

異質な取引主体を考慮した進化ゲームに基づく  
不動産市場の循環モデル

植 杉 大

Circulation Model for the Property Market Based on Evolutionary  
Games in Consideration of Heterogeneous Entities

Dai Uesugi

2018.3

『摂南経済研究』第8巻 第1・2号 別刷  
摂南大学経済学部

論文

異質な取引主体を考慮した進化ゲームに基づく  
不動産市場の循環モデル

植杉 大\*

Circulation Model for the Property Market Based on Evolutionary  
Games in Consideration of Heterogeneous Entities

Dai Uesugi

【要 旨】

本論文では、主体の異質性を考慮した不動産市場における売り手と買い手の戦略の変化と価格の推移について、進化ゲームを用いて考察した。売り手は、自身固有の利得パラメータと買い手の集団の弱気戦略を採る割合を比較して、最適反応戦略を選択する。同様に、買い手は、自らの利得パラメータと売り手の集団の強気戦略を採る割合を比較して、最適反応戦略を選択する。これは、多数の異質な売り手と買い手が行うゲームによって生じるマイクロ行為が、売り手と買い手の戦略分布というマクロ状態を変化させ、さらに次の時点で、それがお互いのマイクロ行為に影響を及ぼすというマイクロマクロダイナミクスモデルとなる。

---

\* 撰南大学経済学部

## 1 はじめに

本論文は、進化ゲーム理論を用いて、不動産市場における売り手と買い手の戦略の変化と価格変動の仕組みを考察することを目的としている。

既存研究において、取引価格の決定については、ゲーム理論を用いた分析が主流と考えられる。例えば、Quan and Quigley (1991) [3]において、売り手と買い手が交渉することを通じて形成される取引価格は、買い手の留保価格と売り手のオファー価格の加重平均で求められる。つまり、買い手の留保価格と売り手のオファー価格の差である余剰を買い手と売り手でどのように配分するかが問題となる。この加重には、Rubinstein (1982) [4]の完全均衡配分 (Perfect Equilibrium Partition) が適用されている。これは非協力交渉ゲームであり、各プレイヤーが交互に配分方法を提案する。しかし各プレイヤーが固定した割引係数を有する場合には、完全均衡配分は交渉当初で決まってしまうので、静学モデルといえる。その後Rubinstein (1985) [5]では不完全情報モデルに拡張されたが、静学モデルであることには変わりないので、不動産価格や市場参加者に関する動学分析はできない。

また、不動産市場や不動産価格に特化したものではないが、Chatterjee and Samuelson (1983) [1]におけるダブルオークション理論は、売り手と買い手の間で相手の留保価格に関する情報が不確実な場合、期待効用を最大化する値付け戦略を示している。ここでも取引価格は、買い手の留保価格と売り手の留保価格の加重平均として定義されており、買い手の留保価格と売り手の留保価格の差である余剰を買い手と売り手でどのように配分するかが問題となる。Chatterjee and Samuelson (1983)のダブルオークション理論は静学モデルであるため、先述のQuan and QuigleyやRubinsteinと同様、動学分析ができない。

これまでの不動産市場に係る取引価格分析は、以上のようなゲーム理論を利用した静学モデルによって説明されているものが多く、取引価格や市場参加者の動学分析を行っているものは少ないのではないだろうか。そこで本論文では、売り手と買い手の取引戦略の割合を示すと同時に取引価格の動向を示す、進化ゲーム理論を用いたモデルを構築する。[6]

進化ゲームは、通常の静学的なゲームの動学化といえる。進化ゲームでは、売り手と買い手の戦略の割合を動学的に確認できると同時に、取引価格の推移を動学的に確認できる。したがって、静学ゲームと比較して、市場参加者の交渉力や感情と価格の関係をより明確に把握できる。

