



# 私のブックマーク

## 「インターネットオークション」

櫻井 祐子 (九州大学大学院システム情報科学研究院)

### 1. はじめに

インターネットオークションは電子商取引の主要な一分野であり、日本では Yahoo! オークション [1] や楽天オークション [2] などが人気を集めている。インターネットオークションの特徴として、低コストで大規模なオークションの実現が可能になった点や取引対象とする商品の多様性などがある。特に、一般の商品のみならず、情報（検索キーワード）を対象とするオークションも行われている。これは検索連動型広告オークションと呼ばれ、Google AdWords[3] や Yahoo! リスティング広告 [4] などが有名である。インターネットオークションに関連する研究は、計算機科学（人工知能やマルチエージェントシステム）と社会科学（ゲーム理論やミクロ経済学）の境界領域として位置づけられている。本稿では関連する学術会議や研究グループなどを中心に Web ページを紹介する。

[1] Yahoo! オークション：<http://auctions.yahoo.co.jp/>

[2] 楽天オークション：<http://auction.rakuten.co.jp/>

[3] Google AdWords：<http://adwords.google.co.jp/>

[4] Yahoo! リスティング広告：<http://listing.yahoo.co.jp/>

### 2. インターネットオークションのメカニズムデザイン

メカニズムデザインとは、複数の利己的なエージェントが集団として何らかの意思決定を行うとき、社会的に望ましい結果を得られるようにメカニズムをデザインすることである。オークションのメカニズムデザインでは、最も高い値を付けた人に財が落札される（社会最適性）、真の評価値を申告することが最適戦略となる（正直は最良の策）などを保証するメカニズムが望まれる。

従来、メカニズムデザインはゲーム理論・ミクロ経済学の一分野であり、数多くの成果が輩出されている。例えば、1996年ノーベル経済学賞は Vickrey オークションを提案した William Vickrey が受賞し、2007年ノーベル経済学賞はメカニズムデザイン理論の研究者が受賞している [5]。インターネットオークションでは、インターネット環境への応用に伴って生じる新しい状況で実現可能なメカニズムが必要である。さらに、計算量に関する課題に対する解決策が必須であるなど、計算機科学分野の貢献が重要になっている。一方、マルチエージェントシステムの研究では、複数のエージェント間における合意形成のメカニズムデザインが重要な研究課題となっている。そのため、計算機科学におけるインターネットオークションのメカニズムデザインの研究は、マルチエージェントシステムの研究者らが中心となって行われている。

インターネットオークションのメカニズムデザインについて学ぶためには、日本の研究者では首都大学東京の渡辺隆裕教授 [6]、九州大学の横尾 真教授 [7] らがわかりやすい解説や資料を提供している。また、横尾教授の著書「オークションの基礎」（東京電機大学出版局）[8] はオークション理論とその基礎となるゲーム理論について解説している。マルチエージェントシステムに関しては本連載で過去に掲載されている記事 [9] が有用である。一方、海外のサイトでは、Stanford 大学の Paul Milgrom [10] の講義資料、Yoav Shoham [11] の著書、「Algorithmic Mechanism Design」の概念を提唱した Hebrew 大学の Noam Nisan のブログ [12] や講演ビデオ [13] も基礎知識の習得に有用なコンテンツである。また、メカニズムデザインに関するブログ [14] ではインターネットオークションだけでなくメカニズムデザインに関連する最新情報を網羅的に入手可能である。

[5] Royal Swedish Academy of Sciences, Prize Committee：[http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/economics/laureates/](http://nobelprize.org/nobel_prizes/economics/laureates/)

