

キーワードオークションの特徴

中川彩野(早稲田大学大学院経済学研究科)

2024年3月13日(水)

はじめに

検索連動型広告とは



検索連動型広告

検索結果

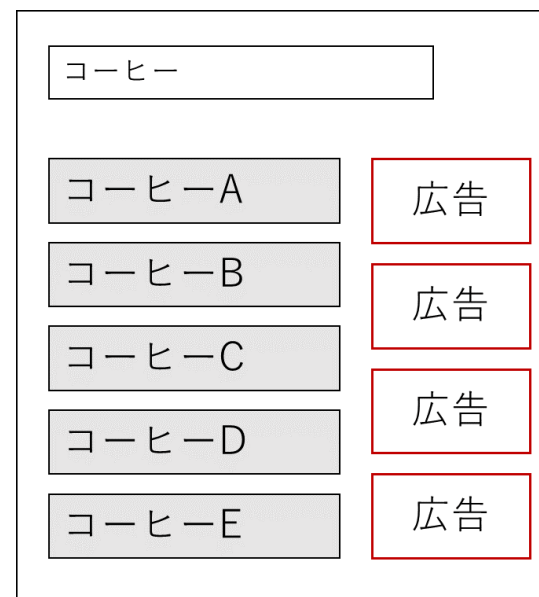
検索連動型広告の表示方法

Exact match (完全一致)

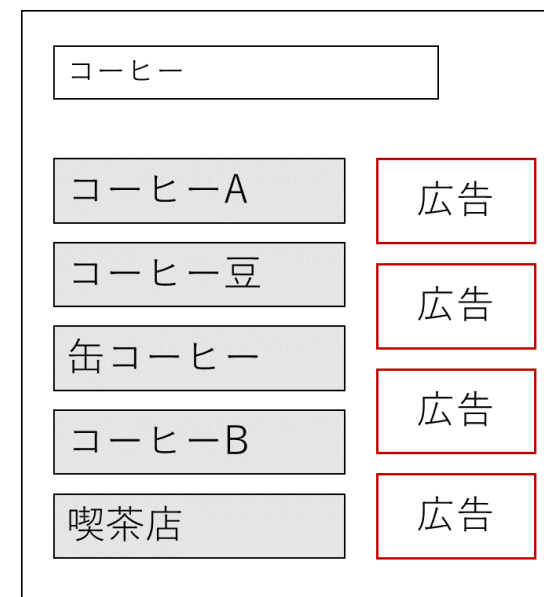
- 検索した語句と全く同じ語句に基づく検索結果に応じた広告

Broad match (部分一致)

