

多産業経済における都市システムの階層構造の自律的形成*

Bifurcation Patterns of a Core-Periphery model with Multiple Industries*

笠原衣織**・赤松隆***・高山雄貴****
By Iori KASAHARA**・Takashi AKAMATSU***・Yuki TAKAYAMA****

1. はじめに

近年、交通・情報通信技術の進展に起因して、産業や人口の空間的集積現象が発生している。例えば、EU圏内では、東側諸国から西側諸国への人口集積が進み、地域間で経済格差が生まれている。このような社会や経済をとりまく環境の変化の中で、政府がより良い経済施策を立案するためには、人口や産業の空間的集積現象の予測が必要である。

経済活動の空間的集積現象に関する研究として、Krugman¹⁾らに始まる新しい経済地理学 (New Economic Geography ; NEG) がある。これは、都市経済システムにおいて、輸送費用の低減が人口の空間的集積現象を導くことを明らかにした研究である。これらの既存研究の多くは、分析対象を簡単な都市経済システム (i.e.2都市2産業) に限定している。そのため、複雑な都市経済システムにおける、人口の空間的集積現象は示されていない。

多都市多産業経済システムを対象として、人口の空間的集積現象を分析した唯一のNEGモデルとして、Fujita et al²⁾がある。これは、都市経済システムの総人口をパラメータとして都市人口の均衡配分の推移を説明している。しかしながら、この研究では、総人口が拡大成長する局面に分析を限定しており、輸送費用の変化が人口の空間的集積現象に与える影響は示されていない。

そこで、本研究では、多都市多産業経済システムを対象として、輸送費用の変化に伴って実現する、都市人口および産業人口の集積パターンの規則性を明らかにする。具体的には、多都市多産業経済システムを対象とした一般均衡モデルを構築し、定式化したモデルの数値計算を行い、分岐経路を網羅的に求める。

2. モデルの定式化

ここでは、Forslid and Ottaviano³⁾の提案した2都市

*キーワード：新経済地理学・集積・多都市多産業経済システム

**正員、工修、東日本旅客鉄道株式会社
(東京都八王子市寺町61番地、
TEL042-621-1291、FAX042-621-1291)

***正員、工博、東北大学大学院情報科学研究科
(仙台市青葉区荒巻字青葉6-6、
TEL022-795-7507、FAX022-795-7505)

****学生員、工修、東北大学大学院情報科学研究科

2産業における一般均衡モデルを、多都市多産業経済の枠組みに拡張する。さらに、労働者が都市・産業の選択を行い、その選択に対する選好に異質性があるモデルを定式化する。

(1) 経済環境の設定

a) 都市経済システムの仮定

C 個の離散都市および $I+1$ 個の産業が存在する都市経済システムを扱う。この経済システムの産業には、独占競争的な工業部門と完全競争的な農業部門が存在し、工業部門は I 個の産業、農業部門は 1 つの産業をもつ。また、個々の都市は、交通ネットワークで結ばれており、ある都市で生産された財は交通ネットワークを通じて他の都市へ輸送することで、他の都市でも消費可能である。

b) 労働者の仮定

この都市経済システムの経済主体は、 N 人の労働者である。この経済主体は、技術水準に応じて、skilled labor と unskilled labor の 2 つに分類される。skilled labor は、高度な技術を持ち、働く都市および産業の選択が可能である。unskilled labor は、高度な技術を持たず、働く都市および産業の選択が不可能である。ここで、都市システム全体の skilled の総人口を H 、unskilled の総人口を L とおく。そして、都市 $c \in [1, \dots, C]$ の産業 $i \in [1, \dots, I]$ に従事する skilled の労働者人口を h_c^i とする。このとき、unskilled は都市・産業の選択が不可能であるため、各都市各産業に均等に $l = L / (C \cdot I)$ 存在する。

