

非協調への誘惑に対する評判管理システムの効果

Effect of the reputation management system on temptation to defect

山本 仁志
Hitoshi Yamamoto

石田 和成
Kazunari Ishida

太田 敏澄
Toshizumi Ohta

電気通信大学大学院
情報システム学研究科
hitoshi@is.uec.ac.jp

東京農業大学
国際食料情報学部
k-ishida@nodai.ac.jp

電気通信大学大学院
情報システム学研究科
ohta@is.uec.ac.jp

要旨:

消費者間オンライン市場は、インターネットの普及がもたらした新しい取引形態である。しかし、市場の参加者には自分だけ非協調行動をとることで、より高い利得を得よとする誘引が働く。非協調行動を抑制するメカニズムとして、参加者相互が取引相手を評価し、その結果を評判として共有する評判管理システムがある。我々は、先行研究において、囚人のジレンマの枠組みでオンライン市場をモデル化し、シミュレーション実験をおこなった。その結果、オンライン市場では、ポジティブ評判管理システムが協調行動を促進することを示した。本論文は、囚人のジレンマを表現する利得行列に対して、「誘惑」「貢献」という二つの指標を提示することで、取引される財の特質を議論することを可能にした。更にシミュレーション実験により、オンライン市場では物財の取引にはポジティブ評判システムが有効であり、情報財の取引では、ネガティブ評判システムが有効であることを示した。

キーワード:

評判管理システム、繰返し囚人のジレンマ、C2C市場、エージェントアプローチ

Abstract:

The on-line C2C market is a new venue for Internet shopping. A player who participates in a C2C online transaction always has an opportunity to cheat the consumer (non-cooperation) because of the anonymity and ease of entry and cancellation of this type of transaction. Publishing information about the player's reputation is an important way to manage the risk of cheating in these transactions. In a previous work, we showed the effectiveness of disclosing a person's reputation to ensure cooperative interaction between participants using an agent-based model. The simulation results revealed that a positive reputation system can be more effective than a negative reputation system for online transactions. In this paper we present two indexes of "temptation" and "contribution" as the payoff matrix described in the prisoner's dilemma. These two indexes facilitate arguments about the characteristics of goods in the market. The simulation results show that a positive reputation system can be an effective way to treat tangible goods, while a negative reputation system can be an effective way to treat information.

Keywords:

Reputation Management System, Iterated Prisoner's Dilemma, C2C market, Agent-Based Approach.

1. はじめに

インターネットの発展によって、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。消費者間オンライン市場の発展は、インターネットの発展が社会にもたらした新しい取引形態である。こうした情報ネットワークを介した取引では、市場への参加・退出が容易であるため、個人が他者

に対して搾取的な行動をとることも容易となったという問題も存在する。

オンライン市場において、信頼できる取引相手を識別し、協調行動を促進するためにはどのような手段が有効であろうか。インターネットを利用したオンライン市場では、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。こうした環境下において、Kollock(1999)は、参加者相互の評判を利用することで、評価のための第三者機関を

必要とせずに協調行動を促進することが可能であると論じている。

我々は、市場の参加者が相互に取引相手の行為を評価し、その情報を集積・流通させるシステムを評判管理システムと表現する。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、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。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。山本他(2003)は、エージェント・ベースド・アプローチを採用することで、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を可能にした。本論文では、「誘惑」「貢献」指標を提案し、市場で扱う財の特性を同時に議論する基盤を与える。

2. 「誘惑」と「貢献」

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るという誘引が働き、買い手には、代金を払うことなく商品を受け取るという誘引が働く。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を(プレイヤー1の利得, プレイヤー2の利得)で表現すると、表1のような利得行列によって表される。

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, S) | (W, B) |
| | D | (B, W) | (T, T) |

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。

$$\begin{cases} B > S > T > W \\ 2S > B + W \end{cases} \quad (1)$$

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。

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。

表1の利得行列に対して、4つのパラメータ間の相互関係が持つ意味を解釈するために、我々は「誘惑」「貢献」指標を導入し、この二つの軸による2次元平面上の議論を可能にした。

