

Auction Network Trust : 電子商取引ネットワークにおけるユーザ間の
 関係を利用した評判メカニズム

小林 真雄^{†a)} 安藤 哲志^{†b)} 伊藤 孝行^{†,††c)}

Auction Network Trust : A Reputation Mechanism based on Users' Relationships
 in E-Commerce Networks

Masao KOBAYASHI^{†a)}, Satoshi ANDO^{†b)}, and Takayuki ITO^{†,††c)}

あらまし インターネットオークションは、ネットワーク上だけでなく、実世界の商取引の手法としても重要性を増している。多くの商取引がネット上で行われるようになってきたため、ネットワーク上のユーザの評判や信用を測定したいという社会的ニーズが増加している。そのため、評判メカニズム (reputation mechanism) が広く研究され、実際に応用されている。最も広く普及している評判メカニズムは、極めて単純なスコアリングに基づくメカニズムである。ここでは、ユーザは、行われた取引に対するフィードバックとして、単純なスコアを相手に与える。単純なスコアは、-1, 0, 1 が使われたり、0~5 が使われている。そして、個々の取引に関するスコアが、ユーザごとに合計され、スコアの合計値がそのユーザの「信頼」を表すことになっている。単純なスコアリングメカニズムの問題点は以下の通りである。第1に、スコアを合計する計算自体が、重要な情報を失っている可能性がある。第2に、商取引では、良い買い手が良い売り手と取引を継続的に行うというような関係があると考えられる。それにも関わらず、単純なスコアは、ユーザ間の関係を表すような計算 (例えば、伝搬など) はしていない。一方、ウェブサイトの評判メカニズムと考えられる PageRank や HITS というアルゴリズムは、ページ間のリンク関係を利用し、値の伝搬を行うことで、各ページの重み (評判) を求めている。本論文では、商取引ネットワークで、ユーザの信用を測るための方式として、ANT (Auction Network Trust) アルゴリズムを提案する。特に ANT (HITS), tANT, rANT, mANT, dANT と呼ぶ5つの ANT アルゴリズムを提案する。本論文の目的は、各 ANT アルゴリズムを実データ (Yahoo! Auctions, Japan) に応用することで、各 ANT アルゴリズムの特徴を明らかにし、実験を通して得られた知見を示すことである。

キーワード インターネットオークション, ネットワーク解析, 評判システム, 評価指標

1. はじめに

インターネットオークションは、ネットワーク上だけでなく、実世界の商取引の手法としても重要性を増している。インターネットオークションの利用者数は、世界最大のオークションサイト eBay で約2億500

0万人、国内最大手の Yahoo!オークションでは700万人と、国内でも年々その数は増加している。多くの商取引がネット上で行われるようになってきたため、ネットワーク上のユーザの評判や信用を測定したいという社会的ニーズが増加している。そのため、評判メカニズム (reputation mechanism) が広く研究され、実際に応用されている。

最も広く普及している評判メカニズムは、極めて単純なスコアリングに基づくメカニズムである。ここでは、ユーザは、行われた取引に対するフィードバックとして、単純なスコアを相手に与える。単純なスコアは、-1, 0, 1 が使われたり、0~5 が使われている。そして、個々の取引に関するスコアが、ユーザごとに合計され、スコアの合計値がそのユーザの「信頼」を表すことになっている。単純なスコアリングメカニズムが

[†] 名古屋工業大学大学院産業戦略工学専攻 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町

School of Techno-Business Administration, Nagoya Institute of Technology, Gokiso, Showa-ku, Nagoya 466-8555, Japan

^{††} MIT スローン経営大学院, 5 Cambridge Center, NE25-749A, Cambridge 02139, MA

MIT Sloan School of Management, 5 Cambridge Center, NE25-749A, Cambridge 02139, MA

a) E-mail: kobayashi@itolab.mta.nitech.ac.jp

b) E-mail: ando@itolab.mta.nitech.ac.jp

c) E-mail: ito.takayuki@nitech.ac.jp

一般には広く使われていることが報告されている [1]。さらに、単純なスコアリングに基づくスコアを実世界の本当の信用の基準として採用しようという研究者も存在する。しかし、単純なスコアリングに基づくメカニズムが持つ問題は明らかである。例えば、単純なスコアはユーザ個々の主観的な値であり、また、スコアの単純な合計はなんらかの重要な情報を消し去っている可能性がある。

良く知られている PageRank [2] や HITS [3] [4] は、ウェブページの評価システムである。PageRank や HITS はウェブページの評判システムとして捉えることもできるが、単純なスコアリングだけに頼るのではなく、ウェブページの評価をするためにリンク構造の特徴を利用している。インターネットオークションでも、あるユーザが買い手になったり、売り手になったりすることがあるため、ユーザ間に売買に関するネットワーク関係が存在する。ここで、ネットワークをグラフでモデル化した場合の、ノードはユーザ（売り手、もしくは買い手）、リンクは売買の取引関係を表すと捉えることができる。従って、ネットワーク解析 [5] [2] [3] のコンセプトや概念も応用可能と考える。そこで、本研究では、オンラインオークションにおける取引関係のネットワークの特徴に基づく、より効果的な評判メカニズムを構築する。

以上のような観点から、本研究では、インターネットオークションを社会的ネットワーク構造として捉え解析評価することで、ユーザ間の関係から、ユーザの評判に関して、より客観的な評価を与えることを支援する。本論文では、既存のオークションサイトで用いられている単純なスコアリングメカニズムに対し、オークションネットワーク全体を評価するためのアルゴリズムとして Auction Network Trust (以下 ANT) を提案する。本論文では、次の 5 つの ANT を提案する: ANT(HITS), t-ANT, r-ANT, m-ANT, 及び d-ANT。

本論文の目的は、ANT を実際のオークションの取引ネットワークに適用することで、個々のユーザの出品者、また落札者としての評価値 (ANT スコアと呼ぶ) を算出し、その効果を解析することにある。以下に示す 4 点は、Yahoo, Auction! から収集した実データに、各 ANT を適用した結果から得られた知見である。