これまで進化ゲームを不動産市場に応用した先行研究として、植杉【1】(2016) [8]、植杉【2】(2017)が[9]ある。植杉【1】では、レプリケータ・ダイナミクスに基づく動学モデルを提示している。また植杉【2】では、模倣ダイナミクスに基づく動学モデルを提示している。しかしこれらにおいて、不動産やプレイヤーの非同質性、プレイヤーの戦略選択の多様性はモデルの中で十分に考慮されていなかった。

ところで不動産市場には、いうまでもなく多様な不動産、多様な経済主体が存在している。特に不動産は非同質的な財であり、それを取引する経済主体は対象不動産ごとに対して異なる評価額を持っている。したがって標準的な経済学において仮定される財の同質性や主体の同質性が成立せず、もし誤って仮定することならば、そこから得られる結果は現実対応性の乏しいものにもなりかねない。

そこで本論文では、不動産ごとに対する評価に応じた経済主体の異質性を導入する。つまり、ある経済主体がある一つの不動産取引において直面する利得（行列）はすべて異なるようなゲームを想定する。その場合の複雑さを集約するために、各経済主体に特有のパラメータを設定し、経済主体に係る情報の集約を行う。

この方法は、Granovetter (1978) [2]によって提案されている。ここに異なる嗜好を持つ多数の主体による相互作用を扱っている。各主体の嗜好を1つのパラメータに集約し、集団の多様性を利得関数の分布関数によってあらわす方法である。多様な取引主体ごとの異なる利得行列によって構成される多次元の利得行列を、提案する閾値モデルを適用することによって、プレイヤーの閾値をまとめた1次元のベクトルへと集約することが可能となる。そこで重要となるのは、不動産市場におけるプレイヤーの閾値（集約された利得情報）がどのような分布になっているかを把握することである。売り手及び買い手の閾値の分布を把握することで、市場動向及びその後の価格動向の方向性を予測することが可能となる。

また、岩永・生天目(2002) [7]では、多様な取引主体の利得を単一の利得パラメータに集約し、その様々な分布を仮定する。さらに協調的主体と協調的主体、相補的主体と相補的主体、さらに協調的主体と相補的主体による局所的な相互作用から、安定的な集合行為が形成されることを示している。しかし、取引主体の利得パラメータは双方で同一とされており、不動産市場における売り手・買い手の分析にそのまま適用するには無理がある。

さらに、岩永・生天目では、個々のエージェントのマイクロ行為とマクロ行為との間に生じる双方向的な相互作用としてマイクロ・マクロ・ループを強調している。ここでマイクロ行為とは、個々のエージェントを取り巻く局所的な世界での個々のエージェントの行為である。一方マクロ行為とは、様々なマイクロ行為の相互作用により社会全体に現れる状態の中で行われる集合行為のことである。

不動産市場に関していえば、マイクロ行為がマクロ行為に対して影響を及ぼす方向性として、個々の売り手の意思決定の集計結果が売り手全体の戦略選択の傾向を決定し、個々の買い手の意思決定の集計結果が買い手全体の戦略選択の傾向を決定する。逆に、売り手の意思決定に対して買い手の戦略選択の傾向が影響を及ぼし、一方で買い手の意思決定に対して売り手の戦略選択の傾向が影響を及ぼすような状況が生じるのである。これはマクロ行為がマイクロ行為に対して影響を及ぼす方向性である。このように、マイクロ行為とマクロ行為との間に生じる双方向的な相互作用がマイクロ・マクロ・ループ[10]である<sup>1</sup>。先述したGranovetterも、閾値モデルの適用によりマイクロ・マクロ・ループの分析可能性を示唆している。

それでは、本論文の構成を述べる。第2節では、進化ゲーム理論および閾値モデルに基づくモデルを構成する。第3節では、モデルから得られる含意について検討、考察を行う。第4節では、本論文のまとめと今後の研究の方向性を示す。

