

アメニティに着目した 地域構造変化過程のモデル分析

神崎 幸康¹・萩原 良巳²・渡辺 仁志³

¹学生会員 京都大学工学部 地球工学科 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

²正会員 工博 京都大学教授 防災研究所 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

³正会員 工修 三井物産(株) 金属総括部 (〒100-0004 東京都千代田区大手町 1-2-1)

本研究では、地域によって地域構造に違いが存在してきていることに着目し、その原因として地域によりアメニティに違いがあること、世帯属性によりアメニティに対する選好が異なることを考える。そこで本研究では、アメニティと地域構造との関連をシステム論的に分析することを目的とする。そのために地域構造をライフステージによって分けられる属性毎の世帯数を構成要素とする単純なシステムとして定義し、アメニティと世帯属性に着目して、連立微分方程式を用いて地域構造のモデル化を行う。そして安定性解析を行い、アメニティと地域構造との関連を分析する。さらに、高齢社会を想定した環境政策に関する分析を行い、環境政策と地域構造の関連分析を行う。

Key Words : amenities, regional structure, aged society, policy engineering, stability analysis, maximum principle

1. はじめに^{1), 2)}

近年、日本において地域のアメニティの違いにより世帯の移住が行われる傾向が見られる。これは、アメニティの地域構造に与える影響が大きくなったことを示している。全国的なインフラストラクチャがある水準まで整備されたことや、高度経済成長期を終えバブル経済が崩壊して、都市生活者のライフスタイルが多様化したこと等がその原因と思われる。また、世帯の属性によりアメニティに対する選好が異なることから、高齢化の地域差が大きな問題となってきた。このようなことから、今後の地域環境政策を考える上で、アメニティと地域構造との関連をシステム論的に分析することが重要になってきたと思われる。

そこで、本研究では、まずアメニティと世帯属性に着目した地域構造分析を行い、高齢社会を想定した環境政策に関する分析を行う。ただし、本研究において、問題を明解に把握するため、地域構造をライフステージによって分けられる属性毎の世帯数を構成要素とする単純なシステムとして定義する。そして、環境政策を開発や保全・維持・管理等によって操作しうる各アメニティ要素

の増加割合の意思決定を指すこととする。

次に本論文の構成を述べる。まず2. でアメニティと世帯属性に着目した地域構造モデルを連立常微分方程式を用いて定式化する。3. では線形モデルにより、都心と郊外の地域構造の組み合わせがアメニティ要素の相対的關係でどのように決定付けられるかを微分方程式の安定性解析を用いて分析する。4. では非線形モデルにより、アメニティの時間変化が地域の世帯数や政策との関わりを持った場合、政策パラメータの配分方法で都心と郊外の地域構造の組み合わせがどう決定付けられるかを分析する。5. では高齢社会に対応した地域環境政策を最適制御モデルとして提示し、最大原理を用いて分析を行う。そして、環境政策と地域構造変化との関連について考察を行う。最後に、6. では本研究で用いた仮定の吟味を行い、得られた結果を要約する。

2. 地域構造モデルの定式化

(1) 地域構造モデルの定式化の前提条件

地域構造モデルの定式化に当たって、まず、アメニティ

ィを定量化可能な各アメニティ要素の総体として捉える。また、アメニティに着目した分析を行うため、転勤などのような強制的な移住は考慮しないこととする。したがって、比較的強制的な移住が少ないと思われる都心と郊外の2地域間を想定した分析を行う。以上を踏まえ、まず以下のような仮定を置く。すなわち、移住は世帯単位で行われ(仮定1)、移住は都心と郊外の2地域のみで行われる(仮定2)。また、強制的な移住はない(仮定3)。そして、地域のアメニティ要素は定量化可能であり、同一地域内でも均質である(仮定4)とする。

(2) アメニティのモデル化

アメニティの構成要素は多様であり、例えば「安全性」「文化性」「利便性」「快適性」「娯楽性」等が考えられる。ここでは、モデルを単純化するとともに、世帯の移動に着目するため「利便性」と「快適性」の2つに着目する(仮定5)。そして、利便性は交通や買い物行動等が便利であること、快適性とは自然環境等に恵まれていることを指すものとする。こうして、以下のアメニティベクトルを得る。

$$A^1(t) = \begin{bmatrix} a_1^1(t) \\ a_2^1(t) \end{bmatrix} \quad (1), \quad A^2(t) = \begin{bmatrix} a_1^2(t) \\ a_2^2(t) \end{bmatrix} \quad (2)$$

