

1. はじめに

都市環境の計画を行う際に、環境に対する評価の世帯属性による違いを考慮することは重要であると考ええる。なぜならば、今後、労働人口の減少や高齢化が大きな都市問題となることが予想されるからである。本研究の目的は、アメニティに着目して、都市構造の変化過程をモデル化し、分析することである。なお、本研究において、アメニティとは、都市環境の質であり、定量的な複数の要素からなると定義する。また、各アメニティ要素に対する選好度合いは、世帯属性によって異なるものとし、それが世帯の移住行動に影響を与えるものとする。都市構造は、属性別の世帯数で構成されるものとし、その変化過程を分析する。ただし、今回はより現実的なモデル構築の準備段階として、モデルを簡略化して分析を行う。

2. モデルの概要

都市を都心と郊外の2タイプに分類する。それぞれの都市環境の質をアメニティ要素から成るアメニティベクトルで表す。ただし、アメニティ要素 k は、利便性($k=1$)と快適性($k=2$)の2つとする。

$$\text{都心のアメニティベクトル } \mathbf{A}_{1(t)} = \begin{pmatrix} a_{11(t)} \\ a_{12(t)} \end{pmatrix}$$

$$\text{郊外のアメニティベクトル } \mathbf{A}_{2(t)} = \begin{pmatrix} a_{21(t)} \\ a_{22(t)} \end{pmatrix}$$

$a_{11(t)}$: 都心の利便性、 $a_{12(t)}$: 都心の快適性

$a_{21(t)}$: 郊外の利便性、 $a_{22(t)}$: 郊外の快適性

ただし、 $a_{11(t)} \geq a_{21(t)}$ 、 $a_{12(t)} \leq a_{22(t)}$ と仮定する。

都心と郊外の都市構造を世帯数ベクトルで表す。ただし、世帯属性 i は、定年前世帯($i=1$)と定年

後世帯($i=2$)の2つとする。

$$\text{都心の世帯数ベクトル } \mathbf{X}_{1(t)} = \begin{pmatrix} x_{11(t)} \\ x_{12(t)} \end{pmatrix}$$

$$\text{郊外の世帯数ベクトル } \mathbf{X}_{2(t)} = \begin{pmatrix} x_{21(t)} \\ x_{22(t)} \end{pmatrix}$$

$x_{11(t)}$: 都心の定年前世帯数

$x_{12(t)}$: 都心の定年後世帯数

$x_{21(t)}$: 郊外の定年前世帯数

$x_{22(t)}$: 郊外の定年後世帯数

世帯属性の変化は、以下の世帯属性変化係数で表されるものとする。

α_{11} : 定年前世帯の世帯独立による増加率

α_{12} : 定年前世帯から定年後世帯への定年による変化率

α_{21} : 定年後世帯から定年前世帯への再就職による変化率

α_{22} : 定年後世帯の死による減少率

ただし、 $\alpha_{21} = 0$ とする。

都市環境の質の違いによる世帯の移住行動は、以下の移住係数(1)(2)で表されるものとする。

アメニティ要素 k による属性 i の世帯の移住係数

$$\text{都心 } \beta[1]_{ik(t)} = \max[h_{ik}(a_{2k(t)} - a_{1k(t)}), 0] \quad (1)$$

$$\text{郊外 } \beta[2]_{ik(t)} = \max[h_{ik}(a_{1k(t)} - a_{2k(t)}), 0] \quad (2)$$

