

居住者の世帯構造とライフイベントを考慮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

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夫婦世帯、退職後など年齢や世帯属性によって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、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、長尾ら¹⁾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ちライフイベント・世帯構造を考慮したマルチエージェントモデルを構築し、住居の結婚件数の変化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。この時、住居に性別と20～30の年齢をランダムに与え、単身世帯のみ立地させる。また、鉄道ネットワークを中心から十字型に9配置する。業務、住居、商業、学校の順番で動作を行い、この1連の動作を1tickとする。200tickに到達するまでこの動作を繰り返し行う。ここで、tickとは、Netlogoにおける時間単位概念である。

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) 加齢ライフイベント

加齢は、1tickを四半期と仮定し、住居の年齢を1/4加算する。

b) 死亡イベント

死亡は、単身世帯では年齢が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。夫婦世帯、夫婦+子世帯では父親と母親両方が死亡したときに発生する。

c) 結婚イベント

結婚は、年齢が22～40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、世帯構造が夫婦世帯になる。

d) 出生イベント

出生は、年齢が40未満の母親を持つ夫婦世帯に確率的に発生し、年齢が0の子供を産む。その後、世帯構造が夫婦+子世帯に変化し、最寄りの学校と通学リンクを結び、1世帯に子どもは最大3人まで産むことができる。

e) 離家・就職イベント

離家は、子どもの年齢が22に到達した夫婦+子世帯に発生する。子どもを新たな住居主体として生成する。ランダムな空閑地に移転する。その後、世帯構造が単身世帯になる。

就職は離家と同時に発生し、年齢が22に到達した住居主体がランダムな業務主体1つに通勤リンクを結ぶ。

f) 退職イベント

退職は、年齢が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。

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。

$$P_i^H = \bar{p}_i - p_i^{h_n} \quad (1)$$

$$p_i = r_1 \cdot ACC_i^C - R_i \quad (2)$$

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

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

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

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

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

$r_1, r_2, \gamma, e_1, e_2$: パラメータ, ACC_i^C : 商業へのアクセ

キーワード マルチエージェントシミュレーション 土地利用 世帯構造 ライフイベント

連絡先 〒468-8502 愛知県名古屋市天白区塩釜口1丁目501

シビリティ, R_i : 地点 i の地代, p_i^{h1} : 単身世帯のポテンシャル, p_i^{h2} : 夫婦世帯のポテンシャル, p_i^{h3} : 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1主体を1世帯として立地させる. 世帯構造によってポテンシャルの算出方法が異なる. 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2%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.

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

o_1, o_2 : 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. 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3%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.

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

c_1, c_2, c_3 : パラメータ, n_i^O : 地点 i における半径3以内の商業主体の数である. 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3%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.

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

$childn_i^H$: 自身に通学する未成年の数である. 学校主体は消滅の動作のみを実行する. 自身に通学する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

地代の算出式は以下の(11)式のように定義する.

$$R_i = \rho \cdot n_i^H + \mu(n_i^O + n_i^C) + (R_0 - k \cdot d_0) \quad (11)$$

R_i : 地代, ρ, μ, k, R_0 : パラメータ, n_i : 地点 i における周辺の主体数, H : 住居, O : 業務, C : 商業, d_0 : 中心までの距離である.

2.5 都市構造コンパクト性指標

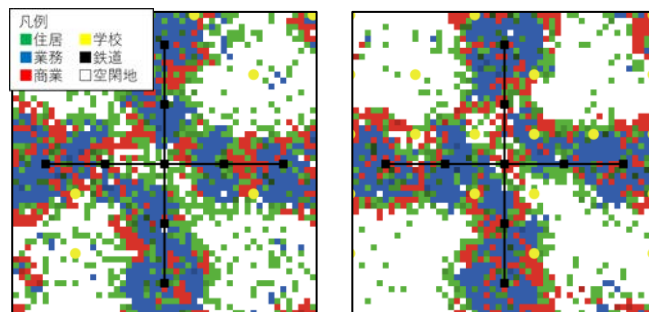
都市構造のコンパクト性を表すとして, ジニ係数を用いる. これは式(12)で表される.

$$G = 1/2 \sum_{i=1}^n |a_i - p_i| \quad (0 \leq G < 1) \quad (12)$$

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. $G \equiv 0$ は完全な均等で分散, $G \equiv 1$ 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

本研究では, 結婚確率が1%と2%となる2つのシナリオを構築し, シミュレーションを行った. 200ticks 時点でのシミュレーション結果を図-1, ジニ係数を図-2, 住居の通学距離の累積度数割合を図-3に示す. 結婚確率1%シナリオでは住居, 業務が分散し, 商業が集積した. また, 学校数が半分以上消滅し, 通学距離が長い住居が多い.



結婚確率1%

結婚確率2%

図-1 シミュレーション結果

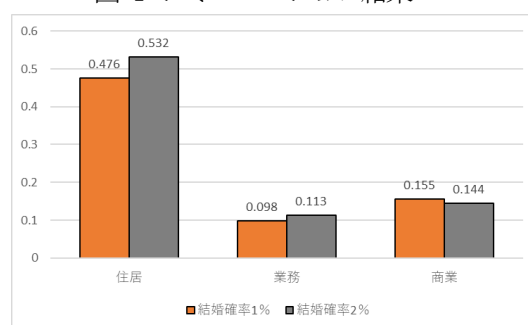


図-2 ジニ係数

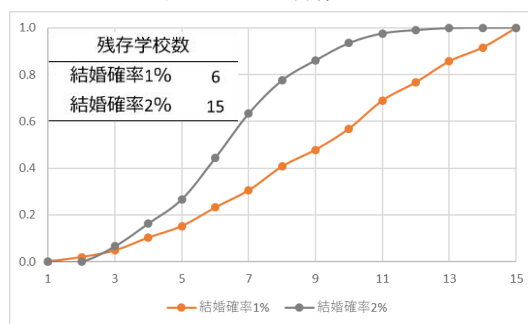


図-3 通学距離の累積度数割合

4. おわりに

本研究では, 結婚確率が異なる2つのシナリオでシミュレーションを行い, 結婚件数が減少することで単身世帯が増加, 分散するが商業施設はより顧客の多い場所に移転することで集積したと考えられる. また, 子どもの数も減少し, 維持できず, 消滅する学校が多くなった.

参考文献

- 1) 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