ここで、 $a_k^s(t)$ は地域 s のアメニティ要素 k であり、都心($s=1$)、郊外($s=2$)、利便性($k=1$)、快適性($k=2$)、である。

(3) 世帯属性のモデル化

アメニティに対する選好に着目した世帯属性のモデル化を行うに当たり、以下のような仮定を置く。すなわち、近未来の高齢社会を想定し、移住が行われる可能性が高いライフステージ変化に着目して世帯は若年世帯、中年世帯、高齢世帯の3つに単純に分類される(図-1参照)ものとする(仮定6)。また、移住が行われるのは、ライフステージ変化による世帯属性変化が起こるときのみである(仮定7)。この仮定により、中年世帯が高齢世帯に変化するときは、すでに子供は独立しているものとする。そして、ライフステージが変化した世帯は、アメニティによって居住地域を選択する世帯と、アメニティによらず従来からの居住地域に住み続ける世帯に分類され(仮定8)、さらに、アメニティによって居住地域を選択する世帯は、利便性の高い地域を選択する世帯と、快適性の高い地域を選択する世帯に分類される(仮定9)ものとする。

a) ライフステージによる世帯属性分類

前述した移住が行われる可能性が高いライフステージ変化に着目した世帯分類の根拠は以下のような考え方による。すなわち、若年世帯から中年世帯に属性変化が生じる際、移住が行われる理由として、貯蓄の増加、育児



図-1 ライフステージ変化

等が挙げられる。中年世帯から若年世帯に属性変化が生じる際、移住が行われる理由として、親からの独立、結婚等が挙げられる。中年世帯から高齢世帯に属性変化が生じる際、移住が行われる理由として、定年退職等が挙げられる。こうして、以下の都心と郊外の世帯数ベクトルを得る。

$$X^1(t) = \begin{bmatrix} x_1^1(t) \\ x_1^2(t) \\ x_1^3(t) \end{bmatrix} \quad (3), \quad X^2(t) = \begin{bmatrix} x_2^1(t) \\ x_2^2(t) \\ x_2^3(t) \end{bmatrix} \quad (4)$$

$x_i^s(t)$: 地域 s の属性 i の世帯数。ただし、若年世帯($i=1$)、中年世帯($i=2$)、高齢世帯($i=3$)、都心($s=1$)、郊外($s=2$)である。

b) アメニティに対する選好による世帯属性分類

ライフステージ変化した世帯をアメニティに対する選好の違いにより、利便性の高い地域を選択する世帯($i=1$)、快適性の高い地域を選択する世帯($i=2$)、及び環境の質によらず従来からの居住地域に住み続ける世帯($i=3$)の3種類に分類し、その割合をそれぞれ、 $\gamma_{i1}^s(t)$ 、 $\gamma_{i2}^s(t)$ 、 $\gamma_{i3}^s(t)$ で表す。すなわち、次式を満たす。

$$\gamma_{i1}^s(t) + \gamma_{i2}^s(t) + \gamma_{i3}^s(t) = 1 \quad (5)$$

(4) 移住行動のモデル化

アメニティによる世帯の移住行動のモデル化を行うため、以下のような仮定を置く。すなわち、アメニティによって居住地域を選択する世帯は、アメニティ要素の地域間の相対的な差が閾値を超えている場合に移住を行う(仮定10)。この仮定をモデル化すれば以下のようになる。すなわち、地域 s で属性 i に変化した世帯のうちアメニティ要素 k の高い地域を選択する世帯の移住の有無を、移住係数 $\beta_{ik}^s(t)$ (移住あり: $\beta_{ik}^s(t)=1$, 移住なし: $\beta_{ik}^s(t)=0$)で表すこととする。仮定6~10を考慮すると属性 i に変化した世帯は $\gamma_{ij}^s(t)$ の割合で、アメニティ要素 k の地域間の相対的な差が閾値 h_{ik} (世帯属性 i にわたってのアメニティ要素 k に対する固執度)を超える場合に移住を行うことになる。こうして、移住係数は次のように記述される。

