

市場性に基づく主体の需要行動と貨幣の生成

篠原 修二†

近年、複雑系の分野において貨幣の生成過程に関する研究が行われ、各主体が「市場性の高い財を受け取る」という特定の行動規則に従って取引を行うならば、システム内に貨幣が生成することが明らかにされた。我々は、自らの欲望とともに「他主体の行動規則を模倣する」というより根元的な行動規則に従う主体からなる取引システムのモデルを構築し、シミュレーションを行った。その結果、模倣とともに模倣の失敗、すなわち誤解が「市場性の高い財を受け取る」をはじめとする様々な行動規則と売り買い構造を伴う貨幣交換や欲望のみに基づいた行動である自給自足等の取引形態を生成させることが示された。

Demand Based on Degree of Popularity and Emergence of Money

SHUJI SHINOHARA †

Recent researches in the field of complex systems have demonstrated that money emerges spontaneously in a system, if each agent follows the specific rule "Accept what others accept". We constructed a novel model of trade systems in which each agent follows not only his own desire but also the primitive rule "Imitate rules which others follow" and made numerical experiments. It was demonstrated that both the imitation and the failure of it (i.e. misunderstanding) result in organization of various rules - for instance "Accept what others accept" - and in emergence of trade forms such as monetary exchange consisting of selling and buying and autarky based on desire alone.

1. はじめに

交換媒体としての貨幣は、経済内の全ての主体に受け取られる(大域性)とともに、一旦受け取られたにもかかわらず再び放出される(媒体性)という二つの特性を持つ⁴⁾。従来、交換媒体としての貨幣の生成過程を扱った研究では、主に交換効率の観点から貨幣の大域性獲得過程が議論されてきた^{2),4)~6),10),11),13)}。直接交換は「欲望の二重の一致の困難」を伴う。つまり主体が直接交換を行うためには、自分の欲する財を所有しているだけでなく、同時に自分の所有財も欲するような取引相手を探し出さなければならない³⁾。各主体の所有財や欲望の対象が多様な財に分散している場合、主体がこのような取引相手を探し出すことは困難であり、交換を効率的に行うことができない。一方、交換経済に誰もが受け取る大域的財が存在するならば、その所有者は自分の欲する財の所有者を探し出すだけで交換を行うことができる。

メンガー⁸⁾によれば、自分の利害のみを追求する利

己的主体間の交換において、主体は自分の所有財をより売り易い財と交換するようになる。そして最終的に全ての主体がその財を受け取るようになる、すなわち貨幣が出現する。メンガーに従った研究者達は、財の大域性を表す尺度として市場性[☆]、いわゆる販売可能性という概念を導入した。また、「市場性の高い財を受け取る」という市場性に関する主体の行動規則も併せて導入した^{4),5),10),13)}☆☆。これらの研究によって、交換経済において各主体が「市場性の高い財を受け取る」という行動規則に従って交換を行えば、大域性を伴う財である貨幣が生成することが明らかにされた。

本稿の目的は、従来の研究では前提にされてきた「市場性の高い財を受け取る」という行動規則の形成過程を理解することにある。このため、各主体が何ら

☆ 本稿では、財の市場性を財がどれだけ多くの主体に受け取られるかを表す尺度とみなし、その財を受け取った主体数で表すこととする。

☆☆ 「私利の追求は、慣例的に最小取引費用という否定的概念によって貨幣理論に取り入れられてきた」¹⁾が、取引費用を取引相手探索時間に比例するものとみなし、それが市場性の逆数で表現されるとするならば、取引費用を最小化しようとすることは市場性が高い財を受け取るという行動規則に従うことに等しいと考えられる。

† 神戸大学大学院自然科学研究科

Graduate School of Science and Technology, Kobe University

かの特定の行動規則を持つことは前提とはせず、互いが互いの取引行動を模倣することで自らの行動規則を構成する主体^{☆1}の取引行動をモデル化し、シミュレーションを行う^{☆2}。また、本稿では交換経済における貨幣の生成崩壊過程ではなく、貨幣交換という取引形態を持つ取引システムの生成崩壊過程を扱いたいという理由で、交換経済を前提することとはせず、自給自足も含めたより一般的な取引システムにおける主体の取引行動を扱う。

2. 取引システム

本節では、本稿で扱う取引システムについて述べよう。まず、何らかの財を受け取り、何らかの財を放出する主体から成るシステムを想定し、主体は取引を行っていると言うことにしよう。主体 i が受け取る財はシステム内の別の主体 j が放出する財であり、また i が放出する財は j が受け取る財でなければならないという制約を設けるならば、その取引は交換とみなすことができるだろう。また、主体が受け取る財はシステム内の誰かが放出した財であり、主体が放出した財は誰かが受け取る、すなわち取引相手は誰でもよいが取引は少なくともシステム内の主体間で閉じていなければならないという制約を設ける時、この取引を集中的市場取引と呼ぶことにする⁹⁾。取引がシステム内の主体間で閉じていない時、主体は他主体とではなく環境との間で財のやり取りを行っているともみなすことにし、主体が環境から財を受け取る時、この受け取りを特に生産と呼び、主体が環境に対して財を放出する時、この放出を特に消費と呼ぶことにする。主体が生産と同時に消費を行う時、この取引を自給自足と呼ぶことにする。

以上の定義において、主体の受け取り財と放出財が同一である場合が問題となる。まず、ある主体が同じ財の受け取り放出を行ない、かつその財の取引を行うのが彼だけである場合を考えよう。この場合、彼が自分自身と交換していると言うことも可能である。しかし、本稿では交換と呼ぶのは他主体との取引に限ることにする。次に、主体が同じ財の受け取り放出を行ない、かつその財の取引を行う主体が複数人いる場合を考えよう。例えば二人の主体 i 、 j がともに財 η を受け

取りかつ放出するとしよう。この場合、主体 i が放出した財 η を主体 j が受け取り、主体 j が放出した財 η を主体 i が受け取るとみなすならば、彼らの取引を交換とみなすことも可能である。しかし、本稿では主体 i と主体 j が交換を行なっているのではなく、各々が独立に同一財 η の取引を行っているともみなすことにする。これら同一財の取引を環境との間で行っているともみなせば、その取引は自給自足とみなせるだろう。一方、自分自身との間で取引を行っているともみなせば、その取引は貯蔵とみなすことができるだろう。同一財の取引を自給自足とみなすか貯蔵とみなすかの区別については4節で述べることにしたい。

このように取引は主体の取引先に制約を課すことによって交換や自給自足等の様々な取引形態に分類可能である。しかし本稿では、予め取引先に制約を課すことで取引を特定の取引形態に限定することとはせず、より一般的な取引システムを扱う。

