

## 入札者間の情報共有に基づき不正直な売手を排除する オークションプロトコルの設計

松田 昌史<sup>†</sup> 松原 繁夫<sup>†</sup>

<sup>†</sup> NTT コミュニケーション科学基礎研究所  
京都府相楽郡精華町光台 2-4

E-mail: <sup>†</sup>{masafumi,matsubara}@cslab.kecl.ntt.co.jp

あらまし 複数の売手が、複数同一財を出品するオークションメカニズムを考案する。インターネットオークションにおいては多くの場合、相手の素性が不明であり、相手が優良な取引相手かどうかを知ることが困難である。社会的に効率の良い財の割当てを達成するためには、望ましくない取引相手をオークションから排除することが必要である。そのための方法として、本稿では買手が得た情報を他者と共有することで、望ましくない売手を特定し、取引から排除するオークションプロトコルを提案する。本プロトコルの特徴は、売手の素性がわからない状態の時に、一部の買手が売手と取引を行うことでその売手の情報を獲得し、それを他の買手や主催者と共有する誘因を、価格を優遇することで与える点にある。解析では、買手が正直に情報を共有することが均衡になることを証明する。また、計算機実験を行い、提案プロトコルでは社会的に望ましい割当てに近い状態が実現されることを実証する。

キーワード メカニズムデザイン、オークションプロトコル、評判、電子商取引

## Designing an auction protocol for cases including insincere sellers motivating buyers to investigate unidentified sellers

Masafumi MATSUDA<sup>†</sup> and Shigeo MATSUBARA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> NTT Communication Science Laboratories.

E-mail: <sup>†</sup>{masafumi,matsubara}@cslab.kecl.ntt.co.jp

**Abstract** To achieve a socially efficient allocation in Internet auctions, it is important to exclude insincere sellers, i.e., it is necessary to investigate unidentified sellers and share information on them. However, the first buyer (investigator) may suffer a loss if the seller is insincere, which discourages the buyer being an investigator. To solve this problem, we design auction protocols that motivate buyers to investigate unidentified sellers by determining an appropriate amount of payment. We prove that the buyers' truth telling is in equilibrium in this protocol. Moreover, experimental results show that the social surplus obtained by our protocol is close to an efficient allocation.

**Key words** mechanism design, auction protocol, reputation, electronic commerce

### 1. はじめに

今日、マルチエージェント研究において、メカニズムデザインは重要な分野を担いつつある。特に、自律エージェント間での財の割当ての解決や、電子商取引の応用としてのオークションメカニズムは近年注目を集めつつある [7]。インターネットはオークションを実施するには適した環境ではあるが、取引相手の情報に関する不確実性が存在しており、さまざまな問題を引き起こす可能性をはらんでいる。例えば、取引相手の素性を特定することができないことから引き起こされる「架空名義入

札」の問題 [10]~[12] や、取引される財に関する素人と専門家の知識の差異によって、効率的な財の割り当てが困難であること [1]~[3] などが指摘されている。

これらの問題の中でも、本稿では、取引相手の情報が一見しただけではわからず、取引相手から一方的に不利益を与えられる可能性の存在する状況に焦点を当てる。既存の解決策としては、例えばエスクローサービスなどが挙げられる。エスクローサービスでは、信頼のおける第三者を介在させることで望ましくない参加者を排除する方法であるが、費用がかさむなどの理由により、広く利用されているとはいえない。

それに対して、現実のオークションサイトの多くでは、評判メカニズムが広く利用されている [6], [9]。例えば、eBay では、各参加者は取引終了後に自分の取引相手に対して評価をつけることができる。評判メカニズムでは、良い評価を得ることが将来の取引の機会を増加させることそのものが、参加者にとって良好な取引を行わせる誘因としてはたらく。しかしながら、評価を全く有していない新規参加者にとっては、たとえ本人が真に良好な者であっても、評価がないことによって取引の機会が得られにくいという問題が発生しうる。また、評判メカニズムでは、正直な評価を引き出しにくいという問題も指摘されている。現実のオークションサイトでは、心理的に相手へネガティブな評価が付け難く、総じて良好な評判が蔓延することにより、参加者の識別が行いにくいという問題も発生している [4], [5]。また、オークションにおける評判メカニズムの研究には主に二つの潮流がある。一方は頑健な評判メカニズムの設計に主眼を置いたものであり、他方は効率的な財の配分に主眼を置いたものである。ところが、これらを統合した研究はいまだ少なく、本稿では評判メカニズムを用いて、効率的な財の配分を可能にするオークションプロトコルを提案する。

