

消費者間オンライン取引における評判管理システムの分析  
Reputation Management System on Online C2C Market

山本 仁志  
電気通信大学大学院  
情報システム学研究科

Hitoshi YAMAMOTO  
Graduate School of Information Systems  
University of Electro-Communications

石田 和成  
東京農業大学 国際食料情報学部

Kazunari ISHIDA  
Faculty of International Agricultural and Food  
Studies  
Tokyo University of Agriculture

太田 敏澄  
電気通信大学大学院  
情報システム学研究科

Toshizumi OHTA  
Graduate School of Information Systems  
University of Electro-Communications

(注記)

このファイルは草稿です。最終バージョンは、経営情報学会(www.jasmin.jp)にお問い合わせください。または、「山本 仁志, 石田和成 ,太田敏澄," 消費者間オンライン取引における評判管理システムの分析", 経営情報学会誌,vol.12,No.3,2003,pp.55-69.」を参照してください。

**要旨:**

インターネットの発展は、従来は市場化可能な規模に達しなかった情報や消費者ニーズも、市場による取引が可能になり、多様な財、情報を選択可能にした。小規模消費者ニーズの市場化の事例では、Amazon<sup>1</sup>におけるユーズドストアや eBay<sup>2</sup>などの消費者間オークションといった消費者間取引が挙げられる。しかし、インターネットを介した取引の発展は、一方で消費者間取引におけるリスクの増大という社会的問題を引き起こしている。例えば、代金不払い、商品不渡し等の不正行為が一例である。これは、オンライン取引が、匿名性や、参加・離脱が容易であるといった特徴を持つため、売り手・買い手の双方に、貢献することなく、サービスや財を受け取りたいという、非協調行動への誘引が働くからである。このような環境下で、市場参加者の協調行動を促進する制度や仕組みはどのように構築可能であろうか。本研究では、個人を基盤とした情報流通による、消費者相互の評判情報の流通が、市場参加者の協調行動の発現に有効であることを論じる。シミュレーションの結果、オンライン取引においては、ネガティブ評判管理システムと比較して、ポジティブ評判システムが有効に機能することがわかった。本研究は、市場の環境条件や参加者の特性などによって、どのような評判情報の流通が協調行動の促進に有効に機能するのかを理解するためのモデルを提供できる。このモデルは今後、社会においてオンライン市場が発展するために、信頼できるオンライン市場を構築する上で、重要な役割を果たすと考えられる。

**キーワード:**

評判管理システム、繰返し囚人のジレンマ、電子商取引、オンライン市場、エージェントベース・アプローチ

**Abstract:**

This paper discusses the effectiveness of sharing information concerning the reputation of buyers and sellers in an online C2C market. We developed a computer simulation model, which describes online transactions with a reputation information management system to share information concerning the reputation of consumers. It is designed on an agent-based approach specifically iterated prisoners dilemma game theory. According to the results of a simulation, a positive reputation system can be more effective than a negative reputation system for an online transaction. The results should be an important suggestion for designing a reputation system of online transaction.

**Keywords:**

Reputation Management System, Iterated Prisoner's Dilemma, e-commerce, online market, Agent-Based Approach

## 1. はじめに

e-commerce の発展により、従来は市場化可能な規模に達しなかった情報や消費者ニーズも、市場化が可能になり、多様な財、情報が選択可能になった。小規模消費者ニーズの市場化の事例では eBay などの消費者間オークションや、Amazon におけるユーズドストアといった消費者間取引が挙げられる。

しかし一方で、消費者間取引におけるリスクの増大という社会的問題を引き起こしている。例えば、代金不払い、商品不渡し等の不正行為が一例である。これは、オンライン取引が、匿名性や、参加・離脱が容易であるといった特徴を持つため、売り手・買い手の双方に、貢献することなく、サービスや財を受け取りたいという、非協調行動への誘引が働くからである。

そのため、取引市場において、参加者の協調行動を出現させ、非協調行動を抑制するためのマネジメントシステムが必要となる。従来の物的市場における取引では、市場参加の会員制度、法律、第三者機関によるなどがマネジメントシステムとして機能していると考えられる。しかし、消費者間オンライン取引に着目すると、従来のマネジメントシステム手法には、いくつかの問題と限界が存在する。なぜなら、オンラインによる取引は、参加・離脱の容易性、低コスト、商品と代金の交換に空間的・時間的な距離がある、アイデンティティの可変性、という特性を持つからである。我々は、第三者機関の存在なしにリスクを管理し、取引参加者間の信頼形成が可能か、という問題に取り組む。

消費者間オンライン取引の事例としては、インターネット上のオークション市場などが挙げられる。これらの市場では、取引のリスクは大きいといえる。当然、これらの市場運営組織は、全ての取引を詳細に確認することは不可能である。こうした環境下で、どのような信頼形成のメカニズムが働いているのであろうか。我々は、これらの市場は、参加者間に流通する参加者相互の評判によって、リスクが管理されているのではないかと考える。

我々は、参加者の評判が流通することにより、参加者に協調行動を出現させる仕組みを、評判管理システムと呼び、評判管理システムが機能するための条件を探る。

オンライン取引において、評判の流通が、市場を有効に機能させることを論じた先行研究はいくつか存在する(Kollock,1999)(McDonald,2002)。Kollock(1999)は、Negative / Positive Reputation System による分析枠組みを提示し、公的な第三者機関の存在しない環境下での協調行動の出現の可能性を示唆した。我々はこれを発展させ、評判管理システムを動的に把握できる操作的なモデルの構築を試みる。操作的モデルを構築することで、評判管理システムが有効に機能する条件や、消費者間オンライン取引市場設計に際しての指針を得ることが可能になると考えられる。

## 2. オンライン取引における信頼形成

インターネットの発展に伴い、電子的ネットワークを介したオンライン取引は急速に発

展している。本小論では、オンライン取引を、インターネットなどのネットワーク上で電子的に行われる取引と定義する。オンライン取引における信頼形成のメカニズムを議論するために、オンライン取引の概要を俯瞰し、消費者間オンライン取引における、評判管理システムの必要性を議論する。

## 2.1 オンライン取引

ここではまず、オンライン取引の概要を俯瞰する。取引の参加者としては、組織的な供給者・消費者としての企業(B)と、個人としての供給者・消費者としての個人(C)を考える。

オンライン取引で、最も成功し、普及しているものは、B2B といわれる企業間取引である。オンライン部品受発注システムや、サプライチェーン・マネジメント(SCM)などが事例として考えられる。B2B 取引は、インターネット発達以前から専用回線などを用いて、ネットワークの利用は実現していた。インターネットを利用したオンライン取引が出現したことによっても、その本質は変化していないと考えられる。