主体がある時点で何らかの財を放出(消費も含む)する場合、その財は環境から受け取った(生産)にせよ、システム内の他主体から受け取ったにせよ少なくとも以前にどこかから受け取った財、すなわち主体の所有財でなければならない。モデルでは簡単のために、各主体の放出財は前回の取引で受け取った財であるとし、更に一度に取引することができるのは単位量の財であるとする。

3. 市場性に基づく主体の取引行動

本節では、欲望だけではなく財の市場性にも基づいて取引を行う主体の取引行動をモデル化する。はじめに取引行動の概略を述べよう。今回の取引に際し、各財には前回の取引状況に応じて各々市場性が割り当てられているとしよう。まず主体は行動規則に従って自分が受け取るべき財の市場性を確定する^{☆3}。次に、そのような市場性を持つ財集合の中から欲望に従って最も好きな財の一つを選択する。つまり予め行動規則に従って確定する市場性が、その後の欲望に従った受け取り財選択の際に制約条件として働く。ここで、主体の欲望は財に対するランク付け(欲望の対象としての好きな順番)で表現することとする^{☆4}。受け取り財決定後、各主体は所有財を放出し、選択した財を受け取

^{☆1} 主体が「市場性の高い財を受け取る」ということは、換言すれば「他主体が受け取る財を受け取る」ということであり、受け取り財に関して他主体を模倣することを意味する。本稿ではこの条件を弱め、受け取り財ではなく市場性に関する取引方法を模倣する主体を導入する。

^{☆2} ただし、比較のためにモデル2では、市場性の高い財を受け取る主体の取引行動を扱う。

^{☆3} 本節では、行動規則の構成法に関して異なる二つのモデルを定義する。第一のモデル(モデル1)では、主体は前回の取引で他主体が従った行動規則を模倣することで自らの行動規則を構成する。第二のモデル(モデル2)では、主体は市場性の高い財を受け取るという特定の行動規則に従う。

^{☆4} 最も好きな財とは最も若い順位を与えられた財のことである。

る。取引終了後、取引状況に応じて新たに各財の市場性が更新される。これを繰り返す。ここで便宜上、行動規則に従って行なわれる市場性の確定のことを需要と呼び、欲望に従って行なわれる受け取り財選択のことを選択と呼ぶことにする。つまり、需要されるのは市場性であり、選択されるのは財である。

さて、以下で取引行動モデルの定義を行う。まず、 $1, 2, \dots, N$ の番号を振られた N 人からなる主体集合 $A = \{1, 2, \dots, N\}$ と $a, b, \dots$ という名前を付けられた M 種類の財集合 $G = \{a, b, \dots\}$ からなる取引システムを考えよう。各主体は毎回の取引で財集合から一つの財を選択し受け取り（生産も含む）所有財を放出する（消費も含む）。時刻 t において主体 i が受け取る財を $\eta_i^t \in G$ と表記する。時刻 t において主体 i が放出する財は前回の取引で受け取った財であるのでそれは η_i^{t-1} である。すなわち、主体 i は時刻 t において財 η_i^{t-1} と財 η_i^t との取引を行う。

次にシステムの取引状況によって決まる財の市場性を定義する。時刻 t における財 η の市場性 $\Phi^t(\eta)$ を、時刻 t において財 η を受け取った主体数と定義する。すなわち、 $P = \{0, 1, 2, \dots, N\}$ とすれば、 $\Phi^t: G \mapsto P$ は、以下のように定義される。

$$\Phi^t(\eta) = |A_\eta^t| \quad (1)$$

ただし、 A_η^t は、

$$A_\eta^t = \{i | i \in A, \eta = \eta_i^t\} \subseteq A \quad (2)$$

である。すなわち A_η^t とは時刻 t において財 η を受け取った主体からなる集合である。また、 X が集合である時、 $|X|$ は集合 X の要素数を表すこととする。ここで各主体は毎回必ず単位量の財を受け取るので、 $\bigcap_{\eta \in G} A_\eta^t = \emptyset$ 、 $\bigcup_{\eta \in G} A_\eta^t = A$ である。また、各財の市場性は $\forall \eta \in G$ に対して、 $0 \leq \Phi^t(\eta) \leq N$ である。 Φ^t とは時刻 t において、各財に市場性を割り当てる関数であり、各時刻の取引状況によって時々刻々変化する。また財集合はこの関数によって同じ市場性を持つ財から成る部分集合に分割される。つまり、市場性は財の部分集合名と考えることができる。以後、各財に市場性を割り当てる関数 Φ^t のことを文脈と呼ぶことにする。また、主体 i が時刻 t において受け取った財の市場性を $\xi_i^t \in P$ と表記することにする。つまり、 $\xi_i^t = \Phi^t(\eta_i^t)$ である。

3.1 モデル 1

本項では、他主体の行動規則を模倣することで需要すべき市場性を決定する主体の受け取り財決定過程をモデル化する。概略で述べたように、受け取り財決定過程は市場性の需要と財選択の二つの過程から構成さ

れる。はじめに、市場性の需要について述べたい。まず主体 (i と表記する) は、今回の取引で自分が放出する財と同じ市場性を持つ財を前回の取引で放出した主体を探す。次に、もしそのような主体が一人だけ存在する (j と表記する) ならば、前回の取引で主体 j が受け取った財の市場性 ξ_j^{t-1} を需要する。また、もしそのような主体が複数人存在するならば、彼らが前回の取引で受け取った財の市場性のうち、最も多くの主体が受け取った財の市場性を需要する^{*}。一方もしそのような主体が存在しないならば、誰も模倣することができない。このような場合、主体 i はランダムに需要すべき市場性を選ぶ。以上で述べた市場性の需要を定義する。ここで、主体 i が時刻 t において需要する市場性を $\zeta_i^t \in P$ と表記することにする。

$$\zeta_i^t = \begin{cases} \xi \in \{\xi | \xi \in P, \forall \xi' \in P, \\ \text{Trade}^{t-1}(\xi_i^{t-1} | \xi) \geq \\ \text{Trade}^{t-1}(\xi_i^{t-1} | \xi')\} \\ \text{if } A_{\xi_i^{t-1}^{t-2}} \neq \emptyset; \\ \text{rand} \in P \text{ otherwise.} \end{cases} \quad (3)$$