- インターネットオークションにおいて、売り手と買い手の立場の違いによって、評価基準が異なる。
- 取引の円滑さ (時間がかかるか否か) が、売り

手の買い手に対する評価に関与している。

- 提案手法である ANT アルゴリズムは、優良なユーザを発見することができる。
- 各 ANT アルゴリズムは、異なる評価基準を用いるため、ランキングメカニズムとして見ると異なるランキングを出力する。従って、ランキングメカニズムとして使用する場合は慎重にどの ANT アルゴリズムを選択する必要がある。

本論文の構成として、第 2 章では関連研究を述べる。第 3 章では現在のインターネットオークションサイトで用いられている単純なスコアリングメカニズムの問題点について述べる。第 4 章では、本論文での提案手法である ANT に関して述べる。第 5 章では、実際のオークションサイトからデータを収集するためのクロウラプログラムについて述べる。第 6 章では、ANT をクロウラで収集した実データを用いて評価実験について述べる。第 7 章ではまとめと今後の課題を述べる。

2. 関連研究

2.1 評判メカニズム

一般に、eBay, Yahoo! Auctions, などの、オンラインのオークションやショッピングで使われる評判メカニズムは、単純なスコアリングメカニズム (simple scoring mechanism) である。単純なスコアリングメカニズムでは、単純な数値とその合計を用いて、買い手が売り手を評価したり、売り手が買い手を評価したりする。単純なスコアリングメカニズムの欠点については次節 2.2 で説明する。

評判メカニズム (reputation mechanism) は、マルチエージェントシステム、計算機科学、ゲーム理論、生物学など、広い範囲で研究されている。特にマルチエージェントシステムの分野では多くの先行研究がある。文献 [6] [7] では、評判メカニズムを幅広く調査し、明快な階層型の分類を提案している。まず評判メカニズムは、個人型 (Individual) とグループ型 (Group) に分類される。本論文で注目する個人型は、さらに直接型 (Direct) と間接型 (Indirect) の評判システムに分類される。直接型の評判メカニズムはさらに、観察型 (observed) と偶発型 (encounter-derived) に分類される。間接型の評判メカニズムは (事前) 確率型 (prior-derived), グループ型 (group-derived), および伝搬型 (propagated) に分類される。さらに詳細は、文献 [6] を参照されたい。オンラインのオークションやショッピングの評判メカニズムはほとんどが、個人型、

直接型, かつ観察型, もしくは, 個人型, 直接型, かつ偶発型に分類される. 本論文では, オンラインオークションは, 間接型の評判メカニズムも構築可能で, 特に伝搬型の評判メカニズムを実際にオンラインオークションに適用する.

本論文と同じように, 間接型でかつ伝搬型の間接的評判メカニズムを構築する研究 [8] [9] [10] もある. これらの研究では, 評判情報がエージェントからエージェントに渡されながら伝搬する. また, 文献 [11] は, 合理的エージェントを仮定した上で, 正直なフィードバックを返すようなインセンティブ機構を設定することで, 信頼性のある評判メカニズムを理論的に構築している. これらの評判メカニズムの研究の特徴は, 自ら仮想的なエージェントの社会を作り, その中で評判メカニズムを構築し解析している. 一方, 我々は, 実際の取引ネットワークを基にして, その取引ネットワークに対して有効な評判メカニズムを構築する.

ウェブページをランキングするメカニズムも, ウェブページの評判メカニズムとして見る事ができる. Google の PageRank [2] は, 最も有名なランキングアルゴリズムであり, ウェブページ間のリンク構造を利用している. Hyperline-induced Topic Search (HITS) [12] は, 一つのページに対して二つの値を決定するような, リンク解析アルゴリズムである. HITS はネットワークを構成するノードの情報がリンクを通じネットワーク全体に伝播することで, ページの評価を行う. HITS は多数のページからリンクを得る良質なページ「authority」と良質なリンク集ページ「hub」という概念を持つのが特徴である. また, HITS にはいくつかの問題点と, 多くの改良法が提案されている [13] [3] [4]. HITS も PageRank も, リンクやページの特徴を伝搬する伝搬型の評判システムであり, 直接型とも間接型とも言える. 詳細は次の3章で述べるが, 本論文で提案する ANT は, PageRank や HITS と同様に, ノードとリンクで構成されるグラフを隣接行列を用いて計算, 評価するものである.

TrustRank [14] は, 予め人の目で「良いページ」を判断し, ページの評価をしていく手法である. Web スパムの発見等に用いられている.

さらに, インターネットオークションに関しては, その他の様々な観点から研究が行われている. 前章でも述べたように, インターネットオークションでは詐欺行為が問題になっており, オークションに内包されているデータから詐欺者を同定しようという研究が多

い. 代表的なものとして, オークションでの評価時間に着目したコミュニティ抽出 [15] や, オークション内の取引関係から確率推論を用いて特異なパターンを抽出し, 詐欺者を同定する研究 [16] などがある. 一方, システム実装に関して, オークションの入札支援を複数のエージェント間の協調によって行うもの [17] もある. また, インターネットオークションにおけるユーザの信頼を解析した研究 [18] も行われている.

3. 既存の単純なスコアリングメカニズムとその問題点

現在の電子商取引サイトの多くでは, ユーザが, 商品またはユーザに, 単純な数字 (-1~1 や 0~5 など) を評価として付ける. 商品やユーザに付けられた数字は, 協調フィルタリングや商品の評価の一つとして使われる. また, ユーザに付けられた数値は, そのユーザの信頼性を示す指標として使われる. インターネットオークションサイトにおける評判システムは, 取引終了後に当事者が互いの評価を, 数段階の離散数値として付けるものが多い. ユーザは個々の取引で付けられた数値の累計値を自身に対する「評判」(もしくは, 信用や評価)として持つことになる. 例えば, Yahoo! Auction での, ユーザの「評判」の算出式を式 (1) で示す. ただし, あるユーザ i の評判を RV_i , N はユーザ i と取引した人数, t_m はユーザ i とユーザ m が取引した回数, ユーザ i と取引したユーザ m が i に対して t 回目の取引とのときに付けた評価ポイントを $r(m, t)$ とし, $r(m, t)$ のとりうる値は $\{-1, 0, 1\}$ とする.

$$RV_i = \sum_{m=1}^N \sum_{t=1}^{t_m} r(m, t), (m = 1, 2, \dots, N) \quad (1)$$

ユーザは式 (1) を, 相手の信用を図る指標とする.