続いて、B2C といわれる、企業 - 消費者間の取引がある。これは、取引される財の本質が情報にある銀行や各種チケット販売などで急速に発達した。また、直接手にとって見なくても、財を評価できる書籍や音楽ソフトの販売なども普及している。Amazon やインターネットバンキング<sup>3</sup>が主要な事例といえる。B2C 取引は、いわゆる小売の業態である。インターネットの発展により大きな影響を受けたビジネス領域であるといえる。クリック & モルタルといった新しいビジネスモデルが出現したのもこの領域である。生産者が消費者に直接的に商品を販売できることから、中間卸売業者の再編も発生した。更に、インフォメディアリ(情報仲介業)(Hagel and Singer,1999)と呼ばれる新しいビジネスモデルも出現した。

最後は、C2C といわれる、消費者間取引である。これは、インターネットの発展で新たに出現した取引形態である。インターネットの発展により、地理的制約や時間的制約、そして機会的制約が克服され、非常に広範な相手と情報交換が可能になった。そのために、従来は市場化が困難であった消費者間の商取引が可能になったといえる。例えば、eBay などの消費者間オークションが事例として挙げられる。

これらのオンライン取引のなかで、本論文では、新たに出現した市場形態である、消費者間オンライン取引におけるリスクの管理を扱う。前節で述べたように、オンライン取引は、匿名性や、参加・離脱が容易であるといった特徴を持つ。B2B および B2C のオンライン取引では、主に売り手となる企業(B)には、基本的に匿名性が存在しない。また市場への参加・離脱を頻繁におこなうことも、コストの面から困難である。本論文では、売り手・買い手の双方が匿名性を持つことが可能であり、かつ参加・離脱が容易である消費者間オンライン取引にフォーカスして議論をすすめる。

相手の行為が予測できない環境下での取引の問題は、囚人のジレンマ構造としてモデル化可能である。囚人のジレンマ構造を持つ問題のナッシュ均衡は、両者とも非協調行動である。オンライン取引の囚人のジレンマ構造によるモデル化は、3節で詳説する。

本節では、消費者間オンライン取引における信頼形成のためのマネジメントシステムを、トップダウン型、ボトムアップ型に大別する。その上で、消費者間オンライン取引におい

ては、ボトムアップ型のマネジメントが有効であることを議論する。

トップダウン・マネジメントシステムとは、取引当事者以外の第三者機関が、集中的に取引参加者の信頼性を評価し、参加資格や取引手順をコントロールすることで、取引の安全性を確保する手段である。例えば、参加資格のコントロールの例は、取引市場への参入に審査を設けることである。取引手順のコントロールの例は、2.2節で説明するエスクローサービスなどがある。

ボトムアップ・マネジメントシステムとは、取引当事者が信頼評価をおこない、優良な取引相手と望ましくない取引相手を識別し、取引の安全性を確保する手段である。

## 2.2 トップダウン・マネジメントシステム

第三者機関の利用は、トップダウン型のマネジメントシステムといえる。第三者機関としては、信用評価サービスやエスクローサービスがある。信用評価は、企業間取引では有効であるが、個人間においてはコストの観点から実質的に不可能である。もうひとつの手法はエスクロー(Escrow)サービスである。エスクローサービスとは、取引時の商品引渡しと決済の時間的ずれを克服するものである。取引時の商品引渡しと決済の時間的ずれは、オンライン取引で非協調行動が発生する原因のひとつである。

エスクローサービスは、図 1に示すメカニズムによってこの問題を克服している。エスクローサービス提供者が、決済時に取引する二者の間に入ることで、売り手側の商品不渡し、買い手側の代金不払いの両方を排除することができる。

### 図 1：エスクローサービスの概要

エスクローサービスの手順は下記のとおりである。

1. 売り手・買い手の間で取引に関する合意が成立する。
2. 買い手は、エスクローサービス提供者が指定する口座に代金を振込む。
3. エスクローサービス提供者は、売り手に入金を通知する。
4. 売り手は、買い手に商品を発送する。
5. 買い手は、エスクローサービス提供者に商品到着と商品受取りの承認を連絡する。
6. エスクローサービス提供者は、売り手の口座に代金を振込む。

しかし、消費者間オンライン取引において、トップダウン型は、いくつかの問題点を持つ。第一が、コストの問題である。オンライン取引の利点は、低コストで簡便に取引できることである。しかし、エスクローサービスなどを利用することで、手数料などのコストが発生する。また、取引手順も複雑になるため、簡便性が損なわれる。第二に、手数料の設定事態が困難な場合が存在する。例えば、絵画などを物々交換する場合、妥当な市場価格を設定することが困難であることがありうる。第三に、エスクローサービスを利用できる範囲には限界が存在しうることである。インターネットの大きな特長は、個人がグローバルに取引相手を発見できることである。しかし、エスクローサービスが必ずしも全世界にサービスを提供しているわけではない。

では、こうしたトップダウン・マネジメントシステムの限界を克服する手法は何であろうか。我々は、参加者相互に流通する評判情報による協調行動の出現の可能性に着目する。

### 2.3 ボトムアップ・マネジメントシステム

市場参加者相互で評判を流通させ、協調行動の発現を目指すシステムは、ボトムアップ・マネジメントシステムといえる。信頼形成の手段として、参加者相互の評判を用いる手法は、多くの研究者によって着目されている。Rensnick et. al.(2000)は、インターネット上の相互作用において、信頼を促進する手段として、評判を取り上げている。また、Dellarocas(2000)は、評判を、オンライン取引におけるリスクマネジメントの重要なメカニズムであると位置付けた上で、不公平な評価に対する評判システムの頑健性に関して議論している。オンライン市場における評判の重要性は、広く認識されていると考えられるが、オンライン取引の特性を考慮し、協調行動の安定化を操作的に議論できるモデルの提案はなされていない。そこで、本論文では、オンライン市場における信頼形成手段として評判に着目し、評判管理システムが協調行動を促進するメカニズムを探る。

ボトムアップ・マネジメントシステムは、取引当事者間で、相互的に信頼性を評価し、その情報を流通するので、第三者機関が集中的に情報を収集・評価する必要がない。インターネットを利用したオンライン取引では、参加・離脱が容易なことから、市場参加者は非常に流動的であると言える。ボトムアップ・マネジメントシステムを採用することで、集中的な情報管理のコストが低減されるだけでなく、流動的な参加者を抱える市場にも対応が可能になる。