本稿の目的は、不良な売手の存在する状況において、社会的に効率的な財の割当てを達成するプロトコルを設計することである。社会的に望ましい財の配分を達成させるためには、不良な売手を市場から排除し、優良な売手の提供する財のみを分配することが重要である。このことを実現するためには、売手の良悪を調査する機能とその情報を共有する機能を持つことが必要である。しかし、多くの場合、売手の良悪が判明するのは、実際に取引プロセスが進行した後であり、事前に良悪を知ることとはほとんど不可能な非常に多くの費用がかさむ。確かに、ひとつの解決策として、強固な罰則規定を設けて、不良な売手であることが判明した場合にはその売手に多大なペナルティを与える方法もありうる。しかし、本稿では、オークションの外部に存在する規則による解決ではなく、オークションのプロトコルの内部で問題の解決を達成することを目指す。

非常に単純な方法としては、自由に取引を行わせ、被害報告が行われた時にその加害者をオークションから追放するという方法が考えられる。しかし、そのような方法においては、被害に遭遇した場合に損失を補填する手段がなければ、積極的に取引を行う者はいなくなり、結局オークション自体が成立しなくなってしまう恐れがある。

そのため、売手の良悪さがわからないまま取引を行うことで、相手の良悪さを調査し、その情報を共有した買手に対しては、リスクを補う分の報酬を与える必要があるだろう。そのために本稿では、情報を探索した買手に対してはオークションにおける支払額を低く抑え得るという形の誘因を与えるオークションプロトコルを考案した。以下でモデルの説明を行い、買手が売手の情報を正直に報告することが均衡となることを証明し、さらに計算機実験から社会的余剰が効率的な配分に近い結果が相当することを実証した。

本稿の構成は以下の通りである。2章でモデルの説明を行う。3章ではモデルの記述に従い、既存の方法では解決が困難であ

る例を示す。4章では本稿のプロトコルの説明と証明を行う。5章では計算機実験の結果を示す。最後に6章で考察を述べる。

## 2. モデル

本稿では、単一財複数個数オークションを扱う。オークションには  $m$  人の売手  $j$  と、 $n$  人の売手  $i$  が参加している。各売手  $j$  は 1 個以上の同一財を販売しており、オークション全体では  $q$  個の財が存在している。売手には、「優良」と「不良」の 2 つのタイプが存在する。優良な売手は常に取引を完了させる売手であるのに対して、不良な売手は取引を途中で放棄し、買手に対して損害を与える。本稿では、売手の行動は売手本人のタイプによって決定されるものとし、市場価格や在庫量によらず不変なものとする。また、売手の留保価格は 0 とする。

買手は、1 つの商品を必要としていると仮定する。買手  $i$  は商品に対して 2 つの評価値を持ち、取引完了の場合の評価値  $v_i^S$  と、取引未完了の場合の  $v_i^F$  とする。前者は、買手が購入した財そのものに対して持つ価値であり、後者は取引失敗により、被る損失（負の価値）を表わす。買手は、どの売手から商品を購入しても、その売手が優良であれば評価値  $v_i^S$  は同一であり、その売手が不良であれば評価値  $v_i^F$  は同一であるとする。買手の効用  $u_i$  は、 $u_i = v_i^S - \text{payment}$ 、または、 $u_i = v_i^F - \text{payment}$  で定義される。ここで  $\text{payment}$  は買手の支払額である。買手の目的は、この効用の最大化である。なお、買手は商品一つも落札できなかった場合、その効用は 0 とする。

