

機関番号：32689

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21730162

研究課題名(和文)位置オークションに関する理論研究

研究課題名(英文) Theoretical analysis of position auctions

研究代表者

上條 良夫 (KAMIJO YOSHIO)

早稲田大学・高等研究所・助教

研究者番号：40453972

研究成果の概要(和文)：位置オークションの重要な現実的応用問題である、検索連動型広告オークションについて、ゲーム理論を用いた理論的分析を行った。その結果、実際の検索エンジンが採用している広告枠供給戦略に収入最大化の観点からの合理性があることが明らかにされた。具体的にいえば、ページあたりの広告枠数の制限、上位広告を強調して表示する、などは検索エンジンの収入増に寄与することが明らかにされた。

研究成果の概要(英文)：A keyword auction where the internet advertisements shown in the search result page are sold is theoretically analyzed. In this study, it is found that the advertising-slot supply strategy which is adopted in practice by the internet search engines is explained by the revenue maximizing principle. In particular, restricting the number of advertisements in a search result page and highlighting the top advertisements enhance the revenue of the search engines.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|------|---------|--------|---------|
| 21年度 | 100,000 | 30,000 | 130,000 |
| 22年度 | 100,000 | 30,000 | 130,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 200,000 | 60,000 | 260,000 |

研究分野：ゲーム理論、オークション理論

科研費の分科・細目：経済学・理論経済学

キーワード：位置オークション、キーワードオークション、広告オークション、一般化第二価格オークション、ゲーム理論、最適広告枠数、収入最大化

1. 研究開始当初の背景

位置オークションとは、量・質の異なる同種の複数の財を買い手に一括で販売することを目的としたオークションである。位置オークションの最も有名な現実例は、Yahoo!、Googleなどの検索エンジンが提供している検索結果連動型広告(キーワード広告)に対して行われるオークション(キーワードオークション)である。このオークションでは、

表示位置の異なる広告枠を求めて、広告主達はオークションに参加することになる。上位に表示される広告ほどより高い広告収入をもたらすので、当該オークションは位置オークションであると見なせる。現在、様々な分野の研究者達により、キーワードオークションの性質が分析されている。

2. 研究の目的

本研究の第一の目的は、キーワードオークションにおいて販売されている財、つまり広告枠、の数・質について、現実の Yahoo! や Google などの検索エンジンがどのような決定をしているのかを理論的に説明することである。現在の主要な検索エンジンに共通しているのは、検索結果の上部、右側、下部（それぞれ、north position, east position, south position とよぶ）に限られた数の広告を表示しているという点である。現行のこのような表示方法は決して自明のものではなく、5年以上の年月をかけて到達した一つの形である。このような広告の表示方法にどのような経済的具理性があるのかを明らかにすることが第一の目標である。

研究の目的の第二点は、キーワードオークションにおいて検索エンジンが行っている広告の表示方法について得られる考察を、他の位置オークションについて応用することである。とりわけ、キーワードオークションの広告表示位置や広告数の決定の問題は、ある分割可能財を一定数に分割して位置オークションで販売することを検討している売り手が、どのように財を分割すべきなのか、という問題と類似した点を有する。例えば、ある一定面積の農地を有する土地保有者が、農地を分割し、オークションで販売する際に、どのように分割することが保有者の利益にかなうのか、という点について洞察を得られる可能性がある。

3. 研究の方法

キーワードオークションで採用されているルールは以下のようなものである。広告主達はそれぞれ自身の入札額を決定し、この入札額に応じて、誰がどの広告枠を獲得するのか、広告がクリックされるにつきいくらかを支払うのか、が決定される。広告枠の割り当ては、入札額の大きい順に行われ、(制度の細部を省けば) 入札額の大きい広告主がより上位の広告枠、つまりよりクリックされやすい広告枠、を獲得することになる(入札額の高い広告主からまず north position に配置され、その後 east position に配置される)。広告位置クリックあたりの支払額は、自分の入札額ではなく、自分より一つ下の広告枠獲得した広告主の入札額である。

図1は、広告主が5人存在し、広告枠が5つ存在するときの、広告主2の支払額の例である。 α_k は広告枠 k の単位時間当たりのクリック回数を表し、 b_i は広告主 i の入札額を表す。図より、 $b_1 > b_2 > b_3 > b_4 > b_5$ なので、広告主 k は広告枠 k を獲得し、 α_k 回のクリックを得ることになる。よって、広告主 2 は α_2 回のクリックを一クリックあたり b_3 で得るので、彼の支払額は図の斜線部の四角形として表される。このような支払額と財の割り

