

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 7 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24300101

研究課題名(和文) 消耗財ダブルオークションにおける収益最大化メカニズムの設計と評価

研究課題名(英文) Design and evaluation of double auction mechanism for improving social profit in the trade of perishable goods

研究代表者

宮下 和雄 (Miyashita, Kazuo)

独立行政法人産業技術総合研究所・人間情報研究部門・主任研究員

研究者番号：00358128

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：標準的なダブルオークションの仕組みでは、オークションで扱う財の価値が時間経過に伴って損なわれることはないことを前提として、最も効率的な割当の決定を行う。しかし、生鮮品などの消耗材の市場においては、財が売れ残るとその価値が失われるため、生産者は損失を被ってしまう。消耗材取引における上記問題を解決するため、我々はオンラインダブルオークションの制度設計を行った。我々の開発した市場制度は、入札が不確定的な市場においても取引不成立の数を減らすことで、取引者全体の利益を改善することができた。更に開発した市場制度に基づき電子商取引システムを開発し、実際のカキ取引に適用することで、その有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)：A standard double auction market collects bids from traders and matches them to find the most efficient allocation, assuming that the value of unsold items remains unchanged. In the market for perishable goods, sellers suffer a loss when they fail to sell their goods, because their salvage values are lost when the goods perish. To solve this problem, we investigated the design of an online double auction for perishable goods, where bids arrive dynamically with their time limits. Our market mechanism improves the profitability of traders by reducing trade failures in the face of uncertainty of incoming/departing bids. We developed an e-marketplace system based on our market mechanism and evaluated its effectiveness in the trades of oysters.

研究分野：人間情報学

キーワード：マーケットデザイン マルチエージェントシミュレーション ダブルオークション

1. 研究開始当初の背景

経済産業省の調査によると、2010年度の国内B2B取引における電子商取引の市場規模は約170兆円で増大傾向にある。それに伴い、従来は大規模な電子商取引の対象ではなかった生鮮品やサービスの取り扱いも増加している。しかし、生鮮品やサービスは在庫として保存することが困難であるため、取引が成立しなければ商品としての価値が低下してしまう。したがって、そのような消耗財に関する取引では、従来のオークション理論で重視されてきたパレート最適な配分を実現するだけでなく、取引失敗時における商品の価値損失も考慮して取引参加者全体の収益最大化を考慮する必要がある。

これまでのオークション研究では、取引構成要素(参加者、商品などの属性)が時間的に不変な静的問題を前提としているため、扱う商品の価値が時間的に低下することを考慮したメカニズムに関する研究はされておらず、そうした商品の売買には取引時間を短縮するためのメカニズム(クロックオークションなど)が提唱されるのみであった。近年、インターネットでのオークションなど、ユーザが取引に自由に参加、脱退できる動的問題に対して適切な取引を実現するためのオンラインメカニズムデザイン研究の重要性が指摘されているが、時間による商品価値の低下に対応したメカニズムに関する研究は未だ行われていない。我々は水産物に関する電子商取引を対象にして、取引失敗時に商品の品質劣化によって生じるセラーの損失を考慮して取引参加者全体の収益を最大化するオンラインダブルオークションメカニズムの検討を進めている。そこでは、セラーの販売期限やバイヤーの購買期限に基づいて売買注文の緊急性(危急度)を計算し、その値が高い注文同士を優先的に引き当てることにより、多くの売買注文を成立させ、水産物の売れ残りによりセラ

ーが損失を被るのを避けることを提案している。

2. 研究の目的

本研究は、生鮮品やサービスなど保存が困難なため価値が時間的に低下する消耗財を、多数のセラーとバイヤーが自由に参加、退出可能な市場において売買する際に、市場参加者全体に最大の利益をもたらす入札制度の設計を目的とする。

3. 研究の方法

本研究は異なる研究機関の各分野の専門家である研究者によって構成される以下の三つのグループから成る。

1. 生鮮品取引における収益最大化メカニズムの考案(宮下和雄(産総研))

