

居住者、企業、商業立地の相互作用を考慮した都市構造のマルチエージェントシミュレーション

名城大学 学生会員 ○加藤和人
名城大学 正会員 鈴木 温

1. はじめに

現在、人口減少や少子高齢化に対応した持続可能な都市への転換のため、「コンパクト+ネットワーク」という考え方のもと、立地適正化計画などの計画が実施されている。その中で都市構造評価への需要が高まっている。しかし、都市構造を構成する要素である居住地の分布や業務・商業施設等の立地、鉄道などの交通ネットワークは相互に影響し合っているほか、都市構造は常に変化するダイナミックなシステムであるため都市構造評価は容易ではない。そのため都市構造の相互作用とダイナミクスに関する知見を得る必要がある。既存の研究¹⁾では居住地、施設立地、交通ネットワークの相互作用を考慮したモデルが構築されているが人口を集計的に扱っており、個々の主体の行動原理が考慮されていない。そこで本研究では簡単な構造の仮想都市を対象に、居住者、業務、商業の行動を考慮した都市構造モデルを構築し、都市構造の相互作用と動的な変化を明らかにすることを目的とする。

2. 研究方法

2.1 モデリング環境

本研究ではシミュレーションに NetLogo を使用した。NetLogo は、自然現象や社会現象のシミュレーションを構築するためのエージェントベースモデルの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使用した。本研究では NetLogo を用いエージェントベースモデルを構築し、都市構造変化の分析を行った。

2.2 主体の設定

仮想都市に立地する主体として、居住者と企業、商業施設の3主体を設定した。居住者は企業に通勤し、商業施設で買い物を行うという行動をとる。企業は居住者の通勤先であり、他企業と取引をすることで生産活動を行う。商業施設は居住者の買い物を行う施設である。以上のような行動をとる各主体それぞれの効用・利潤を算出し、その効用・利潤をより大きくするように立地選択行動を行う。

2.3 主体の効用・利潤算出式

企業 j に通勤する居住者 i 、他企業 j と取引を行う企業 i 、商業施設 i それぞれの効用・利潤の算出式を式(1)~(3)とした。

$$u_i = W - R_i^R - \tau^0 T_{ij} + k_1 ACC_i^C \quad (1)$$

$$\pi_i^O = \sum_{j \in L_i} \pi f(T_{ij}) - R_i^B - W n_i^O \quad (2)$$

$$\pi_i^C = k_2 n_i^A - R_i^B \quad (3)$$

ここで u_i : 居住者の効用, W : 賃金, R_i^R : 住宅地代, R_i^B : 業務地代, τ^0 : 通勤コスト, t_{ij} : 居住者 i と企業 j 間の距離, ACC_i^C : 商業施設へのアクセシビリティ, π_i^O : 企業の利潤, π : 企業同士の取引による利潤, L_i : 企業 i と取引がある企業 j の集合, $f(T_{ij})$: 距離減衰項, n_i^O : 企業 i に通勤する居住者数, n_i^A : 商業施設 i の商圏に立地する居住者数, k : パラメータである。居住者の効用は地代、通勤先企業の立地場所、商業施設へのアクセシビリティに依存し、企業の利潤は取引先企業の立地場所と地代に依存する。また、商業施設の利潤はその商圏に立地する居住者数と地代によって決定される。地点 i の各地代とアクセシビリティの算出式については(4)~(7)式とした。地代とアクセシビリティは地点毎に算出する。

$$R_i^R = k_3(n_i^R + n_i^O + n_i^C) + k_4(ACC_i^O + ACC_i^C) \quad (4)$$

$$R_i^B = k_5(n_i^R + n_i^O + n_i^C) + k_6 ACC_{io} \quad (5)$$

$$ACC_i^{O,C} = \sum_j n_j^{O,C} \exp(-\mu t_{ij}) \quad (6)$$

$$ACC_{io} = \exp(-\mu t_{io}) \quad (7)$$

ここで n_i : 地点 i に立地する主体の数, R : 居住者, O : 業務, C : 商業施設, ACC_i^O : 企業へのアクセシビリティ, ACC_{io} : 中心地点へのアクセシビリティ, t_{ij} : 地点 i, j 間の距離, t_{io} : 地点 i から中心地点までの距離, μ : パラメータである。住宅地代はその地点に立地する主体数と企業及び商業施設へのアクセシビリティに依存する。業務地代はその地点に立地する主体数と中心地点までのアクセシビリティから決定される。また企業、商業施設へのアクセシビリティは各地点に立地する主体数とその地点までの距離に依存する。中心地点へのアクセシビリティは中心地点までの距離から決定される。

