

多様な消費者から成る都市システムにおける人口集積分散パターン*

Bifurcation patterns in a Core-Periphery model with taste heterogeneity

菅澤晶子**・赤松隆***

By Akiko SUGASAWA**・Takashi AKAMATSU***

1. はじめに

近年、交通通信技術の飛躍的な発展に伴い、人・物・情報の流通コストが低下し、我々を取り巻く経済システムは、大きな変革の時代を迎えている。BRICs 諸国へのアウトソーシングが増加し、先進国の仕事が次々に奪われていることは、その代表的な例である。また、流通コストの低下によってもたらされたグローバル化の力は、人々の住み働く場所に対する選択肢を、地球規模へと広げている。その結果、国・地域を跨いだ労働者の移動と、それに伴う産業の移動が活発化している。このような社会経済を取り巻く環境の中で、政府が社会的に望ましい状態を実現するためには、輸送費用の低下と、人々の都市選択の異質性を考慮した、産業・労働者の分散集積現象の規則性を知ることは必要不可欠である。

Krugma¹⁾らに始まる新経済地理学[New Economic Geography]は、都市経済システムにおける輸送費用水準の低下によって、人口の空間的集積現象が発現することを明らかにしている。その後、さまざまな発展的な研究が蓄積されてきた²⁾が、これらの研究の多くは、2都市での分析に限定されている。したがって、一般的な多数の都市を対象とした集積現象の性質は未解明である。数少ない多都市の空間的集積分散現象を扱った柳本³⁾では、人口配分の分岐パターンは周期倍分岐を繰り返すことが明らかにされている。ただし、その分析は消費者が同質であると限定されており、多様な消費者から成るより現実的な都市システムにおける分岐パターンの性質は明らかでない。そこで、本研究では異質な消費者を考慮した多都市システムにおいて、Core-Peripheryモデルで実現する均衡人口配分の分岐パターンを明らかにする。

2. モデル

(1) モデルの枠組み

*キーワード：集積現象、選好の異質性、多都市システム

**学生員、東北大学大学院情報科学研究科

(仙台市青葉区荒巻青葉 6-6

TEL022-795-7507 FAX022-795-7505)

***正員、工博、東北大学大学院情報科学研究科

本研究では、Forslid and Ottaviano⁴⁾が提案した2都市における一般均衡理論を、多都市の枠組みに拡張する。さらに、労働者が都市選択に選好の異質性を組み込んだモデルを定式化する。

本モデルの枠組みは、短期的に定まる経済均衡と、長期的に定まる人口配分モデルに分かれている。労働者は、経済均衡によって定まる各都市の間接効用をもとに都市選択を行い、その結果、各都市の人口配分が決定する。

(2) 経済環境の設定

a) 都市システムの仮定

離散的な n 個の都市が交通ネットワークで結ばれた都市を仮定する。都市システムには、二つの生産部門が存在する。一つは、収穫逓増の技術を持つ企業が独占的競争を行う工業部門であり、もう一つは、収穫一定の技術を持つ企業が完全競争を行う農業部門である。ある都市で生産された財は交通ネットワークを通じて輸送することで、他の都市でも消費可能である。

b) 労働者の分類

都市経済システムの主体は、一労働者であり、一消費者である。この経済主体は、技術水準に応じて *skilled labor* と *unskilled labor* の二つに分類できる。高い技術を持つ *skilled labor* は工業部門に従事し、都市選択が可能である。また、技術を持たない *unskilled labor* は二つの部門に従事し、都市選択は不可能である。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 $i \in [1, \dots, n]$ に従事する *skilled* の労働者人口を h_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 $l = L/n$ 存在する。