2. 経済実験によるメカニズムの評価(西野成昭(東大)、宮下和雄(産総研))

3. メカニズムの理論的解析(岩崎敦(九州大))

1の収益最大化メカニズムの考案では、多数のセラー、バイヤーが同時に入札を行う生鮮品取引のオンラインダブルオークションにおける取引参加者のモデルに関して、例えばセラーは商品の消費期限を実際より短く偽らない、バイヤーは商品納期を実際より短く偽らないと仮定するなど、現実取引における複雑性を緩和する設定した上で、商品在庫を予測的に制御し、商品割当を在庫状況に応じて調整することにより、商品価値が時間的に変化する生鮮品取引による参加者全体の収益が最大化するメカニズム設計(マッチングルール、価格決定ルールの策定)を行う。

しかし、実際の取引においては取引参加者である人間が、上記の想定に従った入札行動を取るとは限らない。そのため、2の経済実験によるメカニズムの評価が必要になる。ここでは、現実の生鮮品取引におけるオンラインダブルオークションの動作を模したシミュレータを用いて、実験室環境において、被験者に対して仮想的にオークションに参加してい

る状況を与え、実際に取引に応じた報酬を与えることにより、積極的に取引に参加するインセンティブを持たせた上で、どのような入札行動をとるのか観測、分析し、1で提案されたメカニズムの有効性の評価を行う。こうした被験者実験によるメカニズム評価は有益であるものの、実際の取引と同様の規模で実験を行うことは現実的には困難であるため、被験者実験を補完する手段として、観察された取引参加者の戦略を基に様々な入札行動をシミュレートするソフトウェアエージェントを実装し、マルチエージェントシミュレーションによるメカニズム評価も行う。

3のメカニズムの理論的解析では、1で考案されたヒューリスティックなメカニズムに対して、2の経済実験において取引参加者による高い報酬を得るための戦略的な入札行動が観察された際に、その行動の有効性を、有限な計算能力しか持たない取引参加者にとって戦略的行動を実施する困難性と、戦略的行動によって得られる期待利益とのトレードオフにより評価する。更に、戦略的行動がメカニズムの性能（取引参加者全体の収益）に対して、どの程度影響を与えるかについても解析する。ここでメカニズムにとって有害で、容易に実施可能と評価された戦略的行動に対しては、そうした行動を無効化にすべく1においてメカニズムの改良がなされる。

4. 研究成果

(1)ダブルオークションによる消耗品取引のための市場設計

オークションに基づく取引システムを開発するには、1.提示する取引情報、2.売買注文のマッチングと3.約定価格の決定に係わる3種類の規則を決定する必要がある。対象とする取引に対して望ましい特徴（効率性や誘因両立性など）を実現するよう、上記規則を適切に構築するプロセスはゲーム理論ではメカニズムデザイン（制度設計）と呼ばれている。本研究では、売買注文に有効期限が

あり、期限内に取引が成立しない場合に売り手、買い手に損失が生じる市場において、売り手買い手の損失を抑え、取引量を最大化するための売買注文のマッチング規則を設計した。

危急度に基づくマッチングを実施するため、まず買い手の注文 D_i に対する危急度 $Cr(D_i)$ を以下のように定義する。式中、 $Lq(\cdot)$ は注文の未成約量を意味し、 $Lt(\cdot)$ は注文の有効期限までの残り時間を意味する。 $Su(D)$ は買い注文 D にマッチ可能な売り注文の集合を意味し、 $De(S)$ は売り注文に対してマッチ可能な買い注文の総量の推定値である。

$$Cr(D_i) = \frac{Lq(D_i) - \sum_{S_j \in Su(D_i)} (Lq(S_j) - De(S_j))}{Lt(D_i)}$$

$$De(S_j) = \sum_{\forall D_k | S_j \in Su(D_k)} \frac{Lq(D_k)}{\|Su(D_k)\|}$$

したがって、買い注文の危急度は、有効期限までの単位時間あたりに、現時点におけるマッチ可能な売り注文の推定残量を超えて約定させる必要のある買い注文量を示す。この値が大きい買い注文ほど有効期限内に成約させるのが困難であることが予想される。

