

住居・業務・商業間のネットワーク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

1. はじめに

1.1 研究の背景と目的

現在、少子高齢化や人口減少に伴った問題が発生し、都市構造評価の必要性が高まっている。しかし、現行の都市構造評価では、居住地分布や交通ネットワークが構成要素間で相互に影響しあう動的なシステムであるため、これらの特徴をほとんど考慮できていない。そこで本研究では、4種類の土地利用（住居、業務、商業、空地）の消滅・移転・生成と主体間の相互作用、住居・業務・商業間のネットワークを考慮した Agent Based Simulation を構築し、交通インフラネットワークの整備と人口減少の影響による都市構造の違いを明らかにすることを目的とする。

1.2 既存研究と本研究の位置づけ

これまでのコンパクトシティを対象にしたモデルの研究として、瀧澤ら¹⁾は、マルチエージェントシステムを用いて遺伝的アルゴリズム (GA) を導入した土地利用パターンの動的変化を計算した。また見城ら²⁾は、コンパクトシティと空地の緑地転換政策の影響と両立可能性を評価した。しかし、空地、交通ネットワークの両方を考慮したモデルでシミュレーションを行っているものは見られない。本研究では、各主体の消滅・移転・生成と交通ネットワークを考慮した都市構造変化モデルを構築し、都市構造変化を分析した。

2. 研究方法

2.1 モデリング環境

Netlogo は、自然環境や社会現象をシミュレーションするためのプログラム可能なモデリング環境であり、時間発展する複雑なシステムをモデリングするのに適しているため本研究では使用した。

2.2.1 主体の設定

仮想都市に立地する主体として、住居、業務、商業、空地の4主体を設定した。各主体のポテンシャル等に応じて消滅・移転・生成を判断する。

2.2.2 住居の設定

$$P_i^R = r_1 + r_2 \cdot ACC_i^C - d^0 - v_i \quad (1)$$

r_1 : パラメータ, r_2 : パラメータ, ACC_i^C : 商業へのアクセシビリティ, d^0 : 通勤先までの距離である。住居は半径4

以内の商業すべてにリンクを結び、1つの業務に通勤する。 $P_i^R < 0$ または $age = 100$ のとき、仮想都市から消去する。 $P_i^R < moveP^R$ のとき、勤務地にできるだけ近い場所に移転する。1tick 毎の確立を満たした場合、住居を無作為に1~3個生成する。 age : 年齢, $moveP^R$: パラメータ

2.2.3 業務の設定

$$P_i^O = o_1 + o_2 \cdot N_i^O + o_3 \cdot n_i^O - v_i \quad (2)$$

$$P_i^O = o_1 + o_2 \cdot N_i^O + (o_3 \cdot n_i^O) \cdot \pi - v_i \quad (3)$$

o_1 : パラメータ, o_2 : パラメータ, N_i^O : 雇用数

o_3 : パラメータ, π : パラメータである。鉄道駅が業務同士の取引額を変化させるとして、業務の半径5以内に鉄道駅がない場合は式(2)を用いて算出し、業務の半径5以内に鉄道駅がある場合、式(3)を用いて算出する。 $P_i^O < 0$ または $N_i^O \leq 0$ のとき仮想都市から消去する。 $P_i^O < moveP^O$ のとき、他の業務と隣接する場所に移転する。生成は住居と同様の条件と動作を行う。 $moveP^O$: パラメータ

2.2.4 商業の設定

$$P_i^C = c_1 + c_2 \cdot n_i^R + c_3 \cdot n_i^C - v_i \quad (4)$$

c_1 : パラメータ, c_2 : パラメータ, c_3 : パラメータである。商業も企業と同様に、ポテンシャルが0未満になった場合か購買先としている住居の数が0になった場合に仮想都市から消滅する。移転先は半径3以内の住居の数が多き場所に移転する。

$P_i^C < 0$ または $N_i^C < 0$ のとき仮想都市から消去する。 $P_i^C < moveP^C$ のとき周辺に住居が多く立地している空地に移転する。生成は、住居と同様の条件と動作を行う。 N_i^C : 商業*i*を購買先としている住居の数, $moveP^C$: パラメータ

2.2.5 地代の設定

$$v_i = v'_i + \Delta v_i \quad (5)$$

$$\Delta v_i = \rho^{R,O,C} n_i^R + \mu^{R,O,C} (n_i^O + n_i^C - n_i^V) \quad (6)$$

v_i : 地代, v'_i : 基本地代, Δv_i : 地代の上昇, ρ : パラメータ, μ : パラメータ, n_i : 地点*i*における周辺の住居数, R : 住居, O : 業務, C : 商業, V : 空地である。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, 業務ともに4に設定した。

2.2.6 均等性指標

$$G = 1/2 \sum_{i=1}^n |a_i - p_i| \quad (7)$$

都市構造の均等性を表す指標の1つとしては量的な偏在を表現するために使われるジニ係数を用いて分析を行う。これは式(7)で表される。0 ≤ G ≤ 1 であり、完全な均等は0を示し、完全不均等は1を示す。

n : 仮想都市内のメッシュ数, 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

3. シミュレーションの設定

本研究での仮想都市は、全体で51×51セルで構成されている。各セルには1種類の主体が立地し、主体が立地したセルは、主体が持つ土地利用となる。さらに、本研究では都市の高密度化を考慮するため、同じ種類の主体であれば、1セルに複数存在可能とする。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、主体が配置されないセルを空閑地とする。各住居は無作為に1つの業務と通勤リンクを結ぶ。業務、住居、商業の順番で消滅・移転・生成の動作を行い、これを1サイクル(1ticks)とし、1サイクルごとに住居の年齢を1/12加算する。また、本研究で用いたパラメータの設定を表-1に示す。

