

マルチエージェントシミュレーションモデルを用いた都市構造の動的特性評価

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、都市機能の低下や商業施設の撤退、小中学校の統廃合など様々な問題が生じている。このような問題に対応した都市として集約型都市構造の転換が必要である。都市の集約により、効率的なサービスの提供、都市機能の向上などの効果が期待される。それらの考えの下、現在の社会現象の把握、都市構造評価の重要性・ニーズが高まっている。一方、都市構造は住宅立地、業務立地、商業立地、公共施設立地などが相互に影響しあう動的なシステムとなっており、評価が容易ではない。また、都市構造変化の主要因である世帯構造変化の考慮も必要である。

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に関する研究が多くみられるなか、都市構造評価が静的評価にとどまっておき、動的特性に関する研究蓄積が必要となっている。筆者らりは、住居・業務・商業・空間地の4つの土地利用主体の消滅・移転・生成と鉄道ネットワークを考慮したマルチエージェントシミュレーションモデルを構築してきた。しかし、住居主体の世帯構造、ライフイベントを考慮していない。

そこで、本研究では世帯構造に起因する都市構造の動的特性に関する知見を得るため、住居、業務、商業の各主体間のネットワーク構造と複数の世帯構造を考慮したマルチエージェントシミュレーションモデルを構築し、都市構造の動的特性を明らかにすることを目的とする。

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、空間地の4主体を立地させる。シナリオによって学校主体を立地させる。1セルには1主体を立地でき、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し、主体が配置されなかったセルを空間地とする。

2.2 各主体の設定

2.2-1 住居主体の設定

住居主体の利得関数は以下の(1)~(6)式のように定義する。

単身、夫婦世帯の利得関数

$$\pi_i^{H_1} = ACC_i^C + \alpha \cdot ACC_i^{H_1} + \beta(I - R_i) \quad (1)$$

通勤アクセシビリティ

$$ACC_i^{H_1} = \exp(-\gamma^O d_{ij}) \quad (2)$$

夫婦+子世帯の利得関数

$$\pi_i^{H_2} = ACC_i^C + \alpha \cdot ACC_i^{H_2} + \beta(I - R_i) \quad (3)$$

通勤・通学アクセシビリティ

$$ACC_i^{H_2} = \exp(-\gamma^O d_{ij}) + \exp(-\gamma^S d_{ik}) \quad (4)$$

高齢者の利得関数

$$\pi_i^{H_3} = ACC_i^C + \beta\left(\frac{I}{2} - R_i\right) \quad (5)$$

購買アクセシビリティ

$$ACC_i^C = \sum_{j \in L} n_j^c \exp(-\gamma d_{il}), L = \{l | d_{il} \leq 3\} \quad (6)$$

ここで、 α 、 β ：重みパラメータ、 I ：住居主体の所得、 γ^O 、 γ^S 、 γ^C ：移動距離に関する減衰パラメータ、 n_j^c ：地点jに立地する商業主体数、 d_{ij} ：地点iから通勤先jまでの距離、 d_{ik} ：地点iから通学先kまでの距離、 d_{il} ：地点iから購買先lまでの距離、 R_i ：地点iにおける地代である。住居主体の利得は世帯の種類、年齢によって算出方法が異なる。所得 I は、生産年齢世帯では等倍の所得、高齢者では所得が半分となる。また、利得が下位1%の住居主体が自身の効用が最大となる場所へ移転する。

2.2-2 業務主体の設定

業務主体の利得関数は以下の(7)式のように定義する。

$$P_i^O = o_1 \cdot N_i^O + o_2 \cdot n_i^O - \beta \cdot R_i \quad (7)$$

o_1, o_2 ：パラメータ、 N_i^O ：雇用者数、 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。業務主体の消滅は、利得が0未満、雇用者数が0以下の場合に動作を行う。また、移転では利得が下位1%の業務主体が周辺の業務数と地代を考慮した場所へ移転する。

2.2-3 商業主体の設定

商業主体の利得関数は以下の(8)式のように定義する。

$$P_i^C = c_1 \cdot n_i^R + c_2 \cdot n_i^C - \beta \cdot R_i \quad (8)$$

c_1, c_2 ：パラメータである。商業主体の消滅は、利得が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。また、移転では利得が下位1%の商業主体が自身の効用が最大となる場所へ移転する。

2.2-4 学校主体の設定

学校主体は消滅の動作のみを実行する。生徒数が一定値以下になったときに消滅する。

2.3 地代の設定

地代は、以下の(9)式で定義する.

$$R_i = n_i^H + \rho \cdot n_i^O + \mu \cdot n_i^C \quad (9)$$

R_i : 地代, ρ, μ : 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 : 商業である. 地代 R_i は, 周囲の主体数によって変化する.

3. シミュレーションフローとシナリオ設定

3.1 シミュレーションの初期配置

本研究で行うシミュレーションのフローは初期配置から始まり, 住居主体を 1500, 業務主体を 600, 商業主体を 400 ランダムに配置する. その後, 学校主体を 25 定位置に配置する. 初期配置後, 業務, 住居, 商業, 学校の順番でシミュレーションを行う. これを 1tick とし, 200ticks に到達するまでこの動作を繰り返し行う.

3.2 シナリオ設定

本研究で行うシミュレーションのシナリオを以下に示す. 4つのシナリオについて業務, 商業主体が消滅・移転・生成, 学校主体の消滅を行う場合, 行わない場合の2通りについてシミュレーションを行う.