ただし、 $\forall \xi' \in P, \text{Trade}^{t-1}(\xi_i^{t-1} | \xi) \geq \text{Trade}^{t-1}(\xi_i^{t-1} | \xi')$ を満足する $\xi \in P$ が複数個存在するならば、それらのうちからランダムに一つを選択する。また、 rand とは集合 P からランダムに選択された要素である。ここで $\text{Trade}^t: P \times P \mapsto P$ と A_ξ^t を以下のように定義する。

$$\text{Trade}^t(\xi | \xi') = |A_\xi^{t-1} \cap A_{\xi'}^t| \quad (4)$$

$$A_\xi^t = \{j | j \in A, \xi = \xi_j^t\} \subseteq A \quad (5)$$

すなわち、 A_ξ^t は A の部分集合からなる集合族 $\{A_\xi^t\}_{\xi \in P}$ の要素であり、時刻 t において市場性 ξ の財を受け取った主体からなる集合を表す。したがって $\text{Trade}^t(\xi | \xi')$ とは時刻 t の取引において市場性 ξ の財を放出し、かつ市場性 ξ' の財を受け取った主体数のことである。

次に、主体が需要する市場性を持つ財集合のうちから欲望に従って一つの受け取り財を選択する財選択に

^{*} 「最も多くの主体が受け取った財」が持つ市場性を需要するのではないことに注意されたい。例えば 5 人の主体がいたとし、そのうち 2 人が財 η を残りの 3 人が各々異なる財を受け取ったとしよう。この時最も多くの主体に受け取られた財は η であり、その市場性は 2 である。ここで、市場性 2 の財を受け取った主体は 2 人である。一方、残りの 3 人が受け取った財は各々異なるので、彼らが受け取った財の市場性は各々 1 である。この時、市場性 1 の財を受け取った主体は 3 人となる。このような場合、主体 i は次の取引で 2 人が受け取った市場性 2 ではなく 3 人が受け取った市場性 1 の方を需要する。

ついて述べたい。まず、各主体の欲望を定義する。欲望を財に対するランク付けによって表現することしよう。すなわち財集合の要素である各財に対して、主体の好みに応じて順番に $1 \sim M$ までの番号を振ることで主体の欲望を表現する。ただし簡単のため、同じ好みの財は存在しないとし、全ての財には異なる順位が割り当てられることとしよう。以下に主体の欲望の定義を与える。 $1 \sim M$ までの番号からなるランク集合を $\mathbf{R} = \{1, 2, \dots, M\}$ とすれば、主体 i の欲望 W_i は

$$W_i : \mathbf{G} \mapsto \mathbf{R} \quad (6)$$

ただし、 W_i は全単射である。ここで主体の欲望 W_i は、主体毎にランダムに与えられ、時間的に不変であるとする。主体は需要する市場性を持つ財集合の中から欲望に従って最も好きな財の一つを選択する。ここで主体 i が時刻 t において行う財選択を以下のように定義する。

$$\eta_i^t = \begin{cases} \eta \in \mathbf{G}_{\zeta_i^t}^t, s.t. \forall \eta' \in \mathbf{G}_{\zeta_i^t}^t, \\ \quad W_i(\eta') \geq W_i(\eta) \\ \quad \text{if } \mathbf{G}_{\zeta_i^t}^t \neq \emptyset; \\ \eta \in \mathbf{G}, s.t. W_i(\eta) = 1 \\ \quad \text{otherwise.} \end{cases} \quad (7)$$

ここで $\mathbf{G}_{\zeta_i^t}^t$ を以下のように定義する。

$$\mathbf{G}_{\zeta_i^t}^t = \{\eta | \eta \in \mathbf{G}, \zeta_i^t = \Phi^{t-1}(\eta)\} \subseteq \mathbf{G} \quad (8)$$

すなわち $\mathbf{G}_{\zeta_i^t}^t$ は時刻 $t-1$ における取引の結果、市場性 ζ_i^t を持つことになった財からなる集合を表す。

受け取り財決定過程は市場性の需要と財選択の二つの過程から構成されるが、後者の財選択において、もし選択し得る財が唯一つしか存在しないならば、主体はその財を選択するしかない。すなわち、欲望による選択の余地はなく、受け取り財決定は全く欲望に基づかない市場性のみに基づいたものとなる。このことを市場性のみに基づいた受け取り財決定と呼ぶことにする。一方、需要すべき市場性を持つような財が一つも存在しないならば、主体は財の全体集合の中から最も好きな財を選択する。この時の受け取り財決定過程は全く市場性の制約がない欲望のみに基づいたものとなる。このことを欲望のみに基づいた受け取り財決定と呼ぶことにする。

各主体の受け取り財が決定した後、財の放出受け取り、すなわち取引が行われる。取引終了後、文脈が新たに更新される。この過程が繰り返されることで時間が進行する。

ここで注意すべき点が二点ある。第一に、財の市場性は取引終了後に確定する。すなわち主体が受け取り財決定を行う時点では財の市場性は確定していない。

このため主体は前回の取引で確定した文脈に基づいて取引を行わなければならない。したがって、主体が必要する市場性と取引終了後実現される受け取り財の市場性は一致するとは限らない^{*}。第二に、各主体が模倣することができるのは既に行なわれた過去(前回)の取引行動である。これらのことから帰結する重要な点は、主体は前回の取引における他主体の需要を模倣するのではないということである。例えば、時刻 t において主体 i が主体 j の時刻 $t-1$ における行動規則を模倣するとしよう。前回の取引で主体 j が受け取った財は η_j^{t-1} であり、したがって彼が前回の取引で需要した市場性は $\zeta_j^{t-1} = \Phi^{t-2}(\eta_j^{t-1})$ である。彼は市場性 ζ_j^{t-1} を需要して財 η_j^{t-1} を選択したのである。今回の取引で主体 i が主体 j を模倣する時点では、前回の取引は完了しており文脈は Φ^{t-1} に変更されている。このため、主体 i は主体 j を市場性 $\zeta_j^{t-1} = \Phi^{t-1}(\eta_j^{t-1})$ を需要して財 η_j^{t-1} を選択したとみなす。つまり、主体 j を模倣する主体 i は主体 j が需要した市場性 ζ_j^{t-1} ではなく実現された市場性 ξ_j^{t-1} を需要する。ここで、模倣主体が被模倣主体に見出す行動規則のことを被模倣主体の意図と呼び、一方被模倣主体が自ら従った行動規則のことを被模倣主体の意思と呼ぶことにする。換言すれば、模倣主体は被模倣主体が意思に基づいて需要した市場性を需要するのではなく、被模倣主体が意図した市場性を需要するのである。このような模倣主体が被模倣主体の行動に見出す意図と被模倣主体が従う意思の間に生じるギャップを誤解と呼ぶことにする。