主催者は、売手に過去の取引履歴がない場合、個々の売手に対して、それが優良であるか、不良であるかを判別できない。ただし、新規参加の売手の集合に対しては、優良と不良の比率  $p$  を知っているとする。つまり、全体の過去の取引履歴データから、何%が優良であるかを計算できると仮定する。

つぎに、落札者と落札価格の決定方法に関して、望まれる性質を述べる。これは、個人合理性、パレート効率性、誘因両立性の 3 つである。

個人合理性とは、売手や買手は取引に参加することで、損をしないという性質である。本稿では、不良な売手の存在を仮定しているため、期待値の点で損をしないという意味になる。この性質が満たされなければ、優良な売手や買手は取引に参加しようとしなくなる。

パレート効率性は、商品の割当ての最適性を指すもので、これが充足される場合には、商品をより高く評価する買手に商品が割り当てられているという望ましい状態である。具体的には、社会的効用が最大化されるかどうかで判断される。社会的効用とは優良な売手の効用と買手の効用の総和で定義される。

誘因両立性が満たされる場合、買手にとって真の評価値を入力することが最良となる。これは、買手は他の買手の評価値を偵察するといったことが必要でなくなることを意味し、システム全体の安定化に役立つ。

## 3. 対照プロトコル

効率的な割当てを実現するためには、主催者は (1) 各買手の真の評価値、(2) 各売手の優良さの両方の情報を有している必

要がある。本稿の提案プロトコルを説明する前に、単純な形のオークションプロトコルでは本稿で扱っている問題の解決が困難であることを説明する。

以下のプロトコルを考える。

(1) 買手は、自身の評価値  $(v_i^S, v_i^F)$  を主催者に申告する。

(2) 主催者は全ての売手を優良だとみなし、評価値  $v_i^S$  の高い買手から順に取引を実行させる。買手の暫定的な支払額は、 $q+1$  番目に高い  $v_i^S$  とする。

(3) 買手は自分が取引した売手が優良か不良かを主催者に申告する。ただし、いずれの申告を行っても、買手はそれ以上取引に参加することはできない。

(4) 不良だと報告された売手はオークションから排除され、それ以外の売手でのみオークションを継続する。

このプロトコルでは、買手は取引結果に関して虚偽の申告を行っても効用は増加しないため、真実申告するものとする。ただし、評価値に関しては虚偽の申告をする誘因がある。各売手に関して最初の買手となると、取引未完により損をする可能性があるが、2番目以降の買手は、1番目の買手の取引結果の報告を聞いた上で、不良な売手であれば取引を中止することで、損失を回避することができる。従って、評価値については他の買手の評価値をスパイして、各売手に関して1番目の買手になるのを回避しようとする。

つまり、このプロトコルでは買手の評価値に関して真実申告を引き出すことができないという問題をはらんでいる。

#### 4. 提案プロトコル

以下では、本稿で提案するオークションプロトコルを説明する。

(1) 販売個数の多い売手から順に、 $s_1, s_2, \dots, s_m$  とし、各売手に対して、1番目の商品を「投機枠」、2番目以降の商品を「確定枠」と呼ぶ。

(2) 買手は主催者に対して、評価値  $(v_i^S, v_i^F)$  を報告する。

(3) 主催者は、取引成功と取引失敗の確率に基づく期待評価値を以下のように計算する。

$$pv_i^S + (1-p)v_i^F$$

(4) 主催者は入札のあった買手を投機枠と確定枠にランダムに分割する。

(5) 主催者は、投機枠に関して、以下の手続きを実行する。

(a) 買手の期待評価値の降順に並べる。

(b) 取引を行っていない売手の数を  $M$  とし、買手の暫定支払額を当該商品の  $M+1$  番目の期待評価値とする。

(c) 取引が完了していない買手のうち、最大の期待評価値を持つ買手を勝者とし、取引を実行させる。  $M$  から1を減じる。

(d) 主催者は当該買手から、売手との間で取引が完了したか、取引が未完完了に終わったかの情報を受け取る。

(e) 取引完了の場合、投機枠の当該買手を取引済として記憶する。同時に、当該売手の性質を「優良」として記憶する。

(f) 取引未完の場合、買手の暫定支払額を  $M+1$  番目の期待評価値とする。先に取引を行い完了した取引があれば、

差額分を当該買手から当該売手に支払う。また、当該売手の性質を「不良」と記憶する。

(g) 売手数値数が0になれば、ステップ6へ行く。そうでなければ、ステップ5-(c)に戻る。

(6) 主催者は、投機枠での取引を完了した売手（性質が優良であると記憶されている売手）に関して、それらが2個目以降の財を販売している場合、以下の手続きを実行する。

