

# 1次元線形多都市モデルにおける人口の集積・分散挙動の解明

東北大学 学 鈴木 明憲  
東北大学 正 池田 清宏

## 1. 研究背景と目的

Krugman の Core-Periphery モデルは、集積について画期的な結果をもたらした<sup>1)</sup>。この研究を端緒とし、一連の新経済地理学モデルが開発され、集積現象の解明が進んでいる。都市の代表的な幾何学的モデルである 1 次元線形都市モデル (図-1) に対する従来の研究では、13 都市までの解析しか行われていない。そこで本研究では、都市数を 101 都市まで増やすことで一様分布における人口の集積・分散挙動を近似的に調べることとする。また、各種パラメータの値を変化させ集積・分散にどのような影響が生じるのかを分析する。解析には Krugman モデルを拡張した Forslid<sup>2)</sup> モデル、Logit モデルを用い、計算分岐理論による分岐解析法<sup>3)4)</sup>を多都市モデルに対して適用する。

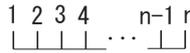


図-1 線形都市モデル

## 2. 都市の集積・分散モデル

本研究で用いている Forslid<sup>2)</sup>モデルと Logit モデルについて簡単に紹介する。

### (1) 一般均衡の枠組み

- 経済は、独占的競争が行われる工業部門と完全競争的な農業部門の 2 つの部門からなる。工業品の輸送には輸送費がかかるが、農業品の輸送には輸送費はかからないこととする。
- 経済全体では工業労働者は  $\mu$ 、農業労働者は  $(1 - \mu)$  の割合で存在する。他には、工業部門で働く High skilled worker が  $\mu/\sigma$  存在し、工業部門または労働部門で働く Low skilled worker が  $(\sigma - \mu)/\sigma$  存在する。
- High skilled worker は自身の効用を最大化するように確率的に都市間を移動することができるが、Low skilled worker は移動不可能で、すべての都市に均等に分布しており、賃金 1 である。

### (2) Forslid の短期均衡モデル

消費者の効用最大化行動、生産者の利潤最大化行動、氷塊輸送などの理論に基づき上記の仮定を用いると、都市  $r$  の High skilled worker の賃金  $w_r^M$  は次式で表される。

$$w_r^M = \sum_{s=1}^n \frac{Y_s (T_{rs}^M)^{1-\sigma}}{\sum_{k=1}^n \lambda_k (T_{sk}^M)^{1-\sigma}} \quad (1)$$

各変数の意味は下記のとおりである。

$Y_r$  : 都市  $r$  の取得

$T_{rs}^M$  : 都市  $r$  から都市  $s$  間の輸送費

$\sigma$  : 任意の差別化された二つの財間の代替弾力性

### (3) Logit モデル (確率的都市選択行動)

High skilled worker の都市選択行動を決定する要因を実質賃金 (間接効用) の大きさによる考え、都市  $r$  における実質賃金  $\omega_r$  を High skilled worker の賃金  $w_r^M$  と工業品価格指数  $G_r$  を用いて以下のように定義する。

$$\omega_r = \sigma^r (1 - \mu)^{1-\mu} w_r^M G_r^{-\mu} \quad (2)$$

しかし、実質賃金は完全に測定できない上、個人間のばらつきもある。この実質賃金をランダムな確率の変数と考え、都市  $r$  における High skilled worker の人口シェアを

$$\lambda_r = \frac{\exp[\theta \omega_r]}{\sum_{s=1}^n \exp[\theta \omega_s]} \quad (3)$$

と定義する。ここで、 $\theta$  は実質賃金に対する知覚誤差の分散を表すパラメータであり、 $\theta = 0$  のとき、Highskilled worker の知覚する実質賃金はどの都市でも完全にランダムであり、 $\theta = \infty$  では、知覚する実質賃金は各都市ごとに測定可能な実質賃金  $\omega_r$  と一致する。

## 3. 解析結果

都市数を 101 都市、パラメータ  $(\mu, \sigma, \theta) = (0.4, 10, 350)$  を基準とし、 $\mu$  と  $\theta$  の値を種々に変化させて求めた集積・分散挙動を図 2 と図 3 に示す。縦軸には分散 ( $s^2$ ) を用い以下のように表わされる。

$$s^2 = \sum_{r=1}^n \lambda_r (\bar{x} - x_r)^2 \quad (4)$$

$$x_1 = -\frac{1}{2}, \dots, x_r = -\frac{1}{2} + \frac{r-1}{n-1}, \dots, x_n = \frac{1}{2} \quad (5)$$

確率変数  $x$  は中心都市からの距離、確率密度関数  $\lambda_i$  は生産能力が高い労働者の人口シェア  $\lambda_r$  ( $r = 1, \dots, n$ ) である。

### (1) パラメータ値 ( $\mu$ ) の変化による影響

図 2 は  $\mu = 0.2, 0.4, 0.6$  に対する解析結果である。ここで、 $\mu$  は工業品への支出割合を示すと同時に、経済全体における High skilled worker と Low skilled worker を合わせ

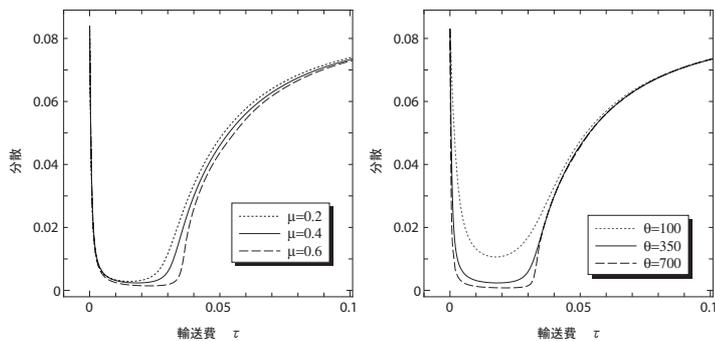


図-2  $\mu$  の変化による影響

図-3  $\theta$  の変化による影響

た工業労働者が示す割合を示している。図 2 より  $\mu$  を大きくすると曲線が右側にずれていくのがわかり、輸送費用 ( $\tau$ ) の値が大きい段階で集積が起こり一極集中している幅も広がっている。つまり、 $\mu$  の変化は横軸の輸送費 ( $\tau$ ) 方向へ影響が生じる。