評判管理システムの詳細な議論を始める前に、本研究における評判(Reputation)の定義を与える。我々は、評判を、Wilson(1985)の定義に基づいて「ある人の過去の行動によって評価される、他人から与えられた特質、特性」と定義する。Kollock(1999)は、評判管理システムの分析枠組みとして、ポジティブ・ネガティブ評判管理システムを提示した。Kollock(1999)は、いくつかの消費者間オンライン市場を観察し、評判管理システムの存在によって、消費者間オンライン取引において協調行動を安定化させることができると主張している。

しかし、Kollock(1999)は、評判管理システムの概念は提示したが、市場の環境条件や評判管理システムの特性によって、市場の参加者がどのような振舞いをみせるかを検証することはできていない。また、異なった戦略や嗜好を持つ参加者が混在する市場において、個々の取引が大域的な秩序の安定を生成する過程を追跡することができない。我々は、エージェント・ベースド・アプローチを採用することでこれらのことを可能にした。我々のモデルにより、評判管理システムの性質による市場の振舞いの代替的シナリオを検証することができる。これらの結果を参考にすることで、消費者間オンライン市場における評判管理システムを設計する指針を得ることができる。

ネガティブ評判管理システムとは、非協調行動をとった取引相手の情報を流通させることで、望ましくない取引相手を排除しようとするシステムである。

人は、不満のある取引を経験すると、その不平を周囲の人間に言う。また、コミュニティにおいて、非協調行動をとることでコミュニティから排除されることもある。ネガティ

ブ評判管理システムは、こうした仕組みをシステム化したものである。

つまり基本的には、ネガティブ評判管理システムはブラックリストなどと同じ仕組みであるといえる。しかし、ネガティブ評判管理システムにはいくつかの問題点が存在する。オンライン市場では、悪い評判を得た参加者は、市場から退出し、再び新たな参加者として市場に参加することができる。更に、協調的な参加者と、市場に参加したばかりの非強調的な参加者が同じように見えてしまう。これは、オンライン市場の、参加・離脱が容易であるという特性と、アイデンティティの可変性という特性に起因する。また、このシステムでは、誰かの評判を故意に落とすことが比較的容易である。

一方、ポジティブ評判管理システムとは、協調行動をとった取引相手の情報を流通させることで、望ましい取引相手を保護しようとするシステムである。

このシステムは、ネガティブ評判管理システムの問題点を克服することができる。アイデンティティを変更すると、よい評判を蓄積することができないので、同じアイデンティティで取引を続ける誘引となる。また、一度蓄積したよい評判は、取引に有利に働くので、参加者はこれを守ろうとする。これによって、協調行動の発現が期待できる。

しかし、ポジティブ評判管理システムにも問題点は存在する。新規参加者は、よい評判を持っていないため、非協調的な参加者と区別が困難である。よって、ポジティブ評判管理システムが、新規参加者に対する参入障壁となりうる。また、市場の参加者の流動性が非常に高いとき、ポジティブ評判管理システムは、有効に機能しない。多くの参加者が入れ替わるため、どの参加者もよい評判を蓄積する機会がないからである。

上記の考察によって、市場の環境条件や、評判管理システムの特性によって、市場が有効に機能する条件が異なることが考えられる。

### 3. 消費者間オンライン取引のモデル化

消費者間オンライン取引市場を設計、運営するための重要な問題のひとつとして、評判管理システムをどのように設計すべきかという課題が挙げられる。そのためには、個人の行動と、その相互作用によって生じる大域的現象を、動的に把握できる操作的なモデルの構築が必要である。我々は、エージェントベースド・アプローチを利用する。エージェントベースド・アプローチは、ローカルな相互作用から創発される大域的現象を観察し、メカニズムを解明する手段として優れている(Axelrod,1997)。エージェントベースド・アプローチを用いることで、異なった個性や嗜好を持つ個人が相互作用する結果生じる現象を扱うことができ、また代替的なシナリオを検証することが可能になる。本節では、消費者間オンライン取引を、繰返し囚人のジレンマモデルを基盤にモデル化することで、協調行動の発現に必要な環境条件や市場制度を考察する。

#### 3.1 オンライン取引の囚人のジレンマ構造

オンライン取引は、匿名性や、参加・離脱が容易であるといった特徴を持つ。そのため、売り手・買い手の双方に、貢献することなく、サービスや財を受け取りたいという、非協

調行動への誘引が働く。つまり、売り手には、商品を渡すことなく代金を受け取ろうという誘引が働き、買い手には、代金を払うことなく商品を受け取ろうという誘引が働く。これは、囚人のジレンマ構造としてモデル化可能である。囚人のジレンマとは、一般に次のように定義できる(鈴木,1994)。プレイヤー1とプレイヤー2の2人の行為者がいる。プレイヤー間のコミュニケーションは存在しない。2人のプレイヤーは、ともに2つの行為 C,D を選択できる。その組合せによって生ずる4つの状態に対する利得が表1のような利得行列によって表される。ここで、ここで、 $B_1, S_1, T_1, W_1$  は、プレイヤー1がCまたはDの行為を選択した際に得る利得であり、 $B_2, S_2, T_2, W_2$  はプレイヤー2が得る利得である。

表 1：囚人のジレンマの利得行列

		プレイヤー2の行動	
		C	D
プレイヤー1の行動	C	$S_1, S_2$	$W_1, B_2$
	D	$B_1, W_2$	$T_1, T_2$

このとき、利得の大きさが、以下の条件を満たすとき、囚人のジレンマという。

$$\begin{cases} B_i > S_i > T_i > W_i, & i=1,2 \\ 2S_1 > B_1 + W_1 \\ 2S_2 > B_2 + W_2 \end{cases} \quad (1)$$

オンライン取引と、囚人のジレンマは、次のように対応する。

売り手にとっての協調行動は、商品を買手に渡すことであり、非協調行動は、商品を買手に渡さないことである。買い手にとっての協調行動は、代金を売り手に払うことであり、非協調行動は、代金を売り手に払わないことである。

こうした環境下では、常に協調行動をとる行為者を仮定すると、非協調行動をとる行為者に搾取されつづけてしまう。そのために、協調行動をとる行為者(市場参加者)を保護し、非協調行動をとる行為者を排除するためのシステムが必要となる。

次節では、繰返し囚人のジレンマモデルに評判管理システムを組み込んで、消費者間オンライン取引をモデル化し、定式化する。

### 3.2 評判管理システムの定式化

本研究では、売り手と買い手が、入札・応札を通じて商品を売買する市場を扱う。市場における取引は下記の手順で行われる。

- 手順1 売り手は自分の持つ「商品」を市場に投入する。
- 手順2 買い手は自分の持つ「需要」に基づいて「商品」を選択する。
- 手順3 売り手・買い手ともに、「需要」「供給」のマッチングをおこない、さらに取引相手を評判情報により選択する。
- 手順4 取引相手が選択されたら取引をおこなう。ただし、取引においては、囚人のジレンマに基づく利得行列が定義される。
- 手順5 市場には每期、新しい参加者が参入する。ただし、新規参入者は、現在高い利得を得ている参加者の行動を模倣する。

