

特集 ■ 人・社会のモデル化の最前線

空間経済学に基づく日本の人口分布の再現



猪原龍介

Ihara Ryusuke

亜細亜大学

1. 空間経済学とは

空間経済学とは、経済活動の地理的分布、とくに集積について経済学的に分析する学問である。Krugman (1991) [1] の論文を端緒に、近年急速に発展した分野であるが、その背景には経済のグローバル化を反映した地域構造の再編や都市化の拡大といった問題意識がある。分析対象は都市形成や産業集積、FDI などであり、基本的な主張は、経済のグローバル化（輸送費用の低下）に伴い、経済活動の集中化が強まるということである。つまり、輸送費用が高い場合には、製品の輸送が困難なため、経済活動は地域市場に応じて分散するが、輸送費が低下すると、製品の輸送が容易となるため、経済活動は規模の経済や集積の経済（生産規模が大きくなることで、生産効率が上昇すること）の効果から、経済活動が特定地域に集中することになる。そして、ひとたび集積が形成されると、それを核としてさらなる集中化が起こり、連鎖的な集積過程が発生する。図 1 はこの集積過程を模式化したものである。空間経済学では、生産者が多く存在し、多様な財を安価に消費できる地域に消費者が集中することを「前方連関効果」、消費者が多く存在し、市場規模の大きな地域に生産者が集中することを「後方連関効果」と呼び、その連鎖によって都市が形成されると考える。

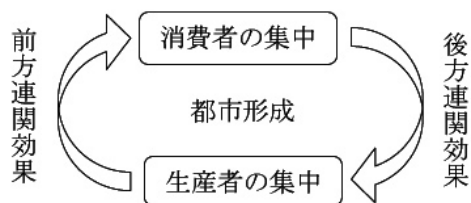


図 1 集積の連鎖

2. 空間経済学の基本モデル

本節では、空間経済学の基本的なモデルとして、Krugman (1991) [1] のモデルの概略を紹介する。まず、消費者は農業財と、工業財の 2 種類の財を消費する。消費者の満足度を表す効用関数は

$$u = (C_M)^\alpha (C_A)^{1-\alpha}$$

とし、 C_M , C_A はそれぞれ各家計における工業財、農業財の消費量であり、 α は支出シェアである。工業財は、差別化された複数の製品・サービスを購入するものとして、

$$C^M = \left(\int_0^n m_i^{(\sigma-1)/\sigma} di \right)^{\sigma/(\sigma-1)}$$

と表されるものとする。 n は差別化された製品の数であり、 σ (>1) は製品間の代替性を決める代替の弾力性である。生産部門に関しては、工業サービス部門は Dixit-Stiglitz 型の独占的競争下にあるものとし、各企業は生産要素として労働者と土地を使用し、他社とは差別化された製品を生産する。そこでの生産関数は $l = F + cq$ によって表されるものとし、つまり各企業が q 単位の生産をするためには l 単位の労働者を投入する必要がある。一方、農業財は均質であり、農業労働者は規模に関する収穫一定の技術の下で生産するものとし、農業財価格を 1 に基準化しておく。ここで地域数は R 個とし、それぞれの地域に工業労働者 L_r 人と農業労働者 A_r 人が居住する。工業財の地域間輸送にはアイスバーグ型の輸送費がかかるものとする。これは、発送地 r から配達先の地域 s に 1 単位の製品を届けるために T_{rs} (>1) 単位分の製品の発送を必用とすることを意味する。企業の利潤最大化行動の結果、製品価格が $p_r = w_r^M c \sigma / (\sigma - 1)$ 、企業数が $n_r = L_r / F \sigma$ により求まることを踏まえると、 Λ を定数として、各地域の賃金水準は以下のように求められる。

$$w_r^M = \Lambda \sum_{s=1}^R (\alpha Y_s P_s^{\sigma-1} T_{rs}^{1-\sigma}) \quad (1)$$

$$P_r = (\sum_{s=1}^R n_s p_s^{1-\sigma} T_{sr}^{1-\sigma})^{1/(1-\sigma)} \quad (2)$$

ここで P_r は物価指数と解釈できる。 Y_r は地域所得であり、域内労働者の所得の合計として以下のように求められる。

$$Y_r = L_r w_r^M + A_r w^A \quad (3)$$

なお、労働者の地域間分布が固定的である状態を短期均衡と呼ぶ。長期では、工業労働者は実質所得の高い地域に移動すると考える。実質所得 v_r は、賃金所得を物価で割り引いたものであり、その全国平均を $\bar{v}$ として、工業労働者の移動ダイナミクスは以下のように求められる。

$$\begin{aligned} \dot{L}_r &= \kappa (v_r - \bar{v}) L_r / L \\ v_r &= w_r^M P_r^{-\alpha} \end{aligned} \quad (4)$$