「誘惑(Temptation)」指標()は、次式のように表現できる(Taylor,1976)。

$$\gamma = \frac{B - S}{B - T} \quad (2)$$

分母である $B - T$ が小さいということは、自分と相手の行動が(D,C)のときの利得と(D,D)の利得の差が小さいということであり、Dをとるリスクが小さいといえる。分子である $B - S$ が大きいということは、(D,C)のときと(C,C)の利得の差が大きいということであり、Dをとる誘惑が大きくなる。よって、 γ が大きいということは、非協調行動(D)をとることの誘惑が大きいといえる。逆に γ が小さいということは、非協調行動(D)をとることの誘惑が小さいといえる。 γ の範囲は、式(1)より、 $0 < \gamma < 1$ である。

次に我々は、「貢献(Contribution)」指標()を次式で定義した。

$$\delta = \frac{S - T}{S - W} \quad (3)$$

分母である $S - W$ が小さいということは、(C,C)と(C,D)の利得の差が小さいということであり、協調するリスクが小さくなる。分子である $S - T$ が大きいということは、(C,C)と(D,D)の差が大きいということであり、互いに協調したときに、より良い結果が得られるということであり、Cをとる動機となる。よって、 δ が大きいということは、協調行動(C)をとることの動機が大きいといえる。逆に δ が小さいということは、協調行動(C)をとることの動機が小さいといえる。 δ の範囲は、式(1)より、 $0 < \delta < 1$ である。

式(1)の条件式から、囚人のジレンマを満たす γ および δ は、次式で定義できる。

$$\begin{cases} \gamma < 1/(1+\delta) \\ 0 < \gamma < 1 \\ 0 < \delta < 1 \end{cases} \quad (4)$$

また、(4)を満たす γ - δ 平面を描くと図 1 のようになる。

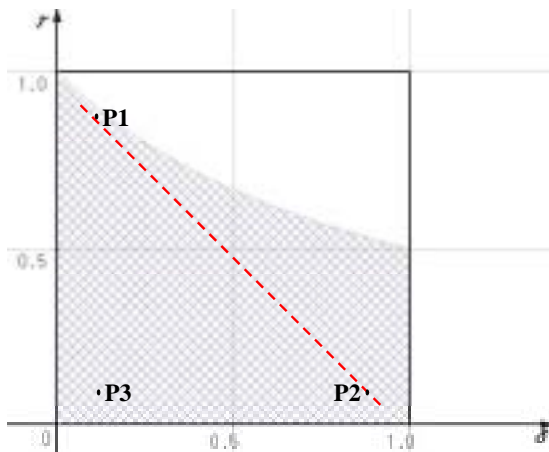


図 1: 「誘惑()」「貢献()」平面において、囚人のジレンマが成立する条件

点 P1 付近は、 γ が大きく δ が小さい領域である。利得行列がこの領域にあるということは、相手を裏切った時の利得が大きく、自分が裏切られたときの損失が大きい。現実の取引においては、高価な物財の取引が該当すると考えられる。

点 P2 付近は、 γ が大きく δ が小さい領域である。利得行列がこの領域にあるということは、お互いが協調したときに得られる利得 S と自分だけが裏切ったとき B の利得の差が小さいので、協調する誘引がある。また、 $S - T$ が大きいので、お互いに協調することで大きな利得を得られる期待があることから、積極的に協調する動機付けが可能である。これは、オープンソースコミュニティのような情報を共有することでお互いに利得を得る状況が該当すると考えられる。

点 P3 付近は、 γ も δ も小さい領域である。この領域では、 B と S の差が小さいため、裏切りに対する誘惑も小さいが、 W と T の差が大きくなる。そのために、協調することのリスクも大きい。この領域は、裏切りに対する積極的な動機は存在しなくても、自分だけ協調行動をとることが困難な状況である。

本論文で提案した「誘惑」「貢献」の軸で利得行列

を分析することで、扱っている財の特質を議論することが可能となった。次節で構築する評判管理システムのモデル上で、「誘惑」「貢献」のパラメータを操作し、モデルの振る舞いを観察する。これにより、市場が扱う財の特性に相応しい評判管理システムの設計指針が得られると考えられる。

3. 評判管理システムのモデル化

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、退出者はランダムに選択され、新規参加者は、現在高い利得を得ている参加者の行動を模倣する。

上記の手順で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 |
| 商品 | 特性をビット列で表現 |
| 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 $A_t^i = \{C, D\}$ として選択することができる。

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。

$$A_t^i = \begin{cases} C & \text{if } A_{t-1}^j = C \\ D & \text{if } A_{t-1}^j = D \end{cases} \quad (5)$$