(3) 経済システムの短期均衡状態の定式化

a) 財の生産と輸送技術

農業部門は、収穫不変の技術により、*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。

一方、工業部門は収穫逓増の技術により、差別化された

財 M を生産する。より具体的には、都市 i での財 M を x_i 単位生産するために、skilled を α 単位と unskilled を βx_i 単位生産要素として投入する。工業部門の企業は、労働投入によってかかる費用を、売り上げによる収入から差し引いた利潤を最大化するよう行動する。また、財 M の輸送費用は、氷解費用の形をとり、都市 $i, j \in [1, \dots, n]$ 間で1単位の財が輸送されると、 $1/\tau_{ij}$ だけ到達すると仮定する。

b) 消費者行動

都市 i の各労働者は、所得制約 Y のもとで、コブ・ダグラス型の効用 $U_i(M_i, A_i)$ を最大化するように、差別化財 M_i と同質財 A_i を消費する：

$$\max_{\{M_i, A_i\}} U_i(M_i, A_i) = M_i^\mu A_i^{1-\mu} \quad (1a)$$

$$s.t. \quad p^A A_i + \int_{k \in n} p_i(k) d_i(k) dk = Y \quad (1b)$$

ここで、 $\mu > 0$ は財 M の支出割合を表すパラメータであり、消費量 M_i は、差別化された財 $k \in n_i$ の消費量 $d_i(k)$ を、代替の弾力性 $\sigma > 1$ を用いて集計したものである：

$$M_i \equiv \left[\int_{k \in n} d_i(k)^{(\sigma-1)/\sigma} dk \right]^{(\sigma-1)/\sigma} \quad (2)$$

予算制約式(3b)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、 $p_i(k)$ は、差別化された財 k 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より、各都市の人口配分パターン \mathbf{h} を与件とすると、間接効用、財価格、生産量等の諸変数が均衡する。この状態を“短期均衡”と呼ぶ。短期均衡の条件下では、各都市のskilledの間接効用関数 $V_i(\mathbf{h})$ が人口変数 \mathbf{h} の陽関数として定まる：

$$V_i(\mathbf{h}) = w_i(\mathbf{h}) \mu^\mu (1-\mu)^{1-\mu} (R_i(\mathbf{h}))^{-\mu} \quad (5)$$

ここで、 R_i は都市 i の物価水準、 w_i は都市 i の労働市場で決まる skilled への賃金であり、それぞれ \mathbf{h} の陽関数として与えられる。

(4) 人口移動の長期均衡状態の定式化

a) 均衡状態における都市選択

長期的には、skilled 自らの得る効用を最大化するように、都市の選択を行うことができる。skilled の都市の選択及び移住行動が、長期的に落ち着く状態を“長期均衡”と呼ぶ。ここで、彼らの都市選択に対する選好に異質性を仮定して、知覚する効用には主観的効用 ε_i が含まれるとする：

$$\bar{V}_i = V_i(\mathbf{h}) + \varepsilon_i \quad (8)$$

上式の主観的効用 ε_i は互いに独立で同一の Weibull 分

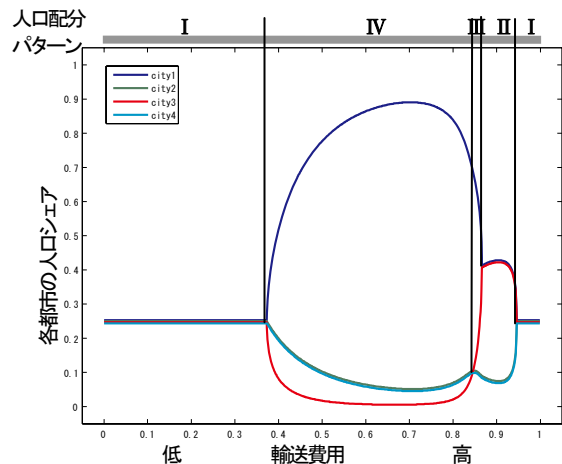


図-1 均衡人口配分の分岐パターン

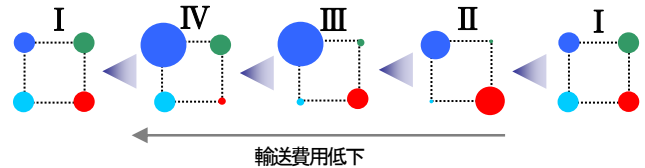


図-2 人口配分パターンの推移

布に従う。このとき、都市 i を選択する skilled の割合 P_i (h) は次の Logit 型の選択確率で与えられる：

$$P_i(\mathbf{V}) = \exp(\theta V_i) / \sum_j \exp(\theta V_j) \quad \forall i \quad (9)$$