結果、空間経済学のモデルは (1) ~ (4) の方程式体系によって表現されることになる。モデルの特徴をつかむため、地域を a, b の 2 つとし、地域 a の農業労働者のシェアを 1/2, 工業労働者のシェアを λ とする。工業労働者の移住行動の結果、均衡として得られる工業労働者の分布と輸送費の関係が、図 2 のように表される。

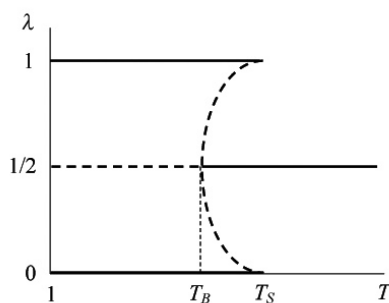


図 2 2 地域モデルでの労働分布

ここで、実線は安定均衡を、点線は不安定均衡を表す。つまり、輸送費が高い場合には、工業労働者は地域間に均等に分散することが安定均衡として求まるが、輸送費が T_B を下回るほど十分に低下すると、分散均衡は不安定化し、労働者は a, b いずれかの地域へ集中化することが示されている。つまり輸送費の低下にともない、工業労働者は分散化から集中化へ変化することになる。

3. 空間経済学の実証分析：地域ポテンシャルの概念

こうした理論モデルを検証するにあたり、空間経済学の実証分野では、地域ポテンシャルと呼ばれる概念

を用いて、賃金水準やそれに関連した労働移動についての推計が行われている。そこでの基本的な考え方は、各地域の賃金水準が、その地域での生産活動を行う企業が直面する市場ポテンシャルと供給ポテンシャルによって決定されるというものである。一例として、上記基本モデルにコブ＝ダグラス型の中間財投入（投入シェアを β とする）を導入した場合、賃金関数は以下のように表される。

$$\begin{aligned} (w_r)^{\beta} &= \Lambda SP_r^{\beta/(\sigma-1)} (MP_r)^{1/\sigma} \\ MP_r &= \sum_{s=1}^R (\alpha Y_s P_s^{\sigma-1} T_{rs}^{1-\sigma}) \\ SP_r &= \sum_{s=1}^R n_s p_s^{1-\sigma} T_{sr}^{1-\sigma} \end{aligned}$$

ここで、 MP_r が市場ポテンシャルであり、 SP_r が供給ポテンシャルである。（式の詳細については、猪原・森田・中村（2012）[2] または Redding and Venables（2004）[3] を参照されたい。）市場ポテンシャルとは、対象地域においてどれだけ多くの需要が得られるかを表すものであり、各地域市場規模 Y_r を市場競争の水準 P_r と当該地域までの距離費用 T_{rs} で割り引いた実質市場規模の合計として算出される。一方、供給ポテンシャルとは、当該地域における生産活動の行いやすさ、すなわち中間財の入手の容易さを表すものである。そして、これらの地域ポテンシャルが高い地域ほど、賃金水準が高いと考えられる。

こうして得られる賃金水準を推計する方法は、大きく 2 種類に分けられる。ひとつは賃金関数を地域データを用いて直接推計する方法であり、アメリカの county を対象とした Hanson（2005）[4] のほか、Brakman, et al.（2006）[5] もまた EU の NUTS II の地域のデータから賃金関数の推定し、シミュレーションによる地域格差の分析、産業別の分散・集積パターンの分析を行っている。もうひとつは Redding and Venables（2004）[3] により考案された方法であり、地域ダミーを用いて交易関数を推定し、そこから算出される地域ポテンシャルを使って賃金関数を推定するというものである。この手法は、交易データがあればポテンシャルを推計できるため、以後多くの研究において同手法を用いた分析を行っている。ただし、これらの手法にはそれぞれに問題点がある。前者の手法については、企業数や製品価格といった地域データの入手が容易ではなく、また物価指数の取り扱いの点で困難が伴う一方、後者は地域ダミーのなかに空間経済学の理論に含まれない地域要素が含まれることから、厳密にどこまでが理論での説明となる

のか不明と言える。なお、中村・猪原・森田 (2010) [6] では後者の問題への解決策を提案している。

4. 空間経済学におけるシミュレーション研究

計量経済学による実証分析が進む一方で、空間経済学のモデルを現実の地理空間に拡張し、仮想的に人口や経済活動の地理的分布を再現する試みも、この 10 年ほどの間に現れてきた。その端緒となる Stelder (2005) [7] の研究では、Krugman (1991) [1] の 2 地域モデルを EU 地域に拡張し、シミュレーションにより都市集積の立地点を求めているほか、Brakman et al. (2006) [5] でも同様の試みがなされている。また、日本に関しても、Ihara (2011) [8] では日本を含むアジア 10 カ国における経済活動の分布についての分析を行っているほか、猪原・森田・中村 (2012) [2] では日本国内の 9 地域における経済活動の分布について分析を行っている。本節では、一連の分析の一例として、日本の 47 都道府県からなる空間経済学のモデルを提示し、そこでの労働分布を求めることにする。

