

少子高齢化が都市構造に及ぼす影響のシミュレーション分析

- ミクロ経済学に基づいたセルオートマトン -

Simulation analysis of urban structure on an aging society with a falling birthrate

-A cellular automata based on microeconomic model-

学籍番号 086743

氏名 吉川 知秀 (Kikkawa, Tomohide)

指導教員 高橋 孝明 教授

1. 研究背景と目的

日本では、人口減少、少子高齢化が急速に進んでいる。この現象は、そもそも都市構造に及ぼす影響が不明であること、そして、その都市に暮らす人々に関しては現状の自動車中心の社会は高齢者などの交通弱者にとって不便となることが指摘されている。そこで、日本は、高齢者に対応した街づくりを行うことが求められている。その1つの対応策として、コンパクトシティが提案されている。

海道(2001)、石塚(2008)は、コンパクトシティは物理的な都市のコンパクトさに加え、多様な居住者と多様な空間を実現している必要があると指摘している。また、コンパクトシティへの批判もある。主要な批判として、コンパクトシティの実現性への疑問、コンパクトシティの生活の質への疑問等がある。これらの批判に対し、実現方法が明確でない、混雑の発生を考慮していないといった意見には十分な回答がされていない。

そこで、本研究の目的は、まず高齢化が都市構造に及ぼす影響について明らかにすることである。加えて、混雑を考慮したコンパクトシティにおける望ましい都市像について議論を行う。

2. 研究方法

本研究では、セルオートマトン(CA)とミクロ経済学で用いられる理論を結びつけてシミュレーション分析を行う。これらを結び付けることで、都市の構成要素の局所的相互作用を考慮した上で、少子高齢化の都市構造に及ぼす影響を明らかにすることができる。

3. 既存研究の整理、本研究の位置づけ

Carusoら(2007、2008)は、CAとミクロ経済学を結び付けることで、従来のミクロ経済学では表現できなかった農地と宅地の混在の表現に成功している。Kiiら(2005)は、CAとミクロ経済学を結び付ける方法でコンパクトシティの政策評価に関する研究を行っている。これらの研究では、少子高齢化を考慮して行われた研究はない。本研究では、家計として若者と高齢者の登場するモデルを開発し、このモデルを下にシミュレーション分析を行う。

4. モデルの枠組み

4.1 想定する経済

①都市の構造

人口が都市間で移動しない閉鎖都市を想定する。したがって、都市内の人口は一定N。また、家計が立地可能な土地は、 69×69

のセルで構成される。そして、それらのセルは、若者、高齢者、農地のいずれかの状態をとるとする。セルの状態が若者であれば赤紫、高齢者であれば黒、農地であれば無色としてセル上に表わされる。CBDには、大きさがなく中心に位置するとする。また、すべての生産物は、CBDで生産販売されるとする。したがって、家計はCBDに行つて生産物を購入する必要がある。

②経済主体

都市における経済主体は家計のみであるとする。そして、家計には若者と高齢者が存在する。若者の総数を n^y 、高齢者の総数を n^o で表す。したがって、 n^y と n^o の合計は N である。高齢者の全人口に占める割合を λ で表わし、 $\lambda = n^o/N$ を意味する。若者と高齢者の違いは、交通費の違いで表現される。距離に関して単位当たりの交通費一定とし、若者の交通費を t^y 、高齢者の交通費を t^o と表す。また、 $t^y < t^o$ とする。高齢者は身体機能の低下からモビリティが低下すると考えられるためである。これらの家計が立地することで都市形態が決定する。各家計は、予算制約と住環境の下、効用を最大化するように財の消費、立地選択を行うとする。住環境 ω は、人が集中することで悪化するとする。この集中の外部不経済は、距離とともに減衰するとし、住環境 ω を以下の様に定式化する。

$$\omega = 1 - \delta \left(\frac{\sum e^{-\gamma d_{ij}} H_i}{\sum e^{-\gamma d_{ij}}} \right) \quad (1)$$

(1)式の2項目は集中の外部不経済を表している。 γ は外部不経済の影響の大きさが距離に関して減衰する度合いを調整するパラメータ、 δ は住環境における外部不経済の影響

の大きさを調整するパラメータを意味する。 d_{ij} はセル i から j までの距離を表している。 H_i は、セル i の状態が若者か高齢者であれば1、そうでなければ0とする。

財に関しては、合成財 q と農業財 A が存在し、各家計は必ず1単位の土地を消費するとする。そこで、効用関数 U を、

$$\max U = \left(\alpha q - \frac{\beta}{2} q^2 + A \right) \omega \quad (2)$$

とする。 α は財 q に対する欲求の大きさを表し、 β は財 q 以外への選好を表すパラメータである。また、予算制約式は、

$$s.t. \quad y - td_{i0} - r = pq + A \quad (3)$$

とする。 y は所得、 t は単位交通費、 d_{i0} はCBDからセル i までの距離、 r は地代、 p は財 q の価格を表している。以上の条件から、最適化問題を解き、間接効用関数を求めると以下の様になる。

$$V^* = \left(\frac{\alpha^2}{2\beta} + y - td_{i0} - r + \frac{1}{\beta} p \left(\frac{1}{2} p - \alpha \right) \right) \omega \quad (4)$$