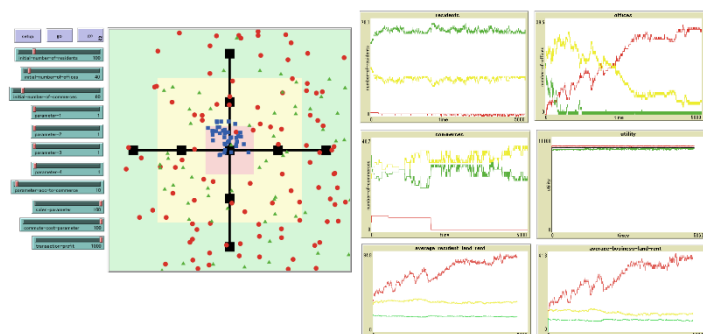


図-1 シミュレーションのアウトプット例

2.4 シミュレーションの基本設定

本研究では各地点をセルで表現し、縦横5×5の25セルを持つ仮想的な都市を考える。それぞれの主体はセル上に立地する。その主体の立地の変化から都市構造の変化を観察する。各セルは地代やアクセシビリティを変数として保有しており、セルに立地している主体はその変数を参照する。また仮想都市には交通ネットワークを設定する。居住者の通勤や買い物、企業間での取引を考える際や、アクセシビリティを算出する時にそれぞれの立地地点に交通ネットワークが通っていれば、それらの移動によるコストが小さくなり、アクセシビリティが良くなり、効用が大きくなる。図-1にシミュレーションのアウトプット例を示す。ここに示される仮想都市において各主体の立地が変化し、都市構造の変化が観察される。また各地点に立地する主体数や地代がグラフとしてプロットされる。

2.5 シミュレーションのアルゴリズム

本研究のシミュレーションのアルゴリズムを図-2に示す。まず始めに各主体数を設定し、仮想都市にランダムに立地させる。さらに各居住者の通勤先企業と各企業の取引先企業についても初期の段階で決定する。次に立地状況に基づき各地点のアクセシビリティ、地代を算出し商業施設の商圈に立地する居住者数のカウントも行う。続いてアクセシビリティや地代を用いて現時点での効用・利潤を算出し、その効用・利潤が最小の主体を居住者、企業、商業施設について1主体ずつ立地選択を発生させる主体として選択する。立地選択発生主体として選択された居住者が各地点に立地した場合の効用を算出し、その効用が最大となる地点に立地する。同様に立地選択発生主体として選択された企業と商業施設が各地点に立地した場合の利潤を算出し、その利潤が最大となる地点が立地先地点として選ばれる。以上図-2のアルゴリズムに示す1~9

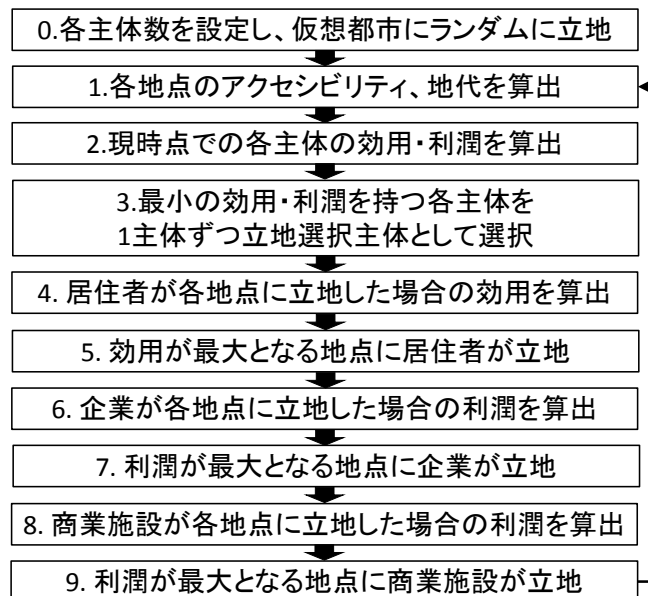


図-2 シミュレーションのアルゴリズム

を繰り返し行い、都市構造が変化する。なお各地点に立地できる主体数には上限があり、図-1に示されるように、仮想都市には用途地域を設けており色で区別される。用途地域の区分ごとに立地できる主体の種類を制限しており、中心地に近い用途地域区分ほど企業と商業施設が立地できる割合が高くなっており、仮想都市の周縁部ほど居住者の立地できる割合が高くなっている。

3. おわりに

本研究では主体である居住者、企業、商業施設の行動原理を考慮した都市構造変化モデルを構築した。モデルには交通ネットワークの影響を考慮したほか、アクセシビリティや地代を定式化し、それらの間の相互関係を分析できるようにした。現在、以上のような設定のモデルを構築しており、各種パラメータの値を決定した後、都市構造の相互作用、動的な変化についての分析を行う予定である。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 JP10263104 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 加藤和人, 久米晴華, 鈴木温:「セル型仮想都市シミュレーションを用いた都市構造変化に関する研究」, 土木計画学研究・講演集 Vol.60, 33-07, 2019