モデルの基本構造は、Krugman (1991) [1] のモデルに土地の要素を導入するものである。消費者は (1) 工業・サービス財、(2) 農業財、および (3) 住宅用地の 3 種類の財を消費し、生産者は労働と土地を生産要素として用いるものとする。結果、効用関数および工業・サービス財の生産関数を以下のように修正する。

$$u = (C_M)^{\alpha_M} (C_A)^{\alpha_A} (C_H)^{\alpha_H} \\ l^{\beta_L} h^{\beta_H} = F + cq$$

ここで C_H は住宅消費であり、 l と h は各企業が投入する労働者数と土地面積である。なお、土地から得られる収益は、地域内住民に均等に分配されるものとする。地域数は日本の都道府県に対応した 47 とし、工業・サービス財の輸送費は、 $dist_{rs}$ を都道府県庁間の直線距離として、以下のように求める。

$$T_{rs} = (dist_{rs})^t$$

次に、この 47 都道府県モデルの分析を行うために必要なデータをまとめておく。まず、消費者の農業財、工業・サービス財、住宅用地への支出比率 (α_A , α_M , α_H) については家計調査年報 (2010 年) より求める。企業の支出比率については、土地への支出比率 β_H を産業連関表 (2010 年) より営業余剰・混合所得および固定資本減耗の産出額に占める比率とし、残りを労働への支出とする。就業者数については国勢調査 (2010 年) より第 1 次産業および第 2 次・第 3 次産業就業者数を充てる。土

地面積については、総務省「固定資産の価格等の概要調書」(2010 年) より、住宅用地面積については住宅用地、工業・サービス部門については住宅以外宅地、農業用地については田・畑・山林・牧場の面積を充てる。最後に、都道府県間距離は都道府県庁所在地間の直線距離 (km) とし、域内距離については、都道府県面積を S_r とし、 $dist_r = \sqrt{S_r/\pi}$ とする。

以上のデータを下に、工業・サービス業の就業者分布を求める。分析の手順としては、まず初期状態として現実の工業・サービス業の就業者分布を与え、そこでの各都道府県における実質所得を求める。次に、(4) 式に示される労働移動のダイナミクスに従い、工業・サービス業の就業者は移動を開始する。つまり実質所得が全国平均より高い地域では、工業・サービス業の就業者が他地域より流入し、就業者数が増加するが、実質所得が全国平均より低い地域では、逆に就業者は減少する。この実質所得の地域差が十分に解消されるまで、労働移動を繰り返すことになる。

こうして求めた最終的な長期均衡分布が図 3 に表されている。(ここでは $\sigma=3$, $t=0.4$ としている。) 現実の労働分布と長期均衡分布の相関係数は 0.955 であり、おおむね現実の日本の就業者分布を再現していると考えられる。実際に、東京圏や関西圏、中部圏への就業者の集中化傾向と地方の過疎化傾向がシミュレーションによっても確認できる。その一方で、九州や沖縄については、現実の労働分布よりも就業者数が少ない結果となっている。これは、本モデルが日本国内で完結した経済として描写されていることに起因する。つまり、九州や沖縄地域は現実には中国や韓国、その他ア

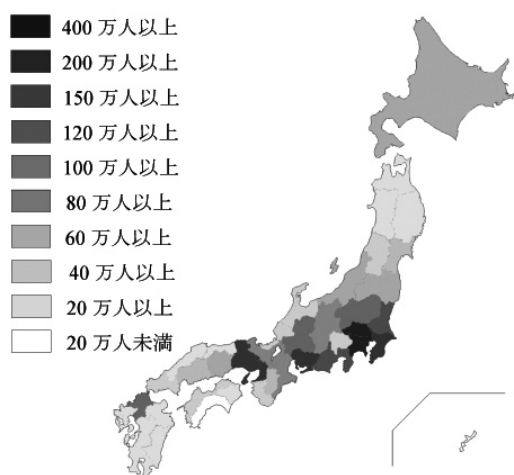


図 3 日本の就業者分布予測

ジア地域に近く、様々な企業がこうしたアジア地域への近接性を考慮して生産拠点を九州地方にしている。このことから、現実の九州や沖縄の地域ポテンシャルは本モデルで予想されるよりも高く、結果就業者数もより多くなっていると考えられる。