- 関連した他の語句に基づく検索結果に応じた広告



Exact match



Broad match

キーワードオークションのルール

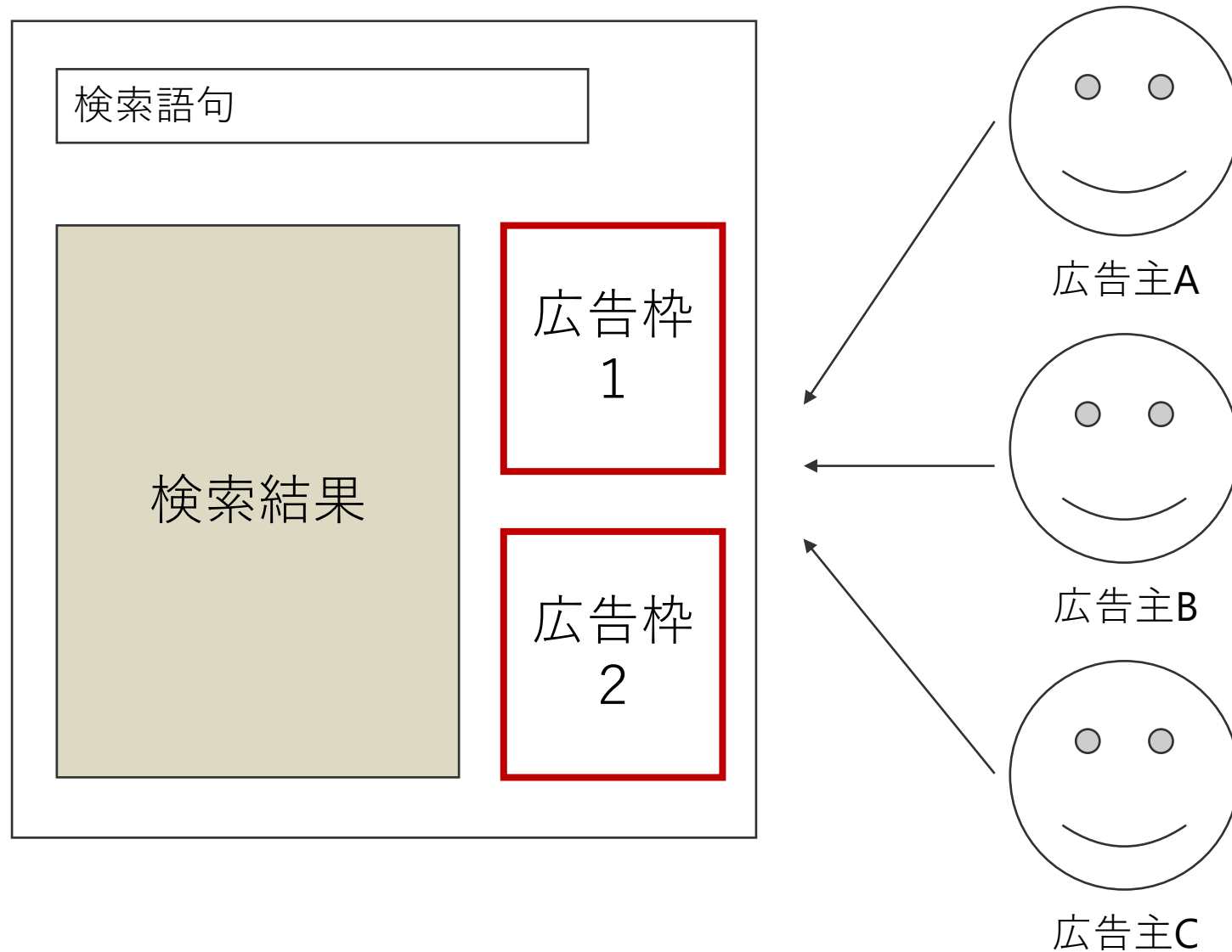
GSP (Generalized Second Price)ルール

- 入札額が大きい順に広告枠を割り当て
- 自分の入札額の次に大きい入札額を支払う

VCG (Vickrey-Clarke-Groves) ルール

- 入札額が大きい順に広告枠を割り当て
- 「自分がオークションに参加することによって発生する迷惑料」
＝いま他の広告主たちが得ているもの－自分が不参加の場合に他の広告主たちが得ているもの