(2) 短期経済システム

a) 財の生産と輸送技術

都市 c の工業部門では産業 i が、差別化された財 M_c^i を x_c^i 単位生産するために、skilled を α^i 単位と unskilled を $\beta^i x_c^i$ 単位生産要素として投入する。財 M_c^i の輸送費用は、氷解費用の形をとると仮定する。すなわち、都市 $c, k \in [1, \dots, C]$ 間で 1 単位の財が輸送されると、 $1/\tau_{ck}$ だけ到達する。一方、農業部門は unskilled を生産要素として 1 種類の同質な財 A を生産する。また、財 A には輸送費用はかからず、各都市で生産された財 A は他の都市でも無差別に消費可能である。

b) 消費行動

都市 c 産業 i の各労働者は、所得制約 Y_c^i のもとで、コブ・ダグラス型の効用 $U_c^i(M_c^i, A_c)$ を最大化するように、差別化財 $M_c^i \forall i, c$ と同質財 A_c を消費する：

$$\max_{\{M_c^i, A_c\}} U_c^i = (A_c)^{\mu^A} \prod_{i=1}^I (M_c^i)^{\mu^i} \quad (1a)$$

$$s. t. \quad p^A A_c + \sum_i \int_{s \in b^i} p_c^i(s) d_c^i(s) ds = Y_c^i \quad (1b)$$

ここで、 $\mu^i > 0$ は財 M_c^i の支出割合を表すパラメータであり、 μ^A と μ^i の総和は 1 となる。また、消費量 M_c^i は、代替の弾力性 $\sigma^i > 1$ を用いて、差別化財 $s \in b^i$ の消費量 d_c^i を CES 型関数により集計したものである。このとき、予算制約式 (1b) において、 $p^A = 1$ は同質財の価格であり、ニューメレールとする。一方、 $p^i(s)$ は、差別化された財 s の価格であり、財の需給均衡条件から内生的に定まる。

c) 短期均衡状態

以上のモデルの仮定により、各都市各産業の人口配分 $\mathbf{h} = [\{h_c^1\}, \dots, \{h_c^I\}]$ を与件とすると、間接効用、財価格、生産量等の経済変数が（短期的に）均衡する。短期均衡の条件下では、各都市各産業の skilled の間接効用関数 $V_c^i(\mathbf{h})$ が、人口配分 \mathbf{h} の関数として定まる：

$$V_c^i(\mathbf{h}) = w_c^i(\mathbf{h}) \cdot (\mu^A)^{\mu^A} \prod_i (\mu^i / P_c^i(\mathbf{h}))^{\mu^i} \quad (2)$$

ここで、 P_c^i は都市 c 産業 i の物価水準、 w_c^i は都市 c 産業 i の労働市場で決まる skilled への賃金であり、それぞれ人口配分 \mathbf{h} の陽関数として与えられる

(3) 労働者の都市選択・産業選択行動

長期的には、skilled は自らの得る間接効用を最大化するように、都市および産業の選択を行うことができる。skilled の都市および産業の選択行動が、長期的に落ち着く状態を“長期均衡”と呼ぶ。

skilled は、都市選択および産業選択に関して選好に異質性があると仮定する。このとき、都市と産業の 2 つの選択肢を有する skilled の選択行動は、2 階層の nested logit モデルにより表現できる。ここで、skilled の都市選択/産業選択に関する知覚誤差の分散を表すパラメータ $\theta_c / \theta^I \in (0, \infty)$ と定義する。

仮に、都市選択が上位選択 (i.e. $\theta_c < \theta^I$) となる場合、都市 c 産業 i の skilled 人口 h_c^i を決める均衡条件式は、

$$h_c^i = H_c \exp(\theta^I V_c^i) / \sum_j \exp(\theta^I V_c^j) \quad \forall c, i \quad (3)$$

となる。このとき、都市 c を選択する人口 H_c は以下のように与えられる。

$$H_c = H \exp(\theta_c S_c) / \sum_k \exp(\theta_c S_k) \quad \forall c \quad (4)$$

ここで、 S_c は都市 c の産業選択に関する期待最大間接効用である。なお、産業選択が上位選択、都市選択が上位選択となる場合も同様に定式化できる。

3. 2都市2産業経済における人口分岐パターン

以上のように定式化した一般均衡モデルは、計算

分岐理論で開発されたアルゴリズムにより数値的に均衡人口配分を求めることができる。そして、得られた均衡人口配分の中から漸近安定な解を抽出して示す。以降では、まず本章で 2 都市 2 産業を対象とした均衡解を示し、その分岐パターンの特性を詳しく述べる。さらに、次章では、円周 4 都市 2 産業を対象とした均衡解を示す。