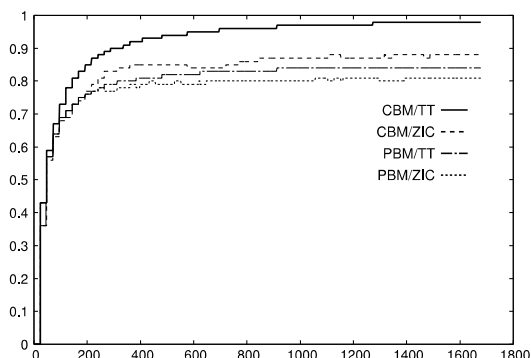
次に、売り手の注文に対する危急度は以下のように定義される。

$$Cr(S_j) = \frac{Lq(S_j) - De(S_j)}{Lt(S_j)}$$

売り手の危急度は、有効期限までの単位時間あたりに、現時点におけるマッチ可能な買い注文の推定総計を超えて約定させる必要のある注文量を示す。この値が大きい売り注文ほど有効期限内に成約させるのが困難であると予想される。コールマーケットにおいては一定時間毎に約定処理が実施される。約定処理においては、まず全ての注文の危急度が計算され、危急度の大きな買い注文から順に、その買い注文とマッチ可能な売り注文が危急度順にマッチングされ、マッチ可能な売り注文

が無くなると次に危急度の大きな買い注文のマッチングが行われる。

(2) マルチエージェントシミュレーションによる市場制度の有効性評価

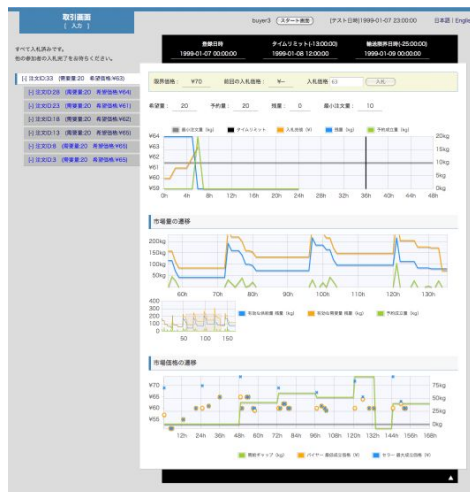


本研究では(1)で設計したコールマーケットメカニズムの有効性を検証、改良するため、複数の売り手、買い手の入札行動を模擬するエージェントモジュールを追加し、シミュレーション実験を実施した。上図は本研究で設計した制度(CBM)と従来の標準的な制度(PBM)に対し、正直に自らの価値を入札するエージェント(TT)と取引余剰を改善するため自らの価値を偽って入札するエージェント(ZIC)が入札を行った場合の成約率を示しており、図よりCBMとTTの組み合わせが、他の組み合わせに比べ取引が進むにつれ、高い成約率を示していることがわかる。以上の結果により、注文有効期間に制限があるコールマーケット方式による消耗材取引では、危急度に基づくマッチング方式が有効であり、取引参加者の入札戦略としては自らの留保価格を忠実に入札する戦略が、売り手、買い手双方の収益改善にとって効果的であることが示された。

(3) 被験者実験による市場制度の有効性の検証

下図に示すような実験用ウェブアプリケーションを構築し、被験者を用いた実験経済学的手法により、(1)で設計したマーケットメカニズムの有効性を検証した。大学生5名による実験では、取引余剰と収支の両方においてPBMよりCBMの方が高い結果となった。これは、それぞれのモデルで同一の取引余剰、収

支となったエージェントシミュレーションの結果とは大きく異なるものである。また、その合計金額もエージェントシミュレーションに比べて低いものとなった。これは、実験では最後まで取引に至らなかったプレイヤーがいたためである。CBMにおいては駆け引きの要素がPBMに比べて多いため、価格形成において複雑な挙動を示すことが明らかとなった。