GSPとVCGの違い



GSPとVCGの違い

GSPの場合

			
	広告主A	広告主B	広告主C
評価値	10	15	5
入札額	10	8	6
獲得した広告枠	第1枠	第2枠	なし
支払額	8	6	0
利得	12	9	0

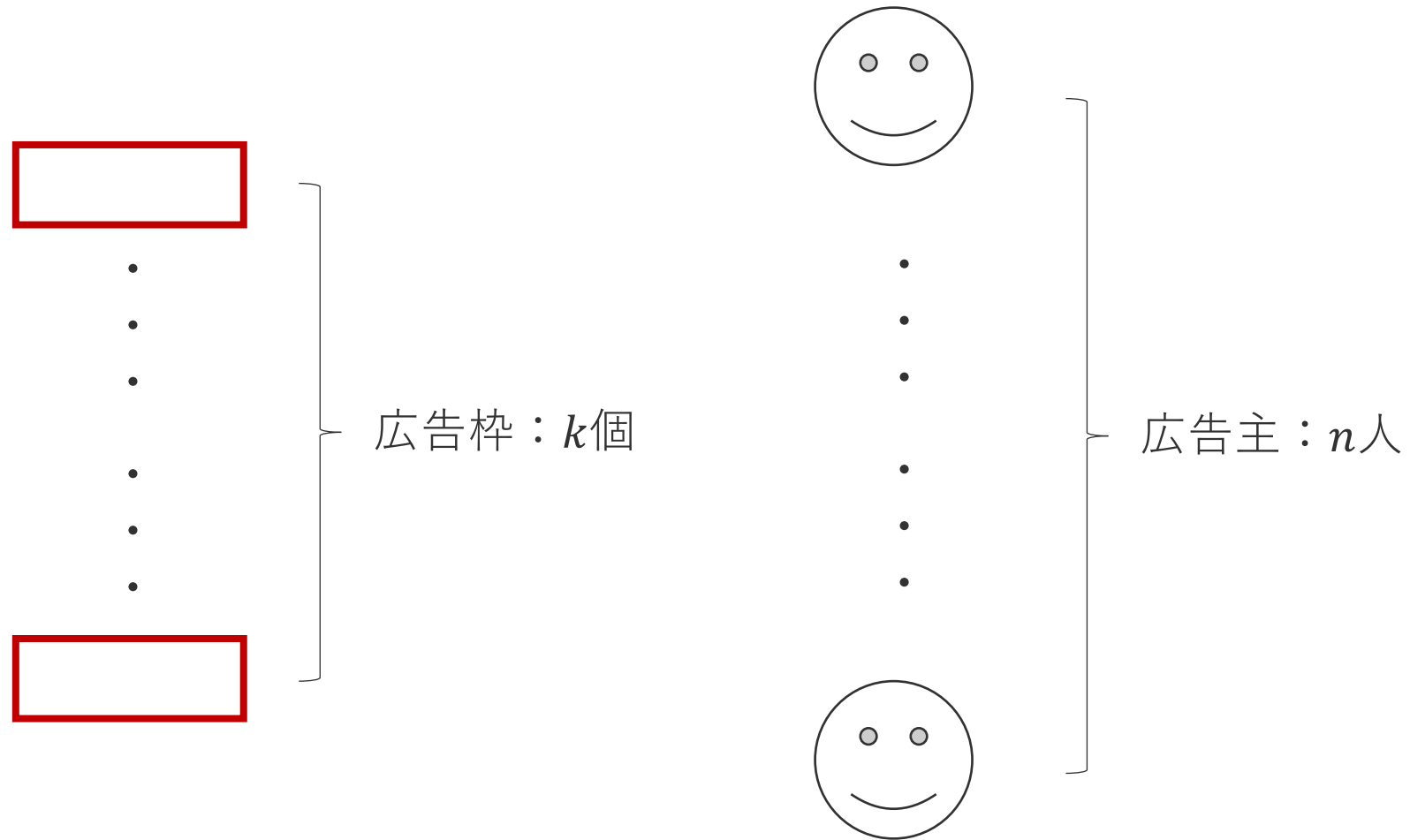
GSPとVCGの違い

VCGの場合

			
	広告主A	広告主B	広告主C
評価値	10	15	5
入札額	10	8	6
獲得した広告枠	第1枠	第2枠	なし
支払額	14	6	0
利得	6	9	0

基本モデル

基本モデル



$n > k$: 広告枠は足りない

基本モデル



広告主 i

評価値： v_i

自らの広告がクリックされた際に得られる利益

入札額： b_i

自らの広告が表示された際に支払ってもよいと思う最大額

入札プロフィール： $b = (b_1, b_2, \dots, b_n)$



広告枠 s

CTR (Click Through Rate) :

広告のクリックされやすさ

$$CTR_{i,s} = q_i \theta_s$$

広告主 i の広告枠 s に表示された際のCTR

基本モデル

GSPルール

- j 番目に大きい入札をした広告主を $g(j)$ と表す
- 広告主 $g(j)$ が支払う額 $p_{g(j)}$

$$p_{g(j)} = b_{g(j+1)}$$

ただし $j > k$ のときは

$$p_{g(j)} = 0$$

基本モデル

広告主の利得

- 広告枠 s を獲得し p_i を支払った広告主 i の利得

$$u_i = \theta_s v_i - p_i$$

VCGルールでの支払額

- 広告主の支払額

$$\begin{aligned} & \sum_{h=j+1}^{k+1} (\theta_{h-1} b_{g(h)}) - \sum_{h=j+1}^k (\theta_h b_{g(h)}) \\ &= \sum_{h=j+1}^k (\theta_{h-1} - \theta_h) b_{g(h)} + \theta_k b_{g(k+1)} \end{aligned}$$

