土木学会第54回年次学術講演会（平成11年９月）

Ⅳ-95 アメニティを考慮した都市構造変化過程のモデル分析

京都大学大学院　学生員　　渡辺　仁志　　京都大学防災研究所　正員　萩原　良巳

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、アメニティを考慮して、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、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。

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

$a_{11(t)}$：都心の利便性、$a_{12(t)}$：都心の快適性

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

$a_{21(t)}$：郊外の利便性、$a_{22(t)}$：郊外の快適性

ただし、$a_{11(t)} \ge a_{21(t)}$、$a_{12(t)} \le a_{22(t)}$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。

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

$x_{11(t)}$：定年前世帯数　$x_{12(t)}$：定年後世帯数

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

$x_{21(t)}$：定年前世帯数　$x_{22(t)}$：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

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

郊外　$\beta[2]_{ik(t)}=\max[h_{ik}(a_{1k(t)}-a_{2k(t)}),0]$　（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、$h_{11} \ge h_{12}$、$h_{21} \le h_{22}$と仮定する。

つまり、定年後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。

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

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

アメニティ、世帯属性

京都府宇治市五ヶ庄防災研究所総合防災研究部門、0774-38-4317

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

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

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

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

３．安定性解析

モデルの構造安定性を分析する。

（ｉ）$\alpha_{12}>\alpha_{11}$の場合

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。なお、この条件を満たす都市構造を衰退型都市構造と呼ぶ。

（ⅱ）$\alpha_{12}=\alpha_{11}$の場合

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$(\alpha_{12},\alpha_{22})$、アメニティに関する移住係数に依存する。なお、この条件を満たす都市構造を安定型都市構造と呼ぶ。

（ⅲ）$\alpha_{12}<\alpha_{11}$の場合

式（３）の微分方程式で表されるシステムは不安定である。なお、この条件を満たす都市構造を成長型都市構造と呼ぶ。

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。なお、安定性解析の分類にしたがい、α_{11}とα_{12}との関係のみ変化させて、他のパラメーターは同じ値を用いる。ただし、移住係数は時間によらず一定とした。

今回の数値解析で用いた$t=0$における世帯数（千世帯）ベクトルを以下に示す。

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

また、条件を変えないパラメータを以下に示す。

$\alpha_{22}=0.05$、$\beta\,[1]_{12}=0.02$、$\beta\,[1]_{22}=0.03$

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

（ｉ）$\alpha_{12}>\alpha_{11}$の場合（衰退型都市構造）

$\alpha_{11}=0.02$、$\alpha_{12}=0.03$として数値解析を行い得られた都心と郊外の属性別世帯数変化を図１に示す。

（ⅱ）$\alpha_{12}=\alpha_{11}$の場合（安定型都市構造）

$\alpha_{11}=0.02$、$\alpha_{12}=0.02$として数値解析を行い得られた都心と郊外の属性別世帯数変化を図２に示す。

（ⅲ）$\alpha_{12}<\alpha_{11}$の場合（成長型都市構造）

$\alpha_{11}=0.02$、$\alpha_{12}=0.018$として数値解析を行い得られた都心と郊外の属性別世帯数変化を図３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。

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。今後の課題として、より現実的なモデルを構築することや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などが挙げられる。

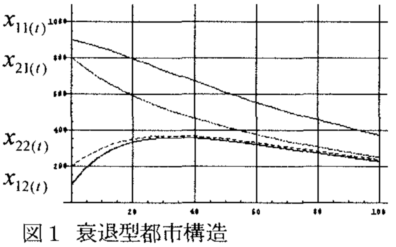

図１ 衰退型都市構造

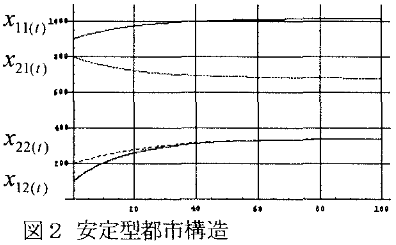

図２ 安定型都市構造

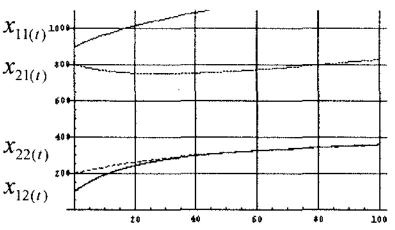

図３ 成長型都市構造