Vickrey オークションは検索連動型広告オークションのメカニズムの基礎となっている。2007年はメカニズム

デザイン理論を代表する3人の研究者の Leonid Hurwicz, Eric Maskin, Roger Myerson が受賞している。

- [6] 首都大学 渡辺隆裕 : <http://www.nabnavi.net/>  
ゲーム理論全般の資料が豊富であるだけでなく、国内のゲーム理論研究者の Web ページのリンク集も示されている。
- [7] 九州大学 横尾 真 : <http://agent.inf.kyushu-u.ac.jp/~yokoo/index-j.html>  
ネットワーク環境の匿名性を利用した架空名義入札について指摘し、架空名義入札に頑健なインターネットオークションメカニズムデザインの研究を行っている。インターネットオークションのメカニズムデザインの基礎を習得できる資料が豊富である。
- [8] オークション理論の基礎 : <http://www.tdupress.jp/books/isbn978-4-501-54140-8.html>  
オークション理論に関する入門書としてわかりやすく書かれている。
- [9] 人工知能学会誌 (Vol. 18, No. 4, pp. 464-470 (2003)) 私のブックマーク「マルチエージェントシステム」:  
<http://www.ai-gakkai.or.jp/jsai/journal/mybookmark/18-4.html>
- [10] Stanford 大学 Paul Milgrom : <http://www.milgrom.net/>  
アメリカでは、アメリカ連邦通信委員会 (FCC) が無線周波数帯域の使用権の割当てをオークションによって決定している。その適用メカニズムの考案者であり、オークション理論に関する講義資料を入手することができる。
- [11] Stanford 大学 Yoav Shoham : <http://ai.stanford.edu/~shoham/>  
マルチエージェントシステム研究分野でのオークションメカニズムデザインに関する良本を執筆している。彼らの著書「Multiagent Systems: Algorithmic, Game Theoretic and Logical Foundations」をオンラインで入手できるリンクもある。
- [12] Algorithmic Game Theory/Economics (Noam Nisan) : <http://agtb.wordpress.com/>  
Algorithmic Game Theory に関する研究動向や関連会議情報を入手することができる。また、彼らの著書「Algorithmic Game Theory」もオンラインで入手可能である。
- [13] Algorithmic Mechanism Design (Noam Nisan) : <http://www.youtube.com/watch?v=Ps5aYsG8jY0>  
2007年に行われた Google Tech Talks のビデオである。1時間弱の講演で基礎知識を習得するのにわかりやすい構成となっている。
- [14] Market Design : <http://marketdesigner.blogspot.com/>  
メカニズムデザイン一般に関する最新の応用事例の情報などが入手できる。

### 3. 学会、会議など

インターネットオークションに関する研究に関わる学会や会議について、メカニズムデザインに関連するものを中心に紹介する。

#### 国内学会・会議

国内での関連研究会としては、日本ソフトウェア科学会のマルチエージェントと協調計算研究会 (MACC) [15]、電子情報通信学会の人工知能と知識処理研究会 (SIG-AI) [16]、情報処理学会の知能システム研究会 (SIG-ISC) [17]、人工知能学会の知識ベースシステム研究会 (SIG-KBS) [18] がある。また、これらの4研究会が主催する合同エージェントワークショップ & シンポジウム (JAWS) [19] が毎年開催されており、インターネットオークションに関する発表が行われている。

- [15] 日本ソフトウェア科学会 マルチエージェントと協調計算研究会 (MACC) : <http://www.jsst.or.jp/sig/detail/macc.html>
- [16] 電子情報通信学会 人工知能と知識処理研究会 (SIG-AI) : <http://www.ieice.org/iss/ai/jpn/>
- [17] 情報処理学会 知能システム研究会 (SIG-ISC) : <http://www.nagao.nuie.nagoya-u.ac.jp/sig-ics/main.htm>
- [18] 人工知能学会 知識ベースシステム研究会 (SIG-KBS) : <http://www.ai.cs.titech.ac.jp/sig-kbs/>
- [19] 合同エージェントワークショップ & シンポジウム (JAWS) : <http://harmo.complex.eng.hokudai.ac.jp/jaws2010/>

#### 国際会議

計算機科学分野での主要な国際会議としては、マルチエージェントシステム関連の AAMAS[20] や PRIMA[21]、人工知能関連の AAAI[22] や IJCAI[23] などがある。これらの会議では、新しいメカニズムの提案だけでなく、エージェント技術を応用した研究事例の発表が行われている。また、FOCS[24]、SODA[25]、STOC[26] などの理論計

算機科学の国際会議では、計算量の課題を含めたメカニズムデザインに関する理論的成果が発表されている。なお、2012 年の SODA (SODA12) は京都で開催される。一方、実際のオークションデータ分析などの応用的研究領域に関しては WWW[27] などに発表がある。