都心から郊外への移住係数:

$$\beta_{12}^1(t) = 1 \quad \text{if } a_k^2(t) - a_k^1(t) - h_{1k} > 0 \quad (6)$$

$$\beta_{12}^1(t) = 0 \quad \text{if } a_k^2(t) - a_k^1(t) - h_{1k} \leq 0 \quad (7)$$

郊外から都心への移住係数:

$$\beta_{21}^2(t) = 1 \quad \text{if } a_k^1(t) - a_k^2(t) - h_{2k} > 0 \quad (8)$$

$$\beta_{21}^2(t) = 0 \quad \text{if } a_k^1(t) - a_k^2(t) - h_{2k} \leq 0 \quad (9)$$

ここで重要なことは、閾値 h_{ik} とは何かということである。たとえば、式(8)(9)において、郊外に居住する($s=2$)高齢世帯($=3$)は利便性($k=1$)に対して、 h_{31} という閾値を持っているとする。そうすれば、この閾値は郊外居住の高齢者の都心居住を阻害する要因である。この阻害要因としては、近所付き合いか、都心と郊外の地価の差とか、同一価格における居住空間の差異とかが考えられる。このような意味で、この閾値は現在居住している場所の慣性力をあらわすものとしてここでは考えておく。実際には、所得、住宅価格、地価、利便性に対する欲求度等の社会調査によって決定可能であることを断っておく。快適性に関しても同様である。

(5) 地域構造モデルの定式化

ライフステージの変化に伴う属性 i の世帯から属性 i' の世帯への変化率(世帯属性変化パラメータ)を $\alpha_{ii'}(t)$ で表す。すると、若年世帯から中年世帯への変化率、中年世帯からの独立による若年世帯の増加率、中年世帯から高齢世帯への変化率、及び高齢世帯の死による減少率は、それぞれ $\alpha_{12}(t)$ 、 $\alpha_{21}(t)$ 、 $\alpha_{23}(t)$ 、 $\alpha_{33}(t)$ で表わされる。こうして、これらのパラメータを用いて、都心と郊外のライフステージによって分けられる属性毎の世帯数(時間)変化は次のように表わされる。これを(世帯変化に着目した)地域構造モデルと呼ぶ。

$$\dot{x}_1^1 = \{ \gamma_{11}^1(1 - \beta_{11}^1) + \gamma_{12}^1(1 - \beta_{12}^1) + \gamma_{13}^1 \} \alpha_{21} x_2^1 + (\gamma_{11}^2 \beta_{11}^2 + \gamma_{12}^2 \beta_{12}^2) \alpha_{21} x_2^2 - \alpha_{12} x_1^1 \quad (10)$$

$$\dot{x}_2^1 = \{ \gamma_{21}^1(1 - \beta_{21}^1) + \gamma_{22}^1(1 - \beta_{22}^1) + \gamma_{23}^1 \} \alpha_{12} x_1^1 + (\gamma_{21}^2 \beta_{21}^2 + \gamma_{22}^2 \beta_{22}^2) \alpha_{12} x_1^2 - \alpha_{23} x_2^1 \quad (11)$$

$$\dot{x}_3^1 = \{ \gamma_{31}^1(1 - \beta_{31}^1) + \gamma_{32}^1(1 - \beta_{32}^1) + \gamma_{33}^1 \} \alpha_{23} x_2^1 + (\gamma_{31}^2 \beta_{31}^2 + \gamma_{32}^2 \beta_{32}^2) \alpha_{23} x_2^2 - \alpha_{33} x_3^1 \quad (12)$$

$$\dot{x}_1^2 = \{ \gamma_{11}^2(1 - \beta_{11}^2) + \gamma_{12}^2(1 - \beta_{12}^2) + \gamma_{13}^2 \} \alpha_{21} x_2^2 + (\gamma_{11}^1 \beta_{11}^1 + \gamma_{12}^1 \beta_{12}^1) \alpha_{21} x_2^1 - \alpha_{12} x_1^2 \quad (13)$$