上記の手順1～手順5の詳細を補足する。手順3で、評判情報によって取引相手を選択するとき、買い手は表2で述べる「商品特性相違に関する許容限度」を満たす商品を市場に投入した売り手を入札候補として選択する。その後、入札候補内の売り手で一番評判値が高い売り手に入札をおこなう。売り手は、入札があった買い手のうち、もっとも評判値の高い買い手を応札相手として選択する。複数の候補の評判値が同じ場合、その中からランダムに選択する。シミュレーションの1期目は、すべての参加者の評判値が0であることから、取引相手は、候補内からランダムに選択される。手順4で、売り手・買い手ともにシミュレーション1期ごとに1回の取引をおこなう。つまり、各エージェントは、シミュレーション1期の間に、売り手として1回、買い手として1回の取引が可能である。取引相手として選択されなかった場合、取引はおこなわれず、利得は変化しない。手順5で、退出しない参加者の利得は、次の期に持ち越される。新規参入者の利得は0である。新規参入者が模倣する戦略は、現時点の参加者を利得が高い順にソートし、上位の参加者から順番に戦略を模倣する。これは、利得上位者に多く採用されている戦略は、より模倣されやすく、更に、少数であっても高い利得を得ている参加者の戦略も模倣されうる、ということを表している。参加者の利得が等しい場合のソート順は、等しい利得内でランダムである。

このような取引を繰り返すことで、時間経過とともに、市場には環境に適した行動をとる参加者が生き残る。我々は、環境条件や評判管理システムの性質を様々に変化させることで、オンライン取引市場において、協調行動が安定化するために必要な評判管理システムの仕組みを探る。続いて、市場における売り手・買い手の挙動と評判管理システムを定式化する。本研究では、個人の内部に行動戦略を持ち、自律的に取引をおこなう主体である売り手・買い手をエージェントと表現する。

エージェントは、「取引戦略」、「販売できる商品」、「購入したい商品」、「売り手・買い手間の商品特性の相違に関する許容限度」、「評判認知特性」、「考慮する履歴の長さ」、という要素を持っている。エージェントの戦略には、「協調戦略」、「非協調戦略」、「しっぺ返し戦略」、「ランダム戦略」がある。表2は、エージェントの要素をまとめたものである。

表 2：エージェントの要素

要素名	内容
取引戦略	協調戦略、非協調戦略、しっぺ返し戦略、ランダム戦略
販売できる商品	特性をビット列で表現
購入したい商品	特性をビット列で表現
商品特性相違の許容幅	許容できるビットのずれ
評判認知特性	評判値計算の際の協調行動と非協調行動との間の重点の配分
履歴の長さ	評判値計算に利用する履歴の長さ

エージェントは他者との取引時に、「協調(C)」、「非協調(D)」を行為  $A_t^i$  として選択することができる。

$$\text{行為の要素： } A_t^i = \{C, D\} \quad (2)$$

協調戦略を用いるエージェントは、常に協調行動を選択する。非協調戦略を用いるエージェントは、常に非協調行動を選択する。しっぺ返し戦略を用いるエージェントは、自分の今回の取引相手が前回の取引で用いた選択と同じ選択をする。また、取引相手が行動履歴を持っていないときには、協調行動を選択する。ランダム戦略のエージェントは、ランダムに協調、非協調を選択する。以上のことから、エージェント  $i$  が  $t$  期にとる行為は、協調戦略では  $A_t^i = C$  であり、非協調戦略では  $A_t^i = D$  であり、ランダム戦略では  $C$  もしくは

$D$  が、 $1/2$  の確率で選択される。しっぺ返し戦略では、 $t$  期における取引相手を  $j$  とすると  $A_t^i$  は次式で表現できる。

$$A_t^i = \begin{cases} C & \text{if } A_{t-1}^j = C \\ D & \text{if } A_{t-1}^j = D \end{cases}$$

取引の履歴 ( $T_t^i$ ) はオンライン取引システムに記録される。

行動履歴の集合：

$$T_t^i = \{A_k^i | k \in \{0, 1, \dots, t\}\} \quad (3)$$

取引は「入札」、「応札」を通じて行われる。エージェントは購入したい商品を所有しているエージェントのうち、望ましいエージェントに対して入札を行い、商品を所有するエージェントは、入札をしたエージェントのうち、望ましい相手に応札する。

この入札、応札における、望ましさは、過去の取引履歴にもとづく評判値によって判断される。この判断においては、エージェントの要素の一つである「評判認知特性」が、「協調」、「非協調」のうちどちらを重視するかに影響を与える。協調行動、非協調行動の回数 ( $T_{C,t}^i, T_{D,t}^i$ ) は、行動履歴にもとづき以下のように集計できる。

協調行動の回数カウント：

$$T_{C,t}^i = \left\{ k \mid A_k^i = C, k \in \{t - Scope + 1, t - Scope + 2, \dots, t\} \right\} \quad (4)$$

非協調行動の回数カウント：

$$T_{D,t}^i = \left\{ k \mid A_k^i = D, k \in \{t - Scope + 1, t - Scope + 2, \dots, t\} \right\} \quad (5)$$

入札・応札において取引相手選択の基準となる評判(レピュテーション)は、協調・非協調行動の回数にもとづき、エージェント*i*の評判  $R_i$  を次のように定義する。

$$\text{評判} : R_i = \alpha \left| T_{C,t}^i \right| - (1 - \alpha) \left| T_{D,t}^i \right| \quad (6)$$

ここで  $\alpha$  は、「評判認知特性」を現すパラメータである。この式により、 $\alpha$  が1の場合は「ポジティブ評判管理システム」、0の場合は「ネガティブ評判管理システム」における評判値が求まる。エージェントはこの値にもとづき、入札・応札において取引相手となるエージェントを選択する。ネガティブ評判システムにおいては、 $R_i = 0$  が最も高い評判値であり、マイナスの値が大きくなるほど、評判値は低いといえる。また、ポジティブ評判システムにおいては、 $R_i = 0$  が最も低い評判値であり、プラスの値が大きくなるほど、評判値が高いといえる。

オンライン取引システムのパラメータは、システムを利用する、「協調・非協調・しっぺ返し・ランダムそれぞれの戦略を用いるエージェントの初期人数」、「商品の特性数」、「各特性の多様性」、「単位時間あたりの参加・退出人数」がある。