以上の既存の単純なスコアリングメカニズムの問題点を挙げる.

【問題点 1】取引における個々の単純なスコアが何を表しているのか不明な点である. 単純に「良い」という数値が付けられたとしても, 何がどの程度良いのかは, 数値的に反映されていない. そのため, ユーザが相手の信頼を計る時に, 表示されている数値のみが注目され, 評価値の操作を使った不正行為も起こりやすくなる.

【問題点 2】単純なスコアの数値の合計による情報の欠落がある. 既存の単純なスコアリングメカニズム

では、良い評価または悪い評価が反対の評価によって打ち消されてしまう。評価の打ち消しは、画一化された評価ポイントによって表現されていることが原因である。つまり、どんな良い取引を行ったとしても与えられるポイントは1点である。反対にどんなに悪い取引でも、悪い取引では-1点しか与えられないのである。本来、個々の取引において評価の程度が異なるのが一般的であり、定量的な形で評価の程度が反映されるべきである。

【問題点3】ユーザの評判の伝播がない点である。Web ページにおける PageRank に代表されるような、評判の良い相手からの投票は高い価値があるという考え方をインターネットオークションの評判メカニズムにおいて考慮すべきである。近年のオンラインショッピングやコミュニティサービスにおいて、他人の評価や指標を用いて推薦や、協調を行う場面が増えてきている。インターネットオークションにおいても同様に、高い信頼度を持つユーザからの良い評価は高く採点されるべきであるし、また悪い評価は他のユーザからの悪評価より重い意味を持たせるべきである。既存の評判メカニズムでは、ユーザがどのような評価を受けてきたかの履歴は確認することが出来るが、その評価がどのような相手によってなされているかは把握できない。

以上のような問題点に対して、本論文では、既存の評判メカニズムにおけるユーザの評価の解析と、評価の伝播を考慮したユーザ評価指標の提案を行う。

4. Auction Network Trust

4.1 ANT の概要

本章では、インターネットオークションにおける取引関係ネットワークを用いたユーザの評価指標として Auction Network Trust (ANT) を提案する。ANT では、ユーザの評価の伝播を考慮するために関連研究で述べた HITS に基づいている。HITS を採用した理由は、HITS がリンクの流入と流出の2つに関して、ノードを評価することが出来るからである。従って、HITS では、ネットワーク中の、リンクが流入する側(商品を受け取る買い手)としての重要度と、リンクが流出する側(商品を売る売り手)としての重要度を計算することができる。

インターネットオークションでのネットワーク構造とは、ユーザの取引関係であり、リンクの流入とは、品物が売り手から買い手に売られた(移動した)こと

を表す。すなわち、HITS の有向パスによって品物の流れを表すことができる。表1にオークション、とネットワークをグラフとして定義した場合の対応を示す。

ANT では、ユーザの評価の伝播を行うだけでなく、既存の評価システムにおける問題点1「単純スコアが取引における個々の評価が何を表しているのか不明」に対応するために、インターネットオークション独自の要素を取り入れている。ANT では、ユーザを買い手として、また売り手としてさまざまな指標を基に評価し、得点(スコア)を与えるものである。ANT によって得られる得点を ANT スコアと呼ぶ。ANT スコアには買い手としてのスコアと売り手としてのスコアがある。

以下に、本論文で提案する ANT と、各 ANT で利用するインターネットオークション独自の要素を示す。

- ANT(HITS): HITS に基づく基本的な ANT
- t-ANT: 取引終了時刻と評価時刻の差を用いる
- r-ANT: 取引時の買い手の売り手に対する評価だけを用いる
- m-ANT: 同じ二者間での取引回数を用いる
- d-ANT: 売り手と買い手の間の評価値差を用いる

以上の要素を取り入れた理由は、各要素がユーザを評価する要因になっていると考えられるからである。個々の要素の ANT スコアの算出は次節で詳細に述べる。

4.2 ANT(HITS)

本節では、ANT アルゴリズムで最も基本的な ANT(HITS) について述べる。インターネットオークションにおける取引関係を表す隣接行列を A とする。ユーザ i からユーザ j に商品が売られたとき $a_{ij} = 1$ とし、取引が存在しないとき、 $a_{ij} = 0$ とする。 n はネットワークにおける総ユーザ数である。 A の要素定義式(3)は、ANT の基本となる式であり、Web におけるハイパーリンクの構造を表した隣接行列と同様である。他の ANT は ANT(HITS) における要素定義式(3)を、インターネットオークション独自の要素で置き換えたものになる。

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & (\text{売り手 } i, \text{ 買い手 } j) \\ 0 & (\text{取引がないとき}) \end{cases} \quad (3)$$

表 1 オークションにおけるネットワーク要素の対応
Table 1 Comparison of Auction and Network Structure

ネットワークのグラフとしての要素	オークションの要素
ノード	オークションユーザ
有効リンク (A B)	有向な取引関係 (A:売り手, B:買い手)

