

独占的競争型SCGEモデルにおける 交易再現性の改善

板東 真輝¹・石倉 智樹²・小池 淳司³

¹非会員 首都大学東京 都市環境研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)
E-mail: bando-masaki@ed.tmu.ac.jp

²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

³正会員 神戸大学大学院教授 工学研究科 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1)
E-mail: koike@lion.kobe-u.ac.jp

近年、独占的競争を前提とする空間的応用一般均衡 (SCGE) モデルの開発が進んでいる。この独占的競争型SCGEモデルでは集積の外部性を明示的に扱っている一方で、モデル内での地域間交易に残差を許容している枠組となっている。本研究では、SCGEモデルによって推定された交易额と実交易额の残差について検討し、シェアパラメータを導入することで、基準均衡データを完全に再現することが可能な独占的競争型SCGEモデルの構築を試みる。

Key Words : SCGE, monopolistic competition, trade, residual

1. はじめに

交通施設整備プロジェクトや交易自由化政策などによる間接効果を分析する手法として、輸送費用を明示的に扱った空間的応用一般均衡 (Spatial Computable General Equilibrium: SCGE) モデルが代表的なものとして挙げられる。SCGEモデルはミクロ経済学との理論整合性をもちつつ、実データを用いた政策評価の計算を可能とするため、多くの政策評価への適用が進みつつある¹⁾。

近年、欧州を中心に、独占的競争の枠組みに基づくSCGEモデルの開発が進んでいる²⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾。これらは新経済理論 (New Trade Theory) や新経済地理学 (New Economic Geography) 理論において導入され、firm level increasing return to scale特性とlove of variety特性を考慮することで、財のArmington仮定に依存せず、双方向交易の表現を可能にしている。加えて、特に大都市部においては無視できない集積の経済性が反映されるという特徴がある。

このような独占的競争型のモデルは、輸送費がモデル化されれば交易パターンが内生的に決定されるため、利用データに対する要求水準が低いという利点がある。すなわち、Armington仮定を利用した従来の完全競争型SCGEモデルでは、地域間産業連関表に依存した地域分割単位に限定されるが、その制約が緩和されることとなる。

一方で、Armington仮定を放棄した (独占的競争型) 空間経済モデルは、財需要の生産地シェアを決定づける要素が、生産地価格、輸送費、生産地の生産規模から成り、一般的には輸送費要因は交易额や交易シェアを回帰的に推定することで求められる。したがって、モデルが再現する地域間交易には、実データからの残差が残る枠組みとなっている。このことは、実務的なモデル利用の場面において、現況再現性が担保されないことを意味する。そこで本研究は、独占的競争型SCGEモデルによる現況再現の問題点を示し、その実務的な解決方法の提案を試みる。

2. 独占的競争SCGEモデルの交易再現性

独占的競争型SCGEモデルの構築方法には多くのバリエーションがあるが、Bröcker et al.⁵⁾のように、輸送マージン率をFixed Effect Gravity (固定効果重力) モデルによって推定する方法が標準的である。本章では、吉川ら⁸⁾と同様の方法で交易额シェアを推定し、推定された交易额シェアに交易財需要額を掛けることで交易財交易额を推定し、その現況再現性を検討する。地域間交易データとして、経済産業省が作成した平成17年地域間産業連関表 (12部門) を用いる。ここで推定された交易额と実交易额の残差を図1に示す。