単位時間あたりの参加・退出ルールは、ランダムに退出エージェントが選択され、利益の高いエージェントの戦略を模倣したエージェントが参加する。

新規参加者は、既に市場に参加している知人に話を聞いてから利用を始めるケースが多いと考えられる。その際、知人が高い利益をあげていれば利用を始めるが、そうでなければ参加を見合わせると考えられる。また、Byrne(1965)によれば、知人関係は、態度や性質が類似している相手と築きやすいとされている。よって、本モデルでは、市場への新規参加者の戦略は、既存の参加者のうち、利益の高いエージェントの戦略を模倣するとした。

このモデルを用いることにより、「売り手・買い手間の商品特性の相違に関する許容限度」、「評判認知特性」、「考慮する履歴の長さ」、「単位時間あたりの参加・脱退人数」の違いが、オンライン取引システムの挙動に与える影響を考察する。

#### 4. シミュレーション実験

3節で構築したシミュレーションモデルに基づきシミュレーション実験をおこなう。

本モデルでは、参加・退出人数を市場の参加・離脱の容易性を表現するパラメータと考え、市場流入出率と表現する。つまり、参加・退出人数が少ない市場は、従来の物的な基盤のある市場を表現している。また、参加・退出人数が多い市場は、オンライン市場を表現している。シミュレーション実験の実行パラメータは、表 3に記した。また、各操作パラメータの値は、全エージェントで共通である。つまり、評判認知特性や、履歴の長さが評判管理システムの特性を表現し、参加・退出人数が市場の流動性を表現する。市場の流動性が高いことは、オンライン取引市場の特徴を表現しているといえる。

表 3：シミュレーション実験のパラメータ一覧

エージェント初期数	取引戦略ごとに 25 エージェントずつ
シミュレーション時間	100 期
商品の特性数	5 ビット
各特性の多様性	5 ビット
商品特性相違の許容幅	10 ビット
評判認知特性	操作パラメータ
履歴の長さ	10 期
参加・退出人数	操作パラメータ

シミュレーション実験の観察指標は、取引戦略ごとのエージェントの人口である。エージェントは、市場において利益をあげている取引戦略を模倣して新たに市場に参加する。よって、エージェントの人口変化を時系列に分析することで、各環境パラメータにおいて、有利な取引戦略を観察することが出来る。

表 2および表 3で示したパラメータのうち、「販売できる商品」「購入したい商品」のビット表現は、深さ 5 (各桁のとりうる値が 5 種類)、長さ 5 (ビット列長) に固定した。また、「商品特性相違の許容幅」「履歴の長さ」は、それぞれ表 3で示した値に固定した。これらのパラメータを固定することで、オンライン市場の特性である参加・離脱の容易性(参加・退出人数)と、評判管理システムの特性(評判認知特性)の関係性に着目できるからである。また、固定したパラメータを様々に変化させた実験<sup>4</sup>もおこなったが、本論文で示した結果と同様の結果を得ている。以下の実験では、評判管理システムが存在することによって、協調戦略が市場で支配的になることが可能かを探っている。そのため、図中では、協調戦略と、協調戦略を搾取する非協調戦略に着目しやすいよう、それぞれのグラフを矢印で強調している。

我々は最初に、評判管理システムが存在しない状態の実験をおこなった。この条件では、評判情報が存在しないため、囚人のジレンマの定義から、非協調戦略(常に裏切り行為をとる)が有利になると考えられる。

図 2は、横軸にシミュレーション時間、縦軸にその期における各戦略のエージェント数を取り、市場においてどの戦略を持つエージェントが支配的になるかを観察したものであ

る。このとき、市場流入出率は低い状態(市場流入出率 = 10)であるが、市場流入出率が高い状態(市場流入出率 = 30)においても同様の結果が得られている。

図 2からわかるように、時間経過とともに非協調戦略が支配的となっていることがわかる。つまり、評判管理システムがない状態では、市場は非協調戦略が支配的となってしまう、市場が機能しなくなる。

**図 2 : 評判管理システムがない環境におけるエージェントの人口変化 (横軸:シミュレーション時間、縦軸:エージェント数)**

続いて、3.2節で定式化した評判管理システムを市場に導入して同様の実験をおこなう。

図 3は、市場流入出率が低く、評判管理システムがネガティブ評判管理システムであるとき(式(6)において  $\beta=0.0$ )の各取引戦略をもつエージェントの人口変化である。ネガティブ評判管理システムが存在することで、協調戦略が市場で主流となっていく過程が観察できる。

**図 3 : 市場流入出率が低く評判管理システムがネガティブ評判管理システムである環境におけるエージェントの人口変化 (横軸:シミュレーション時間、縦軸:エージェント数)**

図 4は、市場流入出率が高く、評判管理システムがネガティブ評判管理システムであるとき( $\beta=0.0$ )の各取引戦略をもつエージェントの人口変化である。ただし、シミュレーション時間 60 期過ぎに、非協調戦略が 100%に達し、それ以降エージェント人口に変化が生じないので、それ以後のグラフは表示していない。

市場流入出率が高い状態、つまりオンライン市場のような環境では、ネガティブ評判システムを採用しても、非協調戦略が市場で主流となっていく過程が観察できる。

この結果は、従来の市場や社会で採用されている、ブラックリストのようなネガティブ評判管理システムは、オンライン市場においては有効に機能しないことを示している。

そこで、新しい評判管理システムの方式として、オンライン市場のように市場流入出率が高い市場で、ポジティブ評判管理システムを採用することで、協調戦略が安定化するかどうかを実験する。

**図 4 : 市場流入出率が高く評判管理システムがネガティブ評判管理システムである環境におけるエージェントの人口変化 (横軸:シミュレーション時間、縦軸:エージェント数)**

図 5は、市場流入出率が高く、評判管理システムがポジティブ評判管理システムであるとき( $\beta=1.0$ )の各取引戦略をもつエージェントの人口変化である。ただし、シミュレーション時間 30 期過ぎに、協調戦略が 100%に達し、それ以降エージェント人口に変化が生じないので、それ以後のグラフは表示していない。

市場流入出率が高く、ID 変更によって搾取行為が容易である環境にもかかわらず、協調

戦略が市場で主流となっていく過程が観察できる。

図 5：市場流入出率が高く評判管理システムがポジティブ評判管理システムである環境におけるエージェントの人口変化（横軸:シミュレーション時間、縦軸:エージェント数）

これらのシミュレーション実験の結果を表 4にまとめる。表 4は、シミュレーション時間 100 期後に最も多く生存した取引戦略をまとめたものである。表中では、協調戦略、しっぺ返し戦略を協調、非協調戦略、ランダム戦略を非協調と表記している。