当てルールを持つオークションは、一般化された第二価格オークション (GSP) として知られている。

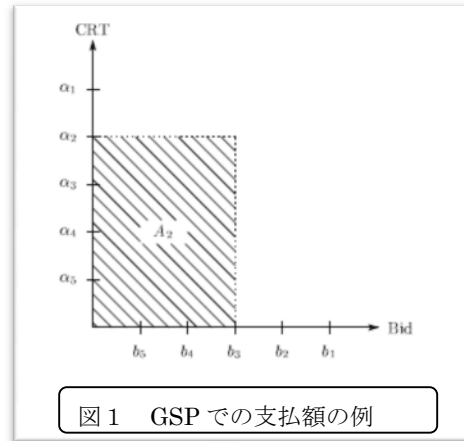


図1 GSPでの支払額の例

ある広告主が、キーワードオークションにおいて、どの広告枠をいくらか獲得するのは、自身の入札額だけではなく、他の広告主の入札額にも依存して決定される。このような状況は、戦略的相互依存関係にある状況として知られ、ゲーム理論により様々な貢献がなされてきた分野である。通常、ゲーム理論では、様々な戦略的相互依存関係にある状況において、どのような結果が生じそうかを、均衡という概念を用いて予測する。どのような均衡が採用されるのかという点は、文脈により異なりうるが、あらゆる均衡概念が共通に有している特徴は、誰もがその状態から積極的に逸脱しようとしなない、という点である。つまり、ひとたび均衡に到達すれば、それ以上の変化は生じないと考えられる。

キーワードオークションの文脈で先行研究の中でしばしば使用される均衡概念は局所的羨望耐性均衡 (locally envy-free equilibrium) である。局所的羨望耐性均衡とは、すべての広告主たちにとって、自身が現在獲得している広告掲載位置を、自身の上下の広告掲載位置と入れ替えても広告収入が増加しないことを要求する。つまり、上下と立場入れ替えをしても収入が改善しないという意味で、彼は上下の広告枠を獲得している広告主たちに羨望を持たないといえる。

局所的羨望耐性均衡とは、通常の均衡の要請に、自身の上下の広告主たちに対して羨望を持たないというような規範的性質により、さらなる制約を課したものに他ならない。このような規範的性質による制約が、実際の広告主たちの入札行動をうまく表現しているのか、という点是不鮮明であり、それゆえ、局所的羨望耐性均衡を理論予測の核として無批判に受け入れることは危険である。そのような理由から、報告者は共同研究者たちと過去に学生を被験者として用いて実験室実験を実施した。

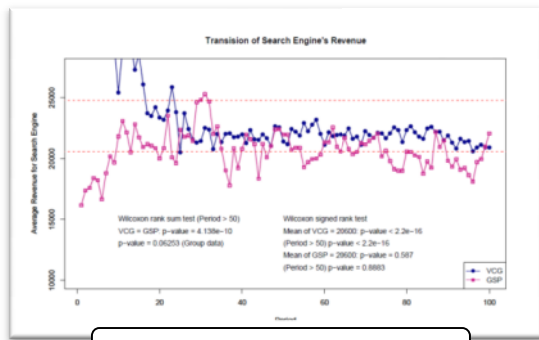


図2 収入に関する実験結果

図2は実験結果を表している。ピンクの折れ線が、GSPを100回行ったときの、検索エンジンの収入の推移を表している。局所的羨望耐性均衡の収入予測は、下方の赤い点線である。これより、被験者の行動が落ち着いてきた実験の後半では、観察された収入は理論予測周辺に落ち着いていることが分かる。事実、観察データと理論予測には統計的な有意な差は認められなかった。

上記の実験結果より、少なくとも検索エンジンの収入を予測するうえでは、局所的羨望耐性均衡の予測を用いることに一定の合理性があると考えることができる。それゆえ、後の研究は、局所的羨望耐性均衡を用いて行われている。

4. 研究成果

(1) 局所的羨望耐性均衡による収入予測を用いて、広告枠のクリック回数（クリックされやすさ）の微小改善が検索エンジンの収入に与える影響を分析した。その結果、以下の3点が明らかにされた。第一に、クリック回数の微小改善の収入に与える影響は、上位広告枠ほど大きく、広告位置が下がるにつれて効果は小さくなっていく。第二に、最上位の広告枠の微小改善は、いつでも収入に対して正の影響を与える。第三に、（広告主の数と広告枠の数が等しいとして）最下位の広告枠のクリック回数の改善は、収入に対して負の影響を与える。これらの結果を要約すれば、広告枠のクリック回数の微小改善が収入に与える影響は、広告枠の位置が下がるに従って単調に減少していき、ある場所で正から負に転じる、といえる。

このような理論結果はどのような意義を有するだろうか。この結果よりすぐに理解できる点は、広告主たちの広告を無制限に表示すればよいというわけではないことである。下方の広告枠のクリック回数の改善の効果はマイナスなので、これは下方の広告枠はよりクリックされないようにすることにより検索エンジンは収入を改善することができることを意味する。これより、下方の広告枠

