北海道と沖縄を需要地とする取引については、上記の方法では地域内所要時間が非現実的な値となるため、推定のデータからは除くこととした。また、輸送マージン率の算定には財部門の情報を含まない自動車所要時間のみを利用している

ため、輸送マージン率は産業部門間で共通であると想定している。

## (2) 弾力性パラメタの推定方法

式 (9) の両辺について対数を取ると、

$$\ln b_{rs}^i = (\sigma^i - 1) \ln \tau_{rs} \quad (11)$$

のように線形化することができるので、OLS の適用によりパラメタ  $\sigma^i - 1$  の推定値が得られる。この手法は、従来の実証研究<sup>3)6)7)9)</sup>においても標準的に採用されている。

しかし、グラビティ型の非線形関数を対数線形化することについては、不均一分散や、ゼロの交易额データが推定に反映されないことなどにより、推定パラメタにバイアスをもたらす可能性があるという批判がある<sup>10)</sup>。Santos Silva and Tenreyro<sup>10)</sup>は、この問題に対応するため、元のデータを対数変換することなく誤差項にポアソン分布を仮定した、ポアソン擬似最尤推定 (PPML) 法を提案し、国際貿易における国境抵抗の推定に有用であることを示した。本研究においても、対数線形 OLS 法に加えて PPML 法を適用し、両推定法の結果についても比較検討を行う。

## (3) 推定結果

表-1 および表-2 に、対数線形 OLS (以下、logOLS) 法および PPML 法それぞれを用いたパラメタの推定結果を示す。表中に示した推定パラメタは  $\sigma^i - 1$  の推定値であるため、これらの値に 1 を加えた値が、本研究の目的とする弾力性パラメタとなる。

logOLS 法による推定結果では、 $\sigma^i$  の値が、機械部門での最小値 6.25 から建設部門での最大値 23.1 の範囲にある。一方、PPML 法の推定結果においては、最小値と最大値をとる産業部門は logOLS 法の場合と同様であるが、その値のレンジが 2.58 から 7.95 となり、明らかに小さな値となっている。ただし、産業部門間での  $\sigma^i$  の相対的な大小関係は、どちらの推定結果も類似している。

部門別の推定結果について考察するにあたり、 $\sigma^i$  の持つ意味をあらためて検討しておくことが有用である。 $\sigma^i$  の値は、財バラエティの差別化度合という指標であることに加え、地域間交易需要にも直接的に大きく影響する。式 (8) から明らかのように、財需要における生産地別財のシェアは  $(p_r^i \tau_{rs}^i)^{1-\sigma^i}$  の割合によって決定される。財の生産地価格  $p_r^i$  を固定したとき、 $\sigma^i$  の値が大きいと  $\tau_{rs}^i$  が小さくなり、同一の  $\tau_{rs}$  の下では交易额が小さくなる。実際に、新経済地理学 (NEG) のテキストである Baldwin et al.<sup>11)</sup> では、 $\tau_{rs}^i$  のことを交易自由度と解釈している。

推定結果に視点を戻すと、農林水産業、製造業部門、

商業・運輸部門では  $\sigma^i$  の値が小さく、同一部門内での財の差別化程度が大きいことを示唆している。一方、建設、公益事業、金融・保険・不動産、サービスの部門では逆に大きな値となっており、差別化の程度が小さい、つまりそれぞれの財バラエティが均質に近いという結果を示している。本分析では部門  $i$  に対して共通の輸送マージン率を仮定しているため、 $\sigma^i$  の値が小さな部門は交易の自由度が高く (交易されやすい)、 $\sigma^i$  が大きな部門では交易がされにくく、需給が自地域で閉じた市場構造になりやすいということも意味する。この観点から、概ね各産業部門の交易自由度の特性を反映した結果が得られているように考えられる。

ただし、本研究の推定の前提条件として、輸送マージン率を部門によらず共通としていることに関しては注意が必要である。物理的な荷姿が大きく、物流コストの影響が大きいと考えられる財は、道路による輸送時間と実質的な輸送マージンとの相関が高いと考えられるが、情報通信や商取引などにおいて、物理的な地域間輸送を伴わない場合には、必ずしも輸送マージンと地域間所要時間との関連が大きくない可能性もある。もし、輸送マージン率が過大に評価されている場合には、推定された  $\sigma^i$  は過小な値として評価されていることとなる。この点は、地域間交易において物流も人流も伴わない取引が生じる部門において、認識すべき点であり、より実態を反映した推定手法の開発が求められる。

## 4. おわりに

本研究は、独占的競争型 SCGE モデルにおける財バラエティ間の代替弾力性について、わが国の地域間交易データを利用して簡便な推定を試みた。推定手法として、対数線形 OLS 法と PPML 法を適用したところ、採用手法によって推定値の水準が大きく異なることが明らかになった。その要因と対策については、いまだ十分な考察がなされておらず、今後も詳細に検討すべき課題である。しかし、代替弾力性推定値の産業部門間での相対的な関係は、いずれの手法も類似しており、安定的な結果であると考えられる。また、本分析においては全ての部門に対して共通の輸送マージン率を仮定しているが、そのことが代替弾力性の推定値に歪みをもたらしている可能性もあり、部門に対して適切な輸送マージン率を設定することが今後の課題と言える。