$$\dot{x}_2^2 = \{ \gamma_{21}^2(1 - \beta_{21}^2) + \gamma_{22}^2(1 - \beta_{22}^2) + \gamma_{23}^2 \} \alpha_{12} x_1^2 + (\gamma_{21}^1 \beta_{21}^1 + \gamma_{22}^1 \beta_{22}^1) \alpha_{12} x_1^1 - \alpha_{23} x_2^2 \quad (14)$$

$$\dot{x}_3^2 = \{ \gamma_{31}^2(1 - \beta_{31}^2) + \gamma_{32}^2(1 - \beta_{32}^2) + \gamma_{33}^2 \} \alpha_{23} x_2^2 + (\gamma_{31}^1 \beta_{31}^1 + \gamma_{32}^1 \beta_{32}^1) \alpha_{23} x_2^1 - \alpha_{33} x_3^2 \quad (15)$$

上式の意味を例として式(12)を用いて説明する。左辺は「都心の高齢世帯数の変化」を表し、右辺第1項は「都心において中年から高齢に属性変化した世帯のうち、そのまま都心に残る世帯数」、右辺第2項は「郊外において中年から高齢に属性変化した世帯のうち、都心に移住する世帯数」、右辺第3項は「都心の高齢世帯の死による減少数」である。

3. 線形モデルによる分析^{(3), (4), (5)}

ここでは、アメニティが時間に関して一定であると仮

定したとき、都心と郊外の地域構造の組み合わせがアメニティ要素の大小関係でどのように決定付けられるかを分析する。

(1) 分析の前提条件

分析を行うに当たって、以下のような仮定をおく。都心の利便性が郊外に比べて高く、郊外の快適性が都心に比べて高い(仮定11)。式で書けば次式のようなになる。

$$a_1^2(t) < a_1^1(t), a_2^1(t) < a_2^2(t) \quad (16)$$

次に、アメニティと地域構造の関連分析を行うときは、地域構造モデルが原点(すべての世帯数が0)以外に安定な均衡解を持つようにパラメータを設定する(仮定12)。

$$\alpha_{21} = \alpha_{23} \quad (17)$$

また、近年の東京における裕福な高齢世帯の都心回帰などの現象が話題になっているが、ここでは、モデル分析の一例として、若年世帯ほど利便性を好み、高齢世帯ほど快適性を好みと仮定し、アメニティ要素 k による属性 i の世帯の移住に関する閾値 h_{ik} は次式を満たす(仮定13)とする。

$$h_{11} \leq h_{21} \leq h_{31}, h_{32} \leq h_{22} \leq h_{12} \quad (18)$$

当然のことながら、上式の仮定(シナリオ)を変えれば、何らモデルの本質性を変えることなく上記のような現象も取り扱い可能である。さらに、分析を容易にするため、アメニティ要素 $a_k^s(t)$ 、世帯属性変化係数 $\alpha_{ii'}(t)$ 、移住に関する閾値 $h_{ik}(t)$ 、アメニティの選好に関する係数 $\gamma_{ij}^s(t)$ は時間によらず一定である(仮定14)とする。

(2) 地域構造の分類と数学的定義

アメニティと地域構造との関連分析を行うため、連立微分方程式で表わされた地域構造の解の安定性と均衡解の値に着目して、地域 $s(s=1,2)$ の地域構造を4タイプに分類し、以下で定義する。なお、地域構造モデルの各パラメータを設定することにより、地域1($s=1$)と地域2($s=2$)の地域構造の組み合わせが決定する。

(i) 衰退型

地域 s の各世帯数の初期値によらず、 $t \rightarrow \infty$ で地域 s の各世帯数が0に近づく地域構造を衰退型と定義する。

$$x_1^s(t) + x_2^s(t) \rightarrow 0, x_3^s(t) \rightarrow 0 \quad t \rightarrow \infty \quad (19)$$

(ii) 社会的安定型

地域 s の各世帯数の初期値によらず、 $t \rightarrow \infty$ で地域 s の若年世帯数と中年世帯数の和が0以外のある数(均衡点)に近づく地域構造を社会的安定型と定義する。

$$x_1^s(t) + x_2^s(t) \rightarrow (x_1^s(t) + x_2^s(t))^*, \quad x_3^s(t) \rightarrow 0 \text{ or } x_3^s(t)^* \quad t \rightarrow \infty \quad (20)$$