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。

$$T_t^i = \{A_k^i | k \in \{0, 1, \dots, t\}\} \quad (6)$$

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。

$$T_{C,t}^i = \{k | A_k^i = C, k \in \{t - Scope + 1, t - Scope + 2, \dots, t\}\} \quad (7)$$

$$T_{D,t}^i = \{k | A_k^i = D, k \in \{t - Scope + 1, t - Scope + 2, \dots, t\}\} \quad (8)$$

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_t^i を次のように定義する。

$$\text{評判} : R_t^i = \alpha |T_{C,t}^i| - (1 - \alpha) |T_{D,t}^i| \quad (9)$$

ここでは、「評判認知特性」を現すパラメータである。この式により、 α 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。

単位時間当たりの参加・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。

4. シミュレーション実験

山本他(2003)は、 α がそれぞれ中程度(0.67, 0.43)の状態、市場流入率を変化させて、従来の物的な市場とオンライン市場においてそれぞれ有効に機能する評判管理システムの条件を示した。その結果、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を明らかにした。

本論文では、オンライン市場で扱う財の特性による評判管理システムの有効性を議論するために、 α を変化させて、協調戦略が有利になる評判管理システムの性質を探る。本論文では、 $\alpha + \beta = 1$ の直線上で β を変化させている。

図 2 は、評判管理システムが、協調行動だけを評価する仕組み ($\beta = 1$) であるときのモデルの挙動である。図 3 は、評判管理システムが、協調行動と非協調行動を同等に評価する仕組み ($\beta = 0.5$) であるときのモデルの挙動である。図 2 および図 3 において、 α が増大するにしたがって協調戦略が有利になっていることがわかる。

図 4 は、評判管理システムが、非協調行動のみを評価する仕組み ($\beta = 0.0$) であるときのモデルの挙動である。図 2~図 4 における横軸は α である。縦軸にシミュレーション 200 期後の各戦略の人口割合をプロットしている。 α が 0.6 以下のとき、ネガティブ評判システムでは、非協調行動が完全に支配的であるが、0.8 以上の値では、逆に非協調行動を完全に抑制している。

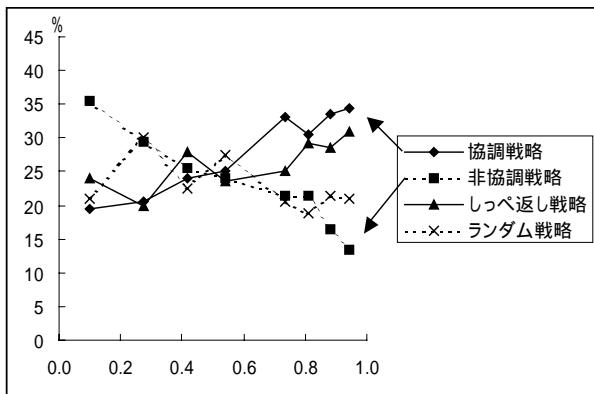


図 2: α を変化させたときの各戦略の人口 ($\beta = 1.0$)

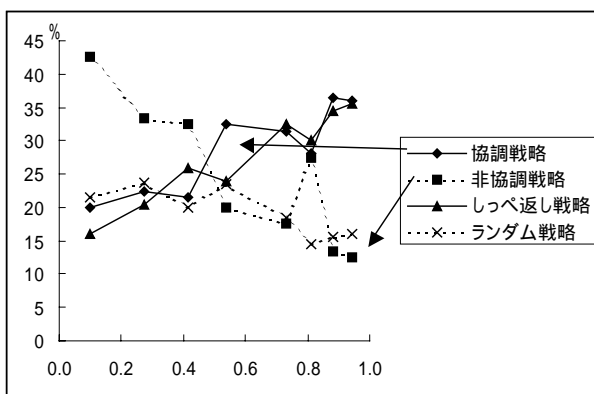


図 3: α を変化させたときの各戦略の人口 ($\beta = 0.5$)

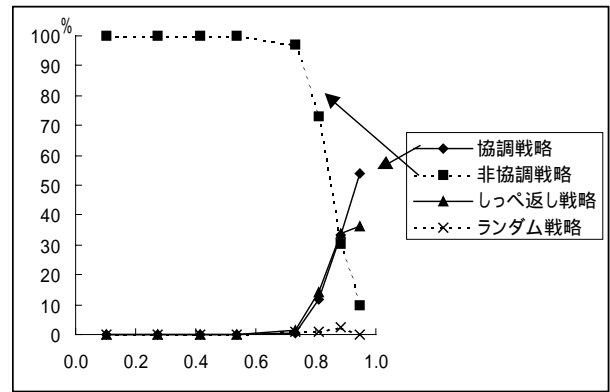


図 4: α を変化させたときの各戦略の人口 ($\beta = 0.0$)