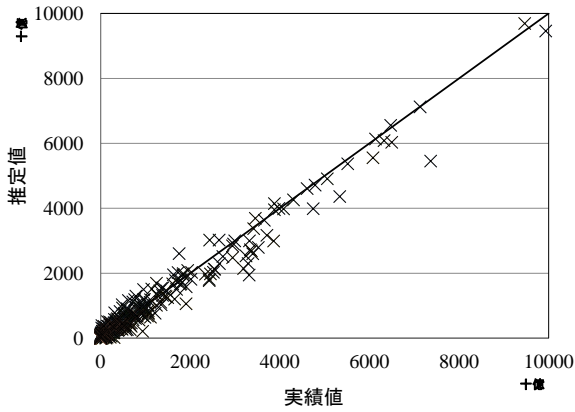


図1 推定交易额と実交易额の比較

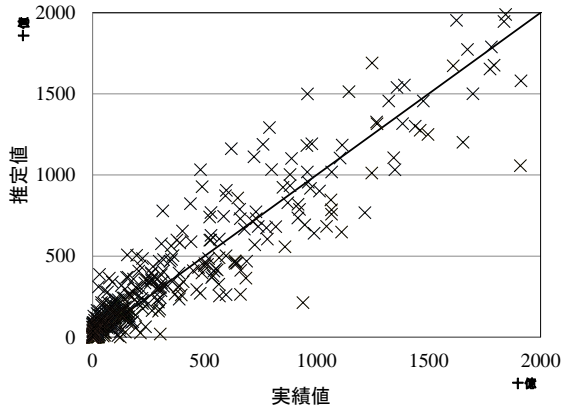


図2 推定交易额と実交易额の比較 (拡大)

図1では、全体としては良好な再現性を示しているように見えるが、交易额が小規模な範囲を拡大した図2を見ると、推定値が実績値の半分以下や2倍以上という点も見られる。

3. モデル

(1) 現況再現性向上のためのアイデア

交易パターンを決定づける輸送費を回帰的に推定すると、残差が生じることは不可避である。そこで本研究は、標準的な独占的競争型SCGEモデルが放棄しているArmington仮定を見直し、これを導入することで基準均衡状態を完全に再現できるモデルの構築を試みる。具体的には、伝統的完全競争SCGEモデルと同様に財の生産地特性を表すシェアパラメータを導入し、誤差のない体系のモデル化を行う。

(2) モデルの概要と前提条件

本研究では、産業連関構造を考慮したDixit-Stiglitz型独占的競争に基づくモデルを構築する。独占的競争の主な特徴は、多くの企業が類似しているが同一ではない製品(差別化された製品)を販売し、同じ顧客の集団をめぐ

って争う多くの企業が存在する状態である。そして、これらの企業は参入と退出が自由である性質をもっている。

本モデルが対象とする多地域経済システムについて、財の生産地域の集合を R (需要地の場合は S と表記、 R と同一集合)、その要素を r (需要地の場合は s)により表す。同様に、財の部門のラベルを $i \in I$ 、(産業部門として表す場合は $j \in J$ 、 J と I は同一集合)とする。

それぞれの地域では、交易可能な一般的な財・サービス(交易財)が生産される。財の生産は、独占的競争市場かつ規模の経済性を持つ、いわゆるDixit-Stiglitz型の市場構造の下で行われる。したがって、交易財生産企業は、水平的に差別化されたバラエティを同一生産技術の下で生産する。

家計の行動に関しては、部門別の財について、Cobb-Douglas型選好とする。各部門の財は、水平的に差別化された交易財バラエティを代替の弾力性が一定であるCES型選好により合成されたものとして扱う。すなわち、家計の選好についても、中間投入と同様に標準的なDixit-Stiglitz型のフォーマットを想定する。

(3) 産業の行動モデル

財バラエティの生産において、上位階層には要素投入と財部門別の中間投入に関するCobb-Douglas型技術を、財の部門ごとの中間投入技術には財バラエティ数を考慮したCES型技術を仮定する、いわゆるDixit-Stiglitz型の生産技術を想定しており、費用最小化行動は以下のように定式化される。

$$\min_{m(i)} \sum_{r \in R} \int_0^n (p_r^i(k) \tau_{rs}^i) m_{rs}^{ij} dk \quad (1)$$

$$\text{s.t. } M = \left[\sum_{r \in R} \int_0^n \beta_{rs}^i m_{rs}^{ij}(k)^{(\sigma^i-1)/\sigma^i} dk \right]^{\sigma^i/(\sigma^i-1)}$$