計算機科学者だけでなく、ゲーム理論・ミクロ経済学の研究者もプログラム委員として参画し、境界領域における最新研究成果が発表されている国際会議も開催されている。なかでも、ACM EC[28] はそのような国際会議の先駆的存在であり、この分野での難関国際会議の一つである。AAMA[29] は新しい会議であるが、プログラム委員にメカニズムデザインに関する一流の研究者らが名を連ねており、今後、この分野の重要な会議の一つになると予想される。また、近年、SAGT[30]、COMSOC Workshop[31] など、関連するワークショップやシンポジウムが設立されており、研究初期段階ではあるが興味深い研究が数多く発表されている。WINE[32] はマルチエージェントシステムやゲーム理論だけでなく、セキュリティ分野などさまざまな研究分野で理論的なアプローチを行っている研究者らが集う横断的ワークショップである。検索連動型広告オークションの発展に伴い、検索連動型広告オークションに特化したワークショップ [33] も開催されている。

- [20] International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS) : <http://www.aamas2011.tw/>
- [21] International Conference on Principles and Practice of Multi-Agent Systems (PRIMA) : <http://www.prima2011.org/>
- [22] Conference on Artificial Intelligence (AAAI) : <http://www.aaai.org/Conferences/conferences.php>
- [23] International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI) : <http://ijcai.org/>
- [24] Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS) : <http://www.cs.ucla.edu/~rafail/FOCS11/>
- [25] ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA) : <http://www.siam.org/meetings/da12/>
- [26] Symposium on Theory of Computing Conference (STOC) : <http://www2.research.att.com/~dsj/stoc11/stoc11.html>
- [27] International World Wide Web Conference (WWW) : <http://www.www2011.india.com/>
- [28] ACM Conference on Electronic Commerce (EC) : <http://www.sigecom.org/ec11/>
- [29] Conference on Auctions, Market Mechanisms and Their Applications (AMMA) : <http://www.ammaconference.org/>
- [30] Symposium on Algorithmic Game Theory (SAGT) : <http://sagt2011.dia.unisa.it/>
- [31] Workshop on Computational Social Choice (COMSOC) : <http://www.illc.uva.nl/COMSOC/IJCAI-2011/>
- [32] Workshop on Internet & Network Economics (WINE) : <http://www.stanford.edu/group/wine/>
- [33] Ad Auctions Workshop : <http://sites.google.com/site/adauctions2011/>

#### 競技会

インターネットオークションでは、オークションのメカニズムデザインだけでなく、複雑な状況下で適切な入札戦略を決定可能な入札エージェントの構築に関する研究も重要である。TAC[34] は 2000 年から開催されている入札エージェントの競技会であり、各チームがもち寄ったエージェントらがオークションでの売買を通して対戦させるというものである。また、検索連動型広告オークションを対象とした競技会 (TAC/Ad [35]) も開催されている。また、これらのエージェントのデザインと解析に関する研究に関するワークショップとして TADA[36] が開催されており、実際に適用した戦略などの議論が活発に行われている。残念ながら、近年、日本の研究チームからこれらの競技会への参加がない。興味がある方はぜひ参加していただきたい。

- [34] Trading Agent Competition (TAC) : <http://www.sics.se/tac/>
- [35] TAC/Ad Auctions : <http://aa.tradingagents.org/>
- [36] Workshop on Trading Agent Design and Analysis (TADA) : <http://issel.ee.auth.gr/tada2011/>

#### 海外の学術団体

ここでは、関連する研究分野での海外の学術団体を紹介する [37, 38, 39, 40, 41]。上述した国際会議の運営などを行っており、国際会議の情報をまとめて入手したい場合には下記の学術団体のサイトも有用である。

- [37] International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems (IFAAMAS) : <http://www.aamas-conference.org/>  
AAMAS[20] を運営する学術団体である。
- [38] Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI) : <http://www.aaai.org/home.html>