表-1 各パラメータの設定

| パラメータ | 値 | パラメータ | 値 |
|-----------|------|-----------|-----|
| ρ^R | 0.5 | o_1 | 42 |
| ρ^O | 2.2 | o_2 | 3.0 |
| ρ^C | 1.2 | o_3 | 2.6 |
| μ^R | 0.8 | $moveP^O$ | 26 |
| μ^O | 1.2 | π | 1.2 |
| μ^C | 1.2 | c_1 | 19 |
| r_1 | 48 | c_2 | 2.4 |
| r_2 | 3.7 | c_3 | 1.0 |
| γ | 0.55 | $moveP^C$ | 31 |
| $moveP^R$ | 26 | | |

4. シミュレーション結果

鉄道駅を配置した基本モデル、基本設定からさらに4つ鉄道駅を追加したモデル、鉄道駅を配置しないモデル、基本設定に人口減少を追加したモデルを作成しシミュレーションを行った。シミュレーション結果を図-1、縦軸に累積割合、横軸に通勤距離を表した住居の通勤距離の分布の結果を図-2、各モデルのジニ係数の結果を表-2に示す。各主体のジニ係数では、商業の値は両モデルとも差はないが、住居と業務では交通なし設定のモデルの方が低い値を示し主体が分散していることを表している。図-2では、鉄道駅を配置する基本設定のモデルの方が通勤距離の長い主体が多く存在する。

5. おわりに

本研究では、商業や業務が集積し、人の集まる場所や人の移動量に則したポテンシャルを設定した。また、シ

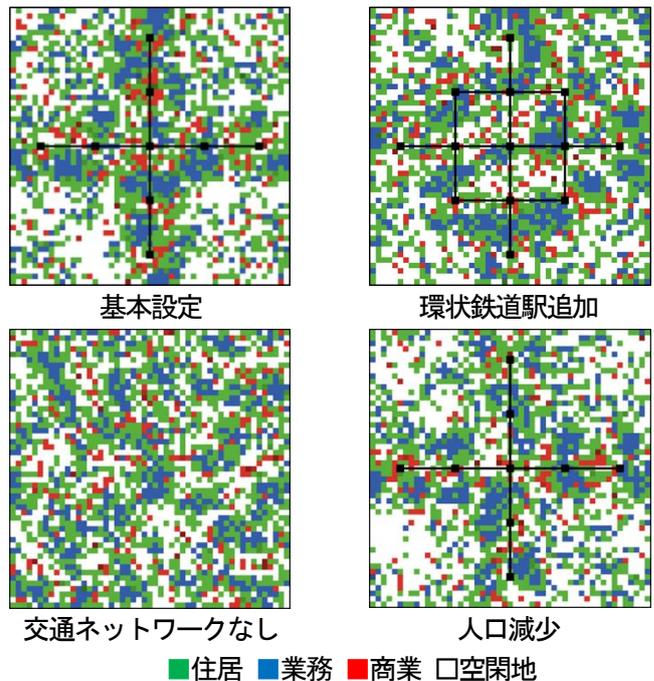


図-1 各モデルのシミュレーション結果 (tick=200)

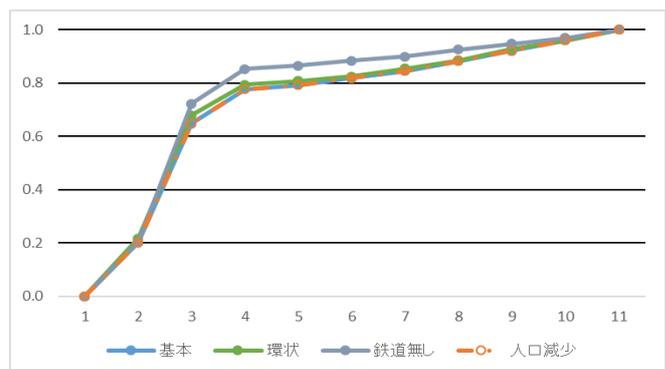


図-2 住居の通勤距離の累積分布

表-2 各モデルのジニ係数 (ticks=200)

| 主体 | ジニ係数 | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|
| | 基本設定 | 環状鉄道 | 交通なし | 人口減少 |
| 住居 | 0.636 | 0.628 | 0.611 | 0.675 |
| 業務 | 0.837 | 0.817 | 0.807 | 0.830 |
| 商業 | 0.916 | 0.917 | 0.914 | 0.932 |

ミュレーション結果から、実際の都市のように鉄道駅がある場合は通勤距離が長くなる。人口減少下において、都市は集積しコンパクトになることが分かった。

参考文献

- 1) 瀧澤重志・河村廣・谷明勲：適応的マルチエージェントシステムによる都市の土地利用パターンの形成，日本建築学会計画系論文集 No.528, p267-275, 2000年
- 2) 見城紳・玉川英則：コンパクトシティ政策と空閑地の緑地転換利用政策の両立可能性の分析—マルチエージェントシミュレーションを用いて—，都市計画論文集, Vol52No.1, pp28-33, 2017年