3.2 モデル 2

本項では、より高い市場性を需要する主体の受け取り財決定過程をモデル化する。ここで、語「高い」は曖昧である。このため、モデル 2 では、主体に閾値を導入する。すなわち、主体は市場性が自分の持つ閾値以上ならば、その市場性を高いとみなし、閾値以下ならば、それを低いとみなすこととする。閾値は主体毎に異なるので、どの市場性を高い、あるいは低いとみなすかについては、主体間にばらつきがある。まず、主体 i が時刻 t において持つ閾値を定義する。

$$th_i^t = rand \in \mathbf{P} \quad (9)$$

ただし、 $rand$ とは集合 $\mathbf{P}$ からランダムに選択された要素である。主体は閾値に従って、閾値以上の市場性を高い市場性とみなし、閾値以下の市場性を低い市場

^{*} モデルの定義から明らかなように、時刻 t において主体 i が需要する市場性は $\zeta_i^t = \Phi^{t-1}(\eta_i^t)$ であり、実現される受け取り財の市場性は $\xi_i^t = \Phi^t(\eta_i^t)$ である。ここで、もし文脈が時間的に不変ならば、主体が必要する市場性と実現される受け取り財の市場性は一致する。

性とみなす。そして高い市場性を持つ財集合のうちから、欲望に従って最も好きな財を受け取り財として選択する。もし、高い市場性を持つ財が一つも存在しないならば、財の全体集合の中から最も好きな財を選択する。次に主体 i が時刻 t において行う財選択を以下のように定義する。

$$\eta_i^t = \begin{cases} \eta \in \mathbb{G}_{th_i^t}, s.t. \forall \eta' \in \mathbb{G}_{th_i^t}, \\ W_i(\eta') \geq W_i(\eta) \\ \text{if } \mathbb{G}_{th_i^t} \neq \emptyset; \\ \eta \in \mathbb{G}, s.t. W_i(\eta) = 1 \\ \text{otherwise.} \end{cases} \quad (10)$$

ここで $\mathbb{G}_{th_i^t}$ を以下のように定義する。

$$\mathbb{G}_{th_i^t} = \{\eta | \eta \in \mathbb{G}, \Phi^{t-1}(\eta) \geq th_i^t\} \subseteq \mathbb{G} \quad (11)$$

すなわち $\mathbb{G}_{th_i^t}$ は時刻 $t-1$ における取引の結果、 th_i^t 以上の市場性を持つことになった財からなる集合を表す。

各主体の受け取り財が決定した後、財の放出受け取り、すなわち取引が行われる。取引終了後、文脈が新たに更新される。この過程が繰り返されることで時間が進行する。

4. シミュレーション結果

本節では、前節で定義した各モデルのシミュレーション結果を示す。ただし、シミュレーションは主体数 $N = 200$ 、財の種類数 $M = 50$ 、期間 $t = 0 \sim 4096$ として行なった。

4.1 モデル 1

本項では、モデル 1 のシミュレーション結果を示す。図 1 は、各財の市場性の時間発展を示す。図 2 は最も高い市場性を持つ財の財名の時間発展を示す。図 3 は同じ財の放出、受け取りを行う主体数の時間発展を示す。尚、シミュレーション期間は $t = 0 \sim 4096$ であるが期間を通じて同様の振舞を示すので、見やすさのためこれらの図では期間 $t = 500 \sim 1000$ の結果のみを示す。

図 1 からわかるように時刻 $t = 500 \sim 700$ あたりでは、最も高い市場性を持つ財 (Mg と表記する) の市場性とそれ以外の財の市場性の間に大きな隔たりがあり Mg に市場性が集中している。一方、時刻 $t = 840 \sim 850$ あたりでは、各財の市場性の間にそれほど大きな差は見られず、 Mg の市場性も低い値を示す。この期間においては、図 3 に示されるように同一財の取引を行う主体は非常に多くなる。また図 2 と図 3 の比較から、 Mg が変化する時には、同一財の取引を行う主体

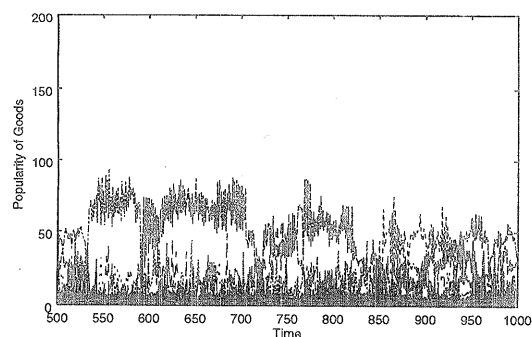


図 1 財の市場性の時間発展

Fig. 1 Time evolution of popularity of each good. Popularity of a good is represented by the number of agent who accepts it.

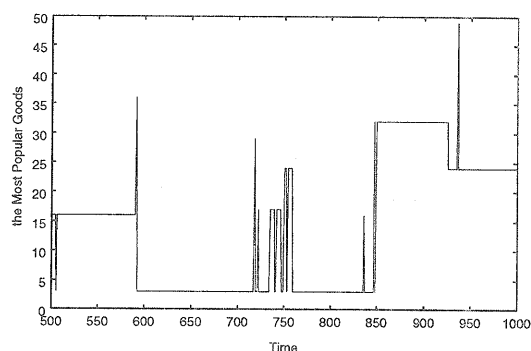


図 2 最高市場性を持つ財名の時間発展

Fig. 2 Time evolution of trade name of the most popular good.

が増加するという傾向が見られる。

図 4、図 5、図 6、図 7 は期間 $\Delta t = 10$ におけるシステムの取引状況を表したものである。ここで x 軸と y 軸は各々、放出財、受け取り財を表す。そして z 軸は Δt の間にそのような取引を行った主体数を表す。ただし、 z 軸で表される主体数は $\Delta t = 10$ の期間の累積値である。

まず、図 4 は Mg に市場性が集中している時の取引状況を示したものである。この時取引状況は、 Mg を中心とした十字の構造を示す。これは任意の財を放出した主体は Mg を受け取り、 Mg を放出した主体は任意の財を受け取ることを示している。また、システム内の主体は、 Mg を放出する主体と受け取る主体のグループに二分され、各グループが Mg の放出、受け取りを交互に繰り返すことも示している。この状況は、システム内の主体が Mg を中心とした貨幣交換的取引を行っている状況とみなせるだろう。前節で述べたように、モデルで主体は市場性と欲望に基づいて受け取

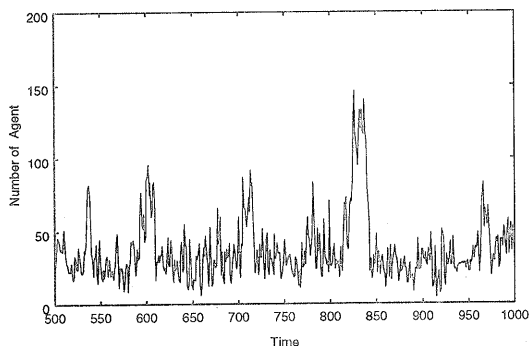


図3 同一財の取引を行う主体数の時間発展

Fig. 3 Time evolution of the number of agent who gives the same good as the accepted good in return.