表 4：最も多く生存した取引戦略

参加・退出人数	評判管理システム	戦略	頻度
低い	ネガティブ	協調	全て
低い	ポジティブ	協調	全て
高い	ネガティブ	非協調	全て
高い	ポジティブ	協調	多数

## 5. 考察

図 3～図 5および表 4からわかるように、市場流入出率が低いときは、ネガティブ評判管理システムで協調戦略が有利となっている。これは、従来の物的市場や、現実の社会システムにおいて、法律などによる非協調行動に対する罰則規定が有効に機能していることと対応する。参加者の変動が少ない社会では、非協調行動は評判を落とし、その後の取引が困難になる。そのために、非協調的な参加者は駆逐され、協調的な参加者が保護される仕組みが機能している。

しかし、参加者の変動が多くなるにつれ、ネガティブ評判管理システムは機能しなくなる。新規参加者は、協調的な参加者と区別できないため、非協調参加者は、評判を落としても、市場から退出して新たな参加者として参入することが出来る。このため、協調的な参加者は、非協調行動をとる参加者によって駆逐されてしまう。こうした環境下においては、ポジティブ評判管理システムが新しい制度として必要となる。これは、協調行動をとることがよい評判を蓄積することになるので、協調的な参加者は、ますます取引がしやすくなる。逆に、評判をもたない参加者は、取引が困難となるため、非協調行動をとる参加者は駆逐されていく。現実には、eBay などのインターネット上のオークション市場においては、よい評判を獲得した売り手は、他者より同一商品でも高価格で販売できているという報告もある(McDonald,2002)。

図 3および図 5では、協調戦略よりしっぺ返し戦略の個体数が少なくなっている。表 1から、協調戦略としっぺ返し戦略が取引したときには、互いに  $S$  の利得を得る。非協調戦略に対しては、協調戦略は利得  $W$  を得るのに対して、しっぺ返し戦略は、 $T$  の利得を得ることができる。数式(1)から、 $T > W$  であるので、しっぺ返し戦略の方が協調戦略より高い

利得を得ることになると考えることができる。また、Axerlod(1984)の実験においても、しっぺ返し戦略は、もっとも有効な戦略として結論付けられている。

しかし本実験では、協調戦略が有利な戦略として選択されている。これは、以下の理由で説明されるしっぺ返し戦略の危険性が原因である。

しっぺ返し戦略が、一度非協調戦略と取引し、その次の取引機会で、他のしっぺ返し戦略と取引をおこなうと、互いに非協調行為をとることになる。この結果、しっぺ返し戦略をとるエージェントの評判値が下落してしまい、他のエージェントから取引相手として選択されなくなってしまう。このことにより、利得を得ることができなくなり、新規参加者に模倣されなくなる。これに対して、協調戦略は、非協調戦略に搾取される危険性はあるが、上記のような「しっぺ返し」による非協調の連鎖に陥ることがない。更に、常に協調行動をとることから評判値が安定して高いため、協調戦略をとるエージェント同士が取引相手として選択される機会が増える。このことにより、非協調戦略と取引をして搾取される危険性を低減し、更に新規参加者に模倣がされやすくなっている。

この結果は、オンライン取引市場において、評判管理システムが存在することにより、しっぺ返し戦略より、更に相手を信頼する協調戦略が有利になりうることを示している。評判管理システムが存在することで、協調戦略が優位になるという結果は、従来のAxerlod(1984)の実験からは導けない新たな知見であるといえる。

シミュレーション結果や事例が示すように、ポジティブ評判管理システムは、オンライン取引において、有効な取引を活発化させるが、このシステムを欺く方法として、悪意のある参加者の集団が協力して、その集団に属する人の評判値を上げる行為の危険性が指摘されている。特に、セキュリティが脆弱な Peer to Peer (P2P) System では、この問題は深刻である。Milojicic ら(2002)はその脆弱性を、集中処理システムと、クライアントサーバシステムと対比することにより示した(Milojicic et. al., 2002)。

この脆弱性を克服するため、シミュレーションモデルを用いた様々な研究が行われている(Kamvar et. al, 2003)(Stoica et. al., 2001)。Kamvar(2003)らの研究は、ポジティブ、ネガティブ評判値について、分散ハッシュテーブルと推移的評判値の概念に基づく、彼らの提案する手法を用いて、P2P という完全な分散環境下でも、悪意のある集団が不当に評判値を上げることを有効に防ぐことができることを示した。

P2P システムと比べ、現在のウェブベースのオンライン取引市場は、技術的にはクライアントサーバシステムで運用されているため、セキュリティの脆弱性は低い。また、評判管理の仕組みと情報は集中的に管理されているため、直接、全ての参加者についての評判値を参照できる。このため、実際のオークションサービスでは、P2P システムで問題となっている悪意のある集団の影響はほとんど生じていない。この理由としては、大域的で一元的な評判値を見ることができるので、一回でも評価の低い取引をしてしまうと、それ以降は警戒して誰も取引をしなくなることが考えられる。現在のシミュレーションでは、純粹にネガティブ、あるいはポジティブな評判管理システムについて、シミュレーションをおこなったが、実際のオークションシステムでは、ポジティブな評判にネガティブな評判も加味して評判値を提示している。今後の研究では、悪意のある集団が参加する状況下で、ポジティブ評判管理システムにおいて、どの程度ネガティブな評判値を加味すべきかを調査予定である。

## 6. 結論

本論文で我々は、消費者間オンライン取引において、消費者相互の評判情報の流通が、市場参加者の協調行動の発現に有効であることをシミュレーション実験により示した。消費者間オンライン取引のように、市場参加者の変動が大きい環境下では、ネガティブ評判管理システムと比較してポジティブ評判管理システムが有効に機能する。これは、オンライン取引市場を設計する際には、従来の罰則制度のような非協調行動を排除する制度ではなく、協調行動を支援する制度設計が必要となることを示唆している。また、オンライン市場においては、ブランドを構築することが従来の市場と比較して重要になることも示唆している。

本論文における評判管理システムの特性として採用した評判認知特性パラメータ(論文中の定式化における  $\alpha$ )は、ポジティブ・ネガティブ評判管理システムの特徴的な性質を理解するために、協調行動だけを評価する仕組み( $\alpha=1$ )と、非協調行動だけを評価する仕組み( $\alpha=0$ )についてのみ、シミュレーションにより観察している。協調行動と非協調行動とを共に評価する仕組み( $0 < \alpha < 1$ )についての検討は今後の課題である。

ポジティブ評判管理システムには、新規参加者が評判を持たないために取引に参加しにくいという問題が存在する。シミュレーション実験の結果でも、ポジティブ評判管理システムが協調的参加者にとってよい結果をもたらさないケースも稀に観察された。これは評判管理システムによる市場の運営する際、今後解決すべき問題点であると考えられる。

## 注記

[1] eBay Inc. as <http://www.ebay.com>, 2003.