<sup>1</sup>マイクロ・マクロ・ループについては塩沢(1999)において詳細に論じられている。同一集団内での各主体の相互作用においては、マクロ行為は集団内の各主体のマイクロ行為に影響を与え、他方、複数集団で相互作用する場合、各主体のマイクロ行為は相手集団のマクロ行為からの影響を受ける。このような挙動に関する例として、戦後日本の経済成長と日本的経営について、金融市場における投機的行動などの具体例をもって論じている。

2 モデル

売り手の集団を、 $G_S = \{S_i : 1 \leq i \leq N\}$ とする。ここで、 $N$ は地域の不動産区画数を表している。売り手  $i$  は所有している不動産について、各々の留保価格  $P_i^S$  を持つ。

一方買い手の集団を、 $G_B = \{B_j : 1 \leq i \leq M\}$ とする。ここで、 $M$ は買い手の数を表している。買い手  $j$  は地域の不動産の各区画  $i$  に対して、各々の留保価格  $P_{ji}^B$  を持つ。

ここで、例えば区画番号1について、売り手1と買い手  $j$  の利得行列を図1に示す。図1に含まれる記号を以下でまとめて記述する。

$$P_1 = rP_{j1}^B + (1-r)P_1^S$$

$$P_2 = (1-r)P_{j1}^B + rP_1^S$$

(ただし  $r$  は、 $0.5 < r \leq 1$ )

$$q = kP_1 + (1-k)P_2$$

(ただし  $k$  は、 $0 \leq k \leq 1$ )

		番号jの買い手(B)	
		買い手 売り手	$P_1$ (弱気)
番号1の 売り手( $S_1$ )	$P_1$ (強気)	$P_{j1}^B - P_1 - a$ $P_1 - P_1^S + a$	0
	$P_2$ (弱気)	$P_{j1}^B - q - a$ $q - P_1^S + a$	$P_{j1}^B - P_2 - a$ $P_2 - P_1^S + a$

図 1: 利得行列

		番号jの買い手(B)	
		買い手 売り手	$P_1$ (弱気)
番号1の 売り手( $S_1$ )	$P_1$ (強気)	$P_{j1}^B - P_1 - a$ $P_1 - q$	0
	$P_2$ (弱気)	0	$q - P_2$ $P_2 - P_1^S + a$

図 2: 正規化された利得行列

$x(0 \leq x \leq 1)$  は強気の売り手の割合、 $y(0 \leq y \leq 1)$  は弱気の買い手の割合を表す<sup>2</sup>。

図1の利得行列を正規化することにより、図2の利得行列を得る。この利得行列は、売り手1と買い手jについての利得行列であり、他の売り手  $i \neq 1$  や他の買い手  $j \neq 1$  については、異なる利得行列となる。したがって、売り手と買い手の組み合わせによって、その売買の特徴を集約するパラメータが必要となる。

はじめに、

$$\theta_1^j = \frac{P_2 - P_1^S + a}{(P_1 - q) + (P_2 - P_1^S + a)}$$

$$\gamma_j^1 = \frac{q - P_2}{(P_{j1}^B - P_1 - a) + (q - P_2)}$$

を定義する ( $0 \leq \theta_1^j \leq 1, 0 \leq \gamma_j^1 \leq 1$ )。

図2の売り手の利得を  $(p_1 - q) + (P_2 - P_1^S + a)$  で、買い手の利得を  $(P_{j1}^B - P_1 - a) + (q - P_2)$  で割ると、図3の利得行列が得られる。

ここまでは売り手1と買い手1の取引にのみ注目してきたが、以上のプロセスを、売り手  $i$  と買い手  $j$  に一般化してみよう。

$$\theta_i^j = \frac{P_2 - P_i^S + a}{(P_1 - q) + (P_2 - P_i^S + a)} \quad (0 \leq \theta_i^j \leq 1) \quad (1)$$

$$\gamma_j^i = \frac{q - P_2}{(P_{ji}^B - P_1 - a) + (q - P_2)} \quad (0 \leq \gamma_j^i \leq 1) \quad (2)$$