特徴

2つのルールの特徴

支配戦略

- 自分以外の広告主がどんな額を入札していたとしても、自分が損しない入札

正直入札

- $b_i = v_i$ とする入札

GSPとVCGの違い

- GSPでは正直入札が支配戦略にならないが、VCGでは正直入札が支配戦略になる
- 耐戦略性

キーワードオークションの均衡

ナッシュ均衡

- ある入札プロファイル $b = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ がナッシュ均衡であるとは、すべての入札者が最適入札を行っている状況のこと

最適入札

- 自分以外の入札者の入札を所与としたとき、自分が損をしない入札

ナッシュ均衡の存在

- GSPルールではナッシュ均衡は必ず存在する
(Edelman et al., 2007; Varian, 2007)
- しかしナッシュ均衡になる入札プロファイルが非常に多い

LEF均衡

LEF (Locally Envy Free) 均衡

- すべての広告主がいま得ている広告枠の1つ上もしくは1つ下の広告枠を得たとしても得をしない状況
- LEF均衡もどのような場合でも存在する (Edelman et al., 2007)

均衡における検索エンジンの利潤

- 検索エンジンの利潤 = 広告主たちが検索エンジンに対して支払った額の和
- GSPルールでのLEF均衡における検索エンジンの利潤は、VCGルールでの支配戦略均衡における検索エンジンの利潤と同じかそれより高い

※支配戦略均衡 = すべての広告主が支配戦略をとっている状況

基本モデルの拡張

CTRが独立でない

基本モデルでの扱い

- CTR : $q_i \theta_s$
- 広告自体のクリックされやすさ q_i と広告枠自体のクリックされやすさ θ_s によって独立に定まる
- 実際にはCTRは同時に同じページに存在する他の広告に依存して変わり得る

拡張方法

- Choice Model : 広告主が複数の広告の集合から1つを選んでクリックする
- Cascade Model : 広告主がある確率で次の広告枠の広告を見る
- Social Context Graph : グラフにおける近隣の広告のみに影響を与える

CTRが分からない

基本モデルでの扱い

- CTRは事前にすべてわかっている
- 実際にはCTRを予測するしかない状況がある

拡張方法

- Click Prediction Model：機械学習でCTRを予測する
 - Feature Extraction：どのような情報がCTRの予測に適切か
 - Model Selection：情報をどのように用いてCTRを予測するべきか
- Multiarmed Bandit (MAB) Mechanism：情報の探索と収益の減少とのトレードオフに対応する

広告主に予算制約がある

基本モデルでの扱い

- 自由に b_i を入札し、支払を行う
- 実際には支払うことができる上限額 = 予算制約がある

拡張方法

- 広告主 i の予算 B_i : B_i までしか入札できない
- 検索語句 m 個、各検索語句に k 個の広告枠
- 広告主 i の検索語句 j についての評価値 $v_{i,j}$
 広告主 i の検索語句 j に対する入札額 $b_{i,j}$
 広告主 i の検索語句 j の広告枠 s に対する支払額 $p_{i,j,s}$
- さらにいくつか仮定を追加して利潤や均衡を議論

広告主が合理的でない

基本モデルでの扱い

- きちんとした知識、利得の明確な定義、他者の情報、戦略の推測、最大化に必要な情報をすべて考慮
- 実際には合理性の仮定は満たされない

拡張方法

- 「限定的な合理性」を定義して、入札額から評価値や将来的な入札を予測する
- 合理性をデータから学習してパラメータ化する
- 自分の情報だけに基づいて確率的に入札を変更する

広告主が入札額以外の情報を表明する

基本モデルでの扱い

- 広告主は b_i のみ表明

拡張方法

- 自分の広告が表示されてもよいと考える広告枠の順位の範囲
- 自分の広告と他の広告との位置関係
- 表示された場合・クリックされた場合・クリックされてその先のサイトでユーザーがアクションした場合など様々な場合に応じた支払ってもよい額