インターネットオークションにおけるユーザ間の取引関係を表す隣接行列 A に対して、式 (4)、式 (5)、および式 (6) の反復計算することで、ネットワーク全体において、個々のユーザが出品者としてどの程度重要なのか、また買い手としてどの程度重要なのかの度合いをベクトルで出力する。各ユーザの買い手としてのスコア $X_i = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 、売り手としてのスコア $Y_i = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ を n 次元ベクトルとし、 $X_0 = (1, 1, \dots, 1)$ 、 $Y_0 = (1, 1, \dots, 1)$ と初期化する。

$$X_{i+1} \leftarrow A^T Y_i \quad (4)$$

$$Y_{i+1} \leftarrow A X_{i+1} \quad (5)$$

$$X_{i+1} \leftarrow \frac{X_{i+1}}{\sum_n X_{i+1}}, Y_{i+1} \leftarrow \frac{Y_{i+1}}{\sum_n Y_{i+1}} \quad (6)$$

式 (4)、式 (5)、および式 (6) の反復計算は各スコアのベクトルの値が収束するまで繰り返される。式 (6) ではスコアの正規化を行っている。上記の式の適用は隣接行列に関連する固有値計算に帰結する。インターネットオークションの取引関係を隣接行列で表すと、隣接行列は n 次正方行列になることから計算量は n に大きく依存する。そこで、反復計算の終了条件は最大固有値の近似を用いている。第 6 章の評価実験では、反復回数を 20 回に設定している。20 回という数値は [12] において、HITS の計算時に用いられた数値で、実験的に値が急激に収束する回数である。次に、ANT における各オークション要素の定義について述べる。ANT の各要素は、隣接行列要素の定義式に適用される。

4.2.1 取引が終了した時刻とスコアを付けた時刻の差 (t-ANT)

t-ANT では、各取引が終了した時刻と、スコアを付けた時刻との差を用いる。隣接行列の定義式は式 (7) である。買い手 j の売り手 i に対するスコアを付けた時刻を T_{ij}^s 、 i と j との取引が終了した時刻を T_{ij}^e とする。行列の要素は、 T_{ij}^s と T_{ij}^e の差分の逆数となる。従って、より短時間に取引を完了させるほど、その取引は優良と考え、重みを大きくする。

$$a_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{|T_{ij}^s - T_{ij}^e|} & (\text{売り手 } i, \text{ 買い手 } j) \\ 0 & (\text{取引がないとき}) \end{cases} \quad (7)$$

取引が終了した時刻と、スコアを付けた時刻の差を利用する理由は、オークションにおけるユーザの評価において、取引の手際が大きな要因となるからである。既存の評判システムでも、悪い評価を付ける原因となるのは、商品の良し悪し以外に、「連絡が取れない」や「振込、発送まで時間がかかった」など取引時間に関するものが多く見受けられる。つまり、取引する相手が滞り無く取引を行えることは、評価の要因として重要であると考えられる。

4.2.2 売り手に対する買い手の評価 (r-ANT)

r-ANT では買い手の売り手に対する評価だけを用い、詳細化して利用する。隣接行列の定義式は式 (8) である。ここで、 r_k は各取引における買い手 j から売り手 i に対する評価、 N は j が i を評価した回数である。

$$a_{ij} = \begin{cases} \sum_{k=1}^N r_k & (\text{売り手 } i, \text{ 買い手 } j) \\ 0 & (\text{取引がないとき}) \end{cases} \quad (8)$$

$$r_k = \begin{cases} -6 & (\text{評価が「非常に悪い」}) \\ -4 & (\text{評価が「悪い」}) \\ 0 & (\text{取引がないとき}) \\ 1 & (\text{評価が「どちらでもない」}) \\ 2 & (\text{評価が「良い」}) \\ 3 & (\text{評価が「非常に良い」}) \end{cases} \quad (9)$$

買い手の売り手に対する評価を用いる理由は、インターネットオークションにおける詐欺行為は売り手によるものがほとんどで、買い手が売り手をどのように評価しているかによって、その取引における当事者間の信頼を評価できる、と考えるためである。

ここでは、既存の単純なスコアリングシステムの問題点 2 「単純なスコアの数値の合計による情報の欠落がある」に関して、取引の評価の程度を定量的に反映させるために、悪い評価をより重視するように r_k を設定している。

4.2.3 同じ二者間での取引回数 (m-ANT)

m-ANT は、同じ二者間での取引回数を用いる。隣接行列の定義式は式 (10) である。ここで N_{ij} は売り手 i と買い手 j との取引回数である。

$$a_{ij} = \begin{cases} N_{ij} & (\text{売り手 } i, \text{ 買い手 } j) \\ 0 & (\text{取引がないとき}) \end{cases} \quad (10)$$

取引回数を用いる理由は、インターネットオークションにおける複数回取引は当事者間の信頼が高いことを示しているからである。同二者間で取引回数が多いということは、売り手の商品や取引の対応に対して、買い手が、良い評価をしていると言える。

4.2.4 売り手と買い手の持つ評価値の差 (d-ANT)

d-ANT では、売り手と買い手の評価値の差を用いる。隣接行列の定義式は式 (11) である。式 (11) に基づく ANT を d-ANT と呼ぶ。ここで、 R_i は売り手 i の持つ評価値、 R_j は買い手 j の持つ評価値を表す。

$$a_{ij} = \begin{cases} \frac{R_i + R_j}{2|R_i - R_j| + 1} & (\text{売り手 } i, \text{ 買い手 } j) \\ 0 & (\text{取引がないとき}) \end{cases} \quad (11)$$

評価値の差を用いる理由は、取引において特に買い手は、売り手のもつ評価値を考慮しているからである。経験の浅いユーザが、経験の高く信頼の高いユーザを選んでいる取引は、良い取引と考えられる。なぜなら、オークションの経験が浅いユーザは、相手の信頼を知る手段を持っていないため、システムの情報に依存せざるを得ないためである。経験の高いユーザ同士や、経験の低いユーザ同士の取引が、必ずしも悪い取引ではないが、ここでは、経験の浅いユーザが、経験の高く信頼の高いユーザを選んでいる取引を、より良い取引として、高い評価を与える。

