

居住者のライフステージと世帯構造に着目した土地利用シミュレーション

名城大学 学生会員 ○古田 稜
名城大学 正会員 鈴木 温
名城大学 学生非会員 永田光希

1. はじめに

1.1 研究の背景と目的

現在、人口減少や少子高齢化に伴い、学校の統廃合、核家族化などの問題が発生している。また、単身の生産年齢世帯や子どものいる世帯、退職後では勤務地や学校付近に居住地を立地させるなど年齢、子どもの有無で立地選択が変化する。このように世帯構造やライフステージが都市構造に影響を与えている。そこで、本研究ではライフステージ、世帯構造による立地選択の変化や都市構造に与える影響についての知見を得るため、地代の補助を考慮した仮想都市を構築し、シミュレーションを行う。

1.2 既存研究と本研究の位置づけ

仮想都市を対象としたマルチエージェントシミュレーションで、ライフステージ・都市構造に関する研究として、藤岡・野里¹⁾は、住居、職場、学校、病院、空地の立地主体を設定した土地利用パターンシミュレーションを作成した。長尾ら²⁾は、個人とその集合体である世帯が立地する都市空間を対象にしたマルチレイヤネットワークモデルを構築した。しかし、土地利用主体とライフイベント・世帯構造の両方を考慮した研究は見られない。本研究では住居、業務、商業、学校、空閑地の5つの土地利用エージェントを持ったマルチエージェントモデルを構築し、ライフステージ・世帯構造を考慮することによって生じる都市構造の変化を明らかにする。

2. 研究方法

2.1 本モデルの基本設定

本研究は、NetLogo を用いて、全体で 51×51 セルの仮想都市を構築する。仮想都市には、住居、業務、商業、学校、空閑地の5主体を設定する。1セルには1主体を配置する。都市の高密度化を考慮するために、同種類の個体は1セルに複数立地可能とする。初期配置では住居を1500、業務を600、商業を400、無作為に配置し、学校は定位置に25配置する。主体が配置されなかったセルを空閑地とする。また、鉄道ネットワークをパッチの中心から十字型に9配置する。学校、業務、住居、商業の順番に動作を行う。これを1tickとし、200tickに

到達するまでこの動作を繰り返し行う。

2.2 ライフイベント・世帯構造の設定

住居主体のライフイベントと世帯構造の設定を以下のa)～f)に示す。

a) 加齢のライフイベント

加齢イベントは、1tickを四半期と仮定し、住居の年齢ageを1/4加算する。age<20で未成年、20≤age<65で成人、65≤ageで高齢者として設定する。

b) 死亡のライフイベント

死亡イベントは、ageが100に到達した住居主体に発生し、その住居主体と所有するリンクは消滅する。

c) 結婚のライフイベント

結婚のイベントは、年齢ageが20～40の単身世帯の男女に確率的に発生する。単身世帯の男女でマッチングを行い、結婚後に家族リンクを結び、世帯構造が夫婦世帯になる。結婚後に女性は男性の住居地に転居する。

d) 出生のライフイベント

出生のイベントは、ageが40未満の夫婦世帯に確率的に発生し、ageが0の男か女の子を産む。生まれた子供と家族リンクを結び、世帯構造が夫婦+子世帯に変化する。生まれた子供は家族リンクを結んだ親と同居する。

e) 就職・退職のライフイベント

就職のイベントは、ageが22に到達した住居主体がランダムに選択された業務主体1つに通勤リンクを結ぶ。

退職のイベントは、ageが65に到達した住居主体が自身の通勤先とのリンクを消滅させる。

f) 離家のライフイベント

離家のイベントは、ageが22に到達した住居主体がランダムな空閑地に移転する。家族リンクは結んだまま、世帯構造が単身世帯になる。

2.3 各主体の設定

2.3.1 住居主体の設定

住居主体の立地ポテンシャル式は以下の(1)式のように定義する。

$$P_i^H = r_1 + ACC_i^C - R_i - p_i^h \quad (1)$$

$$p_i^h = r_2 \cdot p_i^{h_a}, (a = 1, 2, 3) \quad (2)$$

$$p_i^{h_1} = e_1 \cdot d_{ik} \quad (3)$$

$$p_i^{h_2} = e_1 \cdot (d_{ik} + d_{il})/2 \quad (4)$$

$$p_i^{h_3} = e_1 \cdot (d_{ik} + d_{il})/2 + e_2 \cdot s_{im} \quad (5)$$

$$ACC_i^C = \sum_{j \in J} n_j^C \exp(-\gamma t_{ij}), J = \{j | d_{ij} \leq 4\} \quad (6)$$

$$t_{ij} = d_{ij}/v_{ij} \quad (7)$$

$r_1, r_2, \gamma, e_1, e_2$: パラメータ, ACC_i^C : 商業へのアクセシビリティ, R_i : 地点*i*の地代, $p_i^{h_1}$: 単身世帯のポテンシャル, $p_i^{h_2}$: 夫婦世帯のポテンシャル, $p_i^{h_3}$: 夫婦+子世帯のポテンシャル, d_{ik}, d_{il} : 通勤先までの距離, s_{im} : 通学先までの距離, n_j^C : 地点*j*に立地する商業主体数, d_{ij} : *i, j*間の直線距離, t_{ij} : 地点*i*から*j*までの移動時間, v_{ij} : 地点*i*から*j*までの移動速度である。住居は半径4以内の商業にリンク(購買先)を結び, 1つの業務に通勤する。移転時はポテンシャルの低い下位5%がランダムな住居主体または空閑地に移転する。

