

# 広告の価値を考慮したキーワードオークションの実験的分析

## An Experimental Analysis of Keyword Auction Based on Ad Value

元木 陽介† 齋藤 義人† 松尾 徳朗†

Yosuke Motoki, Yoshihito Saito, Tokuro Matsuo

### 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ひとつの形式であり、インターネットが使える環境にあればどこにいても誰でも容易に参加することができるため盛んに行われている。

本稿ではキーワードオークションと呼ばれるオークションに焦点をあてる。キーワードオークションとはYahoo!やGoogle等の検索エンジンで用いられている検索連動型広告の表示順番を決定しているオークションのことである。検索連動型広告とは検索エンジンにおいてキーワードの検索を行った際に、検索結果のページの周囲に表示されるキーワードに関連した広告のことである。キーワードオークションではGSP(Generalized Second Price Auction)と呼ばれるオークションプロトコルが用いられる。GSPでは広告主は、自分の広告が1クリックされるごとに支払ってもよい金額を入札し、基本的に入札額の高い順に広告の掲載順位と支払額が決定される。このオークションはリアルタイムで行われているため、広告主は基本的にはいつでも何回でも入札額の値を変化させることが可能である。GSPはEnvy Free均衡と呼ばれる均衡戦略があり、広告の掲載者の収益がVCG(Vickrey-Clark-Groves)メカニズムよりも大きくなることが知られている[1][2][3]。

現在GSPに関して様々な研究が行われているが、それらの研究では、広告主同士が独立していたり、また、広告の価値を考慮しないで研究されていることが多い。そこで、本稿では広告の価値は他の広告の価値に依存すると考え、広告の価値に依存関係を持たせたキーワードオークションのシミュレーションを行い結果を分析する。

本稿では2章でオークションのプロトコルについて説明し、3章でシミュレーション結果を示し、4章でまとめる。

### 2.準備

ここでは、オークションのプロトコルや知識の説明を行う。共通事項として、広告主の集合を $H=\{h_1, h_2, \dots, h_n\}$ 、広告が掲載される場所(スロット)の集合を $S=\{s_1, s_2, \dots, s_k\}$ とする。 $h_j$ はj番目の広告主を表し、 $s_i$ はi番目に広告が掲載されるスロットを表す。また、収益の計算を行うために各スロットに単位時間あたりのクリック数を $c_i$ ( $c_1 \geq c_2 \geq \dots, c_i \geq c_{i+1} \geq \dots, c_n$ )とする。つまり、スロットの番号が大きくなりkに近づくほどクリックの回数が少なくなることを示している。ある広告主がi番目のスロット $s_i$ を落札した場合の入札額を $b_i$ とする。このときの入札額は1クリックあたりの入札額になるため単位時間での支払いは $b_i \times c_i$ となる。

#### 2.1. Generalized First Price Auction

GFPとはGSPが出来る前にOverture(現在Yahoo! Search Marketing)社で採用されていたオークションプロ

トコルである。広告主は自分が入札した額を支払うというものである。しかし、このプロトコルは勝てるぎりぎりの額を入札した場合に最も得が出来るプロトコルである。例えばスロットの数が1つ、広告主が広告主 $h_1$ 、広告主 $h_2$ の2人がいるとする。1クリックあたりの入札額を $h_1$ が300ドル、 $h_2$ が200ドルだった場合、 $h_1$ が300ドルで落札できるが201ドルでも落札できるため $h_1$ には入札額を下げる誘因が働く。その結果、広告主の数が増えるほど落札額が減少してしまい、収益が減少してしまう。

#### 2.2. Generalized Second Price Auction

GSPでは、入札額が高い順にスロットが割り当てられる。このとき、広告主の支払いは自分の入札値より一つ低い入札値となる。つまり、i番目のスロット $s_i$ を落札した場合、支払額は $b_i$ となる。

GSPはEnvy Free均衡に収束するといわれている。Envy Free均衡とは、ある広告主がスロット $s_i$ を得たときスロット $s_i$ よりも上または下のスロットを得ても広告主の収益が上がらないことである。つまり、ある広告主にとってスロット $s_i$ が最もよい順位であると考えていることを指す。スロットが1つの場合、VCGとGSPは同じ結果になる[4]。

#### 2.3. Google Adwords

GSPを用いているオークションとしてGoogleが採用しているGoogle Adwordsがある。Google AdwordsはGSPのプロトコルを用いているが、CTR(Click-Through-Rate)と品質スコア(Quality-Score)を導入している点異なる。CTRとはクリック率のことであり、以下のように表される。

$$\text{CTR} = \frac{\text{広告がクリックされた回数}}{\text{広告が表示された回数}}$$

CTRや、広告テキストの関連性などから品質スコアをGoogleが決定する。クリック率は基本的にスロットの掲載順位に比例する[6]。また、最低入札額が設定されている。スロットの割当は入札額×品質スコアが高い順に割り当てられる。j番目のスロット $s_j$ を落札した広告主 $h_j$ の品質スコアを $q_j$ としたときの1クリックあたりの支払額 $p_j$ は以下の式で表される。

$$p_j = \frac{b_{j+1} q_{j+1}}{q_j}$$

### 3.シミュレーション

#### 3.1. 広告の価値の定義

本稿では、広告の価値は依存関係を持つものとし、広告の価値を評価するために線形評価を用いる。ある広告主 $h_j$ の広告の価値が $A_{\text{before}}$ から $A_{\text{after}}$ に変化した場合、広告主 $h_j$ と依存関係を持つ他の広告主の広告主 $h_j$ の影響を受ける前の広告の価値を $B_{\text{before}}$ 、影響を受けた後の広告の価値を $B_{\text{after}}$ は以下の式で計算できると定義する。

†山形大学大学院理工学研究科

Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University

$$B_{after} = B_{before} + \alpha(A_{after} - A_{before})$$

ただし  $\alpha$  は  $0 \leq \alpha \leq 1$  とする. 以後広告主の広告の価値の集合を  $V = \{v_1, \dots, v_j, \dots, v_n\}$  とする. また, シミュレーションで使用するオークションのプロトコルは Google Adwords で用いられているプロトコルの品質スコア決定部分を定義した広告の価値に置き換えて行う.