5. オークションクローラーの実装

本章では、既存のインターネットオークションでの評価システムにおける評価の解析と、ANT の評価実験に用いるデータの収集を行うためのプログラムについて述べる。web におけるデータの収集を行うための巡回プログラムをクローラーと呼び、本論文では、国内最大の規模を誇る Yahoo!オークションに準じてデータ収集を行った。本研究ではクローラーは Java で実装し、データベースに MySQL を使用した。収集方法は、まず、クローラに探索基点となる Yahoo!オークション ID を入力する。ID を受け取ったクローラは URL を作成し、Yahoo!オークションに HTML 要

求、取得する。次に、取得した HTML を解析、オークションのネットワーク構成に必要な要素など様々なパラメータを抽出し、データベースに格納する。表 2 に実際に Yahoo!オークションから取引データとして取得してきているものを MySQL のテーブルに格納している形で示す。

また、本論文で実装したクローラーはデータ収集を行う際にランダムにサンプリングを行っている。今回扱うデータ収集源となる Yahoo!オークションの「評価ページ」は、表 2 のフィールドに示すような項目を記載したページで、クローラは評価ページの中のユーザ ID を次探索候補として取得していく。つまり、クローラーの探索方法はハイパーリンクの幅優先探索ということである。Yahoo!オークションのシステム上、単一のユーザを探索基点とした場合、オークションのネットワークの一部しか取得できない。そこで、探索基点を複数にすることでランダムにサンプリングを行った。

表 2 ユーザ個人テーブルの構成
Table 2 User Table

Field	データ型	説明
owner_name	varchar	対象とするページのユーザ ID
traded_name	varchar	取引相手の ID
rep	int	取引相手の評価値
account	varchar	取引相手のアカウント情報
stance	char	対象ユーザの取引主体
rate	char	取引相手のその取引での評価
ttime	datetime	その取引の終了時刻
rttime	datetime	取引相手の評価時刻
cancel	varchar	取引キャンセル時の情報

6. 評価実験

6.1 実験設定

本章では、既存のインターネットオークションにおける評価システムの解析と、クローラーによって収集した実データを用いての ANT の検証を行う。今回の実験で用いたユーザ数とリンク数、実験環境は以下に示す。

- 利用対象ユーザ (ノード) 数: 12,358
- 利用取引 (リンク) 数: 241,134
- 計算機: MacOSX 10.5.2 Intel Core2Duo 1G
- データベース: MySQL5.0
- 言語: Java(JDK1.5)

現在、さらにユーザ数とリンク数ともに、さらに多くの数を集めており、その詳細な解析は今後の課題とする。

上記の環境において ANT スコアを算出する、スコアの算出にかかる反復計算回数は 20 回。各 ANT 要素について計算を行った。データベースにはユーザの各 ANT 要素について、買い手としての ANT スコア、および売り手としての ANT スコアが格納される。得られた ANT スコアと収集データについて以下の 2 つの実験を行う。

- 【実験 1】各 ANT スコアと単純スコアの相関の検証

- 【実験 2】高スコアを取得しているユーザのページの主観的評価

- 【実験 3】ANT との比較として、PageRank と単純スコアの相関の検証

実験 1 の目的は、既存のスコアリングシステムの単純スコアと、各 ANT スコアの相関を見ることで、各 ANT スコアの特徴を解析する。実験 1 では、ANT の買い手としての ANT スコア及び売り手としての ANT スコアと、既存のスコアリングシステムの単純スコアの相関図を示す。実験 2 の目的は、ANT を実際のインターネットオークションでの評価指標と捉えたときに、各スコアの高得点者が信頼できるユーザであるかを検証する。実験 3 の目的は、HITS と同様にウェブの評判システムの一つとして最も良く知られている PageRank との相関を検証することである。

6.2 実験結果と考察

【実験 1】の結果

実験 1 では、ANT スコア（売り手及び買い手）と、単純スコアとの相関を検証する。そして、ユーザ評価がどのような要因によって行われているのか、また、売り手と買い手という評価対象の対場の違いで評価基準が異なるのかを解析する。

図 1、図 2、図 3、図 4、及び図 5 が ANT スコアと評価値との相関図で、横軸に ANT スコア、縦軸に単純なスコアリングメカニズムによる単純なスコアを示している。

図 1 は ANT(HITS) の結果である。(a) と (b) を比較すると、単純スコアとの相関はほぼ同様で、単純スコアが低い者に、低い ANT スコアが与えられている。一方で、売り手としてのスコアが、買い手としてのスコアよりも広く分布している。これは、同一の単純スコアであっても、出品者としての重要度に差異があることを示唆している。つまり、単純スコア以外の評価指標によって出品者の信頼度を計測可能であると考えられる。

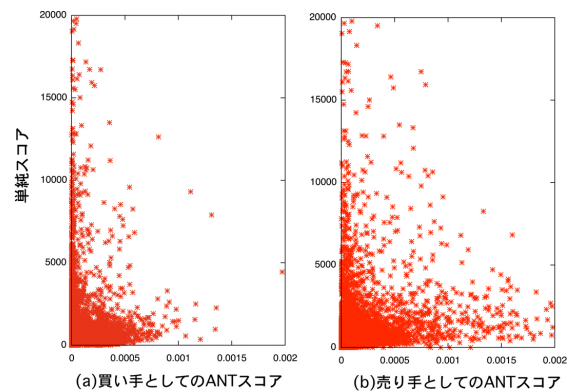


図 1 ANT(HITS)

Fig. 1 ANT(HITS)

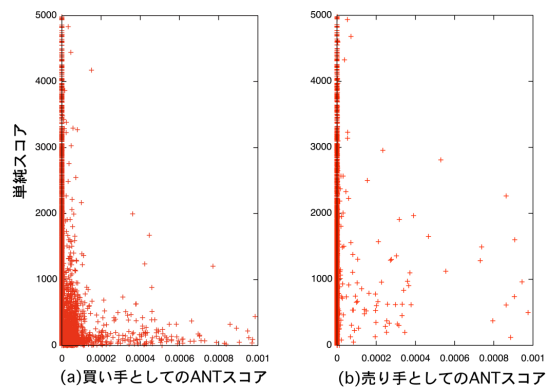


図 2 t-ANT

Fig. 2 t-ANT

図 2 は、t-ANT の結果である。(a) と (b) を比較すると、どの単純スコアに対してもし少ない ANT スコアが与えられる場合があり、依存した特徴は見られない。一方で、(a) のほうが低い単純スコアにおいて、高い ANT スコアを得ているユーザが多い。つまり、売り手よりも買い手を評価する上で、時間の概念が強く影響していることが分かる。これは単純スコアが低いユーザであっても、買い手として高い評価指標を与えることが出来ることを意味している。