(iii) 高齢型

地域 s の各世帯数の初期値によらず、 $t \rightarrow \infty$ で地域 s の

若年世帯数と中年世帯数の和が0に近づき、高齢世帯数が0以外のある数（均衡点）に近づく地域構造を高年齢型と定義する。

$$x_1^s(t) + x_2^s(t) \rightarrow 0, x_3^s(t) \rightarrow x_3^s(t)^* \quad t \rightarrow \infty \quad (21)$$

(iv) 不安定型

地域 s の各世帯数の初期値によらず、 $t \rightarrow \infty$ で地域 s のある世帯数が $+\infty$ に近づく地域構造を不安定型と定義する。

$$x_1^s(t) + x_2^s(t) \rightarrow \infty \text{ 或 } x_3^s(t) \rightarrow \infty \quad t \rightarrow \infty \quad (22)$$

(3) 地域構造関係の定義

都心と郊外の間で移住が行われているが、都心と郊外の地域構造がともに社会的安定型である地域構造関係を「流動的安定関係」と呼ぶ。また、都心と郊外の間で移住が行われているが、都心または郊外の地域構造が社会的安定型でないような地域構造関係を「流動的非安定関係」と呼ぶ。さらに、都心と郊外の間で移住が行われておらず、都心と郊外の地域構造がともに社会的安定型であるような地域構造関係を「固定的安定関係」と呼ぶ。

(4) 分析結果及び考察

都心と郊外の2地域が社会的に最も好ましいと思われる流動的安定関係になる条件を示せば以下になる。すなわち、中年世帯からの独立による若年世帯の増加率と中年世帯から高齢世帯への変換率が等しい。そして、都心の若年世帯または中年世帯が郊外に移住し、郊外の若年世帯または中年世帯が都心に移住することである。

さらに、アメニティと地域構造関係を図-2に示す。分析結果より次のことが言える。アメニティ要素 k による属性 i の世帯の移住に関する閾値 h_{ik} が決定すれば、2地域のアメニティ要素の相対的な関係と地域構造の組み合わせおよび地域構造関係との関連が分かる。

しかしながら、線形モデルによる分析の主な問題点は、アメニティ要素の時間変化を考慮していないため、アメニティの変化を内生化できない。このため、アメニティ変化の政策を想定する場合、アメニティの値を外生的に与えることによってしか分析結果を解釈できないことである。

4. 非線形モデルによる分析

ここでは、アメニティの時間変化が地域の世帯数や政策との関わりを持った場合、政策パラメータの配分方法によって都心と郊外の地域構造の組み合わせがどのように決定付けられるかを分析する。

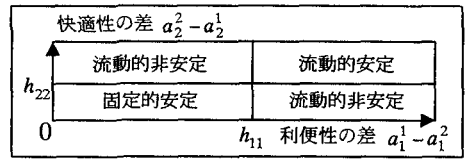


図-2 アメニティと地域構造関係

(1) アメニティ要素のモデル化

アメニティ要素の時間変化を定式化するに当たり以下のような仮定を置く。まず、現実即してアメニティ要素の変化は、増加項と減衰項に分けられる（仮定15）。つまり、投資による開発や維持の項と放置すれば質の低下をきたす項を考える。そして、当然のこととして、全地域の増加項の合計は、総アメニティ増加係数 $\theta(t)$ によって与えられる（仮定16）。また、地域 s の増加項の合計は、都市生活者の公平性を保証するため、全地域の総世帯数に占める地域 s の総世帯数の割合に比例する（仮定17）とする。そして、地域 s の利便性と快適性の増加項の増加割合は、ウエイト（トレードオフ）係数 $w_k^s(t)$ により与えられ、これを政策パラメータとして取り扱う。ただし、 $w_k^s(t)$ は次式を満たす（仮定18）。

$$\sum_{k=1}^2 w_k^s(t) = 1 \quad (s=1,2) \quad (23)$$

最後に、アメニティ要素 k の減衰項は、アメニティ要素の値に比例して減衰（減衰係数を $\varphi(t)$ ）する（仮定19）とすれば、アメニティ要素の時間変化は、次のように表わされる。

$$\dot{a}_k^s(t) = \theta(t) w_k^s(t) \frac{\sum_{i=1}^2 x_i^s(t)}{\sum_{s=1}^2 \sum_{i=1}^2 x_i^s(t)} - \varphi(t) a_k^s(t), \quad (s=1,2, k=1,2) \quad (24)$$