(a) 2個目以降の財の総和  $Q$  を算出する。

(b) 確定枠に割り当てた買手に関して、評価値が降順となるように並べる。

(c) 上位から  $Q$  番目までを勝者とする。

(d) 買手の支払額を  $Q+1$  番目の評価値とする。

ステップ4での買手の投機枠と確定枠への分割の仕方に関しては、投機枠に割り当てる買手数を  $m+1$  以上という制約を設ける。この制約を満たしていれば、どのような分割の仕方でもよい。

##### 4.1 プロトコルの実施例

ここでは、プロトコルの実施例を述べる。オークション市場には表1に示す評価値を持った8人の買手と、表2に示されている3人の売手が存在しているとする。この例では、 $s_2$  を不良な売手としているが、このことはオークションの主催者を含めて、参加者全員は知りえない情報である。ただし、不良な売手の比率  $p=2/3$  は共有知識である。

以下、順を追って例を述べる。

(1) 表2の通り、販売個数の多い売手から順に  $s_1, s_2, s_3$  とする。各売手に対して、1番目の財を「投機枠」、2番目以降の財を「確定枠」とする。それぞれの売手の財から1個ずつ「投機枠」が選ばれるが、特に  $s_3$  に関しては財を1個しか出品しないため、 $s_3$  は「確定枠」を持たないことになる。

(2) 買手は主催者に対して、評価値  $(v_i^S, v_i^F)$  を報告する。なお、この例では、全ての買手が正直に自分の評価値を申告するものとする。

(3) 主催者は、取引成功と取引失敗の確率に基づく期待評価値を計算する(表の期待評価値参照)。

(4) 主催者は入札のあった買手を投機枠と確定枠にランダムに分割する。ここでは  $b_2, b_4, b_7, b_8$  が投機枠に、それ以外が確定枠に割り当てられたとする。投機枠の買手の期待評価値に基づき、 $b_4, b_7, b_2, b_8$  と買手を降順に並べる。

(5) 取引を行っていない売手の数が3であるため、買手の暫定支払額を当該商品の4番目の期待評価値 ( $b_8$ ) である  $5/3$  とする。

(6) 最大の期待評価値を持つ買手  $b_4$  と売手  $s_1$  との間で取引を実行させる。売手  $s_1$  は優良であるため、買手  $b_4$  は取引を完了し、 $s_1$  が優良であることを主催者に報告する。主催者は  $s_1$  を優良であると記憶する。

(7) 2番目に期待評価値の大きい  $b_7$  と売手  $s_2$  との間で取引を実行させる。売手  $s_2$  は不良であるため取引が完了せず、 $b_7$  はそのことを主催者に報告する。主催者は  $s_2$  を不良であると記憶する。また、このとき、買手の暫定支払額を3番目の期待

買手	$v_i^S$	$v_i^F$	期待評価値
$b_1$	10	-10	10/3
$b_2$	15	-10	20/3
$b_3$	18	-15	21/3
$b_4$	25	-5	45/3
$b_5$	33	-30	36/3
$b_6$	20	-10	30/3
$b_7$	30	-20	40/3
$b_8$	5	-5	5/3

表 1 買手の持つ評価値の例

売手	性質	個数
$s_1$	優良	3
$s_2$	不良	2
$s_3$	優良	1

表 2 売手の性質と販売個数の例

評価値 ( $b_2$ ) である 20/3 にアップデートする。

(8) 買手  $b_7$  の取引が完了しなかったため、再度売手  $s_3$  との間で取引を実行させる。売手  $s_3$  は優良であるため、 $b_7$  の取引が完了し、 $b_7$  は  $s_3$  が優良であることを主催者に報告する。以上で投機枠に関する財の割当てを終了する。