1-1 基本設定シナリオ

基本設定シナリオの住居主体は, すべての世帯, すべてのライフイベント, 学校主体を考慮する. 住居主体の出産確率は 10%, 結婚確率は 10%, 死亡年齢は 80 とする. また, 業務, 商業主体は移転・消滅を行わない.

1-2 少子化シナリオ

少子化シナリオでは, 基本設定シナリオの設定に加え, ライフイベントの出産確率を 10% から 3% に変更する.

1-3 未婚化シナリオ

未婚化シナリオでは, 基本設定シナリオの設定に加え, ライフイベントの結婚確率を 10% から 3% に変更する.

1-4 高齢化シナリオ

高齢化シナリオでは, 基本設定シナリオの設定に加え, 住居主体の死亡年齢を 80 から 100 に変更する.

4. シミュレーション結果

本研究で行ったシミュレーションの空間分布の一例を図-1, 縦軸に累積割合, 横軸に距離をとった業務, 商業主体の消滅・移転・生成をしないシナリオ別通勤距離の累積度数割合を図-2, 業務, 商業主体の消滅・移転・生成をするシナリオ別通勤距離の累積度数割合図-3, 住居主体の平均利得を図-4 に示す.

5. おわりに

本研究では, 住居, 業務, 商業の各主体間のネットワーク構造と複数の世帯構造, 所得を考慮したマルチエージェントシミュレーションモデルを構築した. 住居主体の利得は高齢化すると減少し, 未婚化すると増加するという結果が得られた.

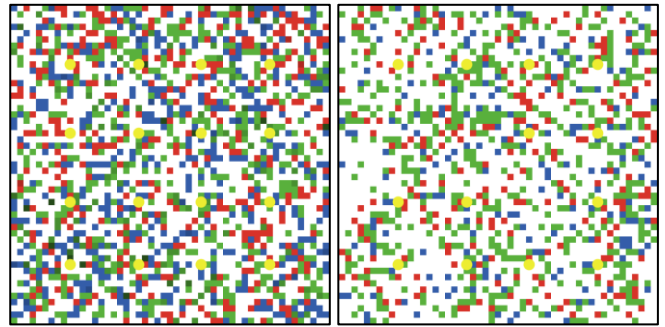


図-1 シミュレーション結果 空間分布 (200ticks)

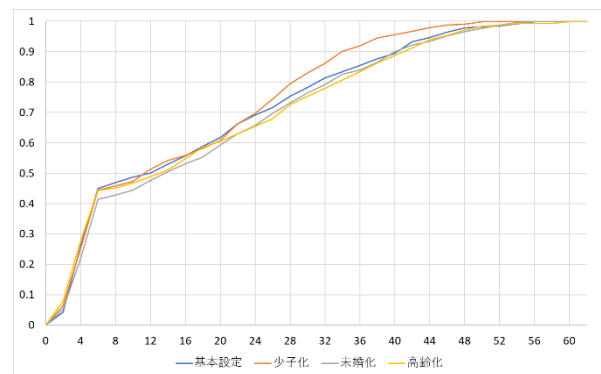


図-2 シナリオ別通勤距離の累積度数割合
(業務, 商業主体の消滅・移転・生成なし)

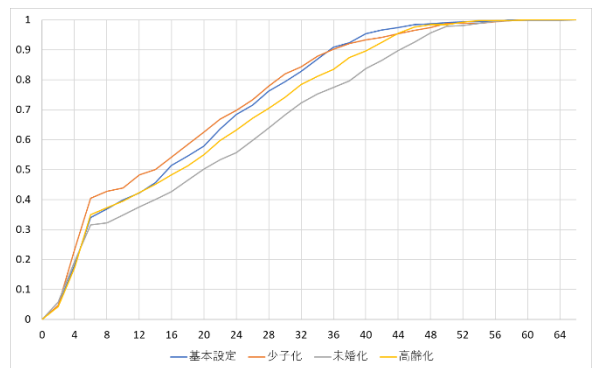


図-3 シナリオ別通勤距離の累積度数割合
(業務, 商業主体の消滅・移転・生成あり)

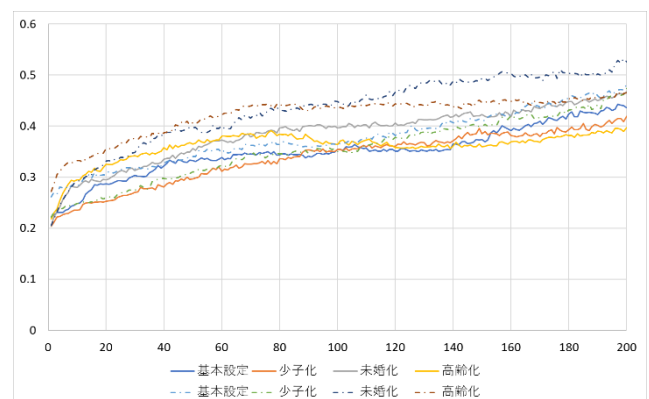


図-4 住居主体における平均利得

(実線が消滅・移転・生成なし, 点線が消滅・移転・生成あり)

参考文献

- 1) 古田稜, 鈴木温: 住居・業務・商業のネットワーク構造に着目した土地利用変化のマルチエージェントシミュレーション, 都市計画論文集 Vol.56 No.3, 2021