

異なる戦略を持つエージェントによるオークションシミュレーション

水田 秀行[†] 山本 学^{††}

Auction Simulation with Heterogeneous Agents

HIDEYUKI MIZUTA and GAKU YAMAMOTO

1. はじめに

人工市場としては、株式市場のような複雑で専門的知識を持った売り手と買い手が多数関与する市場が対象とされることが多い。ここでは、最もプリミティブな取引のひとつであるオークションを対象として、価格形成と Bid 行動について理解を深めたいと思う。

良く知られているオークションの形態では、例えば美術品の売買のように一人の売り手(商品)に複数の買い手の候補が存在し、競争する。また、公共事業の入札のように一人の買い手に対して複数の売り手の候補が競争するものもある。複数の売り手と複数の買い手が存在する複雑な市場も、こうしたシンプルな形式の取引を組み合わせることで構成することが可能ではないかと我々は考えている。

現在、インターネット上のオンラインオークションが広く普及し、多くのライトユーザーが利用している。一方で、研究対象としては、従来のオークション形式との違いやユーザーの多様性から、単独オークションの価格推移については、まだ十分に考察されているとは言えない。なお、組み合わせオークションやセキュリティの観点からは多く研究が行われている(横尾他¹⁾)。

古典的なオークションの理論に関しては、Vickrey²⁾以降さまざまな側面から研究が行われており、一般的な Revenue Equivalence Theorem³⁾などが得られている。しかし、これらの研究では一度に結果を集計する sealed-bid type や参加者が会場に集まっていっせに行われる open cry type が主であり、最近 Internet 上で普及している一定期間の好きな時点で何度でも Bid で

きるものとは価格形成において大きな違いがあるものと考えられる。

本稿では、オンラインオークションをモデル化し、典型的な二種類の行動様式を持つ Agent を用いた simulation⁴⁾ について紹介する。

2. オークションモデル

本稿で用いるオークションモデルでは、一般的なオンラインオークションの形式を参考に、離散時間 $t = [0, T]$ の期間オークションが開催され、買い手(Bidder)はその任意の時点で何度でも Bid できるものとする。1つのアイテムをオークションに提供する売り手を固定して考え、 n 人の Bidder からの Bid を仲介者であるオークショナーが時々刻々集計する。各 Bid に含まれる情報は、Bidder を特定する ID と入札額である。簡単のため、オークション開始時点 $t = 0$ での価格を \$1.00 とし、最小上げ幅は \$0.01 とする。

オークショナーは各時点における最高額入札者の ID と二番目に高い入札額を全 Bidder に告知するが、最高入札額は秘密とされる。オークション終了時には、最高額入札者がこの二番目に高い入札額を支払って落札することになる。このように二番目の入札額で落札する auction としては、従来 Vickrey auction あるいは等価なものとして open cry first price auction があつた。オンラインオークションの場合には、一般に Proxy Bid あるいは Robot による自動 Bidding によって、自動的に指定した限度額(入札額)以内で他の Bid を上回るまで最小幅ずつ競り上げることにより、このような機構が実現されている。これによって、Vickrey Auction と同じく、不必要に高額で落札する危険が無くなり、正直に限度額を Bid することができるとされている。また、自動的に競り上げてくれることから、常に状況を

[†] 日本アイ・ピー・エム(株)東京基礎研究所

^{††} 日本アイ・ピー・エム(株)東京基礎研究所,
京都大学 社会情報学専攻

監視する必要がなくなる。しかし、実際には、一度だけ限度額を入札して放置するのではなく、オークション開催期間中、他人の Bid に応じて競り上げるダイナミックな競争がしばしば見られる。特に終了直前に激しい入札競争が行われ、システム上の負荷となる場合もある。

このように従来オークション研究の対象とされてきた一度限りの静的なオークションと異なり、本研究で対象となるインターネット上のオンラインオークションでは、離れた場所で自由な時間に入札を行えること、また、他人の Bid 情報がある程度知ることによって不確実な自分の評価の再判断を行い、ダイナミックな競争が生じるという特徴がある。