こうして、地域構造モデルは非線形になる。

(2) 分析の前提条件

非線形モデルを用いて分析を行うために、仮定11~13および分析結果を明解にするため以下の仮定をおく。すなわち、総アメニティ増加係数 $\theta(t)$ 、ウエイト係数 $w_k^s(t)$ 、減衰係数 $\varphi(t)$ 、世帯属性変化係数 $a_{ii'}^s(t)$ 、移住に関する閾値 $h_{ik}(t)$ 、アメニティの選好に関する係数 $\gamma_{ij}^s(t)$ は時間によらず一定である（仮定20）とする。

(3) 分析結果及び考察

初期状態を以下のように設定して分析を行った。すなわち、利便性による若年世帯と中年世帯の郊外から都心への移住及び、快適性による中年世帯と高齢世帯の都心から郊外への移住が行われているとした。この場合のウエイト係数と地域構造関係を表-1に示す。この表より

表-1. ウェイト係数と地域構造関係

ウェイト係数 (都心、利便性) $w_1^1 (=1-w_2^1)$	0.0	0.1~ 0.2	0.3~0.5	0.6~ 0.8	0.9~ 1.0
地域構造関係	流動的安定	流動的安定	流動的安定	流動的安定	流動的安定
ウェイト係数 (郊外、快適性) $w_2^2 (=1-w_1^2)$	0.0	0.1~ 0.2	0.3~0.5	0.6~ 0.8	0.9~ 1.0

以下のことが言える。初期条件の設定により地域を想定した場合のアメニティ要素の増加項に関するウェイト係数（政策パラメータ）の配分方法と地域構造の組み合わせ及び地域構造関係との関連が分かる。例えば、都心の利便性、郊外の快適性のウェイト係数を 1.0 にすると 2 地域の関係は流動的安定関係になることが分かる。

5. 高齢社会に着目した環境政策と地域構造の関連分析⁶⁾

高齢社会に着目し、環境政策と地域構造変化との関連を最大原理を用いて分析する。そのために、まず、状態方程式として高齢社会モデルの定式化を行う。次に、環境政策の目的を表すものとして評価関数の定式化を行う。そして、環境政策と地域構造変化との関連、さらにその時の属性別世帯数変化に対応した最適なアメニティの配分方法についての考察を行う。

(1) 高齢社会モデル（状態方程式）

高齢社会に着目した分析を行うため、以下のような仮定をおき、地域構造モデルの簡略化を行う。すなわち、ライフステージを非高齢世帯 $x_1^s(t)$ と高齢世帯 $x_2^s(t)$ の 2 種類とする。なお、その変化を図-3 に表す（仮定 21）。そして、現実的にアメニティ要素の増加項 $\theta_k^s(t)$ の総和、すなわち、アメニティの総増加量には上限がある（仮定 22）とする。こうして、以下のような高齢社会モデルを得る。

$$\dot{x}_1^1 = \{\gamma_{11}^1(1-\beta_{11}^1) + \gamma_{12}^1(1-\beta_{12}^1) + \gamma_{13}^1\}\alpha_{11}x_1^1 - (\gamma_{11}^1\beta_{11}^1 + \gamma_{12}^1\beta_{12}^1)\alpha_{11}x_1^1 - \alpha_{12}x_1^1 \quad (25)$$

$$\dot{x}_2^1 = \{\gamma_{21}^1(1-\beta_{21}^1) + \gamma_{22}^1(1-\beta_{22}^1) + \gamma_{23}^1\}\alpha_{12}x_1^1 - (\gamma_{21}^1\beta_{21}^1 + \gamma_{22}^1\beta_{22}^1)\alpha_{12}x_1^1 - \alpha_{22}x_2^1 \quad (26)$$

$$\dot{x}_1^2 = \{\gamma_{11}^2(1-\beta_{11}^2) + \gamma_{12}^2(1-\beta_{12}^2) + \gamma_{13}^2\}\alpha_{11}x_1^2 - (\gamma_{11}^2\beta_{11}^2 + \gamma_{12}^2\beta_{12}^2)\alpha_{11}x_1^2 - \alpha_{12}x_1^2 \quad (27)$$