(9) 続いて、確定枠に割り当てた買手に関して、評価値が降順となるよう  $b_5, b_6, b_3, b_1$  と並べる。

(10) 残っている財の総数が 2 ( $s_1$  の確定枠分) であるため、上位 2 者 ( $b_5, b_6$ ) を勝者とする。

(11) 買手  $b_5, b_6$  の支払額を、確定枠の 3 番目の買手  $b_3$  の評価値 21/3 とする。

この結果、 $b_4, b_7, b_5, b_6$  がそれぞれ財を獲得することになる。確定枠で財を獲得した 2 人の買手は、21/3 の支払いが必要のため、 $b_5, b_6$  の効用はそれぞれ 78/3, 39/3 となる。 $b_4$  は投機枠の最終的な暫定支払額である 20/3 の支払いが課せられ、効用が 55/3 となる。ただし、同じく投機枠で財を獲得した  $b_7$  に関しては、 $s_2$  と取引を行った際の効用  $-65/3$  (その時点での暫定支払額 5/3 と取引が未完に終わった負効用  $v_7^F = -20$ ) と  $s_3$  との取引分の効用 70/3 (その時点での暫定支払額 20/3、取引完了の効用  $v_7^S = 30$ ) を合わせて、効用 5/3 の効用を得ることとなる。また、このときの社会的効用は、 $v_4^S + v_7^F + v_7^S + v_5^S + v_6^S = 88$  と計算される。

#### 4.2 プロトコルの性質

提案プロトコルにおいて、以下の性質が保証される。

[Proposition 1] 各買手にとって、真の評価値を主催者に申告することが最良である。

証明 まず、投機枠と確定枠への割り振りはランダムに行われるため、買手はどちらの枠で商品を購入するかを操作できない。投機枠に割り振られた場合を考えれば、支払額は他の買手の申告した評価値によって決定されるため、過小申告することで支払額を減らすことはできない。また、真の評価値を申告した場合に勝者とならない場合、仮に過大値を申告して勝者となったとすると、その支払額は真の期待評価値より大きな値となる。このとき、期待効用は負の値となり、取引によって損をするこ

となる。よって、虚偽の評価値を送信しても、買手の期待効用は増加しない。確定枠の買手に関して、支払額に関して同様の議論が成立し、虚偽の評価値を申告しても、買手の効用は増加しない。 □

[Proposition 2] 各買手にとって、真の評判情報を主催者に申告することが最良である。

証明 投機枠で取引した買手が、取引完了と取引未完了の情報を正しく主催者に申告するかどうかを調べる。当該売手が不良な売手であった場合、買手が偽って取引完了との情報を主催者に申告すれば、それ以降の取引機会を失う。よって、買手は、取引未完了の場合は取引未完了と主催者に情報を申告するのが最良である。一方、取引完了したにも関わらず、買手が偽って取引未完了との情報を主催者に申告した場合、支払額がより大きな値に更新されるため、それは支払額の増加を招く。よって、買手は、取引完了の場合は取引完了と主催者に情報を送信するのが最良である。 □

### 5. 計算機実験

提案プロトコルを用いることで、どの程度効率的な割当てが実現できるかを調べるために、以下の 2 つの計算機実験を行った。

実験 1: 社会的効用に関する、提案プロトコルと対照プロトコルとの比較。

実験 2: 主催者が持つ、優良な売手と不良な売手の分布確率  $p$  に誤差が含まれる場合の影響評価。

ここでは、主催者が売手の性質 (優良か不良か) を知っているとした場合に得られる社会的効用の値を基準値として、各方法でその何%の社会的効用が得られるかで、性能を評価する。実際には主催者が事前に売手の性質を判別することは不可能であるが、主催者が売手の性質を知っているとした場合の社会的効用の値を理論的限界値として用いている。