5. 考察

山本他(2003)の結果によれば、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に対応する。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。

図 2 および図 3 からわかるように、ポジティブ評判システムは、「誘惑」がある程度大きい状態でも、協調行動が存続できることを示している。逆に図 4 では、「誘惑」が大きい領域では完全に非協調戦略が支配的となっている。つまり、オンライン市場において、非協調の誘惑が大きい高価な物財などを取引するためには、ポジティブ評判システムが必要であることが、本論文の結果からも読み取れる。

しかし、ポジティブ評判システムは、新規参加者にとって参入障壁となるという課題が存在する。逆にネガティブ評判システムは、新規参加者にとって参入障壁とならない。つまり、ネガティブ評判システムが協調行動を促進する上で有効となる場合には、ネガティブ評判システムを採用したほうが、参入障壁のない市場を構築できると考えられる。

図 4 で $\alpha > 0.7$ の範囲では、協調戦略が支配的になっている。この範囲は、「誘惑」が低く「貢献」が高

い領域である。つまり、互いに協調することで高い利益が得られ、たとえ自分が裏切られたとしても、それほど大きな損失がない状態である。たとえば、情報や知識の交換を市場原理で運営する知識市場などがこれに該当すると考えられる。たとえば、K-square や Chienowa.com などが現実の市場の例である。情報や知識の提供はフリーライドされたとしても、情報自身が自分の手許に残るため、物財ほど大きな損失にならないと考えられる。このような状況では、ネガティブ評判システムを採用することが、非協調行動を抑制し、かつ新規参入者に対する参入障壁がない市場の構築に有効であるといえる。

図 2~図 4において、「貢献」が大きく「誘惑」が小さい領域（ β が 1 に近い領域）では、協調戦略がしっぺ返し戦略に対しても優位になっている。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。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。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。

「誘惑」が大きい領域では、非協調戦略を駆逐するための存在として、しっぺ返し戦略の果たす役割が必要であるが、「貢献」の大きい領域では、相手に一方的に裏切られることがあったとしても、常に協調行動をとることが、高い利得を得るために有効な行動原理であると考えられる。これは、オープンソースコミュニティなど、情報財を中心とした分野が、利他的な行動によって発展可能であることを示唆している。

6. 結論

我々は、消費者間オンライン市場における取引が囚人のジレンマ構造を持つことを示し、その上で、利得行列に対して「誘惑」「貢献」という指標を提案することで、市場で扱う財の特性を操作的に扱うことを可能にした。これによって、市場の設計者が、財の特性によってどのような評判管理システムが有効であるかを検討することが可能になる。続いて、評判管理システムを取り入れた消費者間オンライン市場を扱うエージェントモデルを構築し、シミュレーション実験をおこなった。シミュレーション実験の結果から、高価な物財を扱う市場のように「誘惑」が高い環境では、ポジティブ評判システムのほうがネガティブ評判システムより有効であることがわかった。また、オープンソースコミュニティや情報交換の市場のように「誘惑」の低い環境では、ネガティブ評判システムが有効であることを示した。これは、ポジティブ評判システムを持つ、新規参入者に対する参入障壁という限界を克服しつつ、単純なシステムで実装可能なネガティブ評判システムの可能性を示唆するものである。

References

- [1]Axelrod, R., "The Evolution of Cooperation", New York, Basic Books, 1984,(松田裕之 (訳), 「つきあい方の科学」HBJ 出版, 1987.)
- [2]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.
- [3]Dellarocas, C., "Immunizing Online Reputation Reporting Systems Against Unfair Ratings and Discriminatory Behavior", Proceedings of the 2nd ACM Conference on Electronic Commerce, 2000.
- [4]Kollock, P., "The Production of Trust in Online Markets", Advances in Group Processes, Vol.16, pp.99-123, 1999.
- [5]Resnick, P., Zeckhauser, R., Friedman, E., and Kuwabara, K., "Reputation Systems", Communications of the ACM, 43(12), pp.45-48,2000.
- [6]Tailor, M., "Anarchy and Cooperation", London: Wiley, 1976.
- [7]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,pp.55-69, 2003.