ここで、 $\theta_h \in (0, \infty)$ は都市選択に関する skilled の選好のばらつきを表す分散パラメータである。

b) 均衡解の安定性

以上で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って、数値的に均衡人口配分を求めることができる。ただし、均衡人口配分が意味を持つためには、均衡解の安定性を吟味する必要がある。そのために、均衡人口配分の中から漸近安定な (ie. 均衡解に摂動を与えても元の均衡解へ戻るような) 解を抽出して示す。

3. 円周4都市における均衡人口配分

(1) 典型的な均衡人口配分の分岐パターン

4つの都市が円周上に均等に配置された都市システムを仮定し、輸送費用が低下する局面における、典型的な均衡人口配分パターンを明らかにした。

図-1 は、都市経済システムのパラメータを $\mu=0.4$, $\sigma=2.0$, $\alpha=1.0$, $\beta=1.0$, $H=1.0$, $L=1.0$, 労働者サイドのパラメータを $\theta=200$ と設定した場合の均衡人口配分の分岐パターンを示したものである。横軸に輸送費用 $t=1-1/\tau_{ij}^{1-\sigma} \in [0, 1]$, 縦軸に各都市の skilled の人口配分シェア h_i/H をとり、都市1~4の人口配分シェアを凡例にあるとおり色別で表している。

この図より、輸送費用の変化に伴う均衡人口配分の分岐パターンは、四つの人口配分パターン（分散Ⅰ，集積Ⅱ，集積Ⅲ，集積Ⅳ）の変遷となることが分かる。具体的には、**図-2** に示すとおり、輸送費用が低下する局面において、4都市に均等に人口が分散している状態（分散Ⅰ）から、対角線上の2都市へ人口が集積している状態（集積Ⅱ）へと変化する。さらに輸送費用が低下すると、そのうちの一方の1都市への人口集積が強まり、その対角1都市の人口集積が弱まる状態（集積Ⅲ）になる。さらには、大都市の対角線上にある都市が衰退し、1都市への強い集積と、その隣接2都市への弱い集積状態（集積Ⅳ）となる。最終的に輸送費用が十分低くなると、再び人口が均等な状態（分散Ⅰ）となる。

この分岐パターンの特徴として、1) 人口の逆転現象と、2) 周期倍分岐が挙げられる。**図-2** の分岐パターンより、集積Ⅲにおいて弱い集積が発生している都市が、集積Ⅳにおいて最小都市となり、その代わりに隣り合う2都市に弱い集積が発生する点から、人口の逆転現象が生じていることがわかる。また、4都市分散状態（分散Ⅰ）→2都市集積（集積Ⅱ）→1都市集積（集積Ⅲ，集積Ⅳ）となる分岐パターンは、周期倍分岐の性質に則した変遷となっている。

(2) 均衡分岐パターンと諸条件の関係

人口分岐パターンは、輸送費用のみならず、収穫逓増の集積力（都市システムの供給条件）の影響と、労働者の都市選択（労働者の需要条件）の影響も受けることが明らかになった。以下では、集積力と都市選択の選好の異質性を制御するパラメータをそれぞれ変化させ、人口分岐パターンに与える影響を検討する。

a) 収穫逓増パラメータの影響

図-3 は、都市システムの収穫逓増の集積力を制御する、財多様性消費パラメータ（工業財の代替の弾力性 σ ）と輸送費用 t を同時変化させた場合の集積領域を表している。

この図から、 (σ, t) の変化に対して、次の特徴を確認できる：1) 代替の弾力性 σ の変化に対しても、均衡解は分岐する、2) 輸送費用 t が高い水準では、周期倍分岐構造を含む。これらの特徴について、詳しく**図-3** を見てみよう。 (σ, t) 平面上では白い分散領域の中に、山型の赤い1都市集積領域と青い2都市集積領域が存在している。輸送費用を固定して、集積領域の変化を観察すると、輸送費用が中～高水準の場合、財多様性消費パラメータ σ が小さくなるにつれて、人口配分が分散状態から集積状態へと分岐していることが分かる。さらに、輸送費用領域が高水準の場合