初めに、買手の評価値の例を表 1、売手の性質と商品販売個数の例を表 2 として挙げ、主催者が全売手の性質を知っている場合の最適な割り当てを考える。 $s_2$  は不良な売手であるため、主催者は  $s_2$  の販売している財を買手に割り当てるべきではない。よって、 $s_1$  および  $s_3$  が販売している 4 個の財を、評価値  $v_i^S$  の高い順に買手に割り当てることによって、もっとも高い社会的効用が達成され、その時の社会的効用は 108 となる。

#### 5.1 方法

##### 5.1.1 比較方法

実験 1 では、提案プロトコルと対照プロトコルとの比較を行う。対照プロトコルは、主催者は全ての売手を優良だとみなし、評価値  $v_i^S$  の高い順に買手に商品割り当てるものである。取引が完了したか否かの評判が主催者や買手間で共有されることもない。先と同様に、表 1、表 2 の例を用いた場合、対照プロトコルの社会的効用は 108 から 83 へ減少する。これに対して、提案プロトコルではどの程度の社会的効用が達成されるかを計算機実験で評価する。

実験 2 では、主催者が優良と不良の売手の比率  $p$  に関して正しい情報を有しない場合の影響を考察する。主催者が  $p$  を実際

$p$	割当て/落札価格決定方法		
	優良売手	提案プロトコル	対照プロトコル
2/3	$s_1, s_2$	80.3%	88.3%
2/3	$s_1, s_3$	80.4%	65.0%
2/3	$s_2, s_3$	73.3%	9.4%
1/3	$s_1$	60.1%	58.4%
1/3	$s_2$	50.3%	-14.5%
1/3	$s_3$	15.3%	-39.5%

表3 実験結果1: 社会的効用の比較

よりも大きく見積もった場合と、小さく見積もった場合の影響を示す。正確な  $p$  が得られない時、投機枠に割り当てられた買手は不利になるが、その影響を評価することが目的である。なお、主催者と買手は共有知識として、同じ  $p$  の値を知っているものとする。

### 5.1.2 実験設定

計算機実験の設定を以下に述べる。オークションには12人の買手と3人の売手が存在する。各買手は1個の財のみを必要としており、評価値  $v_i^B$  は  $[1, 50]$ 、 $v_i^S$  は  $[-50, -1]$  の一様分布からそれぞれ無作為に選択される。優良な売手の比率は  $p = 1/3$  もしくは  $p = 2/3$  として実験を行う。売手  $s_1$  は3個、 $s_2$  は2個、 $s_3$  は1個の財を販売する。優良な売手を入れ替えつつ、それぞれの設定で100回のオークションを行い、社会的効用の平均値の比較を行う。

## 5.2 結果

### 5.2.1 実験1結果

表3に提案方法と比較方法のそれぞれで得られた社会的効用の理論的限界値に対する比率を示す。全体的な結果として、提案プロトコルは対照プロトコルよりも優れていることがわかる。特に、優良な売手から出品される財の数が減少するに従って、対照プロトコルとの差が大きくなっている。例えば、 $s_1$  (3個販売) と  $s_3$  (1個販売) が優良な売手である場合、差が15.4ポイントであるのに対して、 $s_2$  と  $s_3$  が優良な売手である場合には差が63.9ポイントとなっている。このことは、提案プロトコルでは、取引を避けるべきである売手を排除することができるという性質に依っている。同様の結果は、 $p = 1/3$  の場合にも得られており、提案プロトコルが対照プロトコルよりも効率的な割当てが可能なのことが確かめられた。

ただし、不良な売手によって販売されている財の総数が少ない場合(表3において、 $s_1, s_2$  が優良な売手であり、財を1個のみ出品している  $s_3$  が不良な売手のケース)には、必ずしも提案プロトコルが一方的に優れているわけではなかった。このことは、両プロトコルにおいて、取引の失敗によって失われる社会的効用の期待値が等しいことによって生み出されていると考えられる。