[39] ACM SIGecom : <http://www.sigecom.org/>

ACM EC[28] を運営する学術団体である。

[40] Game Theory Society : <http://www.gametheorysociety.org/>

SAGT[30], COMSOC Workshop[31] などゲーム理論に関する会議情報を入手することができる。

[41] Econometric Society : <http://www.econometricsociety.org/>

#### 4. 研究者, 研究グループ

##### 計算機科学

まず, 国内でメカニズムデザインに関する研究を行っている研究室を紹介する. 京都大学の石田 亨・松原繁夫研究室 [42] では, インターネットオークションの商品の品質や価値に関する不確かさに関する研究などを行っており, Web ページからは情報経済の概念を知ることができる. 同じく京都大学の岩間一雄・伊藤大雄研究室 [43] でもオークションのメカニズムデザインに関する研究が行われている. 岩間一雄教授の著書「アルゴリズム・サイエンス: 出口からの超入門」(共立出版) [44] ではオークションの研究がわかりやすく記載されている. 名古屋工業大学の伊藤孝行研究室 [45] ではインターネットオークションだけでなく, 電子商取引に関係するさまざまなプロジェクトが運営されている. 各プロジェクトの研究成果が整理されており, 最先端の研究動向を知ることができる.

国内研究者に比べて海外研究者のほうが数も多く, 非常に活発に研究が行われている. 検索エンジン提供企業の研究所 [46, 47, 48] では検索連動型広告オークションに関係する研究が盛んである. プロジェクト概要から各企業の企業戦略の一端を知ることができる. Tuomas Sandholm[49], David Parkes[50], Vincent Conitzer[51], Nick Jennings[52] らのページではメカニズムデザインに関する顕著な研究成果や講義資料などを入手することができる. また, Sandholm は CombineNet 社 [53] を起業し, 提案アルゴリズムを実際に応用したシステムなどの提案を行っている. Kevin Leyton-Brown[54] は現実のデータをもとにオークションメカニズムの計算機実験用のデータセット (Combinatorial Auction Test Suite: CATS) を提供している. Kenneth Steiglitz[55] は「オークションの人間行動学 最新理論からネットオークション必勝法まで」(日経 BP 社) [56] の原著の著者である. この本はインターネットオークションについてわかりやすく解説を行っている.

[42] 京都大学 石田 亨・松原繁夫研究室 : <http://www.ai.soc.i.kyoto-u.ac.jp/>

[43] 京都大学 岩間一雄・伊藤大雄研究室 : <http://www.lab2.kuis.kyoto-u.ac.jp/index-j.html>

[44] アルゴリズム・サイエンス: 出口からの超入門 : <http://www.kyoritsu-pub.co.jp/series/algorithm.html>

[45] 名古屋工業大学 伊藤孝行研究室 : <http://www-itolab.mta.nitech.ac.jp/homepage/>

[46] Google Research : <http://research.google.com/index.html>

[47] Microsoft Research : <http://research.microsoft.com/>

[48] Yahoo! Research : <http://research.yahoo.com/>

[49] CMU Tuomas Sandholm : <http://www.cs.cmu.edu/~sandholm/>

[50] Harvard 大学 David Parkes : <http://www.eecs.harvard.edu/~parkes/>

[51] Duke 大学 Vincent Conitzer : <http://www.cs.duke.edu/~conitzer/>

[52] Southampton 大学 Nick Jennings : <http://users.ecs.soton.ac.uk/nrj/index.php>

[53] CombineNet : <http://www.combine.net/>

[54] British Columbia 大学 Kevin Leyton-Brown : <http://www.cs.ubc.ca/~kevinlb/>

[55] Princeton 大学 Kenneth Steiglitz : <http://www.cs.princeton.edu/~ken/>

[56] オークションの人間行動学 最新理論からネットオークション必勝法まで : <http://ec.nikkeibp.co.jp/item/books/P46630.html>

##### ゲーム理論・ミクロ経済学

ゲーム理論・ミクロ経済学に関しては, 計算機科学分野と同様に数多くの国内外の研究者が存在する. 米国のこの分野の研究者らが中心となって設立したコンサルタント会社 Market Design Inc.[57] のページには関連文献や研究者のリンクが集められている. Market Design ブログ [14] の運営者の Alvin Roth[58] も Market Design Inc. のメンバであり, この分野の著名研究者の一人である. 彼の論文「The economist as engineer: Game theory, experimentation, and computation as tools for design economics[59]」はエージェントベースシミュレーションの研究者に大いに興味をもたれる内容と考える. Hal Varian[60] は, 検索連動型広告オークションなど, 情報を対象としたメカニズムデザインの第一人者でもある. 現在は Google のチーフエコノミストとして働いている. 彼は「Introduction to the Google Ad Auction」 [61] にて検索連動型広告オークションのメカニズムデザインを 10 分程度のレクチャーで