(1) 均衡解の分岐パターン

分析対象は都市数 2、工業部門の産業数 2 の都市経済システムである。都市経済システムの状況設定： $\mu^i = 0.2, \alpha^i = 1.0, \beta^i = 1.0 \quad \forall i$ 、労働者サイドのパラメータ： $\theta_c = 75, \theta^I = 100$ 、と設定して、各都市各産業の均衡人口配分 \mathbf{h} を求める。以降では、最初にベンチマークとして、対称な工業部門の産業を設定したケースの均衡解を示す。それから、産業間に非対称性がある場合、どのように人口分岐パターンが変化するかを明らかにする。

a) 対称な産業の下での均衡解

工業部門について、全ての産業が等しい代替弾力性をもつような、対称な (i.e. 同質な) 産業となるケースを説明しよう。この場合、輸送費用によらず、産業 1 における都市人口の分岐パターンは、産業 2 の都市人口の分岐パターンに一致する。ちなみに、輸送費用の低下に伴う、各産業での都市人口の分岐パターンは、既存の 2 都市を対象とした NEG モデルと同様に、分散 \rightarrow 1 都市集積 \rightarrow 分散という変遷である。

各産業の人口分岐パターンが一致する要因は、対称な 2 産業をもつ短期経済システムの均衡下では、財価格および実質賃金が産業間で無差別になるためである。それにより、ある都市の産業 1 の skilled が得る間接効用と、その都市の産業 2 の skilled の間接効用は一致する。その結果、輸送費用によらず、ある都市の産業 1 とその都市の産業 2 の人口は常に等しくなる。

b) 非対称な産業の下での均衡解

工業部門の各産業の代替弾力性を $(\sigma^1, \sigma^2) = (1.5, 2.5)$ と設定した、異質な 2 産業の都市人口の分岐パターンを図-1 に示す。さらに、 $(\sigma^1, \sigma^2) = (1.5, 10.0)$ として、極端に産業の非対称性を強めた（産業間での代替弾力性の差を大きくした）ケースを図-2 に示す。それぞれ、横軸に輸送費用 $t = 1 - (1/\tau_{ck}) \in [0, 1]$ 、縦軸に各都市各産業の skilled の人口 h_c^i をとり、都市 1 の産業 1/産業 2 の人口を青色実線/青色破線で、都市 2 の産業 1/産業 2 の人口を赤色実線/赤色破線で示す。これらの図を比較すると、産業間の非対称性が強くなるとともに、各産業の都市人口の分岐パターンは次のように変化することがわかる。

まず 1 つ目は、産業 1 は都市システム全体での産業人口がより大きくなり、産業 2 は反対に、都市シ

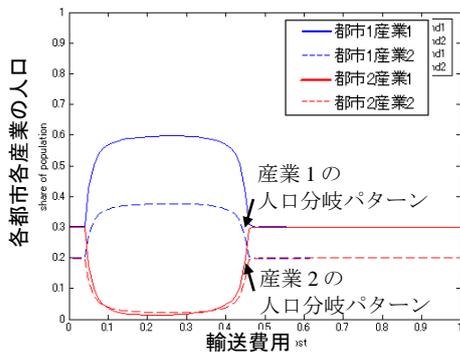


図-1 非対称な産業の下での均衡解 (2都市)

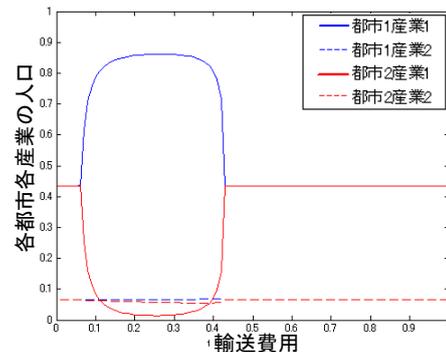


図-2 極端に非対称な産業の下での均衡解 (2都市)

システム全体での産業人口がより小さくなる、という変化である。この要因は、消費者の多様な財消費の嗜好により、代替弾力性 σ の低い産業の財ほど多く消費され、需要に対応する供給を行うために、その産業での労働者の投入量が大きくなるためである。その結果、 σ の低い産業1が、都市システム全体で大きな産業人口を獲得する。したがって、 σ が低い産業ほど、都市システム全体でのその産業の人口は大きくなる。