		番号jの買い手(B <sub>j</sub> )	
		買い手 P <sub>1</sub> (弱気)	P <sub>2</sub> (強気)
番号1の 売り手(S <sub>1</sub> )	売り手 P <sub>1</sub> (強気)	1 - γ <sub>j</sub> <sup>1</sup>	0
	P <sub>2</sub> (弱気)	0	γ <sub>j</sub> <sup>1</sup>
		0	θ <sub>1</sub> <sup>j</sup>

図 3: 利得行列

<sup>2</sup>  $r$ の範囲については、 $P_{j1}^B > P_1 > P_2 > P_1^S$  となる条件を示している。

		番号 <i>j</i> の買い手(B <sub><i>j</i></sub> )	
		買い手 <i>P</i> <sub>1</sub> (弱気)	<i>P</i> <sub>2</sub> (強気)
番号 <i>i</i> の 売り手 (S <sub><i>i</i></sub> )	売り手 <i>P</i> <sub>1</sub> (強気)	1 - $\gamma_j^i$	0
	<i>P</i> <sub>2</sub> (弱気)	0	$\gamma_j^i$

図 4: 一般化された利得行列

ただし、

$$\begin{aligned}
 P_1 &= rP_{ji}^B + (1-r)P_i^S \\
 P_2 &= (1-r)P_{ji}^B + rP_i^S \\
 &\quad (0.5 < r \leq 1) \\
 q &= kP_1 + (1-k)P_2 \\
 &\quad (0 \leq k \leq 1)
 \end{aligned}$$

とする。

したがって、売り手*i*と買い手*j*に一般化された利得行列は、図4のようになる。

時点*t*における売り手の集団の戦略分布が(強気(*P*<sub>1</sub>), 弱気(*P*<sub>2</sub>)) = (*x*(*t*), 1 - *x*(*t*))、買い手の集団の戦略分布が(弱気(*P*<sub>1</sub>), 強気(*P*<sub>2</sub>)) = (*y*(*t*), 1 - *y*(*t*))、であるとする。図4の利得行列にもとづき、売り手*i*と買い手*j*の期待利得について考える。

ここで、売り手と買い手は、どのような場合に(強気(*P*<sub>1</sub>), 弱気(*P*<sub>2</sub>))の二者択一の戦略を変更するのだろうか。

売り手*i*からみると、自分が強気ならば期待利得は(1 -  $\theta_i^j$ )*y*となり、自分が弱気なら期待利得は $\theta_i^j(1 - y)$ となる。それらの大小関係で選択する戦略が変化するので、以下の関係が成立する。

$$\begin{aligned}
 y &\geq \theta_i^j \text{ならば強気戦略 } (P_1) \\
 y &< \theta_i^j \text{ならば弱気戦略 } (P_2)
 \end{aligned}$$

一方、買い手*j*からみると、自分が弱気ならば期待利得は(1 -  $\gamma_i^j$ )*x*(*t*)となり、自分が強気なら期待利得は $\gamma_i^j(1 - x(t))$ となる。それらの大小関係で選択する戦略が変化するので、以下の関係が成立する。

$$\begin{aligned}
 x(t) &\geq \gamma_i^j \text{ならば弱気戦略 } (P_1) \\
 x(t) &< \gamma_i^j \text{ならば強気戦略 } (P_2)
 \end{aligned}$$

ここで、売り手の利得を決めるパラメータ  $\theta_i^j$  の確率密度関数を  $f(\theta_i^j)$ 、分布関数を  $F(\theta_i^j)$  とし、一方買い手の利得を決めるパラメータ  $\gamma_j^i$  の確率密度関数を  $g(\gamma_j^i)$ 、分布関数を  $G(\gamma_j^i)$  とする。 $f(\theta_i^j)$  は、 $M$  人の買い手一人一人についての売り手のパラメータ分布をもつ  $M$  次元同時確率密度関数である。また  $g(\gamma_j^i)$  は、 $N$  人の売り手一人一人についての買い手のパラメータ分布をもつ  $N$  次元同時確率密度関数である。