5. 政策的含意：複数均衡の考え方

空間経済学の考え方は、以下の観点から政策的含意を考える上で有益である。ひとつめの観点は交通インフラの整備についてである。空間経済学の考え方によれば、輸送費の低下は都市部の優位性を強め、経済活動の集中化を促進する。現実的にも、高速道路や新幹線などの交通インフラの整備により輸送費用や移動費用が低下した際には、周辺の地域経済が衰退することが指摘されており、こうした効果はスロー効果と呼ばれる。東海道新幹線や東名高速の開通をきっかけにした関西圏の衰退や、長野新幹線や本州四国連絡橋の開通による長野県や四国地方の人口減少の加速が好例と言える。その一方で、東京一極集中の加速は、こうした交通インフラ整備や経済のグローバル化に伴い、連鎖的な集積が拡大した結果であると考えられる。今後、さらなる交通技術の進展や交通インフラの整備により日本の経済構造がどのように変化するか、空間経済学のモデルはその予測を可能とする。

2つめの観点は、複数均衡の存在である。図2の2地域モデルで考えると、輸送費が T_B よりも低い場合には、初期時点で地域1の人口が地域2の人口よりも少しでも多ければ、その後人口は地域1に集中することになるが、逆に初期時点で地域2の人口が少しでも地域1より多ければ、結果は真逆となる。つまり、現在生じている集積構造は潜在的に複数存在する均衡のひとつにすぎず、歴史的な経緯の如何によっては、現在とはまったく違った地域構造となることもあり得たはずである。こうした複数均衡の存在を検証するために、Davis and Weinstein (2008) [9] は第二次世界大戦の被害による都市規模の変化を分析した。つまり、大戦により被害が十分に甚大だった都市はそれまでの中心地としての均衡から脱落し、中心地としての機能を他の都市に奪われることになる。結果、戦後からインフラ等の復興が進んだとしても、すでに人口分布は戦前とは別の均衡にあるため、再び人口が戦前の水準まで回復することはないと考えられるわけである。こうした考え方は、東日本大震災などの自然災害に関しても応用可能である。今回、震災により大きな被害を受けた地域の復興が大きな課題となっているが、

もし震災により以前の均衡が崩れているとするならば、新たな均衡に応じた復興政策を考える必要がある。今後、被害規模や人口流出の程度を検証することで、均衡構造の変化を見極める必要がある。また、公共投資などによるインフラ整備などが、地域の均衡構造に影響を与えることも考えられる。空間経済学は、こうした地域政策に対して、複数均衡の新たな視点を提起している。

参考文献

- [1] Krugman, P.,: Increasing returns and economic geography, *Journal of Political Economy*, Vol.99, No.3, pp.483-499 (1991)
- [2] 猪原龍介, 森田学, 中村良平: 日本における地域ポテンシャルと雇用分布のシミュレーション分析, 地域学研究第42巻 No.2, pp.255-270 (2012)
- [3] Redding, S. J., and Venables, A. J.,: Economic geography and international inequality, *Journal of International Economy*, Vol.62, No.1, pp.53-82 (2004)
- [4] Hanson, G.,: Market Potential, Increasing Returns and Geographic Concentration, *Journal of International Economics*, Vol.67, No.1, pp.1-24 (2005)
- [5] Brakman, S., Garretsen, H., and Schramm, M.,: Putting new economic geography to the test: Free-ness of trade and agglomeration in the EU regions, *Regional Science and Urban Economics*, Vol.36, No.5, pp.613-635 (2006)
- [6] 中村良平, 猪原龍介, 森田学: 地域ポテンシャルと賃金格差, 地域統合と雇用分布のシミュレーション - 地域間産業連関構造を考慮した NEG モデルの実証 -, RIETI Discussion Paper Series 10-J-031 (2010)
- [7] Stelder, D.,: Where do cities form?: a geographical agglomeration model for Europe, *Journal of Regional Science*, Vol.45, No.4, pp.657-679 (2005)
- [8] Ihara, R.,: Weber problem in the NEG: a case study of Asia, *Annals of Regional Science*, Vol.47, No.1, pp.37-50 (2011)
- [9] Davis, D. R. and Weinstein, D. E.,: A search for multiple equilibria in urban industrial structure, *Journal of Regional Science*, Vol.48, No.1, pp.29-65 (2008)

【略歴】

猪原龍介 (IHARA Ryusuke)

亜細亜大学 経済学部 准教授

2000年青山学院大学経済学部卒業, 2005年京都大学大学院経済学研究科博士課程終了。同年青森公立大学経営経済学講師, 2008年同大学准教授, 2013年より現職。博士(経済学)。専門は都市経済学, 地域経済学。