ここで、 σ^i : 部門 i 財の多様性パラメタ(弾力性パラメタ)である。 β_{rs}^i は生産地 i の財に固有の効果を表すシェアパラメタであり、Armington仮定を許容する枠組みとするために導入されたものである。 k は財の種類を表すインデックスであり、常にその種類が連続的かつ無限に存在すると仮定するため、連続変数とする。 τ_{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、 $\tau_{rs}^i - 1$ が輸送マージン率、つまり交易財一単位の輸送活動のために消費される同財の価値に相当する。これらを解くと、地域 s 部門 j の財生産に投入される全投入に関する価格指数 ϕ_s^j 及び部門 i 財の投入に関する価格指数 p_s^i は以下のように表される。

$$p_s^i = \left\{ \sum_{r \in R} n_r^i \beta_r^i (p_r^i \tau_{rs}^i)^{1-\sigma^i} \right\}^{\frac{1}{1-\sigma^i}} \quad (2)$$

$$\phi_s^j = \eta_s^j (w_s)^{1-\sum_i \alpha_s^j} \prod_i \left\{ (p_s^i)^{\alpha_s^j} \right\} \quad (3)$$

ここで、 w_s^i :生産要素価格、 p_r^i :地域 r 産の財 i の生産地価格、 n_r^i :生産地 r における財部門 i の財バラエティ数(企業数)、 α_s^{ij} :金額ベースの投入係数パラメータ、 σ^i :部門 i 財の多様性パラメータ(弾力性パラメータ)である。 k は財の種類を表すインデックスである。 τ_{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、 τ_{rs}^i-1 が輸送マージン率、つまり交易財一単位の輸送活動のために消費される同財の価値に相当する。なお、同一地域で生産される同一部門の財について、バラエティに依存せず生産技術が均質であると仮定すること、需要地 s における財 i の価格指数は以下のように変形することができる。

$$p_s^i = \left\{ \sum_{r \in R} n_r^i \beta_r^i (p_r^i \tau_{rs}^i)^{1-\sigma^i} \right\}^{\frac{1}{1-\sigma^i}} \quad (4)$$

各々の産業部門 j の財バラエティ生産における費用関数 C_s^j は x_s^j 単位の生産について、規模の経済性を考慮し、

$$C_s^j(x_s^j) = (F^j + v^j x_s^j) \phi_s^j \quad (5)$$

と表される。 F_s^j は固定投入量、 v_s^j は限界投入量を表している。財バラエティの生産において、独占的競争およびそれに伴う自由参入・退出が仮定されるので、財価格は限界費用にマークアップ率を乗じた値と等しく、

$$p_s^j = \frac{\sigma^j}{\sigma^j-1} v^j \phi_s^j \quad (6)$$

となる。参入退出が自由であるので、利潤ゼロ条件が満たされることとなり、平均費用と財の生産地価格が一致する。以上の関係を利用して整理すると、各々の交易財バラエティの生産量は、以下のように、財価格とは独立に定まる。

$$x_s^j = \frac{F^j}{v^j} (\sigma^j - 1) \quad (7)$$

これを式(4)に代入すると、費用関数は、以下のようになり、変形することができる。

$$\begin{aligned} C_s^j &= F^j \sigma^j \phi_s^j \\ &= F^j \frac{\sigma^j-1}{v^j} p_s^j \end{aligned} \quad (8)$$

地域 s での財 j の総生産額を S_s^j とすると、生産額は財バラエティの生産費用とバラエティ数の積に等しくなければならないので、以下の関係が成立する。

$$S_s^j = n_s^j C_s^j = n_s^j F^j \sigma^j \phi_s^j \quad (9)$$

式(7)(9)に各投入要素価格に関して費用関数式を偏微分すれば要素需要量に等しくなるシェパードの補題を適用すると、地域 s 産業 j において投入される、地域 r 産部門 i の中間投入の実質量 m_{rs}^{ij} が次のように導出される。

$$m_{rs}^{ij} = \left(\frac{p_r^i \tau_{rs}^i}{\beta_r^i \rho_s^i} \right)^{-\sigma^i} \alpha_s^{ij} \frac{S_s^j}{\rho_s^i} \quad (10)$$