売り手  $i$  は、弱気戦略を採る買い手の割合  $y(t)$  を認識し、自分自身のもつパラメータ値  $\theta_i^j$  と比較する。そして上述した関係式から、最適な戦略を選択する。 $y(t)$  より小さいパラメータを持ち、強気戦略を採用する売り手の割合は  $F(y(t))$  であり、それが次期  $t+1$  の強気戦略を採る売り手の割合  $x(t+1)$  となるので、次式の関係が成立する。

$$x(t+1) = F(y(t)) \quad (3)$$

一方、買い手  $j$  は、強気戦略を採る売り手の割合  $x(t)$  を認識し、自分自身のもつパラメータ値  $\gamma_j^i$  と比較する。そして上述した関係式から、最適な戦略を選択する。 $x(t)$  より小さいパラメータを持ち、弱気戦略を採用する買い手の割合は  $G(x(t))$  であり、それが次期  $t+1$  の弱気戦略を採る買い手の割合  $y(t+1)$  となるので、次式の関係が成立する。

$$y(t+1) = G(x(t)) \quad (4)$$

以上(3)(4)式を、連続時間で表せば以下の通りである。

$$\dot{x} = F_S(y) - x \quad (5)$$

$$\dot{y} = G_B(x) - y \quad (6)$$

売り手は、自らの利得パラメータと買い手の集団の弱気戦略を採る割合を比較し、買い手の弱気割合が自身の利得パラメータより大きければ強気、その逆なら弱気というように、買い手の弱気割合に対して最適反応を行う。買い手は、自らの利得パラメータと売り手の集団の強気戦略を採る割合を比較し、売り手の強気割合が自身の利得パラメータより大きければ弱気、その逆なら強気というように、売り手の強気割合に対して最適反応を行う。

これらは、多数の異質な売り手と買い手が行うゲームによって生じるマイクロ行為が、売り手と買い手の採用する戦略分布というマクロ状態を変化させ、さらに次の時点で、それがお互いのマイクロ行為に影響を及ぼすというマイクロマクロダイナミクスモデルとなっている。

### 3 議論と考察

それでは本節では、前節のモデルに従って不動産市場における取引主体の戦略選択の推移と不動産価格の推移について考察する。

#### 3.1 $\theta$ 及び $\gamma$ の分布

初めに、議論を簡素化するために、売り手と買い手の閾値に関する仮定を置く。

まず、売り手の閾値の分布は  $M$  人の買い手それぞれに対して形成されるので、原則的には

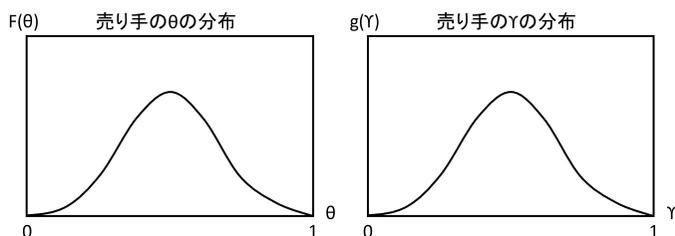


図 5:  $\theta$  および  $\gamma$  の分布

$M$ 次元同時確率分布となる。ここではおおよその市場の挙動を見るために、「すべての買い手に対して、売り手の閾値の分布はそれほど変わらない」と仮定する。また、買い手の閾値の分布は $N$ 人の買い手それぞれに対して形成されるので、原則的には $N$ 次元同時確率分布となる。ここでもおおよその市場の挙動を見るために、「すべての売り手に対して、買い手の閾値の分布はそれほど変わらない」と仮定する。ある範囲の地域においては、売り手も買い手も比較的同質的な不動産を取引対象としていると考えられる。したがって売り手ごとや買い手ごとの留保価格も大きく変わらないとするならば、上記仮定に妥当性が認められると考える。