### 5.2.2 実験2結果

表4には、主催者が知りうる優良な売手の分布比率に推定誤差がある場合における、理論的限界値に対する提案プロトコルの社会的効用の比率を示してある。ここでは、真の値が

真値	分布比率 $p$		社会的効用	
	真値	推定値	優良売手	真値の場合
2/3	5/6	$s_1, s_2$	80.3%	83.6%
2/3	1/3	$s_1, s_2$	80.3%	76.6%
2/3	5/6	$s_1, s_3$	80.4%	80.7%
2/3	1/3	$s_1, s_3$	80.4%	75.5%
2/3	5/6	$s_2, s_3$	73.3%	73.4%
2/3	1/3	$s_2, s_3$	73.3%	70.9%
2/3	2/3	$s_1$	60.1%	60.6%
2/3	1/6	$s_1$	60.1%	59.0%
2/3	2/3	$s_2$	50.3%	45.6%
2/3	1/6	$s_2$	50.3%	49.4%
2/3	2/3	$s_3$	15.3%	-3.3%
2/3	1/6	$s_3$	15.3%	14.8%

表4 結果2: 分布比率  $p$  に推定誤差がある場合の社会的効用の比較

$p = 2/3$  の時に主催者が  $p = 5/6$  もしくは  $p = 1/3$  という情報を利用する場合、真の値が  $p = 1/3$  の時に  $p = 5/6$  もしくは  $p = 1/3$  という情報を利用する場合の結果を示す。

提案プロトコルでは、 $p$  の誤差がある場合においても、信値を利用した場合の社会的効用とあまり大きな差が見られておらず、たとえ  $p$  に誤差があっても効率的な割当てに近い結果が得られることがわかる。

## 6. 議論

### 6.1 提案プロトコルの特徴と限界

本稿では、複数同一財を扱うオークションにおいて、取引を完了する望ましい売手と完了しない売手とが混在する場合を取り扱った。提案プロトコルの特徴は、買手を「投機枠」と「確定枠」に分類し、買手の期待評価値に基づいて取引を実行させ、取引の結果から得られた売手に関する情報を共有することにより、悪質な売手を排除するという点にある。提案プロトコルでは、4.2章で議論したように、買手が主催者に対して財に対する評価値、および自らが獲得した売手の情報を主催者に対して正直に申告することが証明された。また、5.章での計算機実験の結果、提案プロトコルでは社会的余剰の理論的限界値に対して概ね良好な結果が得られることがわかった。加えて、主催者が優良な売手の比率に関する知識を正しく有していない場合においても、良好な割当てが実現されることがわかった。現実の利用において、不良な売手の比率が正確にわかる場合はまれであると考えられるが、計算機実験の結果においては、たとえその比率が不正確であってもまずまずの社会的効用が達成されることがわかった。より詳細な検討は将来に譲るが、現実での応用も可能であると考えられる。

しかし、優良な売手が販売する財が特に少ない場合(表3において、 $s_3$  のみが優良な売手であるケース)においては、社会的効用が低くなっている。このことは、必ず全ての売手と実際に取引をすることで情報を収集するという手続き上、負効用を得ることが不可避であり、解決が難しい問題である。ただし、事前に売手が優良か不良かわからない状況で割当てを行う以上、この問題を解決することは困難であると予想される。

## 6.2 将来の課題

提案プロトコルでは、「投機枠」と「確定枠」への買手の割当てを無作為に決定することとした。その理由は、仮に買手自身の評価値に基づいて枠の割当てを行うと、投機枠で被るリスクを避ける、もしくは投機枠で安く財を手に入れるなどを目的として、買手が正直な評価値の申告を行わなくなってしまう可能性があるためである。しかしながら、無作為な割当てによる欠点は、低い評価値しか有しない買手に財が割当てられてしまい、社会的効用が低下する可能性があることである。直感的な説明としては、売手の性質が同じである場合、評価値  $v_i^S$  が低い買手達が投機枠に割当てられた場合よりも、高い買手達が割当てられた方が、投機枠内で得られる効用が高まる傾向にある(実際には評価値  $v_i^F$  にも依存する)。そのため、無作為に枠を割当てるよりも、より望ましい割当て方があり得るだろう。この点に関しては、今後の検討課題となるだろう。