[2] Amazon.com, Inc. as <http://www.amazon.com>, 2003.

[3] 例えば、Sumitomo Mitsui Banking Corporation, as <http://www.smbc.co.jp/>, 2003.

[4] 「販売できる商品」「購入したい商品」は、深さ・長さともに 5,10 で実験した。「商品特性相違の許容幅」は、5,10,15,20,25 で実験した。「履歴の長さ」は、5,10,15,20 で実験した。

## 参考文献

[1] Axelrod, R., "The Evolution of Cooperation", New York, Basic Books, 1984.(松田裕之(訳),「つきあひ方の科学」HBJ 出版, 1987.)

[2] Axelrod, R., "The Complexity of Cooperation", Princeton University Press, 1997.

[3] Byrne, D., and Nelson, D., "Attraction as a linear function of proportion of positive reinforcements", Journal of Personality and Social Psychology, 1, 659-663, 1965.

[4] Dellarocas, C., "Immunizing Online Reputation Reporting Systems Against Unfair Ratings and Discriminatory Behavior", Proceedings of the 2nd ACM Conference on Electronic Commerce, 2000.

[5] Hagel, J. and M. Singer, "Net Worth: Shaping Markets When Customers Make the Rules", Harvard Business School Pr., 1999,(小西 龍治(訳), 『ネットの真価 インフォメディアリが市場を制

する』, 東洋経済新報社, 2001.)

- [6] Kamvar,S., M., Schlosser, and H. Garcia-Molina, "The EigenTrust Algorithm for Reputation Management in P2P Network,"Proceedings of the Twelfth International World Wide Web Conference,2003.
- [7] Kollock, P., "The Production of Trust in Online Markets", Advances in Group Processes, Vol.16, pp.99-123, 1999.
- [8] McDonald, C., and C. Slawson, "Reputation in An Internet Auction Market", Economic Inquiry, vol.40, issue 4, pp.633-650, 2002.
- [9] Milojicic, D. S., V. Kalogeraki, R. Lukose, K. Nagaraja, J. Pruyne, B. Richard, S. Rollins, and Z. Xu, "Peer-to-Peer Computing",HP Labs 2002 Technical Reports(HPL-2002-57), as <http://www.hpl.hp.com/techreports/2002/> ,2002.
- [10] Resnick, P., Zeckhauser, R., Friedman, E., and Kuwabara, K., "Reputation Systems", Communications of the ACM, 43(12), pp.45-48,2000.
- [11] Stoica, I., R. Morris, D. Karger, M.,Kaashoek, and H. Balakrishnan, "Chord: A scalable peer-to-peer lookup service for Internet application",the Proceedings of the ACM SIGCOMM '01 Conference, pp. 149-160,2001.
- [12] 鈴木光男 ,『新ゲーム理論』, 勁草書房 , 1994.
- [13] Wilson,R., "Reputations in Games and Markets", Game-Theoretic Models of Bargaining, Cambridge University Press., Pp.27-62, 1985.

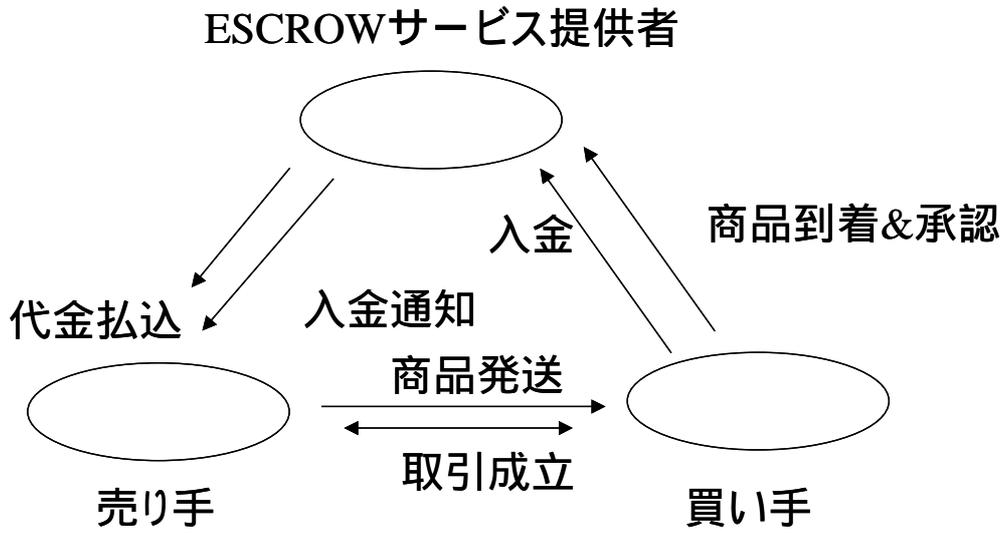


図 1 : エスクローサービスの概要

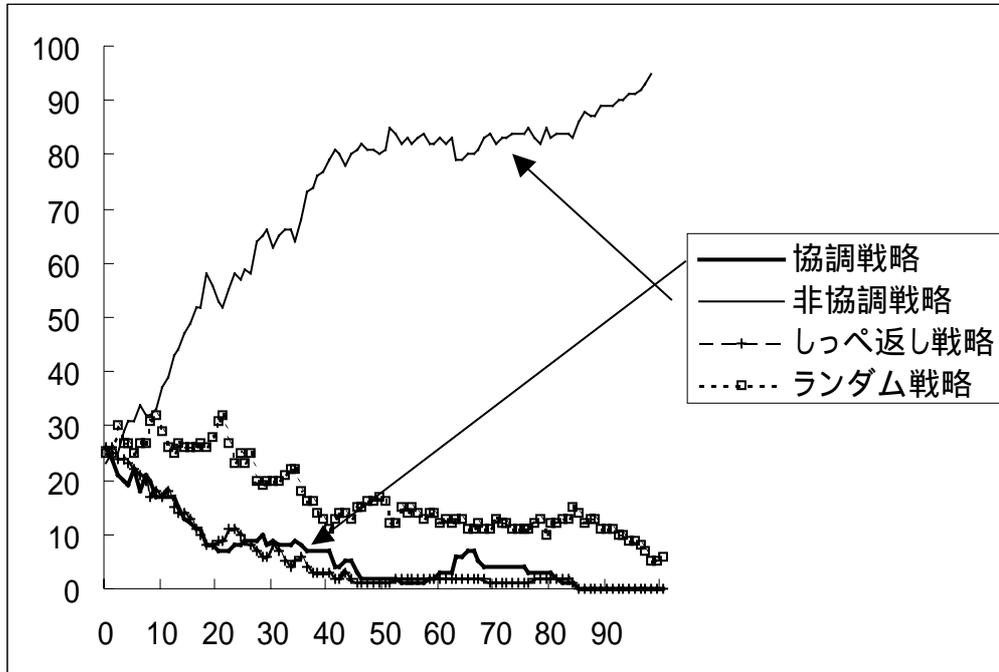


図 2 : 評判管理システムがない環境におけるエージェントの人口変化 (横軸:シミュレーション時間、縦軸:エージェント数)