(2) パラメータ値 ( $\theta$ ) の変化による影響

図 3 は  $\theta=100, 350, 700$  に対する解析結果である。ここで、 $\theta$  は実質賃金に対する知覚誤差の分散を表す。図 3 を見ると、 $\tau=0.02$  付近では  $\theta$  によって分散の極小値に差があり  $\theta$  が大きいほうが分散値が小さくなっている。これは、 $\theta$  が大きくなるにつれ効用の変化に敏感になり集積力が増すため一極集中に近付いていることが分かる。次に、図 4 は 101 都市の人口分布を表す棒グラフである。この図を見ると、 $\tau$  の変化による集積の度合いの違いがわかり、 $\tau=1.0$  から小さくなるにつれ人口最大都市が両端から中心へと近づいてくることがわかる。しかし、再分散では周辺都市へ徐々に人口が外側の都市へと流れていき、人口が一様分布へと近づいていく。この現象はどの  $\mu$  の値に対しても同じ傾向が見られた。

また、実質賃金が完全に測定可能な場合 ( $\theta=\infty$ ) の近似として、 $\theta=10000$  解析を行った。図 5 は  $\theta=10000$  の人口分布図であり、図 4 と比較する。まず、 $\tau=0.08$  の時の人口が集積している所を見ると、 $\theta=350$  では 2 箇所、 $\theta=750$  では 4 箇所、 $\theta=10000$  では 5 箇所と増え、都市の人口最大値も増加している。次に、 $\tau=0.08$  から  $\tau=0.02$  へと輸送費が小さくなる段階を見ると、 $\theta=10000$  (図 5) の場合は都市数が  $5 \rightarrow 3 \rightarrow 1$  と減っているの、離散的に人口が分布している状態から中心都市へと一極集中したが  $\theta$  が小さい場合 (図 4) は連続的に両端から人口が集積してきて一極集中している。これらのことは、 $\theta$  を大きくしたことで集積力が増し、人口が増加傾向にある都市の集積力が広範囲に及ぶようになったためと考えられる。しかし、再分散においてはどの  $\theta$  であれ人口変化の傾向は同じであった。

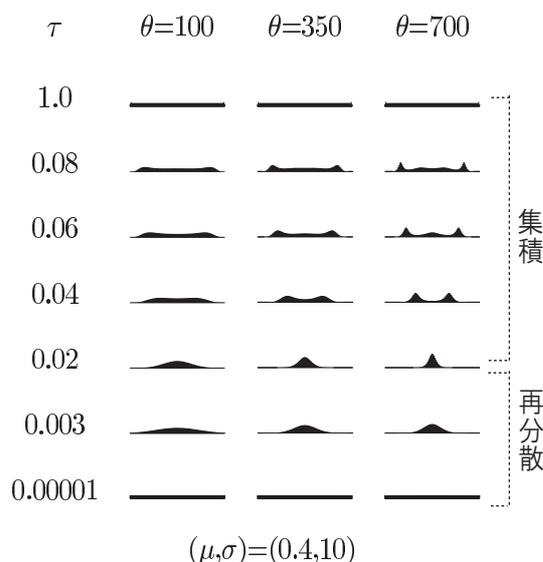


図-4 パラメータ ( $\theta$ ) による比較

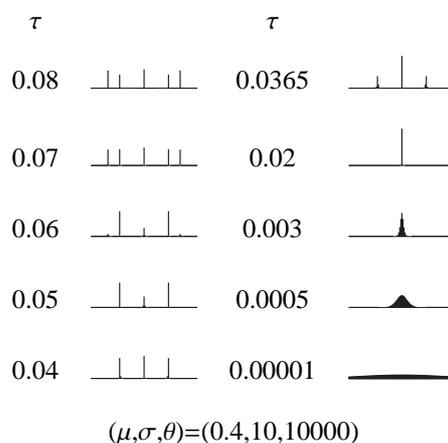


図-5 パラメータ ( $\theta=10000$ ) の人口分布

4. 結論

本研究では 1 次元線形多都市モデルにおいてパラメータ ( $\mu, \theta$ ) を変化させることにより人口の集積・分散へどのような影響を与えるかがわかった。この結果は都市数が少ない場合と同じ傾向が見られ、都市数を増やしても比較が可能であることがわかる。しかし、 $\theta=10000$  としたときの人口の変化は  $\theta$  の小さい場合と比較すると違う傾向が表れたので、 $\theta$  による人口の集積・分散への影響はこれからも調べていく必要がある。これらの 1 次元線形多都市モデルの結果をふまえ、2 次元モデルの解析を行うことが今後の課題である。

参考文献

- 1) M. Fujita, P. Krugman, and A.J. Venables, The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade, MIT Press, 1999.
- 2) Forslid, and I.P. Ottaviano, An analytically solvable core-periphery model, Journal of Economic Geography, 3, pp.229-340, 2003.
- 3) 藤井文夫, 大崎純, 池田清宏, 構造と材料の分岐力学, 計算工学シリーズ 3, コロナ社, 2005.
- 4) K. Ikeda, K. Murota, and H. Fujii, Bifurcation hierarchy of symmetric structures, Int. J. Solids Struct., 27(12), pp.1551-1573, 1991.