図 3 は、r-ANT の結果である。ANT(HITS) とほぼ同様の相関になった。単純スコアとの相関が似ている理由は、式 (3) と式 (8) において、行列要素が与えられる (0 より大きくなる) 条件が等しいためと考えられる。

図 4 は、m-ANT の結果である。(a) と (b) を比較すると、ほぼ同様の散布図が得られたが、売り手の

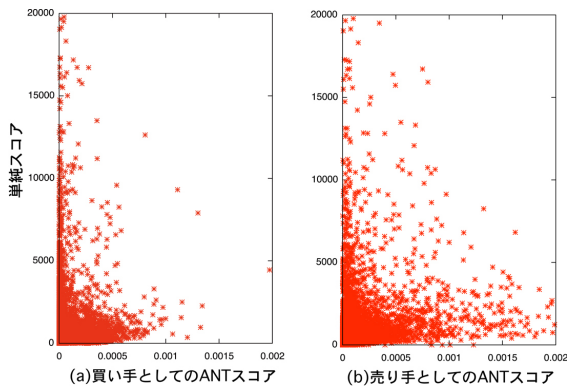


図 3 r-ANT
Fig. 3 r-ANT

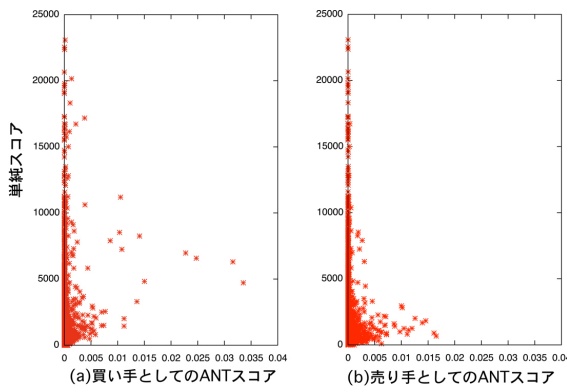


図 4 m-ANT
Fig. 4 m-ANT

ANT スコアには、単純スコアが低い者のほうが高い ANT スコアを持つ者が多い結果となった。

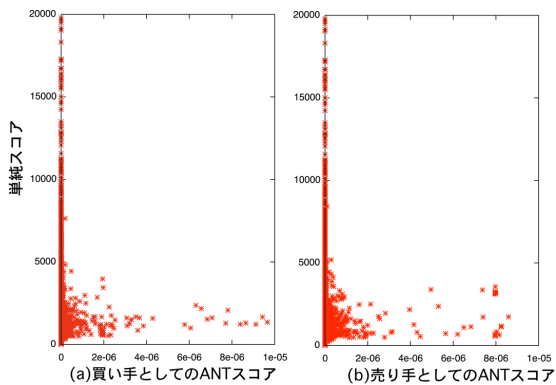


図 5 d-ANT
Fig. 5 d-ANT

図 5 は、d-ANT の結果である。(a) と (b) を比較

すると、ほぼ同様の散布図が得られたが、単純スコアに依存したスコアが分かる。これは式 (11) によって、d-ANT の計算の際に、単純スコアを用いているためである。また、単純スコアが、0 付近のとき、また、ある値 (5000 程度) 以上のときは ANT スコアが、極めて低い値を示している。Yahoo!オークションにおけるユーザの持つ単純スコアの平均が約 700 であることを考慮すると、ANT スコアとの相関が正しいことが分かる。

【実験 2】の結果

実験 2 の結果について述べる。実験 2 では、各スコアの高得点者が実際のオークションサイトにおいて信頼できるユーザであるかを、我々、人間の目で主観的に判断した。ユーザが優良ユーザであるかどうかは、Yahoo!オークションにおける「評価」、「出品リスト」、「自己紹介」の各ページを参考とした。具体的な判断基準としては、悪い評価と良い評価の比率、悪い評価に対する対応、商品の詳細情報記載の有無、および自プロフィールの有無など評価値の高低以外を参考とした。表 3 に示すのは、各 ANT 要素の買い手スコアおよび売り手スコア上位 10 名中の優良であると判断できたユーザ数である。表 3 に示すように、d-ANT の高いスコア者は、優良なユーザとして判断できないものが多かった。この結果は、取引における両者の評価値差を相手の評価に考慮されていないためであると考えられる。

表 3 高い ANT スコア者中の優良ユーザ数
Table 3 Good Users in High ANT Score Users

ANT \ スコア	買い手スコア	売り手スコア
ANT(HITS)	9	10
t-ANT	9	9
r-ANT	9	10
m-ANT	8	9
d-ANT	5	6

また、図 6 で、実験 2 で得られた上位 10 名の各スコアを比較する。図の横軸をランキング (順位)、縦軸をスコアをとっている。図 6 が示すことは、ANT をオークションユーザの評価指標として用いる場合に、各 ANT によって、ランキングが極めて異なるという点である。例えば、t-ANT や d-ANT では高順位になるにつれてスコアの差が現れるが、その他の ANT では他のスコアに比べてランキングによる変化が乏しい。もし、ANT スコアに基づいたランキングを行う場合に、極微細な ANT スコアの差でランキングを構成し