3. Early Bidder と Sniper

従来の Auction 研究においては合理的で均一な戦略を持つ Bidder を仮定して考えてきた。Agent-based Approach では、複数の戦略を持つ Bidder が共存する Heterogeneous な状況でのダイナミックな競争を扱うことが可能となる。ここでは、現実のオンラインオークションにおける Bidder の行動を観察した結果を単純化し、次の二種類の異なる行動(戦略)をとる Agent を配置する。

ひとつはオークションの初期の時点より Bid 行動を開始し、比較的安価な入札価格(試行価格)から出発し、他者との競争によって、時々刻々競り上げていくタイプ(Early Bidder)である。試行価格の初期値は平均 5 標準偏差 1 となる正規分布 $N(5,1)$ で与えられる。試行価格は、 $N(20,3)$ で与えられる限界額を上限として、オークション中に更新される。オークション期間中、 $1/50$ の頻度で現在の状況を確認し、その結果、自分が最高入札者で無ければ、 $N(1.6,0.4)$ で与えられる係数を評価額に掛けた値を新しい評価額とする。新しい評価額が、現在の提示額 (s) を上回っている場合は、10

もうひとつは、終了直前まで様子見をした後、終了直前に比較的高い価格で入札するタイプ(Sniper)である。Sniper の入札時刻は、終了時刻から 1 から 21 までの一様乱数で与えられる値を引いた時刻に設定されている。これは、ネットワーク状態によって、必ずしも終了時そのものに Bid できないためである。Sniper はその時刻まで待った後、オークションの状態を確認し、それまでに行われた Bid 回数を n として $(1+n)/10$ の確率で Bid を行う。Bid 価格はその時点での提示額 (s) に係数 $N(2,0.3)$ を掛けたものである。但し、Early Bidder と同様に、あらかじめ定められた限度額 $N(20,3)$ は

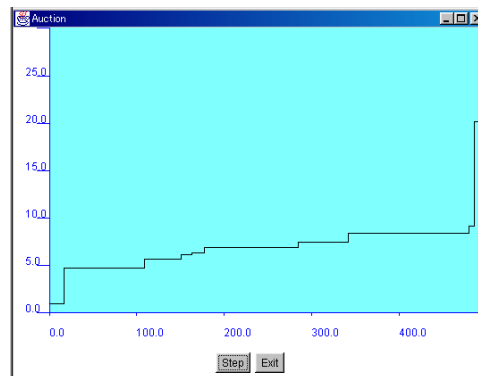


図 1 価格のジャンプが見られるオークション例

超えないものとする。現在価格からの最小の競り上げとしないのは、知ることのできない最高入札額が s を大きく上回る可能性があるためである。

これら二種類の Bidder が混合するオークションの振る舞いを Simulation によって調べる。

4. シミュレーションによる落札価格の分布

前節で述べた Early Bidder を 7 agent, Sniper を 3 agent 生成し、実験を行う。

図 1 にある一回のオークションの様子を示す。Early Bidder による競り合いが行われた後、終了直前に Sniper による入札があり高騰していることが分かる。また、図 2 のように、最初価格が上がった後、そのまま推移し、図 1 にあるような終了直前の高騰が生じない場合もある。

このようなオークションを一万回実施し、落札価格の頻度分布(図 3)を調べた。図 4 は Early Bidder が落札した場合、図 5 は Sniper が落札した場合のヒス