次に、2つ目の変化は、産業1については都市1への集積現象がより顕著に現れ、産業2については、都市1への集積が弱くなる、という変化である。そして、産業が極端に非対称な図-2では、都市1に人口が集積する局面で、産業1の大部分が、大都市である都市1に一極立地することがわかる。同時に、一方の産業2は、両都市に分散して立地することがわかる。このような産業の一極立地現象と分散立地現象については、次節で詳しく説明を行う。

c) 都市間での産業の特化

産業間で非対称性が極端に強いケースについて、都市内での産業別人口シェアを図-3に示す。横軸に輸送費用をとり、都市1における産業1の人口シェアを青色実線/都市2における産業2の人口シェアを赤色破線でプロットした。また、都市システム全体における産業1/産業2の人口シェアを黒色実線/破線で示す。

この図より、都市1へ人口が集積するとともに、大都市となる都市1では、代替弾力性 σ の低い産業1の人口シェアがより一層拡大することがわかる。一方で、小都市となる都市2では、 σ の高い産業2の人口シェアがより一層拡大する。したがって、都市人口の集積均衡下では、都市間での産業の特化が促進する。これは、都市1の人口が多くなるほど、産業1は大きな消費市場に誘引されて、産業1の都市1への立地がより促進されて、都市1での産業1の人口シェアは拡大するためである。一方で、都市1へ人口が集積すると、都市2では産業1が撤退するため、産業2の人口シェアが拡大する。

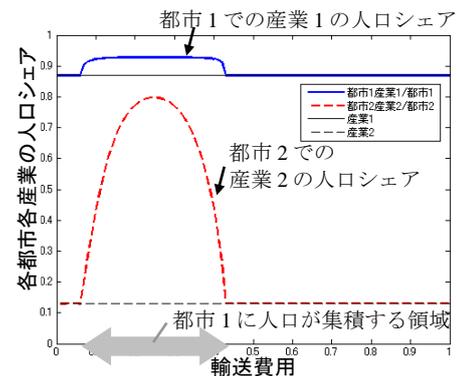


図-3 各都市での産業人口シェア (2都市)

(2) 産業の一極立地/分散立地がおこる背景

非対称な産業の下で、都市人口が集積する局面では、産業の一極立地/分散立地に伴う、都市間での産業の特化の発生が確認できた。このような現象がおこるメカニズムを説明しよう。産業の一極立地/分散立地は、次の産業の立地に関して働く2つの力のバランスにより決定する。具体的には、①大きな消費市場のある(人口が集積した)大都市に立地しようとする力、および②(競争相手の少ない都市に立地しようとする力である。

このとき、消費者の多様な財消費の嗜好により、代替弾力性 σ の低い産業の財ほど多く消費されるため、 σ の低い産業の財が消費市場の大部分を占める。そのため、 σ の低い産業が消費市場を支配して、①の力が強く働く。その結果、 σ の低い産業1は大都市に一極立地する。一方、 σ の高い産業にとって、 σ の低い産業は競争相手として強すぎるため、②の力が強く働く。その結果、 σ の高い産業は競争を避けて、両都市に分散立地する。

4. 4都市2産業経済における人口分岐パターン

本章では、4つの都市が円周上に並び、工業部門には2つの産業が存在する都市経済システムを対象として、均衡人口配分を示す。

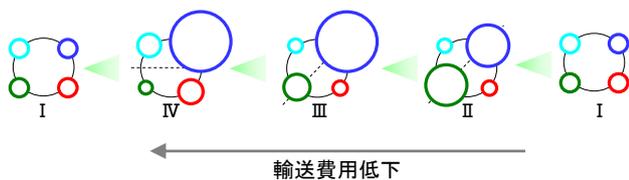


図-4 4都市間での都市人口の配分パターン

(1) 対称な産業の下での均衡解

全ての産業が等しい代替弾力性の値をもつとき、前章と同様に、輸送費用によらず、各都市の産業1と産業2の人口は等しくなる。このとき、都市人口の配分は、輸送費用に応じて図-4のように変化する。この図では各都市の人口規模を色付丸の大きさで示している。

これより、輸送費用の変化に伴う都市人口の分岐パターンについて、周期倍分岐に則した次の変遷がみられる。

具体的には、輸送費用の低下とともに、都市人口の配分パターンは、分散(I)→対角2都市集積(II)→1都市への強い集積と対角1都市への弱い集積(III)→1都市への強い集積と隣接2都市への弱い集積(IV)→分散(I)、と変化する。