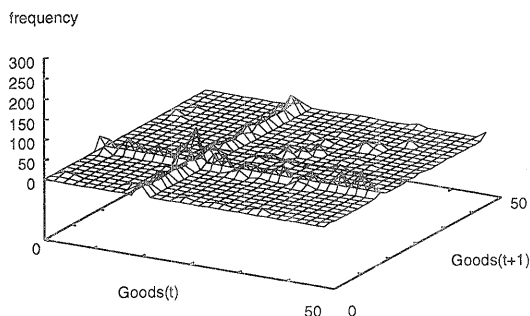


図4 システムの取引状況 貨幣交換

Fig. 4 Trade situation of the system within the time interval of Δt . Here, vertical axis (Z) represents the proportion of agent who accepted a good represented by X-axis and gave a good represented by Y-axis in return during $\Delta t=10$. This situation shows that money exists in the system.

り財を決定する。欲望は主体毎にランダムに与えられるため、最も好みの財は主体毎に異なる。それにもかかわらず、この状況において Mg が非常に高い市場性を持つということは、 Mg は市場性のみに基づいて受け取られているということである。一方、 Mg を放出する主体は様々な財を受け取っている。このことは、 Mg を放出した主体は、欲望のみに基づいて最も好みの財を受け取り財として選択していると考えられる。ここで市場性のみに基づいて受け取られる財を特に交換媒体と呼ぶことにし、欲望のみに基づいて受け取られる財を特に消費対象財[☆]と呼ぶことにするならば、この状況において Mg は大域性だけでなく、媒体性も伴う交換媒体としての貨幣とみなすことができる。こ

☆ 消費対象財とは全ての財のうちで最も好きな財、すなわち欲望において一位にランクされる財のことである。

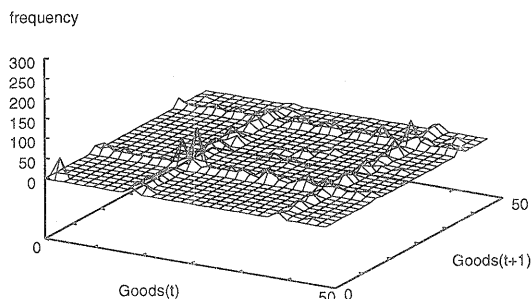


図5 システムの取引状況 複数貨幣

Fig. 5 Trade situation of the system. This situation shows that plural money coexists in the system.

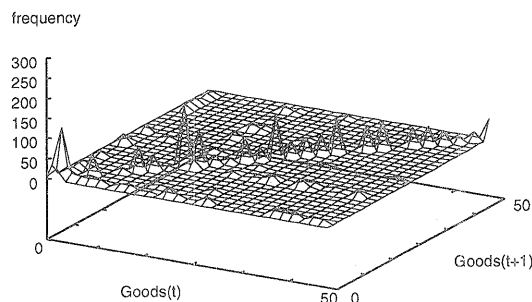


図6 システムの取引状況 自給自足

Fig. 6 Trade situation of the system. This situation shows autarky.

こで、 Mg の放出を伴う取引を買い、 Mg の受け取りを伴う取引を売りと呼ぶことにする。この時、売りを行う各主体は市場性の高い財を受け取るという行動規則に従って取引を行なっているとみなせるだろう^{☆☆}。

図5は複数(二つ)の財が交換媒体として機能し、共存する時の取引状況を示す。

図6は、同一財の取引を行う主体が多く、かつ Mg の市場性が低い時の取引状況を示したものである。この時取引状況は、 $y=x$ の対角線上に主体が集中する。このことは、主体は同一財の取引を行ない、かつ取引される財は主体毎に分散していることを意味する。つ

☆☆ ここで、他主体の行動規則を模倣するということが、市場性の高い財を受け取るという行動規則を帰結するわけではないことに注意されたい。模倣から帰結するのは、各主体が同じ行動規則に従うことになるということであって、その規則が「市場性の高い財を受け取る」である必然性はない。例えば、全ての主体がある市場性 ξ を需要したとしよう。もし市場性 ξ を持つ財が唯一つしか存在しないならば、全ての主体は同一の財を受け取ることになり、結果的に高い市場性を持つ財を受け取ることになる。一方、同じ市場性 ξ を持つ財が多数存在するならば、主体はそれらの財集合の中から欲望に従って受け取り財を選択する。このため、各主体の受け取り財は分散し結果的に低い市場性を持つ財を受け取ることになる。このように、全ての主体が一致して同じ市場性を需要することが必ずしも同じ財を受け取ること、すなわち市場性の高い財を受け取ることと帰結するわけではない。

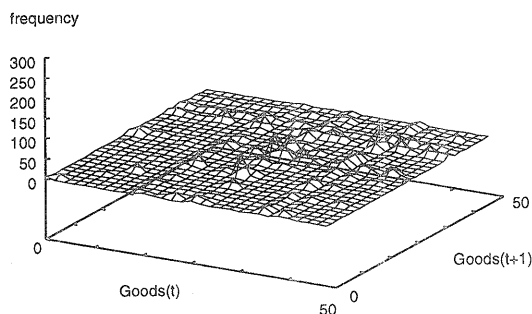


図7 システムの取引状況 貨幣の崩壊

Fig. 7 Trade situation of the system. This situation shows that monetary exchange collapsed.