次に、閾値の分布に関して考察したい。売り手と買い手の閾値の分布の形状については様々なパターンが考えられるが、そのうち代表的な分布について考えてみる。

(1)  $\theta$  及び  $\gamma$  双方の分布の中心が0.5付近にある場合

例えば、図6のように閾値の確率密度関数のグラフが0.5を中心に分布しているような場合は、売り手および買い手ともに、平均的な値の閾値を持つ主体が大半を占めており、利得の大きさに基づく強気選好と弱気選好がバランスされている状態と考えられる。

(2)  $\theta$  及び  $\gamma$  双方の分布の中心が0.5より左にある場合

閾値の確率密度関数のグラフが0.5より小さい範囲に中心がある場合は、図4の利得行列に基づいて考えると、左上の利得の組が右下の利得の組よりも大きいことを示している。つまり売り手と買い手が協調的行動をとり、ともに $P_1$ を選択する方が利得が大きい場合である。

(3)  $\theta$  及び  $\gamma$  双方の分布の中心が0.5より右にある場合

閾値の確率密度関数のグラフが0.5より大きい範囲に中心がある場合は、図4の利得行列に基づいて考えると、右下の利得の組が左上の利得の組よりも大きいことを示している。この場合も売り手と買い手が協調的行動をとり、ともに $P_2$ を選択する方が利得が大きい場合である。

(4)  $\theta$  の分布の中心が0.5より左、 $\gamma$  の分布の中心が0.5より右にある場合

この場合は、図4の利得行列に基づいて考えると、売り手にとっては左上の利得の組が右下の利得の組よりも大きく、買い手にとっては右下の利得の組が左上の利得の組よりも大きいことを示している。非対角要素の利得の組は0なので協調的行動をとる方がいいが、売り手と買い手にとって利得の高い戦略が異なるため、どちらかが譲らなければならない。つまり、売り手は強気な戦略を志向し、買い手も同様に強気な戦略を志向するため、市場でお互いに反目し

あうような取引となるが、売り手が買い手のいずれかが相手の戦略に合わせて譲歩しなければ利得が得られない。

(5)  $\theta$  の分布の中心が0.5より右、 $\gamma$  の分布の中心が0.5より左にある場合

この場合は、図4の利得行列に基づいて考えると、売り手にとっては右下の利得の組が左上の利得の組よりも大きく、買い手にとっては左上の利得の組が右下の利得の組よりも大きいことを示している。非対角要素の利得の組は0なので協調的行動をとる方がいいが、売り手と買い手にとって利得の高い戦略が異なるため、どちらかが譲らなければならない。つまり、売り手は弱気な戦略を志向し、買い手も同様に弱気な戦略を志向するため、市場でお互いに牽制しあうような取引となるが、売り手が買い手のいずれかが相手の戦略に合わせて譲歩しなければ利得が得られない。

### 3.2 $a$ と $\theta$ 及び $\gamma$ との関係

次に、価格上昇 ( $a$ ) と売り手の閾値  $\theta_i$  買い手の閾値  $\gamma_j$  の関係について考察する。

(1)式より、 $\frac{\partial \theta}{\partial a} > 0$  なので、地価上昇があると  $\theta$  は大きくなり、 $\theta$  の分布は右に歪む。

同様に(2)式より、 $\frac{\partial \gamma}{\partial a} > 0$  なので、地価上昇があると  $\gamma$  は大きくなり、 $\gamma$  の分布は右に歪む。

### 3.3 $x$ 及び $y$ のダイナミクス

以上の考察より、 $x$  及び  $y$  のダイナミクスがどのようになるのを見る。

まず、(5)(6)式より、図6の位相図が描ける。まず、 $F$ 及び $G$ のグラフに挟まれている領域については、左下の領域では  $(0, 0)$  へ、右上の領域では  $(1, 1)$  へそれぞれ収束する。また、左上および右下の領域では、交互に領域を移動しながら  $(1, 0)$  あるいは  $(0, 1)$  へ収束してゆく。