(4) 消費

消費者の選好についてもDixit-Stiglitz型の形式を想定し、下位階層である生産地間代替については多様性選好を考慮したCES型であることとする。財の多様性指標が中間投入需要と消費(最終需要)で共通であると仮定すると、消費行動においても、需要地 s における財 i の価格指数は式(9)により表される。したがって、間接効用関数は、以下のように定義される。

$$V_s = \prod_i \left\{ (\rho_s^i)^{-\mu^i} \right\} I_s \quad (11)$$

ここで、 I_s は s 地域における消費財への支出額、 μ^i は財別選好シェアパラメータ(地域を問わず共通)である。この効用関数から得られる財別消費と、式(9)に対するシェパードの補題の適用結果より、地域 r 産の財部門 i に関する消費需要の実質量 c_{rs}^i が得られる。

$$c_{rs}^i = \left(\frac{p_r^i \tau_{rs}^i}{\beta_r^i \rho_s^i} \right)^{-\sigma^i} \mu^i \frac{I_s}{\rho_s^i} \quad (12)$$

(5) 市場均衡

地域 j における交易財に対する総需要額 E_s^j は、最終消費需要と全産業部門への中間投入需要の金銭タームでの和であり、

$$E_s^i = \mu^i I_s + \sum_j \left(\alpha_s^{ij} S_s^j \right) \quad (13)$$

である。右辺第一項は最終需要額を、第二項は中間需要額を表す。地域 s において需要される地域 r 産、部門 i の財バラエティの実質需要量 q_{rs}^i は、

$$\begin{aligned} q_{rs}^i &= c_{rs}^i + \sum_j m_{rs}^{ij} \\ &= \left(\frac{p_r^i \tau_{rs}^i}{\beta_r^i \rho_s^i} \right)^{-\sigma^i} \left(\frac{1}{\rho_s^i} \right)^{1-\sigma^i} E_s^i \end{aligned} \quad (14)$$

となる。地域 s による地域 r 産財 i の購入について支払われる金銭フローの総額 Q_{rs}^i は、生産地での財バラエティ数及び地域 r から地域 s に1単位の製品を届けるために $\tau_{rs}^i(>1)$ 単位分の製品の発送を必要とすることを意味するアイスバーグ型地域間輸送費を考慮すると、

$$\begin{aligned} Q_{rs}^i &= n_r^i (p_r^i \tau_{rs}^i) q_{rs}^i \\ &= n_r^i \left(\frac{p_r^i \tau_{rs}^i}{\rho_s^i} \right)^{1-\sigma^i} \beta_r^i E_s^i \end{aligned} \quad (15)$$

となる。ここで、 Q_{rs}^i を生産地 r について合計すると、 s 地域による交易財需要額になることから、

$$Q_{rs}^i = \frac{n_r^i (p_r^i \tau_{rs}^i)^{1-\sigma^i} (\beta_r^i)^{\sigma^i}}{\sum_{r \in R} n_r^i (p_r^i \tau_{rs}^i)^{1-\sigma^i} (\beta_r^i)^{\sigma^i}} E_s^i \quad (16)$$

が成立する。また、 Q_{rs}^i を需要地*s*について合計すると、地域*r*で生産された財*i*の総生産額と等しくなるので、

$$S_r^i = \sum_{s \in S} Q_{rs}^i \quad (17)$$

も自動的に成立する。また、需要地*s*について合計すると、地域*r*で生産された財*i*の総生産額と等しくなるので、財市場の需給均衡は、以下のように表される。

$$S_r^i = \sum_{s \in S} \left[\frac{n_r^i (p_r^i \tau_{rs}^i)^{1-\sigma^i} (\beta_r^i)^{\sigma^i}}{\sum_{r \in R} n_r^i (p_r^i \tau_{rs}^i)^{1-\sigma^i} (\beta_r^i)^{\sigma^i}} E_s^i \right] \quad (18)$$

また、地域*s*における要素所得の合計 Y_s は、生産要素投入である l_s^j より、以下の通りとなる。

$$Y_s = \sum_j (w_s^j l_s^j) \quad (19)$$

地域家計の可処分所得と、要素所得および利潤との関係は、所得移転額（この価格水準を、ニューメレール価格と見なす） \bar{G}_s を用いて、以下の通りとなる。

$$I_s = Y_s - \bar{G}_s \quad (20)$$

生産要素の需要は、地域財生産における投入需要と交易財生産における投入需要の合計である。短期的には生産要素の地域間移動ができないと考えられるため、要素市場における需給均衡が成立するための均衡条件は、以下の関係を満たす必要がある。

$$w_s L_s = w_s \left\{ \sum_j \left(1 - \sum_i \alpha_s^{ij} \right) S_s^j \right\} \quad (21)$$