2.3.2 業務主体の設定

業務主体の立地ポテンシャル式は以下の(8)式のように定義する。

$$P_i^O = o_1 + o_2 \cdot N_i^O + o_3 \cdot n_i^O - R_i \quad (8)$$

o_1, o_2, o_3 : パラメータ, N_i^O : 雇用数, n_i^O : 地点*i*における半径3以内の業務主体の数である。鉄道駅が近くにある場合, 業務同士の取引額を変化させる。ポテンシャル値が0未満または, 自身を通勤先とする住居が0の場合に消滅する。ポテンシャルの低い下位5%がポテンシャルの高い値を持つ業務主体, 空閑地に移転する。

2.3.3 商業主体の設定

商業主体の立地ポテンシャル式は以下の(9)式のように定義する。

$$P_i^C = c_1 + c_2 \cdot n_i^R + c_3 \cdot n_i^C - R_i \quad (9)$$

c_1, c_2, c_3 : パラメータである。業務と同様に, ポテンシャルが0未満または, 自身を購買先としている住居の数が0の場合に消滅する。ポテンシャルの低い下位5%が半径3以内の住居の数が多い場所に移転する。

2.3.4 学校主体の設定

学校主体のポテンシャル式は以下の(10)式のように定義する。

$$P_i^S = childn_i^H \quad (10)$$

$childn_i^H$: 半径5以内の未成年の数である。学校主体は消滅の動作のみを実行する。周囲の未成年の数が一定値以下になったときに消滅する。

2.4 地代の設定

$$R_i = R'_i + \Delta R_i \quad (11)$$

$$\Delta R_i = \rho^{R,O,C} n_i^R + \mu^{R,O,C} (n_i^O + n_i^C - n_i^V) \quad (12)$$

R_i : 地代, R'_i : 基本地代, ΔR_i : 地代の上昇, ρ, μ : パラメータ, n_i : 地点*i*における周辺の主体数, R : 住居, O : 業務, C : 商業, V : 空閑地である。地代は, 基本地代に地代の上昇分を加算することで算出できる。基本地代は, 住居2, 商業と業務をともに4に設定した。

2.5 都市構造コンパクト性指標

都市構造のコンパクト性を表すとして, ジニ係数を用

いる。これは式(13)で表される。

$$G = 1/2 \sum_{i=1}^n |a_i - p_i| \quad (0 \leq G < 1) \quad (13)$$

n : モデル内で立地可能なメッシュ数, a_i : 仮想都市内のメッシュ*i*の面積比, p_i : 仮想都市内のメッシュ*i*の主体数の比である。 $G=0$ は完全な均等で分散, $G=1$ は完全不均等で集積していることを示す。

3.シミュレーション結果

3つのシナリオを作成し, シミュレーションを行った。地代補助シナリオでは, 鉄道駅付近にある業務の地代を補助する。補助率は10%と20%とした。200tickでのシナリオ別ジニ係数の結果を図-1に示し, 200tickでのシナリオ別児童数の結果を図-2に示す。地代の補助率が高くなるほど都市は集積したが, 学校に通う児童数が減少し, 多くの学校が消滅した。

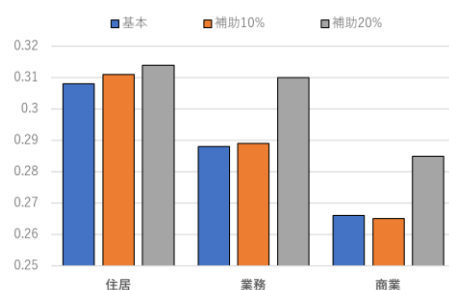


図-1 シナリオ別ジニ係数結果(ticks=200)

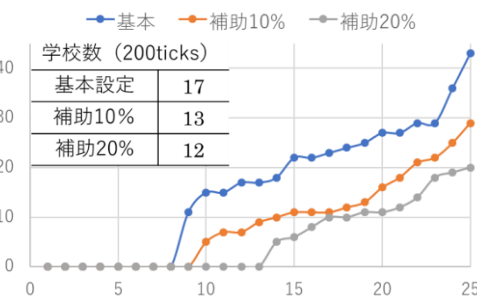


図-2 シナリオ別児童数 (ticks=200)

4. おわりに

本研究では, 主体間の相互作用や世帯構造, ライフステージを住居主体に追加したシミュレーションを行った。今後の課題として, 病院など新たな土地利用主体の追加により現実的な都市モデルを作成できると考える。

参考文献

- 1) 藤岡薫・野里碧海: コンパクトシティ政策を支援する都市シミュレーションモデルの開発, 環境情報科学 学術研究論文集 33, pp.79-84, 2019 年
- 2) 長尾将吾, 杉木直, 倉内文孝, 松尾幸二郎: マルチレイヤネットワークを用いた社会ダイナミクスモデルのシミュレーション, 土木計画学研究・講演集 Vol62, 22-12, 2020 年