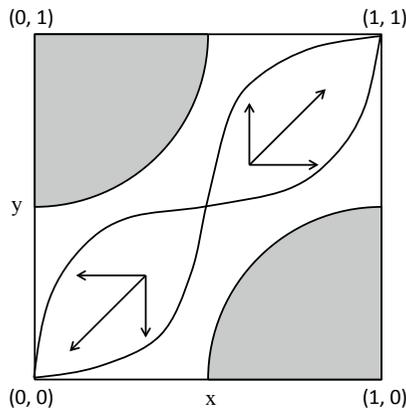


図 6:  $x, y$  の位相図

まず  $(1, 0)$  の状態について考察する。この状態は、強気戦略を採る売り手の割合が1、一方強気戦略を採る買い手の割合も1と、市場がいわば「ケンカ」のような状態となっている。その反面、 $(0, 1)$  の状態は、弱気戦略を採る売り手の割合が1、一方弱気戦略を採る買い手の割合も1と、売り手と買い手が牽制しすぎているためまともな取引ができない状態であるといえる。したがって、取引が成立しえない状態となるため、図6の灰色の部分除外し、考察の範囲は  $(0, 0)$  から  $(1, 1)$  への対角線付近に限定されると考えられる。

### 3.4 $a$ と $x, y$ の関係とダイナミクス

最後に、 $a$  と  $x, y$  の関係とダイナミクスについて考察する。

はじめに、 $\theta$  と  $\gamma$  の分布が、図5のように0.5を中心に左右対称に分布している場合から始める。その時、位相図は図7のように描ける。

もし  $a$  が上昇した場合、3.2節で考察したように、(1)式より、 $\frac{\partial \theta}{\partial a} > 0$  なので、地価上昇があると  $\theta$  は大きくなり、 $\theta$  の分布は右に歪む。一方(2)式より、 $\frac{\partial \gamma}{\partial a} > 0$  なので、地価上昇があると  $\gamma$  は大きくなり、 $\gamma$  の分布は右に歪む。したがって、位相図の  $F$  と  $G$  は図8のように歪むことになる。

反対に  $a$  が下落した場合、 $\theta$  は小さくなり、 $\theta$  の分布は左に歪む。一方  $\gamma$  も小さくなり、 $\gamma$  の分布は左に歪む。したがって、位相図の  $F$  と  $G$  は図9のように歪むことになる。

以上、不動産価格の上昇  $a$  により、売り手と買い手の利得パラメータ  $\theta$  と  $\gamma$  が増加し、異質な売り手の利得パラメータの分布  $f(\theta_i)$  と異質な買い手の利得パラメータの分布  $g(\gamma_j)$  が双方とも右に歪む。すると、強気戦略を採る売り手の割合  $x$  と弱気戦略を採る買い手の割合  $y$  は、 $(0,0)$  へ向けて収束をはじめめる。つまり価格が下落に向かうことになる。一方、価格が下落し始めることで、売り手と買い手の利得パラメータ  $\theta$  と  $\gamma$  が減少し、異質な売り手の利得パラメータの分布  $f(\theta_i)$  と異質な買い手の利得パラメータの分布  $g(\gamma_j)$  が双方とも左に歪む。すると、

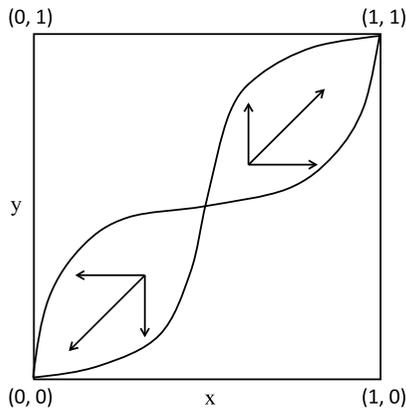


図7:  $\theta, \gamma$  の分布が図5のときの位相図

強気戦略を採る売り手の割合  $x$  と弱気戦略を採る買い手の割合  $y$  は、再び (1.1) へ向けて収束をはじめめる。このような循環を繰り返しながら、売り手と買い手の戦略の変化と価格の推移が生じるというのが、このモデルから得られる結果である。