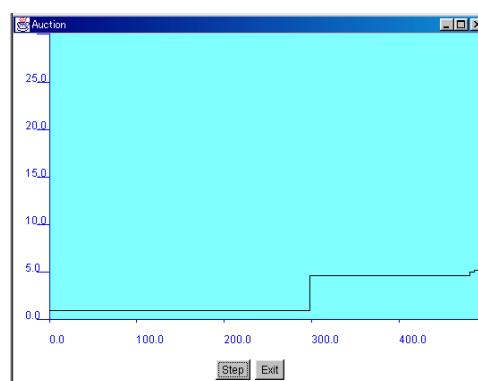


図 2 価格のジャンプが現れないオークション例

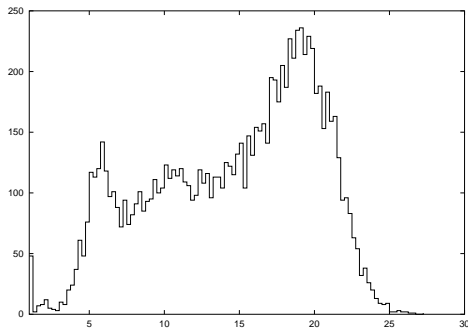


図3 オークション落札価格のヒストグラム

トグラムである。

落札数を見ると, Sniper が競り勝つ場合が非常に多く, また, その場合の落札価格に二つの山を見ることができる。一方, Early Bidder は落札する頻度は低いが, 比較的低い価格で落札するケースが多いことが分かる。

このヒストグラムの二つの山が存在する構造はパラ

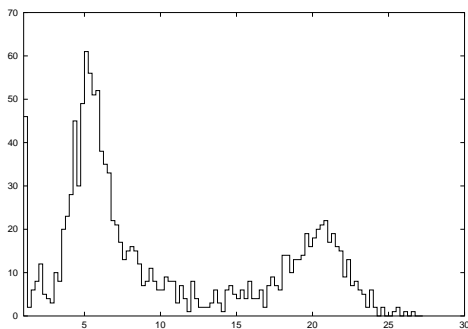


図4 Early Bidder が落札した場合のヒストグラム

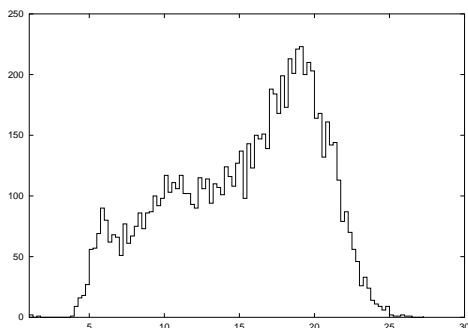


図5 Sniper が落札した場合のヒストグラム

メータを変化させても多く見られるが, 次の山本他の論文にあるように Agent 数を増やした場合には見られなくなる。

5. おわりに

非常に単純なモデルを用いて, 実際のオンラインオークションの振る舞いを考えた。Vickrey の考えた理想的な Bidder と異なり, 実際のオークション参加者は真の評価や他人の戦略を知らず, また, 完全に合理的な行動のみを行うわけではない。有限のオークション開催期間の間に探りを入れつつ, 自身の評価の修正や終了間際の駆け引きを行っている。このことによって複雑な落札価格の分布が発生し, 複数の戦略が共存することが可能となる。こうした複数の戦略を持つ Bidder によるシミュレーションを通じて, 現実のオークションにおける動的で複雑な行動についての理解が得られると期待される。本稿では少数 (10 エージェント) の結果のみを示したが, これをスケールすることにより価格分布がどのように変化するかは次の山本他の論文を参照されたい。他にもオンラインオークションを例にスーパーコンピュータ上でのエージェント実験の評価を行ったものとしては, 高橋らの論文⁵⁾がある。

参考文献

- 1) M. Yokoo, Y. Sakurai, S. Matsubara: “The Effect of False-name Bids in Combinatorial Auctions: New Fraud in Internet Auctions”, *Games and Economic Behavior*, Vol. 46, No.1, pp. 174-188, (2004).
- 2) W. Vickrey: “Counterspeculation, Auctions, and Competitive Sealed Tenders”, *Journal of Finance*, vol. 16, no. 1, pp. 8-37 (1961).
- 3) P. R. Milgrom and R. J. Weber: “Theory of Auctions and Competitive Bidding”, *Econometrica*, vol. 50, no. 5, pp. 1089-1122 (1982).
- 4) H. Mizuta and K. Steiglitz: “Agent-based Simulation of Dynamic Online Auctions”, *Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference*, pp. 1772-1777 (2000).
- 5) T. Takahashi and H. Mizuta: “Efficient agent-based simulation framework for multi-node supercomputers”, *Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference* (2006).