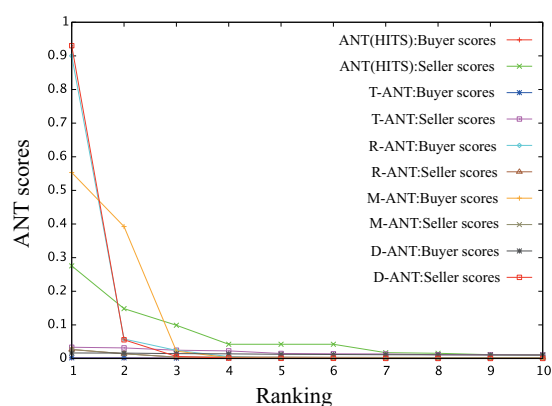


図 6 上位 10 名の各スコア
Fig. 6 ANT Scores in 10 High Rank Users

てしまうと、大きく ANT スコアで差がついているもので構成されたランキングと異なる意味を持つ。

以下に今回の実験で分かったことを述べる。

- 同一評価値であっても、オークションネットワークにおける出品者または落札者としての重要度が異なる。
- 出品者と落札者を評価する上で、時間の概念が評価に関与している。
- D-ANT 以外の ANT スコアの上位者では、多くのユーザを確認できた。
- ランキングによるスコア変化は ANT 要素の種類によって異なる。

【実験 3】の結果

実験 3 では、ANT との比較のために、PageRank [2] を新しいスコアリングメカニズムとして採用し、PageRank スコアと単純スコアの相関を検証した。実際に検索エンジンで使われている PageRank アルゴリズムは以下で説明するものより複雑ですべてを明かされているわけではない。そこで、ここでは、PageRank のエッセンスとなる部分を用いた。

PageRank は、基本的には、グラフのリンク関係を表す隣接行列を転置し、その固有ベクトルを求めるアルゴリズムである。ここでは、隣接行列 A は、オークションネットワークの取引関係を表す。もし、ユーザ i がユーザ j に何かを売ったら、 $A_{ij} = 1$ 。そうでないなら、 $A_{ij} = 0$ である。 $R = (r_{ij})$ を A の転置行列とし、行列 $B = (b_{ij})$ を $b_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_k r_{kj}}$ で定義する。次に、行列 B の固有ベクトルを計算する。固有ベクトルの各要素が、ノード（ここではユーザ）の重みを表す。

実験では、HITS の場合と同様に、反復回数を 20 回に設定している。また、単純化のために、本論文ではダンピングファクターを除いている。ダンピングファクターを含めた詳細な設計は今後の課題である。

図 7 は、インターネットオークションにおける、PageRank のスコアと単純スコアの相関である。縦軸が PageRank のスコアを表し、横軸が単純スコアを表している。図 7 から分かることは、低い単純スコアを持つユーザは、低い PageRank スコアを持つ傾向があることである。

今後、PageRank についても調査をすべき点は多い。現時点では、PageRank では、HITS に基づく ANT のように、売り手と買い手の別の立場で評価を与えることはできないところが、差異である。

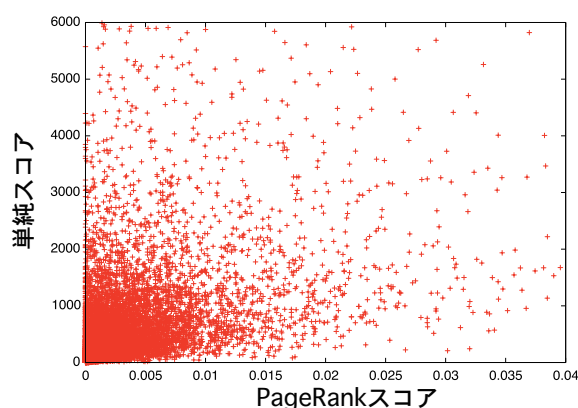


図 7 PageRank と単純スコア
Fig. 7 PageRank and Simple Scores

7. まとめと今後の課題

本論文では、インターネットオークションサイトをネットワーク構造として捉え、既存のオークションユーザの信頼指標である単純スコアとは違う指標として、ネットワーク構造を評価する Auction Network Trust(ANT) を提案した。Yahoo!オークションの実データを用い、4つのオークション要素を取り入れた ANT によって評価実験を行った。実験結果で分かった点として以下のようにまとめた。

- インターネットオークションにおいて、売り手(出品者)と買い手(落札者)の立場の違いによって評価基準が異なる。ANT はユーザを売り手としても買い手としても評価することができる。
- 取引の円滑さが、買い手の評価に関与している。

- 提案手法である ANT は、優良なユーザを発見することができることを、主観的に判断できた。

- ランキングによるスコア変化は ANT 要素の種類によって異なる。

今後の課題として、第一に、さらなるオークション要素の ANT への応用が挙げられる。インターネットオークションでは、従来のオークションやショッピングサイトとは異なる多くの要素がある。ユーザを評価する上で有効なオークション要素を如何にアルゴリズムに取り入れていくことが重要である。第二に、新たな伝播アルゴリズムの提案である。本論文では ANT に HITS の要素を取り入れたが、多くの伝播手法の中でインターネットオークションに最適なアルゴリズムを提案することが必要である。特に、ユーザに得点を与える場合、与えられた得点在实际のオークションで持つ意味をより明確にできるようにすべきである。