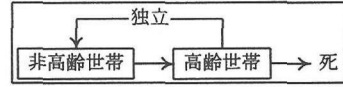


図-3 ライフステージ変化

$$\dot{x}_2^2 = \{\gamma_{21}^2(1-\beta_{21}^2) + \gamma_{22}^2(1-\beta_{22}^2) + \gamma_{23}^2\}\alpha_{12}x_1^2 - (\gamma_{21}^2\beta_{21}^2 + \gamma_{22}^2\beta_{22}^2)\alpha_{12}x_1^2 - \alpha_{22}x_2^2 \quad (28)$$

$$\dot{a}_k^s(t) = \theta_k^s(t) - \varphi(t)a_k^s(t), \quad (s=1,2, k=1,2) \quad (29)$$

ただし、

$$\gamma_{i1}^s(t) + \gamma_{i2}^s(t) + \gamma_{i3}^s(t) = 1 \quad (s=1,2, i=1,2) \quad (30)$$

(2) 評価関数と制約条件

評価関数の定式化に当たって、1つのシナリオとして、非高齢世帯の満足度は利便性の増加により、高齢世帯の満足度は快適性の増加による（仮定 23）ものとする。そして、政策期間を通しての地域全体の満足度の最大化を考える。さらに、非高齢世帯、高齢世帯に対する政策の重み（トレードオフ）を政策パラメータ w_i ($i=1,2$) で表し、評価モデルと制約条件を以下のように定式化した。

評価モデル：

$$J = w_1 \int_0^T (\theta_1^1(t)x_1^1(t) + \theta_1^2(t)x_1^2(t))dt + w_2 \int_0^T (\theta_2^1(t)x_2^1(t) + \theta_2^2(t)x_2^2(t))dt \rightarrow \max \quad (31)$$

制約条件：

$$w_1 + w_2 = 1 \quad (32)$$

$$\sum_{s=1}^2 \sum_{k=1}^2 \theta_k^s(t) \leq C(t) \quad (33)$$

$$\theta_k^s(t) \geq 0 \quad (34)$$

(3) 分析の前提条件

上述の制御モデルの分析を最大原理により行う。問題の本質を見えやすくするため、仮定 11、12 および以下の仮定をおく。すなわち、アメニティ要素 k による属性 i の世帯の移住に関する閾値 h_{ik} は次式を満たす（仮定 24）とする。（仮定 13 参照）

$$h_{11} \leq h_{21}, h_{22} \leq h_{12} \quad (35)$$

また、ウェイト係数 $w_k^s(t)$ 、減衰係数 $\varphi(t)$ 、世帯属性変化係数 $\alpha_{ii}(t)$ 、移住に関する閾値 $h_{ik}(t)$ 、アメニティの選好に関する係数 $\gamma_{ij}^s(t)$ 、各アメニティ増加量の合計 $C(t)$ は時間によらず一定（仮定 25）であるとする。

(4) 分析結果及び考察

初期状態において、都心と郊外が流動的安定関係である場合を想定する。また、都心と郊外の総世帯数、非高齢世帯数と高齢世帯数の大小関係により初期条件を分類し、政策パラメータについて分析を行った。以上の分析結果の一部を表-2 に示す。分析結果から次のことが言

表-2 分析結果

政策パラ メータ w_2 初期条件		0.0~0.6	0.7	0.8~1.0
$x_1 > x_2$	$x^1 > x^2$	(安定、衰退) α	安定、 安定 β	(安定、安定) β
	$x^1 = x^2$	(安定、衰退) α	安定、 安定 β	(衰退、安定) δ
	$x^1 < x^2$	(衰退、安定) γ	衰退、 安定 δ	(衰退、安定) δ

注:「安定」とは「社会的安定型」、「衰退」とは「衰退型」の地域構造のことである。

x_1 : 非高齢世帯数 x_2 : 高齢世帯数

x^1 : 都心の総世帯数 x^2 : 郊外の総世帯数

α : 都心の利便性が増加 β : 都心の快適性が増加

γ : 郊外の利便性が増加 δ : 郊外の快適性が増加

える。ある地域構造に変化させようとしたとき、そのために行う環境政策について、その地域の初期状態によって高齢世帯と非高齢世帯に対する政策パラメータの与え方、また、その目的を満たすに当たった最適なアメニティの配分方法が時間軸を考慮したものとして得られた。例えば、都心と郊外の世帯数が等しく、非高齢世帯が高齢世帯より多い場合、2 地域をとともに社会的安定型地域構造にしようすると、高齢世帯に対する政策パラメータを 0.7 に設定すれば良いことが分かる。