(6) 均衡解の導出方法

前項までの定式化によって、本モデルの構造が全て描写されるが、モデル内で独立な内生変数となるのは、価格変数である ρ_s^i 、 p_s^j 、 w_s と生産規模を表す n_s^j のみである。均衡条件として解くべき方程式は、各需要地における財の部門別価格指数、財の生産地価格、要素市場均衡、財市場均衡の4種類であり、各需要地における財の部門別価格指数は式(9)である。財の生産地価格は、式(7)の合成価格指数と式(11)のマークアップ価格の関係より、

$$p_s^j = \psi_s^j (w_s)^{1-\sum_i \alpha_s^{ij}} \prod_i \left\{ (\rho_s^i)^{\alpha_s^{ij}} \right\} \quad (22)$$

が得られる。要素市場均衡は、式(26)～式(11)(15)を代入し、以下の通りとなる。

$$w_s L_s = w_s \left\{ \sum_j \left(1 - \sum_i \alpha_s^{ij} \right) \theta^j n_s^j p_s^j \right\} \quad (23)$$

財市場均衡は、式(23)に対して式(11)(13)(18)(24)(25)を代

入することで、以下の通りとなる。

$$\theta^i n_r^i p_r^i = \sum_{s \in S} \left[\frac{n_r^i (p_r^i \tau_{rs}^i)^{1-\sigma^i} (\beta_r^i)^{\sigma^i}}{\sum_{r \in R} n_r^i (p_r^i \tau_{rs}^i)^{1-\sigma^i} (\beta_r^i)^{\sigma^i}} \left\{ \mu^i (w_s L_s - \bar{G}_s) + \sum_j \alpha_s^{ij} \theta^j n_r^j p_r^j \right\} \right] \quad (24)$$

ただし、マークアップ率に限界投入係数を乗じた値の逆数、財バラエティの生産量は以下のように表す。

$$\psi_s^j = \frac{\sigma^j \hat{v}_s^j}{\sigma^j - 1} \quad (25)$$

$$\hat{v}_s^j = v_s^j \eta_s^j \quad (26)$$

$$\theta^j = \frac{F^j \sigma^j \eta_s^j}{\psi_s^j} = \frac{F^j}{v_s^j} (\sigma^j - 1) \quad (27)$$

これらは、先決されたパラメータのみで表され、モデルの内生変数に依存しない。

4. まとめ

本概要では、独占的競争型SCGEモデルにより推定される取引額と実取引額の残差の例を示すとともに、シェアパラメータを導入することで、基準均衡を完全に再現するための独占的競争型SCGEモデルの理論的枠組みを示した。本稿で提示した定式化を実際のデータに適用し、基準均衡データを完全に再現するようキャリブレーションを行うためには、その手順についても技術を要する。その詳細については、講演時に示すこととする。

参考文献

- 1) 上田孝行編著：Excel で学ぶ地域・都市経済分析，コロナ社，2010.
- 2) 小池淳司，石倉智樹，堤盛人：特集「土木計画に於ける経済均衡モデル研究の最新動向：応用一般均衡モデルと応用都市経済モデル」，土木学会論文集 D3, Vol68, No4, pp.285-290, 2012.
- 3) Venables, A. J.: Evaluating urban transport improvements: cost-benefit analysis in the presence of agglomeration and income taxation, Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 41, No. 2, pp. 173-188, 2007.
- 4) Bröcker, J.: Operational spatial computable general equilibrium modeling, Annals of Regional Sciences 32, pp.367-387, 1998.
- 5) Bröcker, J., Korzhenevych, A. and Schürmann, C.: Assessing spatial equity and efficiency impacts of transport infrastructure projects, Transportation Research Part B, vol. 44, issue 7, pp.795-811, 2010.
- 6) Thissen, M., Limtanakool, N. and Hilbers, H.: Road pricing and agglomeration economies: a new methodology to estimate indirect effects applied to the Netherlands, Annals of Regional Sciences vol. 47, issue. 3, pp.543-567, 2011.
- 7) 石倉智樹：人口減少に伴う都市の縮退と集積に関する基礎的定量的分析，都市計画論文集，Vol. 47, No. 1 pp.68-73, 2012