## 参考文献

- 1) 小池淳司, 伊藤佳祐, 中尾拓也: 地域間交易の代替弾力性の推定, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 68(5), I.55-I.61, 2012.
- 2) 小池淳司・中洋平: 交易に関する代替弾力性の時間安

表-1 log OLS の推定結果

sector	$\sigma^i - 1$	t-value	$N$	$R^2$	調整済み $R^2$
農林水産業	7.4388	[31.11]***	28	0.9729	0.9719
鉱業	14.5506	[27.19]***	28	0.9648	0.9635
飲食料品	6.3244	[24.92]***	28	0.9583	0.9568
金属	6.2707	[23.03]***	28	0.9516	0.9498
機械	5.2508	[20.66]***	28	0.9405	0.9383
その他製造業	6.0103	[20.78]***	28	0.9411	0.939
建設	22.1476	[33.16]***	28	0.976	0.9751
公益事業	15.5736	[17.04]***	28	0.9149	0.9117
商業・運輸	5.4015	[22.68]***	28	0.9501	0.9483
金融・保険・不動産	16.6102	[30.45]***	28	0.9717	0.9707
情報通信	10.844	[18.66]***	28	0.928	0.9253
サービス	12.8327	[23.71]***	28	0.9542	0.9525

\*:p&lt;0.1, \*\*:p&lt;0.05, \*\*\*:p&lt;0.01

表-2 PPML の推定結果

sector	$\sigma^i - 1$	t-value	$N$	Deviance	$\chi^2$	AIC
農林水産業	2.2304	[25.11]***	28	312	631	436
鉱業	4.5881	[17.91]***	28	47479	321	47671
飲食料品	1.9434	[18.10]***	28	252	328	366
金属	1.9707	[14.83]***	28	335	220	448
機械	1.5838	[18.47]***	28	119	341	223
その他製造業	1.9474	[11.59]***	28	411	134	522
建設	6.9536	[31.76]***	28	1897130	1009	1897393
公益事業	5.6022	[22.79]***	28	294665	520	294865
商業・運輸	1.6961	[11.76]***	28	217	138	322
金融・保険・不動産	5.1247	[27.72]***	28	84795	769	85006
情報通信	3.7303	[15.21]***	28	12145	231	12302
サービス	4.2576	[21.61]***	28	23811	467	23986

\*:p&lt;0.1, \*\*:p&lt;0.05, \*\*\*:p&lt;0.01

- 定性の検討, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 70(5), L161-L171, 2014.
- 3) Head, K. and Mayer, T.: The empirics of agglomeration and trade, in Henderson, J.V. and Thisse, J. F. (eds.), *Handbook of Regional and Urban Economics*, vol.4, pp.2609-2669, Elsevier, 2004.
  - 4) Hanson, G. H.: Market potential, increasing returns and geographic concentration, *Journal of International Economics*, 67(1), pp.1-24, 2005.
  - 5) Knaap, T. and Oosterhaven, J.: Measuring the welfare effects of infrastructure: A simple spatial equilibrium evaluation of Dutch railway proposals, *Research in Transportation Economics*, 31(1), pp.19-28, 2011.
  - 6) 渡邊淳司, 中村良平: NEG モデルにおける代替の弾力性の直接推定に基づく産業別地域ポテンシャルと賃金の関係, *地域学研究*, 46(1), pp.63-82, 2016.
  - 7) Head, K. and Ries, J.: Increasing Returns Versus National Product Differentiation as an Explanation for Pattern of U.S.-Canada Trade, *American Economic Review*, 91(4), pp.858-876, 2001.
  - 8) Wei, S.J.: Intra-national versus international trade: how stubborn are nations in global integration?, *NBER working paper series*, working paper 5531, 1996.
  - 9) Anderson, J.E. and Van Wincoop, E.: Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle, *the American Economic Review*, 93(1), pp.170-192., 2003.
  - 10) Santos Silva, J. M. C. and Tenreyro, S.: The Log of Gravity, *The Review of Economics and Statistics*, vol. 88, pp. 641-658, 2006.
  - 11) Baldwin, R., Forslid, R., Martin, P., Ottaviano, G. and Robert-Nicoud, F.: *Economic Geography and Public Policy*, Princeton University Press, 2003.

(2017. 4. 25 受付)

## ESTIMATION OF ELASTICITY OF SUBSTITUTION FOR VARIETIES WITHIN THE SECTOR

Tomoki ISHIKURA and Keisuke IKEDA

Elasticity of substitution is a crucial parameter of spatial computable general equilibrium analysis. This paper estimates the parameters for 12 industrial sectors in Japan. The elasticity parameter is based on monopolistic competition concept used in new economic geography field. We apply two econometric methodologies, logged OLS and Poisson pseudo maximum likelihood, to Japanese inter-regional trade data. The estimated values show explicit difference between the two methodologies. However the relative magnitude among sectors are almost similar for both estimations.