文 献

- [1] P. Resnick and R. Zeckhauser, "Trust among strangers in internet transactions: Empirical analysis of ebay's reputation system," *The Economics of the Internet and E-Commerce*, vol.11, pp.127-157, 2002.
- [2] S. Brin and L. Page, "The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine," *WWW7 / Computer Networks*, vol.30, no.(1-7), pp.107-117, 1998.
- [3] L. Li, Y. Shang, and W. Zhang, "Improvement of hits-based algorithms on web documents," *Proceedings of WWW2002*, pp.527-535, 2002.
- [4] K. Bharat and M.R. Henzinger, "Improved algorithms for topic distillation in a hyperlinked environment.," *Proceedings of the 21st Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, pp.104-111, 1998.
- [5] D.J. Watts and S.H. Strogatz, "Collective dynamics of small-world networks," *Nature*, vol.393, pp.440-442, 1998.
- [6] L. Mui, "Notions of reputation in multi-agents systems: A review," PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, 2003.
- [7] L. Mui, A. Halberstadt, and M. Mohtashemi, "Notions of reputation in multi-agent systems: A review," *Proceedings of the 1st International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS 2002)*, pp.280-287, 2002.
- [8] M. Schillo, P. Funk, and M. Rovatsos, "Using trust for detecting deceitful agents in artificial societies," *Applied Artificial Intelligence*, vol.14, no.8, pp.825-848, 2000.
- [9] J. Sabater and C. Sierra, "Reputation and social network analysis in multi-agent systems," *Proceedings of the first international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, pp.475-482, 2002.
- [10] B. Yu and M.P. Singh, "An evidential model of distributed reputation management," *Proceedings of the 1st International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS 2002)*, pp.294-301, 2002.
- [11] R. Jurca, "Truthful reputation mechanisms for online systems," PhD thesis, EPFL, 2007.
- [12] J. Kleinberg, "Authoritative sources in a hyperlinked environment," *Journal of the ACM*, vol.46, no.5, pp.●●-●●, 1999.
- [13] 友 手塚, 泰仁浅野, 隆夫西関, "現在の web における hits について," *電子情報通信学会技術研究報告. COMP, コンピューテーション*, vol.105, no.679, pp.39-46, 2006.
- [14] Z. Gyöngyi, H. Garcia-Molina, and J. Pedersen, "Combating web spam with trustrank," *VLDB '04: Proceedings of the Thirtieth international conference on Very large data bases*, pp.576-587, VLDB Endowment, 2004.
- [15] 勇宇平手, 明相吉澤, 松齡 翁, 雄一井興, 冬子木戸, 早人山名, "インターネットオークションにおける不正行為者の発見支援 (マイニング)," *電子情報通信学会技術研究報告. DE, データ工学*, vol.106, no.150, pp.37-42, 2006.
- [16] S. Pandit, D.H. Chau, S. Wang, and C. Faloutsos, "Netprobe: A fast and scalable system for fraud detection in online auction networks," *Proceedings of the 16th international conference on World Wide Web (WWW'07)*, pp.201-210, 2007.
- [17] 伊藤孝行, 服部宏充, 新谷虎松, "エージェント間の協調的入札機構に基づく複数オークション入札支援システム biddingbot," *人工知能学会論文誌*, vol.17, no.3, pp.247-258, 2002.
- [18] 幸弘白井, 寛幸高橋, 範章吉開, "A-8-3 ネットオークションにおける評判システムの実験的効果検証," *電子情報通信学会総合大会講演論文集*, vol.2003, p.206, 2003.

(平成 xx 年 xx 月 xx 日受付)

小林 真雄

平成 19 年名古屋工業大学情報工学科卒業。平成 20 同大学大学院産業戦略工学専攻。現在に至る。



安藤 哲志

平成 18 年名古屋工業大学情報工学科入学。現在に至る。



伊藤 孝行 (正員)

平成 12 年名古屋工業大学大学院工学研究科博士後期課程修了。博士 (工学)。平成 11 年から平成 13 年にかけて日本学術振興会特別研究員 (DC2 及び PD)。平成 12 年から平成 13 年にかけて南カリフォルニア大学 Information Sciences Institute (USC/ISI) 客員研究員。平成 13 年北陸先端科学技術大学院大学知識科学教育研究センター助教授。平成 15 年より名古屋工業大学大学院情報工学専攻助教授。平成 17 年から平成 18 年にかけて米国ハーバード大学 Division of Engineering and Applied Science 客員研究員及び、米国マサチューセッツ工科大学 Sloan School of Management 客員研究員。平成 18 年より名古屋工業大学大学院産業戦略工学専攻准教授。平成 20 年より米国マサチューセッツ工科大学 Sloan School of Management 客員研究員。現在に至る。2007 年文部科学大臣表彰若手科学者賞受賞。情報処理学会長尾真記念特別賞受賞。2006 年 International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS2006) 最優秀論文賞受賞。2005 年日本ソフトウェア科学会論文賞受賞。平成 16 年度 IPA 未踏ソフトウェア創造事業スーパークリエイタ認定。第 66 回情報処理学会全国大会優秀賞及び奨励賞受賞。マルチエージェントシステム、計算論的メカニズムデザイン、オークション理論、電子商取引支援、オフショアを中心としたソフトウェア工学に興味を持つ。AAAI, ACM, 電子情報通信学会, 情報処理学会, 日本ソフトウェア科学会, 人工知能学会, 計測制御自動学会各会員。ito.takayuki@nitech.ac.jp

Abstract Internet auctions are more than just electronic commerce; they have also become crucial for actual commerce. Because such activity occurs on the Internet, we need a way to determine people's reputations for such commerce. Thus reputation mechanisms have developed and are widely being used. Most existing reputation mechanisms are based on simple numerical evaluation mechanisms in which users provide "score" feedback as ratings, stars, evaluation values, etc. that usually range from 0 to 5. These scores are totaled, and this sum is assumed to represent the user's "reputation." The following problems are obvious: First, the score total might lack or overlook some important information. Second, there is no score propagation of values, even if there are relations among people on the network. On the other hand, for example, reputation mechanisms for websites, including PageRank and HITS, utilize the characteristics of links (hyperlinks) to evaluate a node (a page) by the weights on the node (the page). We believe trading networks have similar characteristics, enabling us to build more effective reputation mechanisms. In this paper we investigate several new reputation mechanisms called Auction Network Trusts (**ANTs**) for defining user reputations in trading networks. We propose five types of ANTs: ANT(HITS), t-ANT, r-ANT, m-ANT, and d-ANT. Our aim is to analyze these new mechanisms with actual online auction datasets to determine whether they can effectively utilize the trading links between sellers and buyers. We will show our findings of these new reputation mechanisms from our current experimental results.

Key words Internet Auction, Network Analysis, Reputation Mechanism, Evaluation Criteria