には、パラメータ σ が小さくなるにつれて、分散状態から2都市集積、そして1都市集積となり、周期倍分岐の性質が観察される。

第一点目の特徴は、集積力の発生メカニズムに起因する。それは、財の代替の弾力性が小さくなると、企業は差別化の進んだ財を生産するようになり、消費者はより多様な財を消費する。そして、生産量を増加させるためにさらに労働者が誘引されるという正のフィードバック効果が働く。その結果、パラメータ σ が低下すると、相対的に集積力が強まり、分散→集積という分岐が観察されたと考えられる。また、第二点目の特徴は、集積力と分散力のトレードオフに起因すると考えられる。輸送費用の高い水準では、都市間の財の交換に費用がかかり、分散力が大きい。その影響により、財多様性消費による集積力を打ち消すため、1都市集積とともに、2都市集積が発生したといえる。

b) 都市選択感度パラメータの影響

本モデルの設定では、消費者の効用の知覚には誤差が含まれていると仮定した。**図-4** は、この消費者の効用の知覚誤差パラメータ θ と、輸送費用 t を同時変化させた場合の集積領域を表している。

分岐パターンは、 (θ, t) の変化に対して、代替の弾力性 σ の場合と同じ特徴が図から観察される。具体的には、1) 知覚誤差パラメータ θ の変化に対しても、均衡解は分岐する、2) 輸送費用 t が高い水準では、周期倍分岐構造を含むという特徴である。詳しく**図-4** に注目すると、白い分散領域に、谷型の赤い1都市集積領域と青い2都市集積領域が存在している。集積領域は、輸送費用が中～高水準の場合に、パラメータ θ が大きくなると、4都市分散状態から1都市集積または2都市集積になる。したがって、パラメータ θ に対しても人口パターンは分岐することが分かる。さらに輸送費用が高水準の一部に限っては、4都市分散→2都市集積→1都市集積となり、周期倍分岐の性質が観察される。ただし、前述の収穫逓増の集積力を制御するパラメータ σ の場合とは異なり、さらに輸送費用水準が高い領域では、4都市分散→2都市集積となり、2都市集積が発生した場合に必ずしも周期倍分岐にならないことがわかる。

これらの特徴は、消費者の効用の知覚誤差が、本モデルの分散力となっていることに因る。効用の知覚誤差が小さくなると（パラメータ θ が小さくなると）、各労働者が知覚する各都市の間接効用はランダムな値に近づく。その結果、労働者は効用差に鈍感になり、集積が発生しにくくな