まり、各主体は自分の欲望のみに基づいて、消費対象財の生産と消費を繰り返していることを意味する。この状況は自給自足的とみなすことができるだろう。この時、各主体は市場性の低い財を受け取るという行動規則に従って取引を行なっているとみなせるだろう。

図7は M_g となる財がそれまでの財から別の財に変化する過渡期の取引状況を示したものである。この時、システム内には多様な財間の取引を行う主体が存在する。

このように、モデル1では主体の模倣行為が「市場性の高い財を受け取る」や「市場性の低い財を受け取る」等様々な行動規則を生成し、貨幣交換や自給自足等の様々な取引形態を実現する。

4.2 モデル2

本項では、モデル2のシミュレーション結果を示す。図8は、各財の市場性の時間発展を示す。図9は M_g の財名の時間発展を示す。また、図10は、同一財の取引を行う主体数の時間発展を示す。尚、シミュレーション期間は $t=0\sim 4096$ であるが期間を通じて同様の振舞を示すので、見やすさのためこれらの図では期間 $t=500\sim 1000$ の結果のみを示す。図8、図9からわかるようにモデル2では、 M_g となる財が時間的に不変であり非常に安定的である。また、その市場性はその他の財と比較して非常に高く、短期的にはブラウンノイズ的に変化する。一方 M_g 以外の財の市場性は非常に低い領域では安定している。

図11、図12は各々 M_g の市場性が非常に高い時と、非常に低い時の取引状況を示したものである。 M_g 以外の財の市場性は常に低い値で安定しているので、 M_g の市場性が高い時には、 M_g の市場性と二番目に高い市場性を持つ財の市場性の差は大きくなる。このためそれらの間の値を閾値とする主体が数多く存在することになる。これらの主体は市場性のみに基づいて M_g

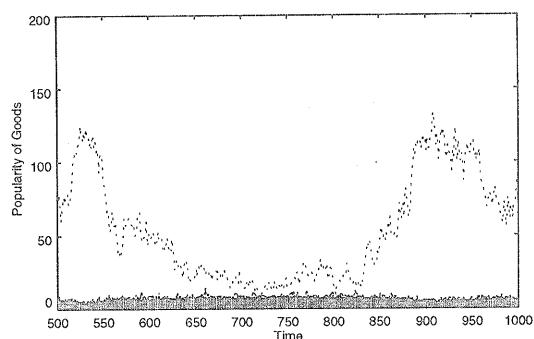


図8 財の市場性の時間発展

Fig. 8 Time evolution of popularity of each good.

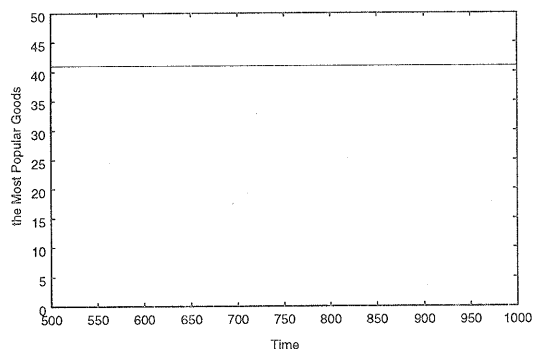


図9 最高市場性を持つ財名の時間発展

Fig. 9 Time evolution of trade name of the most popular good.

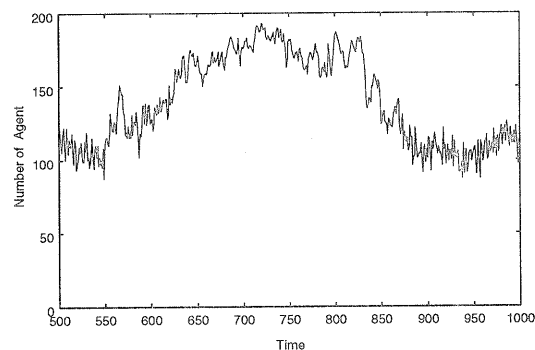


図10 同一財の取引を行う主体数の時間発展

Fig. 10 Time evolution of the number of agent who gives the same good as the accepted good in return.

を受け取ることになるため、 M_g を受け取り続ける主体数は非常に多くなる。換言すれば、この状況で各主体は同一財の取引を行ない、かつ取引される財は交換媒体である。同一財の取引において、取引される財が交換媒体である時、主体は財を貯めているとみなすことにし、この取引を特に貯蔵と呼ぶことにする。これ

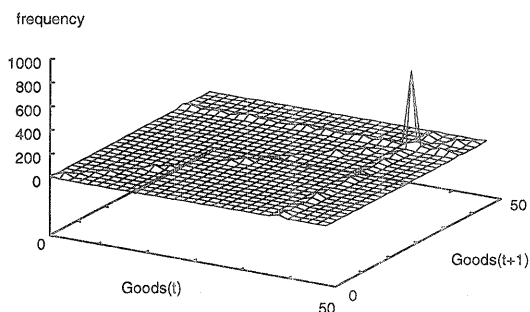


図 11 システムの取引状況 貯蔵

Fig. 11 Trade situation of the system. This situation shows that agents save money as a medium of exchange.

Fig. 11

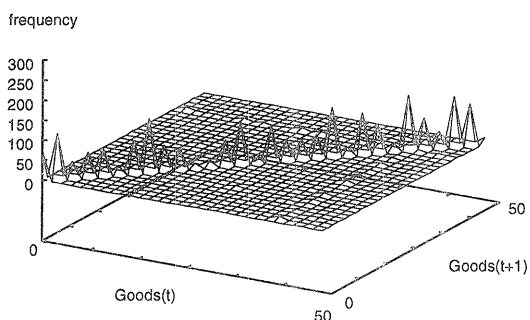


図 12 システムの取引状況 自給自足

Fig. 12 Trade situation of the system. This situation shows autarky.

に対し、取引される同一財が消費対象財である時、主体は生産と消費を行っているのみとみなすことにし、この取引を自給自足と呼ぶことにする。 M_g の市場性が低い場合には、その市場性よりも大きい閾値を持つ主体数が多くなる。これらの主体にとっては高い市場性を持つ財は存在せず、彼らは欲望のみに基づいて消費対象財の生産と消費を繰り返す。

ここで重要な点は、モデル 2 では取引状況が自給自足と貯蔵の間を連続的に移行するが、非常に高い割合で同一財の取引が行われており交換はほとんど生じないということである。つまり、市場性のみに基づいて受け取られる非常に高い市場性を持つ財は生成するが、それは交換を媒介する交換媒体としては機能しない。

図 13、図 14 は各々モデル 1、モデル 2 における M_g となる財の初期値依存性を示したものである。横軸は最も多くの主体によって欲望の一位にランクされた財の財名であり、縦軸はシミュレーション期間 ($t = 0 \sim 4096$) を通じて最も長く M_g に位置した財の財名である。シミュレーションは初期値を変えて 100 回試行した。図 14 からわかるように、モデル 2 ではシミュレ

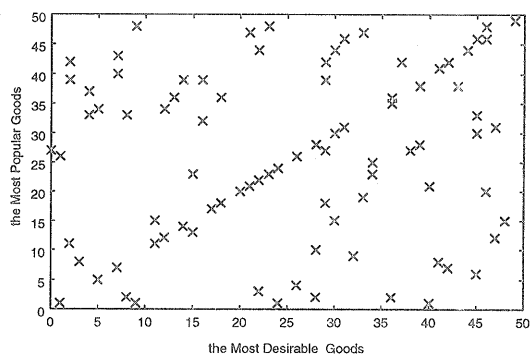


図 13 最も高い市場性を持つ財の初期値依存性；モデル 1

Fig. 13 Correlation between desire and popularity in the model1. X-axis and Y-axis represent trade name of the most desirable good and of the most popular good accepted by the most agents in total through the period of simulation ($t = 0 - 4096$), respectively. The desire of each agent is invariable over time. Figure shows the results of 100 trials.