(2) 非対称な産業の下での均衡解

産業間に非対称性が存在する場合でも、都市人口の配分パターン I-IVと同様の変遷があらわれる。しかしながら、産業1の都市人口の分岐パターンと産業2の都市人口の分岐パターンは一致しない。各産業の代替弾力性を $(\sigma^1, \sigma^2) = (1.5, 4.0)$ と設定したとき、各都市での産業1の人口シェアは、輸送費用に応じて図-5のように変化する。図中の各人口配分パターンの代表的な値を抽出し、各都市各産業の人口配分パターンの推移過程を示したものが図-6である。図-6では、各都市の人口規模を円の大きさを示し、各都市内での産業1/産業2の人口シェアを青色/黄色の塗布量で示す。これらの図から、前章で示された2つの特徴(①都市システム全体で産業1が大きな人口シェアを獲得、②都市人口の集積均衡下で、産業1は大都市に一極立地)がわかる。さらに、新たな特徴として次の2点が確認できる。1つ目は、全ての都市で、都市人口が多くなるとともに、その都市での代替弾力性 σ の低い産業の人口シェアが拡大するという点である。反対に、都市の人口規模が小さくなるほど、その都市での σ の低い産業の人口シェアが縮小する。これは、都市の人口規模が大きくなるほど、 σ の低い産業がその都市に誘引されるためである。

2つ目の特徴は、都市人口が最大となる都市のみで、代替弾力性 σ の低い産業への特化が発生するという点である。一方で、それ以外の都市では、 σ の高い産業への特化が発生する。例えば、1都市への集積がおこるパターンIIIに注目すると、都市人口が

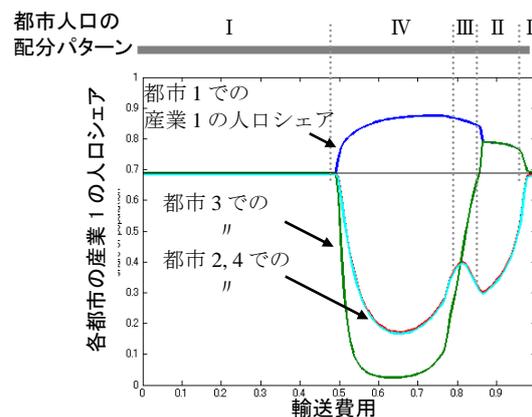


図-5 各都市の産業1の人口シェア(4都市)

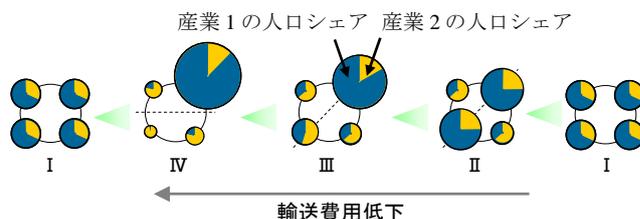


図-6 各都市の産業人口シェアの変遷

最小となる都市に限らず、弱い集積が発生している対角都市においても、 σ の高い産業2の人口シェアが1/2を超える。同様に、パターンIVでも、都市人が最大となる都市以外では、必ず σ の高い産業2の人口シェアが大きいことが確認できる。

5. おわりに

本研究では、従来のNEGモデルを多産業経済に拡張した一般均衡モデルを構築し、都市経済システムの均衡人口配分を数値計算した。その結果、最大都市では代替弾力性の低い産業への特化、最大都市以外の都市では代替弾力性の高い産業への特化がおこることが示された。さらに、都市人口が多くなるとともに、その都市での代替弾力性の低い産業の人口シェアは拡大することが明らかになった。

参考文献

- 1) M.Fujita, P.Krugman, A.J.Venables: The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade, The MIT Press, 1999.
- 2) M.Fujita, P.Krugman, T.Mori: On the evolution of hierarchical urban systems, *European Economic Review* 43, pp.209-251, 1999.
- 3) R.Forslid, G.I.P.Ottaviano: An analytical solvable core-periphery model, *Journal of Economic Geography* 3, pp.229-240, 2003.
- 4) T.Tabuchi, J.F.Thisse: Self-organizing Urban Hierarchy, working paper, 2007.