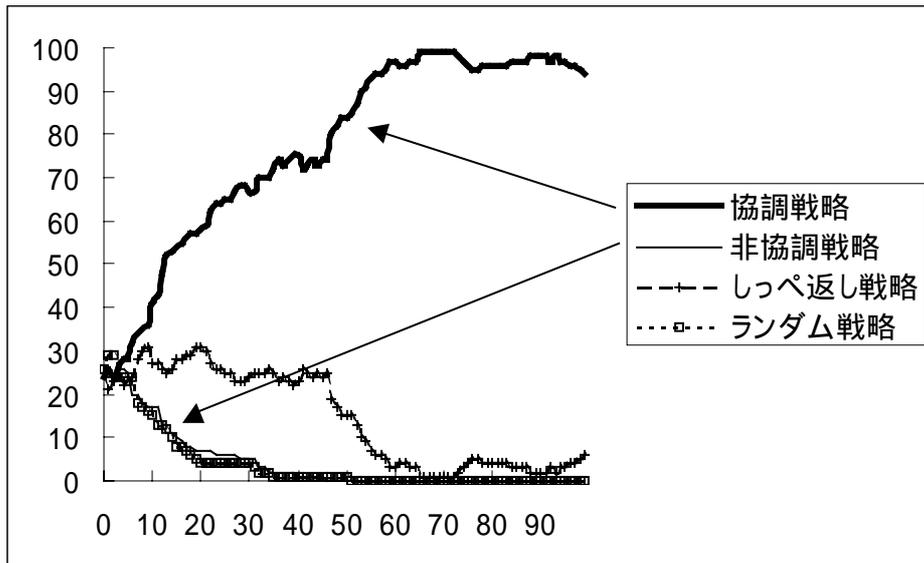


図 3 : 市場流入出率が低く評判管理システムがネガティブ評判管理システムである環境におけるエージェントの人口変化 (横軸:シミュレーション時間、縦軸:エージェント数)

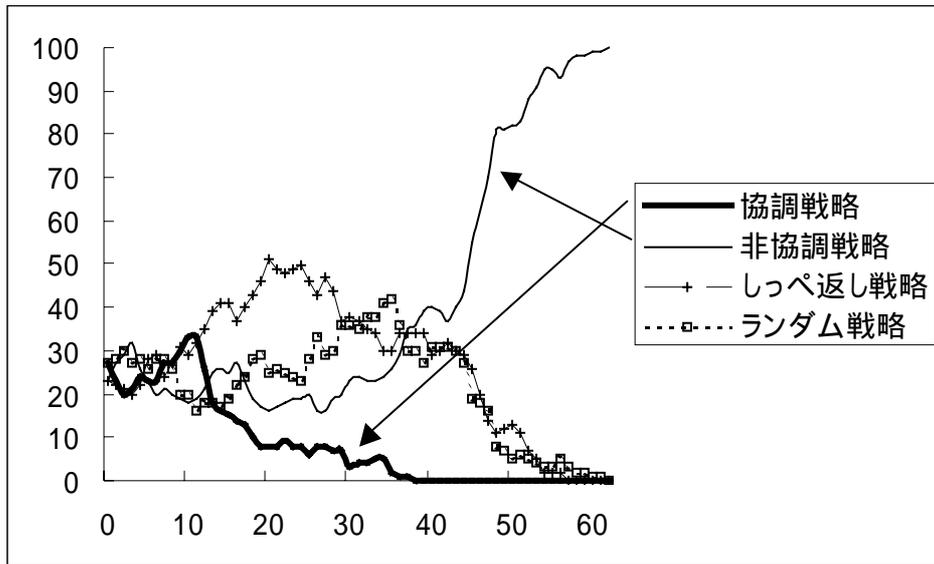


図 4 : 市場流入出率が高く評判管理システムがネガティブ評判管理システムである環境におけるエージェントの人口変化 (横軸:シミュレーション時間、縦軸:エージェント数)

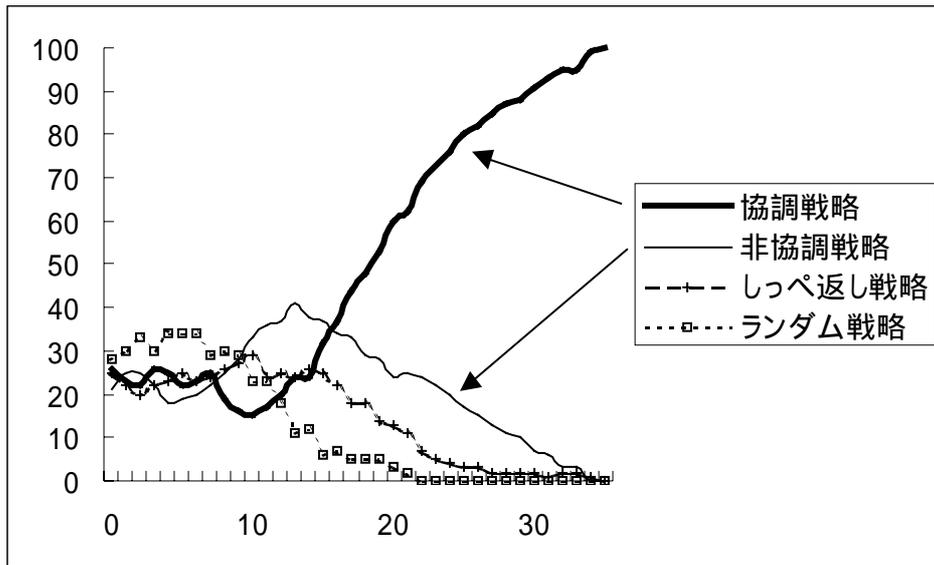


図 5 : 市場流入出率が高く評判管理システムがポジティブ評判管理システムである環境におけるエージェントの人口変化 (横軸:シミュレーション時間、縦軸:エージェント数)