はそもそも表示しないのがよい、という結論を得られる。これは、現在の検索エンジンの多くが、一ページあたりの広告の数に制約を置いている事実と符合しているといえる。

また、上位広告枠ほどクリック回数改善の正の効果大きいという結果は、検索エンジンは上位広告枠のクリック回数を増やすように掲載位置を工夫する動機があることを意味する。これは、実際の検索エンジンでは、上位広告がしばしば north position に表示される事実と整合的である。

最後に south position に表示される広告について、先の理論分析から何が言えるのかを説明する。まず説明すべき点は、south position は、north や east position の広告と連動している、という点である。つまり、south position にだけ表示されている広告は存在せず、north や east に表示されている広告の一部がここに改めて表示されているのである。つまり、south position の意義は、north や east position の広告枠のクリック回数を補強することに他ならない。すでに説明したように、クリック回数を補強（改善）するのなら、上位広告ほど望ましいので、south position は north position と連動すべきである、というのが理論分析から得られる結論である。

South position に何を表示させるのか、という点で興味深いのは、少なくとも2010年のある時点では、大手検索エンジンの中で表示させる広告が異なっていた点である。この時点では、Yahoo! は east position の上位広告を south position に表示し、Bing は north position の広告を表示していた。Google はこの時点では south position に広告を表示していなかった。しかしながら、2011年の現時点では、これらすべての検索エンジンで、south position には north position の広告が表示されるようになっている。

(2) 広告枠数を制限することが検索エンジンの収入に与える効果と、適切な留保価格の設置が収入に与える効果を比較した。理論的には、適切に留保価格を設置されたGSPが、あらゆるオークションの中で最も高い収入をもたらすことが知られている。よって、広告枠数制限の効果が、留保価格設置の効果に及ばないことは明らかなのだが、実際にどの程度の差があるのかをシミュレーション分析により確認した。

図3は、何も制約を課さないGSPと比べて、広告枠数制限と留保価格の設置がどの程度の収入増をもたらすのかについて、シミュレーションをした結果である。青棒が広告枠数制限のときの、赤棒が留保価格のときの収入改善の効果を表している。また、広告主の数

については、N=10, 20, 30, 40, 50, 100 のケースそれぞれで、両者を比較している。これよりわかることは、広告枠数制限の効果は留保価格には及ばないが、それでも何もしないとに比べると 25 から 35 % 程度の収入増をもたらす収入増に大きく貢献しているということである。加えて、広告主の数が多くなるにつれて、両者の差は消失していくのである。

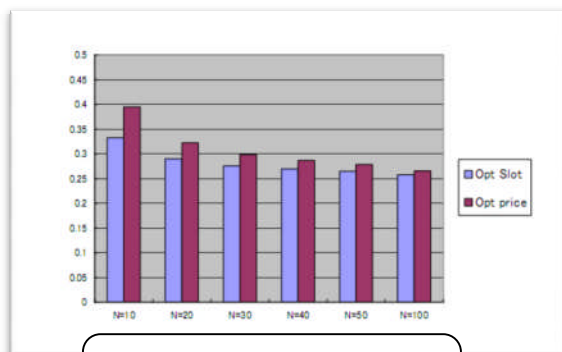


図 3 広告枠数制限と留保価格の収入に与える効果の比較

(3) キーワードオークションの分析結果を、位置オークションに応用することにより、以下のようなことが分かる。ある土地などの分割可能な財を位置オークションにより販売することを考えている土地保有者が、自身の収入を最大化するように土地の分割数を決定するのならば、必ず買い手の数未満の個数に分割し、かつ、最適な分割数の上限は、キーワードオークションでの最適な広告枠の個数により特徴づけることが可能である。このような結果は、買い手が土地利用量に対して収穫逦減するような、分割の利益が存在するケースでも同様である。つまり、最適な土地の分割は、効率性を大きく損なうことになるのである。

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 2 件)

- ① Yoshio Kamiyo and Tsuyoshi Adachi
“Optimal slot restriction and slot supply strategy in a keyword auction”
WIAS Discussion Paper 2010-009、査読なし、Web 掲載
- ② Yoshio Kamiyo “Bidding behavior for a keyword auction in a sealed bid environment”
WIAS Discussion Paper 2010-008、査読なし、Web 掲載

[学会発表] (計 3 件)

- ① 上條良夫, Theoretical and experimental investigation of performance of keyword auction mechanisms, 2011 meeting of the Asia-Pacific Economic Science Association, 2011年2月13日, マレーシア
- ② 上條良夫, A secure bidding behavior for a keyword auction in a sealed bid environment, 日本経済学会 2010 年度秋季大会, 2010年9月19日, 関西学院
- ③ 上條良夫, On the optimal number of ad slots in keyword auctions, 日本経済学会 2010 年度春季大会, 2010年6月5日, 千葉大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上條 良夫 (KAMIJO YOSHIO)
早稲田大学・高等研究所・助教
研究者番号：40453972