初期分布では、高齢者の全人口に占める割合 λ が0.2となるように各家計が登場する。各家計は予め与えられた地代を下に、(4)式を用いて効用を求めるとする。また、各セルの地代を $r_i = R e^{-\alpha d_{i0}}$ の様に定義した。 R は中心地の地代の大きさを表している。また、 ε は地代の距離に関する減衰率を調整するパラメータであり、今回は ε を0.05とした。この地代を下に、効用を求めるとする。

各家計は、現状より高い効用を得られる居住地を発見した場合、その居住地に移動する。但し、移動できる家計は1期につき、

若者と高齢者の各 1 名とし、転居可能な場所は農地に限る。そして、転居によって効用を高められない状態になったら移動をやめ、その状態を均衡とする。均衡になったら、若者をランダムに高齢者に変化させる。その変化により、各家計は自らの効用を高めるための移動を繰り返し、新たな均衡への調整を行うとする。

4.2 指標

都市の特徴を調べるためにいくつかの指標を用いる。

・集中度指数

$$ICS = \frac{s^2}{\bar{x}} - 1 \quad (5)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{a} \sum_{i=1}^q x_i, \quad s^2 = \frac{1}{a} \sum_{i=1}^q (x_i - \bar{x})^2$$

x_i は区画 i に含まれた点の数であり、 a は区画数である。

・中心から各セルまでの距離の標準偏差

中心から各セルまでのばらつきを示す指標。

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_{i0}^2}{N}} \quad (6)$$

・混在度

69×69セルを任意の区画に区切り、その区画内に若者と高齢者が両方立地している区画の全区画に占める割合を混在度として定義する。今研究では、区画の大きさを 3×3 とした。

5. 高齢者率 λ の変化の違いの影響

$\lambda=0.3, 0.4, 0.5$ に変化する場合のシミュレーションを行った。その他のパラメータは、 $\alpha=1, \beta=1, p=1, Y=250, \gamma=0.54, \delta=0.6, t^y=5, t^o=6, R=120, \varepsilon=0.05, N=1000$ とした。結果は、図 1 のようになった。上から $\lambda=0.3$ になった場合、 $\lambda=0.4$ になった場合、 $\lambda=0.5$ になった場合の結果である。

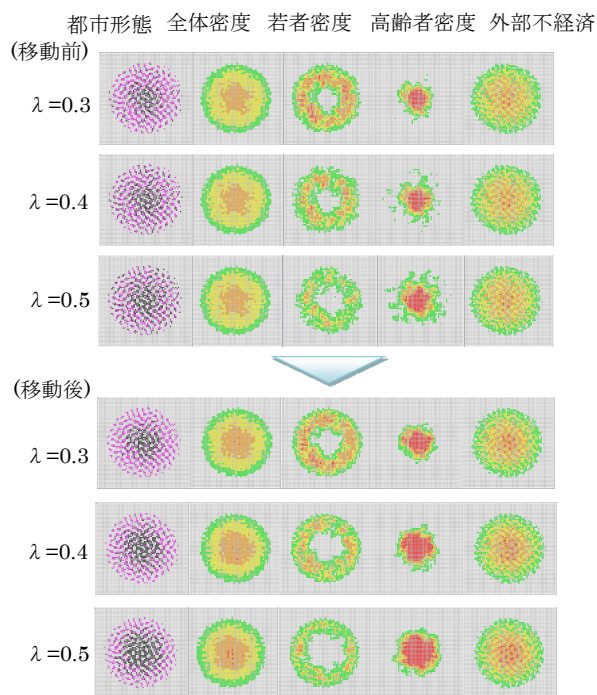


図 1 高齢者率の影響

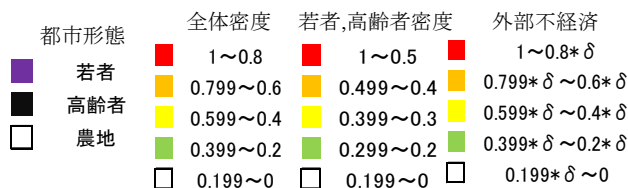
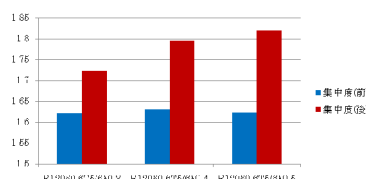