#### 4 まとめ

本論文では、主体の異質性を考慮した不動産市場における売り手と買い手の戦略の変化と価格の推移について考察した。今後は異質な主体を想定したうえでのマルチエージェントシミュレーションを実施する方向性で検討したい。また、売り手や買い手の異質性を反映した利得パラメータの分布は、本論文で考察したような典型的な分布の形状ではないかもしれない。分布の形状の違いによって経済主体や市場全体の挙動がどのように変化するのも、マルチエージェントシミュレーションを通じて考察すべきだろう。これらは今後の課題としたい。

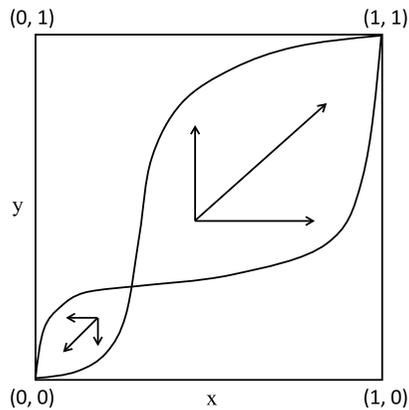


図 8:  $\theta, \gamma$  の分布が右に歪んだときの位相図

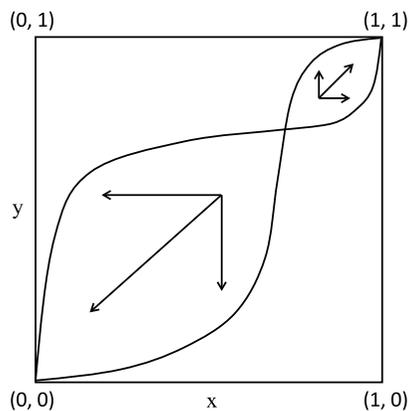


図 9:  $\theta, \gamma$  の分布が左に歪んだときの位相図

## 参考文献

- [1] Chatterjee, K. and Samuelson, W.(1983), "Bargaining under Incomplete Information," *Operating Research*, Vol.38, No.5, pp.835-851.
- [2] Granovetter, M.(1978), "Threshold Models of Collective Behavior," *The American Journal of Sociology*, Vol.83, No.6, pp.1420-1443.
- [3] Quan, D.C. and Quigley, J.M.(1991), "Price Formation and the Appraisal Function in Real Estate Markets," *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 4, pp.127-146.
- [4] Rubinstein, A.(1982), "Perfect Equilibrium in a Bargaining Model," *Econometrica*, 50, pp.97-109.
- [5] Rubinstein, A.(1985), "A Bargaining Model with Incomplete Information about Time Preferences," *Econometrica*, 53, pp.1151-1172.
- [6] Weibull, J.W(1997), "Evolutionary Game Theory," The MIT Press.
- [7] 岩永佐織・生天目章 (2002) , 「局所的で異質な意思決定の集合現象」, *情報処理学会論文誌* , Vol.43, No.5, pp.1528-1537.
- [8] 植杉大 (2016) , 「進化ゲームによる不動産市場における循環モデル」, *摂南経済研究* , 第6巻 , 第1・2号 , pp.1-10, 摂南大学経済学部 .
- [9] 植杉大 (2016) , 「模倣ダイナミクスによる不動産市場の循環モデル」, *摂南経済研究* , 第7巻 , 第1・2号 , pp.1-15, 摂南大学経済学部 .
- [10] 塩沢由典 (1999) , 「マイクロ・マクロ・ループについて」, *経済論叢* , 164 (5) , pp.1-73, 京都大学経済学会 .