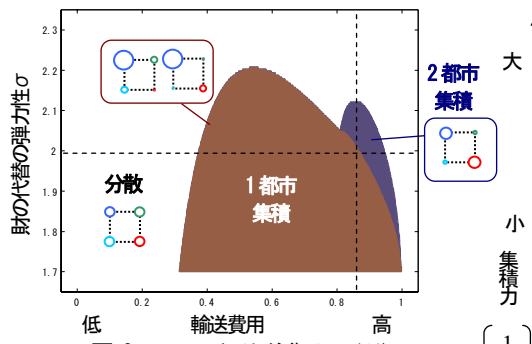


図-3 (σ, t)平面と均衡人口配分

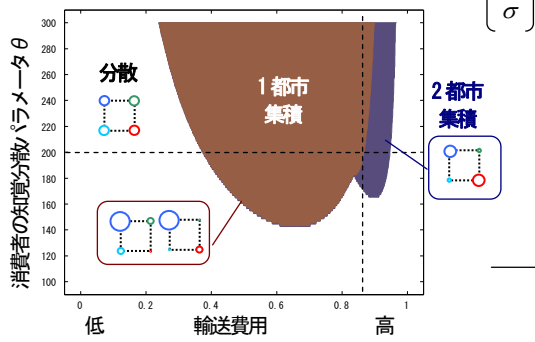


図-4 (θ, t)平面と均衡人口配分

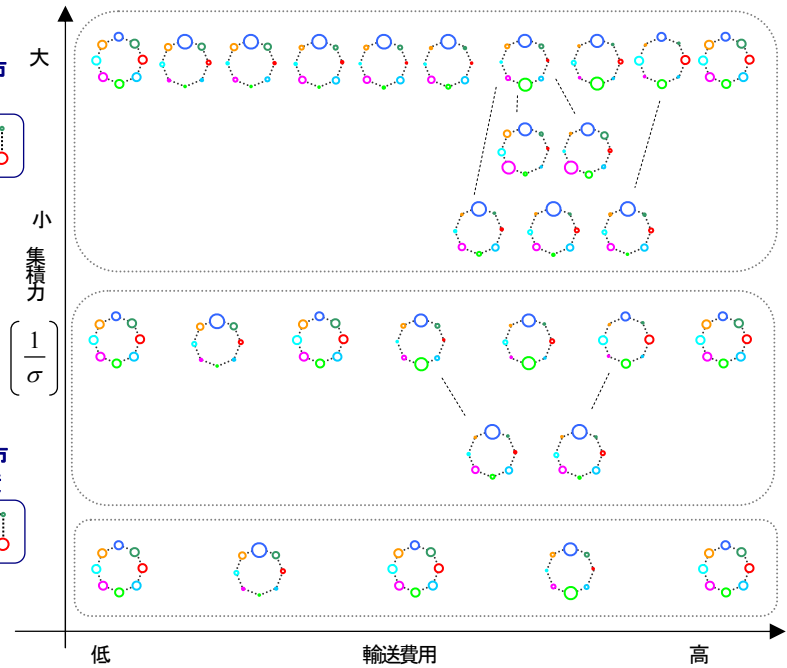


図-5 円周8都市における人口配分パターンの推移

る。これは相対的に都市システムの分散力を強めていることになり、パラメータ θ が減少すると、集積→分散となる。また、輸送費用が高い水準で、かつ、パラメータ θ が大きい領域では集積力と分散力が拮抗し、1都市集積ではなく、2都市集積が現れたと考えられる。

4. 円周8都市における均衡人口配分

円周8都市システムでは、円周4都市システムと比べ、さらに複雑な分岐パターンが確認された。図-5は、輸送費用が低下する局面における円周8都市人口配分パターンの推移を、集積力の異なる三つの場合について示したものである。この図は、横軸が輸送費用を表しており、縦軸が財多様性消費パラメータによる集積力の大小関係を表している。

円周8都市の分岐パターンは、集積力の強さによって次のような性質が観察される。集積力が比較的強い場合、分岐パターンは周期倍分岐構造を持つが、集積力が比較的弱くなると、それが一貫しない。図-5において、分岐パターンは集積力が非常に強い場合、確かに複雑な分岐が発生するものの、大まかに言えば8都市分散→4都市集積→2都市集積→1都市集積となっている。しかし、集積力の比較的弱い場合、2都市集積から1都市集積間の輸送費用領域で分散が実現し、周期倍分岐の性質が一貫していない。これは、部分的に、労働者の異質性による分散力が、金銭的外部経済の集積力を凌駕したためである。輸送費用が低下する局面で、1都市集積より高い輸送費用領域で分散が発

現するのは、本モデルの特徴といえる。

5. おわりに

本研究では、Core-Peripheryモデルを改良した Forslid and Ottaviano の2都市モデルを多都市の枠組みに拡張した。さらに、労働者の異質性を組み込んだモデルを構築した。そして数値計算によって、以下の三つの事実が示された：1) 人口分岐パターンは周期倍分岐構造を含むが、輸送費用が低下すると再び分散現象が発現する、2) 都市の集積力を支配する財の代替の弾力性 σ と、労働者の効用の知覚誤差パラメータ θ に対しても、周期倍分岐の性質を示す、3) 集積力の強さによっては、1都市集積より高い輸送費用水準で分散現象が発現し、周期倍分岐の性質が一貫しない、

参考文献

- 1) P.Krugman: Increasing Return and Economic Geography. Journal of Political Economy 99, 483-499, 1991
- 2) M.Fujita, P.Krugman, A.J.Venables: The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade, The MIT Press, 1999
- 3) 柳本章仁：都市の集積・分散モデルとその分岐解析に関する研究，東北大学大学院土木工学科修士論文，2007
- 4) R.Forslid, G.I.P.Ottaviano: An analytical solvable core-periphery model, Journal of Economic Geography 3, 229-240, 2003