(4) 電子商取引への適用

宮城県の養殖カキを対象にして生産者と首都圏の飲食事業者が直接取引を行う電子商取引システムを開発し、実際にシステムを利用した売買を行う実証実験を実施した。実証実験では宮城県の唐桑、鳴瀬の2地域の生産者と都内の仲卸2社(倉田商店、魚がし鎌形)との間で産地からのカキのサンプル出荷や、決済フロー策定、配送手段の検討などの準備を行い、12月半ばから取引を開始した。2014年12月11日から2015年1月31日までの取引実績は、ノロウィルスの発生などもあり、総取引量35kg(剥き身)、3060個(殻付き)、総販売金額は433,388円に止まったが、販売単価に関しては、剥き身は3,295円/kgと同時期、同産地の平均共販価格1,792円/kgと比較して高値での販売が可能である事が確認できた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 3件)

Kazuo Miyashita, Online Double Auction Mechanism for Perishable Goods, *ELECTRONIC COMMERCE RESEARCH AND APPLICATIONS*, 査読有り, Vol.13, 2014, pp.355-367, DOI: 10.1016/j.eierap.2014.06.004

Kenju Akai, Kengo Hayashida, Nariaki Nishino, New Mechanism for Matching Service in Perishable Goods Trade: An Approach Using Economic Experiments, *Proceedings of The 1st International Conference on Serviceology*, 査読有り, 2013, pp.38-45

Atsushi Iwasaki, Etsushi Fujita, Taiki Todo, Yao Miao, Makoto Yokoo, VCG-equivalent Mechanism in Expectation: General Framework for Constructing Iterative Combinatorial Auction Mechanisms, *the proceedings of the 12th International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS-2013)*, 査読有り, 2013, pp.699-706

〔学会発表〕(計 7件)

Kazuo Miyashita, Online double auction for perishable goods, AMEC/TADA, 2014年5月5日、パリ(フランス)

宮下和雄 他、宮城県養殖牡蠣直販のための「おらほのカキ市場」 - 電子商取引システムの構築と試行 -、日本フードシステム学会、2014年6月15日、東京大学(東京)

宮下和雄, Market design for perishables, 社会システム部会研究会, 2015年3月13日、ホテルアトメールエメラルド宮古島(沖縄県宮古島)

Kazuo Miyashita, Developing online double auction for fishery markets, IEA-AIE 2013, 2013年6月20日、アムステルダム(オランダ)

宮下和雄, 新たな水産物取引市場の創出を目指して、JIMS「消費者行動のダイナミクス」研究部会、2012年5月18日、明治大学(東京)

宮下和雄, サービスのための市場設計、サービスとしての市場設計、日本オペレーションズ・リサーチ学会サービスサイエンス研究部会、2012年5月11日、筑波大学(茨城県・つくば市)

宮下和雄, 生鮮品取引における生産者収益改善のための市場設計、人工知能学会社会におけるAI研究会、2012年11月16日、慶応大学(神奈川県・横浜市)

〔図書〕(計 3件)

Kazuo Miyashita, Springer, Agent-Mediated Electronic Commerce. Designing Trading Strategies and Mechanisms for Electronic Markets, 2014, pp.114-128

宮下和雄, カナリア書房、社会の中で社会のためのサービス工学、2014年、pp.224-243

Kazuo Miyashita, Springer, Recent Trends in Applied Artificial Intelligence, 2013, pp.1-11

〔産業財産権〕
出願状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮下 和雄 (MIYASHITA, Kazuo)
産業技術総合研究所・人間情報研究部門・主任研究員
研究者番号: 00358128

(2) 研究分担者

岩崎 敦 (IWASAKI, Atsushi)
電気通信大学・情報システム研究科・准教授
研究者番号: 1261289927

(3) 連携研究者

西野 成昭 (NISHINO, Nariaki)
東京大学・大学院工学系研究科・准教授
研究者番号: 1260188527