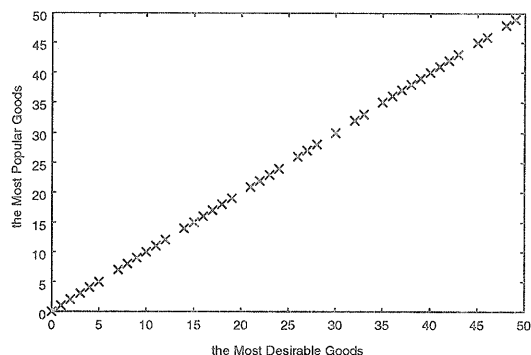


図 14 最も高い市場性を持つ財の初期値依存性；モデル 2

Fig. 14 Correlation between desire and popularity in the model2. The most popular good corresponds with the most desirable good.

シオン期間を通じて M_g に位置する財は初期値において既に確定している。つまり消費対象財として最も多くの主体に好まれる財が最終的に M_g となる。このことから、モデル 2 は貨幣商品説[☆]の一つのモデルと言えるだろう。一方、図 13 に示されるようにモデル 1 では初期値依存性の有無は判断できない。

図 15、図 16 は各々モデル 1、モデル 2 における、財の市場性に関するランキングと市場性の関係を示したものである。横軸は市場性に関する財の順位、縦軸は財の市場性である。ここでは両軸とも対数ベースで表記している。ここで順位は、各時刻毎に市場性の

☆ 「貨幣商品説とは貨幣とはそれ自体が価値をもつ商品と起源とし、ひとびとのあいだの交換活動のなかから自然発生的に一般的な等価物あるいは一般的な交換手段へと転化したという主張である。」岩井 (1993) p.81

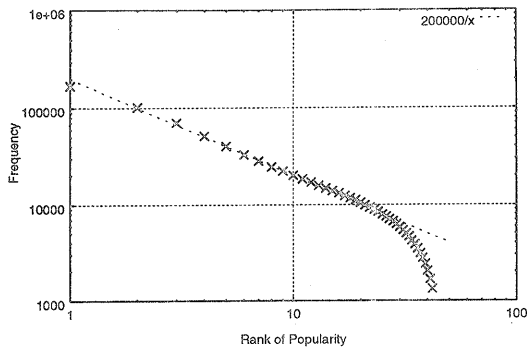


図 15 財の市場性ランキングに対するジッププロット；モデル 1
Fig. 15 Zipf's plot of ranking of goods with respect to popularity in the model 1. X-axis and Y-axis represent ranking and frequency which represents the number of agent who accepts a good with ranking represented by X-axis, respectively. The line shows exact zipf's law.

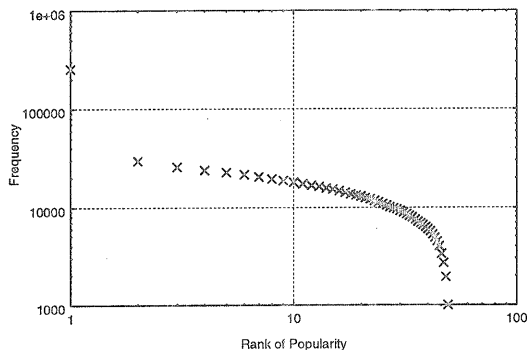


図 16 財の市場性ランキングに対するジッププロット；モデル 2
Fig. 16 Zipf's plot of ranking of goods with respect to popularity in the model 2.

高い財から順番に 1 番から M 番までの番号を割り当てている。また市場性はシミュレーション期間 ($t = 0 \sim 4096$) を通じた累積値である。すなわち、これらの図は各順位の財が各時刻において平均して持つ市場性を示すものである。結果は、モデル 1 では傾きが -1 の直線で近似できる。この図は両軸を対数ベースで表記しているので、このことは市場性の分布が $y = k/x$ の形で表現されるべき分布であることを示している。これはジップの法則と呼ばれ、人間の活動にしばしば見られる経験則である。例えば、都市の人口とその大きさに関する順位との関係、文章における単語の使用頻度とその頻度の大きさに関する順位の関係などがこの法則に従う^{7), 12)}。モデル 2 では Mg への市場性の集中度が非常に高く、その他の財の市場性はモデル 1 と比較して相対的にはほぼ一定である。つまり市場性の

分布は Mg への一局集中型となる。

5. おわりに

5.1 模倣と誤解

本項では、模倣の際に生じる誤解が引き起こす二つの事態について述べたい。一つは、市場性の集中化である。複数の主体が同じ意思に従い同じ市場性を需要したとしよう。同じ市場性を持つ財が多数存在するならば、欲望に従った財選択が行なわれるため各主体の受け取り財は異なる。取引終了後文脈が更新され、各主体が受け取った財の実現された市場性が異なるとしよう $\star$ 。つまり、彼らは同じ意思を持って行動したが、意図は異なるのである。この時、次の取引で彼らの意図を模倣する主体にとっては需要すべき市場性の候補が複数存在することになる。このような場合、彼らを模倣する主体は全て、最も多くの主体が受け取りを意図した市場性を需要する。このことに起因して、前回同じ市場性を持っていた財集合のうち、特定の財への市場性の集中化が起こる。

二つめは、市場性の分散化である。主体が模倣できるのは、前回の取引行動である。また、文脈は毎回変化する。このため、今回の取引で主体が放出する財の市場性を持つ財が前回の放出財の中に存在しなかった可能性がある。この時、前回の取引でその市場性を持つ財を放出した主体は存在せず、主体は誰も真似ることができない。このような場合、主体は需要すべき市場性をランダムに選ぶ。本稿のモデルではランダムに選択された市場性を持つ財が存在しない可能性が非常に高い。このため、ほとんどの主体は欲望のみに基づいて消費対象財を受け取ることになる。すなわち、様々な財への市場性の分散化が起こる。

市場性の集中化は、誤解によって模倣する対象が複数生じることに起因して起こるのに対し、分散化は模倣する対象が不在であることに起因して起こる。文脈が時間的に不変であるならば誤解は生じず、このような事態はどちらも生じない。