わかりやすく紹介している。

また、国内に関しては、仮想制度研究所 (VCASI) [62] は分野横断的に最先端の国内研究者を集め、制度 (ルール) に関する研究を行う仮想的な研究機関である。フェロー一覧からメカニズムデザインに関する最先端の研究者を知ることができる。ECONO 斬り! [63] は VCASI のフェローの一人でもある政策研究大学院大学の安田洋祐准教授のブログであり、メカニズムデザインに関する国内外の最新の研究動向や関連書籍の紹介が充実している。

[57] Market Design Inc. : <http://www.market-design.com/>

[58] Harvard 大学 Alvin Roth : <http://kuznets.fas.harvard.edu/~aroth/alroth.html>

[59] Alvin Roth: The economist as engineer: Game theory, experimentation, and computation as tools for design economics, *Econometrica*, Vol. 70, issue 4, pages 1341-1378, 2002 : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1468-0262.00335/abstract>

[60] Hal Varin : <http://people.ischool.berkeley.edu/~hal/>

[61] Introduction to the Google Ad Auction : <http://www.youtube.com/watch?v=K710a2PVhPQ>

[62] 仮想制度研究所 (VCASI) : <http://www.vcasi.org/>

[63] ECONO 斬り! : <http://blog.livedoor.jp/yagena/>

## 5. ジャーナル

ここでは、関連する研究分野でのトップジャーナルを紹介する [64, 65, 66, 67, 68, 69, 70].

[64] *Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems* (JAAMAS) : <http://www.springerlink.com/content/102852/>

[65] *Artificial Intelligence Journal* (AIJ) : <http://www.elsevier.nl/locate/artint>

[66] *Journal of Artificial Intelligence Research* (JAIR) : <http://www.jair.org/>

[67] *Games and Economic Behavior* (GEB) : <http://www.elsevier.com/locate/geb>

[68] *American Economic Review* (AER) : <http://www.aeaweb.org/aer/index.php>

[69] *Econometrica* : <http://www.blackwellpublishing.com/journal.asp?ref=0012-9682>

[70] *Economics Letters* : [www.elsevier.com/locate/econlet](http://www.elsevier.com/locate/econlet)

## 6. その他

インターネットオークションを行っている企業では Web API を利用して実際のオークションデータを提供している [71, 72, 73]. XML 形式で各種データを入手することができ、実際の人間の入札行動と理論的概念との比較や解析などの研究に利用されている。また、アメリカ連邦通信委員会 (FCC) によって無線周波数帯域の使用権の割当てが行われているが、オークションデータを入手することができる [74].

近年、計算機科学者らによって、複数の商品を同時に競る組合せオークションで最適な落札者を決定する勝者決定問題や、望ましい性質を満たすようメカニズムを自動設計する自動メカニズムデザインを整数計画法として表現する手法が提案されている。IBM ILOG CPLEX [75] などがこのような数理計画問題を解くツールとして利用されている。なお、IBM ILOG CPLEX は商用ソルバであるが、教育機関従事者は Academic initiative license をオンラインで取得することにより、無償で入手可能である。

[71] Yahoo! デベロッパーネットワーク : <http://developer.yahoo.co.jp/webapi/auctions/>

[72] 楽天ウェブサービス API : <http://webservice.rakuten.co.jp/>

[73] ebay API : <http://developer.ebay.com/>

[74] FCC : <http://wireless.fcc.gov/auctions/>

[75] IBM ILOG CPLEX : <http://www-06.ibm.com/software/jp/websphere/ilog/>

## 7. おわりに

本稿では、インターネットオークションに関連する Web リソースを紹介した。特に、メカニズムデザインに関する研究を中心に示したが、インターネットオークションに関する人工知能の技術は多岐にわたり、機械学習や自然言語処理技術などが重要である研究課題は多い。しかしながら、現状では海外の研究者のほうが研究アクティビティが高い感がある。ぜひ、本稿を通して、数多くの日本の人工知能研究者がこの研究コミュニティに興味をもっていただければ幸いである。