## 7. まとめ

インターネットオークションでは、取引相手の素性がわかりにくく、人々は安心して取引を実行することができない。そのため、取引相手の望ましさを査定する方法として、多くのオークションサイトでは評判メカニズムの利用がなされている。しかし、評判メカニズムでは新規参加者は評判情報そのものを持たないため不利に扱われるといった問題や、1度限りのオークションであり市場の継続性が保証されない場合には利用が困難であるという問題も存在している。信頼できる第三者を介したエスクローサービスなどの利用では、たとえ1度限りの取引においても利用は可能であるが、そのための費用がかさむといった問題がある。

それに対して、本稿で提案したプロトコルにおいては、その場限りの参加者であっても、即座に情報を共有して悪質な売手を排除することが可能であり、先の問題を回避できる可能性を秘めている。ただし、売手が複数の財を販売している場合でなければ利用ができないという問題も一方で抱えており、その点は提案プロトコルの限界を認めざるを得ない。

また、たとえ価格面で優遇され、収支の期待値の上では損害はないとはいえ、「投機枠」に割り当てられた買手はリスクを負うことになる。現実の人々が利用する場合には、「投機枠」と「確定枠」との間の不公平感に基づく心理的抵抗も少なくないものと考えられる。この点に関して、被験者実験を行うなどして人々からのプロトコルに対する評価を収集することも、今後の課題の1つであると考えられる。

謝辞 研究を支援いただいた、佐藤哲司 NTT コミュニケーション科学基礎研究所社会情報研究部長、菅原俊治グループリーダーに感謝します。

## 文 献

[1] T. Ito, M. Yokoo, and S. Matsubara. Designing an Auction Protocol under Asymmetric Information on Nature's Selection. *The First International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS2002)*, 2002.

[2] T. Ito, M. Yokoo, and S. Matsubara. Towards a Combinatorial Auction Protocol among Experts and Amateurs: The Case of Single-Skilled Experts. In *The Second International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS2003)*, 2003.

[3] T. Ito, M. Yokoo, and S. Matsubara. A Combinatorial Auction among Versatile Experts and Amateurs. *Third International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS2004)*, 2004.

[4] P. Kollock. The production of trust in online markets. In *Advances in group processes*, 16:99-123, 1999.

[5] P. Resnick and R. Zeckhauser. Trust Among Strangers in Internet Transactions: Empirical Analysis of eBay's Reputation System. In *The Economics of the Internet and E-Commerce*, Michael R. Baye, editor. Volume 11 of *Advances in Applied Microeconomics*. Amsterdam, Elsevier Science, 2002.

[6] P. Resnick, R. Zeckhauser, E. Friedman, and K. Kuwabara. Reputation systems. *Communications of the ACM*, 43: 45-48, 2000.

[7] R. K. Dash, N. R. Jennings and D. C. Parkes. Computational-Mechanism Design: A call to Arms. *IEEE intelligent Systems*, 18: 40-47, 2003.

[8] W. Conen and T. Sandholm. Preference elicitation in combinatorial auctions. In *Proceedings of the Third ACM Conference on Electronic Commerce*, 256-259, 2001.

[9] S. Standifird. Reputation and e-commerce: eBay auctions and the asymmetrical impact of positive and negative ratings. *Journal of Management*, 27:279-295, 2001

[10] M. Yokoo, Y. Sakurai, and S. Matsubara. The Effect of False-name Declarations in Mechanism Design: Towards Collective Decision Making on the Internet. In *Proceedings of the Twentieth International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS-2000)*, 146-153, 2000.

[11] M. Yokoo, Y. Sakurai, and S. Matsubara. Robust Combinatorial Auction Protocol against False-name Bids. *Artificial Intelligence Journal*, 130(2):167-181, 2001.

[12] M. Yokoo, Y. Sakurai, and S. Matsubara. The Effect of False-name Bids in Combinatorial Auctions: New Fraud in Internet Auctions. *Games and Economic Behavior*. 46(1):174-188, 2004.