5.2 貨幣の生成・崩壊

モデル 1 においてシステムは貨幣交換、自給自足等様々な取引状況を示す。本項では、このような取引状況の変化がどのようにして生じるかについて検討する。

まず、自給自足の状況から始めよう。この状況は、各主体が市場性の低い財を受け取るという行動規則に従うことで維持される。低い市場性を持つ消費対象財

$\star$ これは、前回同じ市場性を持っていた財集合が新たな文脈によって更に細かい部分集合に分割されることを意味する。

を放出する主体は行動規則に従って低い市場性を需要する。この状況では全ての財が低い市場性を持つため、彼らは欲望に従って消費対象財を選択することになる。結果として彼らの受け取り財は様々な財に分散し低い市場性を持つ財を受け取ったことになる。各主体は過去の取引行動を模倣するため、次の取引でも市場性の低い財を受け取ることになる。

さて、ここで消費対象財として受け取られる財の市場性の間にわずかながらでも偏差が生じたとして^{*}。この時、前項で述べた市場性の集中化が起こる。その結果、主体の受け取り財は特定の財に集中し高い市場性を持つ財が生成される。

高い市場性を持つ財が生成されると、その市場性はある程度のゆらぎをもって変動する。このため、その財を放出する主体は前回その市場性を持つ財を放出した主体が存在せず、誰も模倣することができないという事態が生じる。つまり、市場性の分散化が起こり、彼らは消費対象財を受け取ることになる。その結果、消費対象財を放出する主体は市場性の集中化によって市場性の高い交換媒体を受け取り(売り)、交換媒体を放出する主体は市場性の分散化により市場性の低い消費対象財を受け取る(買い)という売り買い構造が生成される。すなわち貨幣が生成する。

次に貨幣交換が維持されている状況について考えよう。低い市場性を持つ消費対象財を放出する主体は市場性の高い財を受け取るという行動規則に従って高い市場性を需要する。高い市場性を持つ財は唯一貨幣のみであるので、彼らは全て貨幣を受け取る。結果として彼らは高い市場性を持つ財を受け取ったことになる。主体は取引行動を模倣するため、次の取引でも消費対象財を放出する主体は市場性の高い財を受け取るという行動規則に従うことになる。一方、貨幣を放出する主体は貨幣の市場性はゆらいでおり前回と今回の市場性は一致しない。このため、彼らは誰も模倣することができず、消費対象財を受け取る。結果として売り買い構造が維持される。

さて、ここで今回の貨幣の市場性がたまたま前回と同じになったとしよう。この時、次の取引で貨幣を放出する(買いを行う)主体は今回の取引で貨幣を放出した(買いを行なった)主体の意図を模倣しなければならない。ここで再び市場性の集中化が生じる。ただし、この集中化は売りにおいてではなく逆に買いにおいて起こる。つまり、集中化は貨幣に対してではな

く、これまで消費対象財であったものに対して起こる。このため、この集中化はこれまでの貨幣を崩壊させる原因となる。

このようにモデル1では模倣と誤解に起因する市場性の集中化と分散化が、貨幣の生成、維持、崩壊等様々なレベルで作用し、多様な取引形態を実現する。

5.3 ま と め

モデル1において、互いが互いの行動規則を模倣するという行為が「市場性の高い財を受け取る」や「市場性が低い財を受け取る」という様々な行動規則を形成し、結果として貨幣交換や自給自足等様々な取引形態を実現することを示した。また、比較のためにモデル2では「市場性が高い財を受け取る」という特定の行動規則に従う主体の取引行動をモデル化した。モデル2において取引状況は、自給自足的状況と貯蔵の間を連続的に移行し、貨幣交換の状況はほとんど見られなかった。つまり、このモデルで大域的財の生成は見られたが、大域的財が主体に交換媒体として使用されることはほとんどなかった。これらの結果から、モデル1において示される貨幣交換の状況の生成、維持、崩壊には、模倣とともに模倣の際に生じる主体間の誤解が重要な役割を果たすことがわかった。

謝辞 この研究を進めるにあたり査読者の方々に貴重な意見を頂きました。また名古屋大学の安富歩氏、公孫樹クラブの新田祐介氏、大分大学の中野昌宏氏、神戸大学の貞岡久里氏、中島義裕氏との議論に大いに触発され、有益な助言等も頂きました。ここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) Dodd, N.: *The Sociology of Money: Economics, Reason and Contemporary Society*, Polity Press (1994). (二階堂達郎訳: 貨幣の社会学, 青土社 (1998)).
- 2) Iwai, K.: The bootstrap theory of money: a search-theoretic foundation of monetary economics, *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol. 7, pp. 451-477 (1996).
- 3) Jevons, W. S.: *Money and the Mechanism of Exchange*, D.Appleton and Co., London (1875).
- 4) Jones, R. A.: The origin and development of media of exchange, *Journal of Political Economy*, Vol. 84, pp. 757-775 (1976).
- 5) Kiyotaki, N. and Wright, R.: On money as a medium of exchange, *Journal Political Economy*, Vol. 97, pp. 927-954 (1989).
- 6) Marimon, R., McGrattan, E. and Sargent, T. J.: Money as a medium of exchange in

^{*} 消費対象財は主体毎にランダムに与えられるが、シミュレーションでは主体数が有限($N = 200$)であるため市場性に偏差が生じる。

an economy with artificially intelligent agents, *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 14, pp. 329-373 (1990).

- 7) Matteo, M. and Yi-Cheng, Z.: Interacting individuals leading to zipf's law, *Phys. Rev. Lett.*, Vol. 80, pp. 2741-2745 (1998).
- 8) Menger, C.: *Principles of Economics*, New York Univ. Press, New York (1981). (translated by Dingwall, J. and Hoselits, B. F.).
- 9) 西部忠: 互酬的交換と等価交換-再生産体系における価格の必要性-, 北海道大学経済学研究, Vol. 47, No. 1, pp. 25-42 (1997).
- 10) Oh, S. A.: A theory of generally acceptable medium of exchange and barter, *Journal of Monetary Economics*, Vol. 23, pp. 101-119 (1989).
- 11) Ostroy, J. M. and Starr, R. M.: Money and decentralization of exchange, *Econometrica*,

Vol. 42, No. 6, pp. 1093-1113 (1974).

- 12) 高安秀樹: フラクタル, 朝倉書店 (1986).
- 13) Yasutomi, A.: The emergence and collapse of money, *Physica D*, Vol. 82, pp. 180-194 (1995).

(平成 11 年 3 月 12 日受付)

(平成 11 年 6 月 23 日採録)

篠原 修二



昭和 42 年生まれ。平成 4 年神戸大学大学院理学研究科修士課程修了。同年 (株) 日立製作所入社。平成 7 年同社を退職し、平成 8 年より神戸大学大学院自然科学研究科で学ぶ。平成 11 年神戸大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了。理学博士。進化経済学会会員。