図 2 各結果の凡例

λ が高いほど中心部の密度が高く、集中の外部不経済の高い場所が増える傾向がある。これは、相対的に交通費の高い高齢者が多く存在することで、中心に高齢者が多く集まった結果であると考えられる。図 3 を見ると、移動前に比べて移動後の方が集中度は大きく、標準偏差は小さい。次に、図 4 を見ると、 λ が高いほど移動前と移動後の集中度と標準偏差の変化率は大きい。以上から、高齢者の割合が高いほど各家計は都市に集中し、その度合いは高齢者の割合が高いほど大きいことがわかる。



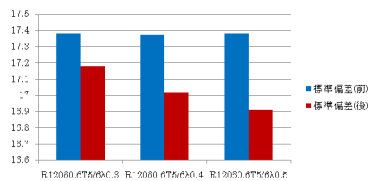


図3 集中度指数と標準偏差

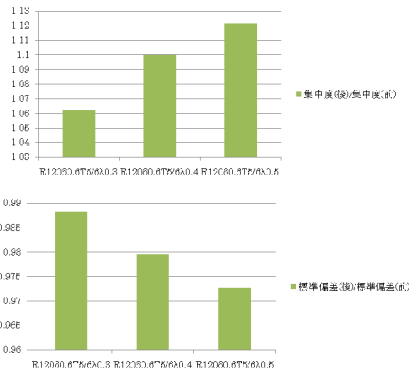


図4 集中度指数と標準偏差の変化率

図5を見ると、混在度は移動後の方が移動前より低いことがわかる。また λ が0.4のときと0.5とを比べると、移動前では λ が0.5の方が混在度は大きかったにも関わらず、移動後は λ が0.4の混在度の方が大きいという結果が得られた。これは、高齢者の割合が高過ぎると、若者と高齢者はより混在しない可能性があることを意味する。

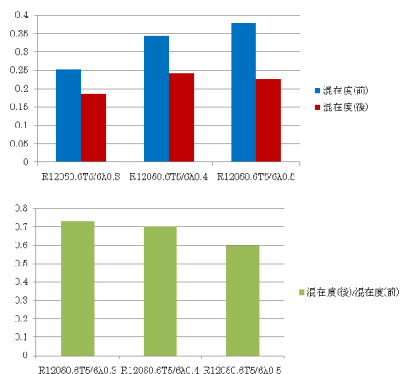


図5 混在度と混在度の変化率

6. 望ましい都市像

最後に、コンパクトシティの要件である物理的なコンパクトさと用途の混在を満たす望ましい都市像を調べるためのシミュレーションを行った。高齢者率 $\lambda=0.3, 0.5,$

高齢者の交通費 $t^0=5.5, 7,$ 集中の外部不経済の影響 $\delta=0.4, 0.8,$ 中心地の地代 $R=120, 180$ をそれぞれ組み合わせてシミュレーションを行った。その結果の集中度指数、混在度についてまとめたものが図6である。図6を見ると、集中度が大きいために集中の外部不経済の影響が小さいこと、混在度が大きいために若者と高齢者の交通費格差が小さいことが重要であるとわかる。

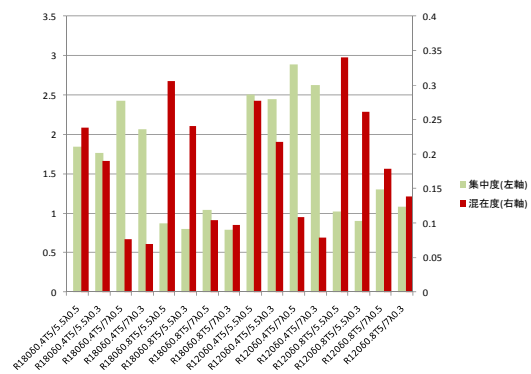


図6 各組合せの集中度と混在度

7. 結論

高齢化は、都市を中心に集中させ、若者と高齢者を分離居住させる。また、全人口における高齢者の割合が高過ぎると、若者と高齢者はより混在しない可能性がある。そして、コンパクトシティの要件である物理的なコンパクトさと用途の混在を満たす望ましい都市像は、集中の外部不経済の影響が小さく若者と高齢者の交通費格差が小さい都市である。

主要参考文献

- [1]海道清信(2001)『コンパクトシティ-持続可能な社会の都市像を求めて-』学芸出版社
- [2]石塚義高(2008)『サステイナブル都市』近代文芸社
- [3]G.Caruso,D.Peeters,J.Cavailles,M.Rounsevell(2008)“Space-time patterns of urban sprawl, a 1D cellular automata and microeconomic approach” CORE DISCUSSION PAPER 44
- [4]G.Caruso,D.Peeters,J.Cavailles,M.Rounsevell(2007)“Spatial configurations in a periurban city. A cellular automata-based micro economic model” *Regional, Science and Urban Economics* 37 542-567
- [5]M.Kii, K.Doi(2005)“Multiagent land-use and transport model for the policy evaluation of a compact city” *Environment and Planning B* 32,485-504