6. おわりに

本研究では 25 の仮定を置いたが、特に重要であるのは地域構造モデルを定式化する際に用いた 10 の仮定である。そのうち、本モデルの一般性の観点から問題となる仮定は、仮定 3、8、9 である。すなわち、

[1] 外部との移住を考慮していない。

[2] アメニティ以外の、移住の決定要因を考慮していない。

[3] アメニティ要素は利便性と快適性の 2 つしか考えていない。

である。

しかしながら、[1]については、本研究のモデルに外生的に与えることは可能であり、またモデルを複数都市に拡大することによって考慮することは容易である。[2]については移住の閾値をどのように与えるかによって考慮可能である。このためには種々の社会調査が必要となり、将来実証研究を展開する時にそれを明らかにする予定である。[3]については、他のアメニティ要素、例えば、安全性や文化性、娯楽性等の導入が可能であるが、現段

階ではモデルをいたずらに複雑にするだけであるので導入しなかった。

以上のように、本研究で提案したモデルは、多くの仮定のもとで構成されているが、少しずつ仮定を除外することによって、より一般的なモデルに向かう出発点となる可能性を有していることを示した。以下、本研究の結果を要約する。

アメニティと世帯属性に着目して地域構造モデルを定式化し、アメニティと地域構造との関連について分析を行った。また、高齢社会に対応した環境政策を行う上での政策の重みとその時の最適なアメニティの配分方法について分析を行った。この結果、2 地域のアメニティ要素の相対的な関係により地域構造の組み合わせおよび地域構造関係が決定されることが分かった。また、初期条件の設定により地域を想定した場合にアメニティ要素の増加項に関するウエイト係数の配分方法と地域構造の組み合わせおよび地域構造関係との対応関係が分かった。さらに、高齢社会問題に対応した環境政策について、政策パラメータの与え方と地域構造の組み合わせおよび最適なアメニティの配分方法が得られた。すなわち、都市計画として目標とする将来の地域構造を設定したとき、そのために行う環境政策について、その地域の初期状態によって政策パラメータの与え方が分かった。

今後の課題として、モデルを一般化し実際の都市にモデルを適用することを考えねばならない。そのための主な問題点として、外部との移住を考慮すること、また、アメニティ要素、移住に関する閾値などの定量化の方法についての検討が重要であると考ええる。

最後に、本稿の作成にあたって京都大学大学院 神谷大介氏の協力を得た。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 進士五十八: アメニティ・デザイン, 学芸出版社, pp.39-53, 1992.
- 2) 斎野岳郎: 大都市の人口高齢化, 大明堂, pp.1-6, 1997.
- 3) 笠原皓司: 新微分方程式対話, 現代数学社, 1970.
- 4) Joseph La Salle, Solomon Lefschetz: リヤプノフの方法による安定性理論, 産業図書, 1975.
- 5) ポントリャーギン: 常微分方程式, 共立出版, 1963.
- 6) D.G.ルーエンバーガー: 動的システム入門, ホルトー・サウンダーズ・ジャパン, 1985.

(?)

A MODEL ANALYSIS OF REGIONAL STRUCTURE CHANGING PROCESS CONSIDERING WITH AMENITIES

Yukiyasu KANZAKI, Yoshimi HAGIHARA, Hitoshi WATANABE

Nowadays, many people show a marked tendency toward to select their favorite amenities when they want to move or settle. The regional quality and quantity of amenities becomes the decisive factors for regional planning. This paper directs an attention to the relations between amenities and residential movement for regional stability analysis.

Firstly, this paper proposes a linear differential equations model composed of amenities and household characteristics for analyzing the regional structure changing process considering with life stages of residents focused on the aged. Secondly, stability analysis in differential equations system is applied to classify the states of urban system with some policy parameters. And lastly, amenities investment model is proposed with maximum principle for finding the policy parameters which makes urban stable state in future.