h_{ik} : 属性 i の世帯のアメニティ要素 k に対する評価係数

ただし、 $h_{11} \geq h_{12}$ 、 $h_{21} \leq h_{22}$ と仮定する。

つまり、定年前世帯は快適性よりも利便性を

好み、定年後世帯は利便性よりも快適性を好むと仮定した。なお、ケーススタディの際、評価係数はアンケートにより作成する。

以上で挙げた係数を用いて、世帯数変化を線形連立微分方程式 (3) で表す。

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} \mathbf{X}_{1(t)} \\ \mathbf{X}_{2(t)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{C}_{11(t)} & \mathbf{C}_{12(t)} \\ \mathbf{C}_{21(t)} & \mathbf{C}_{22(t)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{X}_{1(t)} \\ \mathbf{X}_{2(t)} \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$\text{世帯数変化行列} \quad \mathbf{C}_{(t)} = \begin{pmatrix} \mathbf{C}_{11(t)} & \mathbf{C}_{12(t)} \\ \mathbf{C}_{21(t)} & \mathbf{C}_{22(t)} \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{C}_{11(t)} = \begin{pmatrix} \alpha_{11} - \alpha_{12} - \beta[1]_{12(t)} & 0 \\ \alpha_{12} & -\alpha_{22} - \beta[1]_{22(t)} \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{C}_{12(t)} = \begin{pmatrix} \beta[2]_{11(t)} & 0 \\ 0 & \beta[2]_{21(t)} \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{C}_{21(t)} = \begin{pmatrix} \beta[1]_{12(t)} & 0 \\ 0 & \beta[1]_{22(t)} \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{C}_{22(t)} = \begin{pmatrix} \alpha_{11} - \alpha_{12} - \beta[2]_{11(t)} & 0 \\ \alpha_{12} & -\alpha_{22} - \beta[2]_{21(t)} \end{pmatrix}$$

3. 安定性解析

モデルの構造安定性を分析する。システムが原点で漸近安定である必要十分条件は、行列Cの固有方程式の解を λ_i として以下の式(4)で表される。

$$\text{Re } \lambda_i < 0 \quad (4)$$

さらに、以下の式(5)の条件を満たすとき、

$$\alpha_{12} > \alpha_{11} \quad (5)$$

式(3)の微分方程式は原点で平衡点を持ち、原点は漸近安定である。

ただし、仮定より $\alpha_{11} > 0, \alpha_{12} > 0, \alpha_{22} > 0$ である。

また、以下の式(6)の条件を満たすとき、

$$\alpha_{12} = \alpha_{11} \quad (6)$$

式(3)の微分方程式は原点以外の平衡点を持つ。

また、その平衡点は漸近安定である。さらに、こ

の平衡点は定年前世帯数の初期値($x_{11(0)}, x_{21(0)}$)、

世帯属性変化係数(α_{12}, α_{22})、アメニティに関する移住係数に依存する。

4. 数値解析

パラメータ及び初期値を決定し、数値解析を行う。ここでは、その一例を挙げる。ただし、移住係数は時間によらず一定とした。

$$\alpha_{11} = 0.02, \alpha_{12} = 0.03, \alpha_{22} = 0.05$$

$$\beta[1]_{12} = 0.02, \beta[1]_{22} = 0.03$$

$$\beta[2]_{11} = 0.03, \beta[2]_{21} = 0.02$$

$t = 0$ における世帯数(千世帯)ベクトル

$$\begin{pmatrix} x_{11(0)} \\ x_{12(0)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 900 \\ 100 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} x_{21(0)} \\ x_{22(0)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 800 \\ 200 \end{pmatrix}$$

この数値解析の結果を図1に示す。

ただし、グラフの横軸は時間(年)、縦軸は世帯数(千世帯)を示す。

図1より、都心と郊外の定年前世帯数の差は大きくなり、定年後世帯数の差は小さくなっていることが読み取れる。さらに、安定性解析の結果、このシステムは原点で漸近安定である。

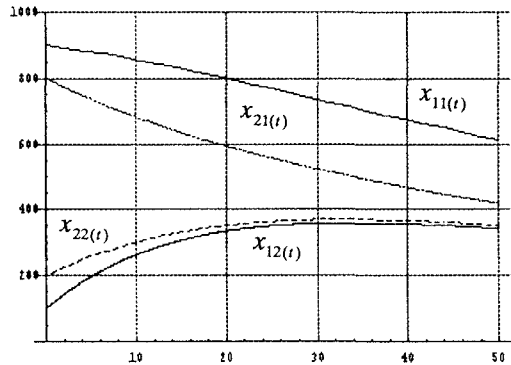


図1 都心と郊外の属性別世帯数変化

5. おわりに

今回は、線形常微分方程式を用いて、アメニティに着目した都市構造の変化過程のモデル化を行った。また、モデルの構造安定性を分析するために、安定性解析を行った。さらに、簡単な数値例をもとに数値解析を行った。今後の課題は、より現実的なモデルを構築するため、アメニティ要素の数や世帯属性の種類を増やすこと。また、非線形モデルの場合の分析を行うこと。さらに、アメニティ要素を操作変数としたモデル化を行い、より計画論的に考察することが挙げられる。