### 3.2.条件

スロットの数を 3-10 個, 広告主を 10-50 人の間で変化させて実験を行った. 最低入札額は 10 とし, 入札額は(10,100)の一様分布とした. また変化させる前の広告の価値を(0.2,2.2)の一様分布とした. また, 単位時間あたりのクリック数は(1,100)の一様分布とした. また, 希望するスロットの順位は(1,k)の一様分布とした. また, 広告主は Envy-Free 均衡に従うものとする.

### 3.3.シミュレーション

本稿で行ったシミュレーションは以下の手順である.

- ①. 広告主とスロットの数を指定
- ②. 各スロットの単位時間あたりのクリック数を決定
- ③. それぞれの広告主に対する 1 クリックあたりの入札額, 広告の価値, 希望するスロットの順位, 単位時間あたりの予算の上限を決定
- ④. 入札額と広告の価値を掛けたものを大きい順に各スロットに割り当てる
- ⑤. 各スロットごとの支払額を求め掲載者の収益を求める
- ⑥. ある一つの広告の価値を変化させる
- ⑦. ⑥の変化量をもとに他の広告の価値を再決定
- ⑧. 単位時間あたりの予算の上限と希望するスロットの順位をもとに入札額を再決定
- ⑨. 入札額と再決定した広告の価値をもともう一度④, ⑤を行う
- ⑩. ④-⑧を 1000 回繰り返す, また, ①-⑧を 10000 回繰り返す

表1:スロットの数が5のときの収益合計比較

広告主の数	パターン1	パターン2
10	100	129.31
20	100.45	146.47
30	100.77	153.7
40	101.53	158.98
50	102.44	160.44

表2:広告主の数が25のときの収益合計比較

スロットの数	パターン1	パターン2
4	100	148.17
6	104.17	156.88
8	107.71	161.47
10	108.95	165.23

### 3.4.結果

広告主の広告の価値を独立として行ったシミュレーションをパターン1, 広告主の広告の価値が依存関係にあるとしたもの, つまり 3.3 の節の手順に従って行ったシミュレーションをパターン2とする. 表1はスロットの数を5としたとき, 広告主の数を変化させてシミュレーションを行った結果である. パターン1で広告主の数が10人のときに得られた収益を100としたときの数値を表している. また, 表2は広告主の数を25人としたとき, スロットの数を変化させてシミュレーションを行った結果である. パターン1でスロットが4のときに得られた収益を100としたときの数値を表している.

表1をみると広告の価値が独立しているパターン1より広告の価値に依存性を持たせたパターン2の方が収益が高くなっていることがわかる. 広告主の数が増加するほどパターン1, パターン2の双方とも収益は増加しているが, パターン2の収益はパターン1と比較してより大きくなっていることがわかる. 広告主の数が10人のときパターン2は, パターン1より3割ほど収益が大きくなっているが, 広告主の数が50人となるとパターン2の収益はパターン1より6割近く増加している.

表2をみるとパターン1よりパターン2の方が収益が高くなっていることがわかる. スロットの数が増加するほどパターン1, パターン2双方の収益が増加していくが, パターン2の収益はパターン1と比較してより大きくなっていることがわかる. スロットの数が4のときパターン2は, パターン1より5割近く収益が大きくなっているが, 広告主の数が50人となるとパターン2の収益はパターン1より6割近くに増加している.

### 4.まとめ

本論文では広告の価値に依存関係を持たせたオークションを行った. その結果以下のことがわかった.

- 1 オークションの規模が大きくなればなるほど収益は増加する
- 2 広告の価値を独立としたときのオークションより収益が大きくなりやすい

今回, 広告主は Envy-Free 均衡に従うものとしてシミュレーションを行ったが広告主が別の戦略をとった場合についても考慮することが今後の課題である.

### 参考文献

- (1) Benjamin Edelman, Michael Ostrovsky, and Michael Schwarz "Internet Advertising and the Generalized Second-Price Auction Selling of Dollars Worth of Keywords" The American Economic Review, 2007
- (2) 櫻井 祐子,井上 博文,岩崎 敦,横尾 真 "掲載数を最適化するキーワード広告オークションの提案" The 21st Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2007
- (3) 山本 拓也,伊藤 孝行 "キーワードオークションの Locally Envy-Free 均衡に基づく支配額決定機構の提案" 第6回科学技術フォーラム, 2007
- (4) 伊藤 孝行 "電子市場構築技術の応用システム"
- (5) William Vickrey "Couterspeculation,Auctions,and Competitive Sealed Tenders" Journal of Finance, 1961
- (6) Nico Brooks "The Atlas Rank Report: How Search Engine Rank Impact Traffic"Atlas Institute Digital Marketing