代理入札を行うモデル

代理入札を行うモデル

Amaldoss et al. (2016) が提案したモデル

- 広告主2人、広告枠1つ
- 広告主はコストを支払って自分で入札するか(Exact matchに対応)、検索エンジンに代理入札を頼むかを選ぶことができる(Broad matchに対応)
- 検索エンジンの代理入札は広告主の評価値からずれる
- 第1ステージ：検索エンジンが留保価格 R を決定
第2ステージ：広告主が代理入札を頼むかどうか決定→評価値が分かる
第3ステージ：自分で入札する広告主のみ入札額を決定
第4ステージ：留保価格 R 付きGSPオークションが実施される

代理入札を行うモデル

Amaldoss et al. (2016) が提案したモデル

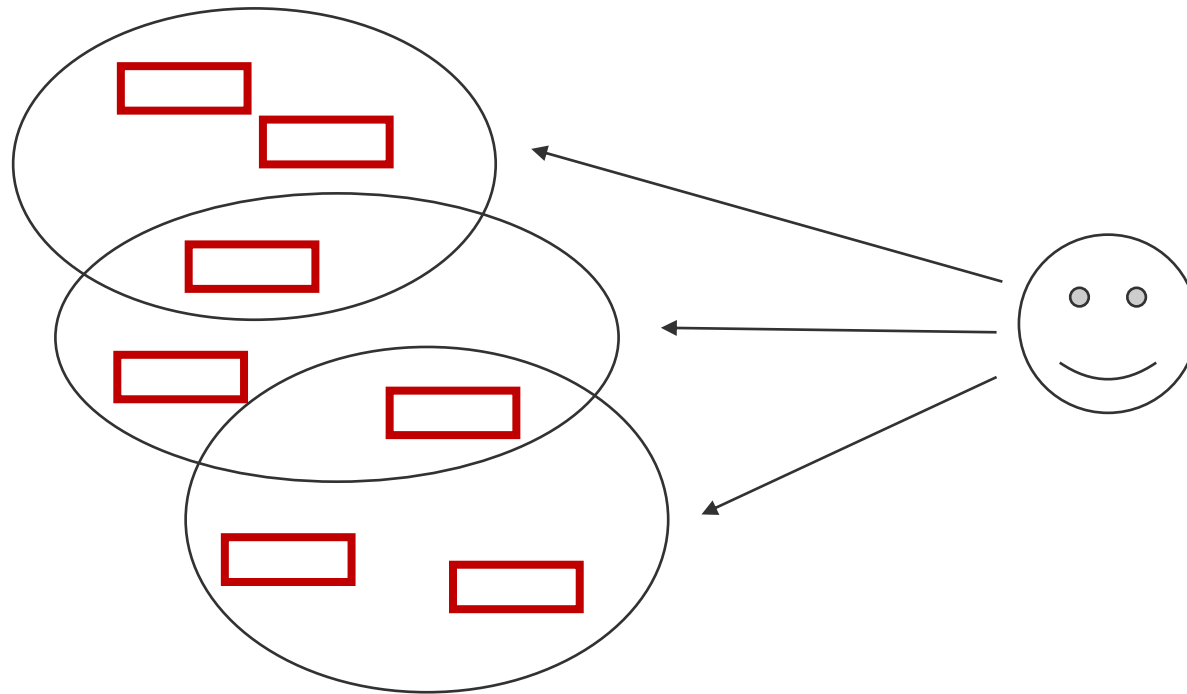
- Broad matchの精度が十分低いとき
→両方の広告主がExact matchを使うことがナッシュ均衡
- Broad matchの精度が十分高いとき
→両方の広告主がBroad matchを使うことがナッシュ均衡
- Broad matchの精度が中くらいのとき
→両者Exact matchを選択, 両者Broad matchを選択, という2つの均衡がある
- コストが高いとき
→両方の広告主がBroad matchを使うことがナッシュ均衡
- 検索エンジンは広告主がBroad matchを選択するようになる程度までしか精度を上げない

グループピングを行うモデル

グルーピングを行うモデル

Dhangwatnotai (2011)が提案したモデル

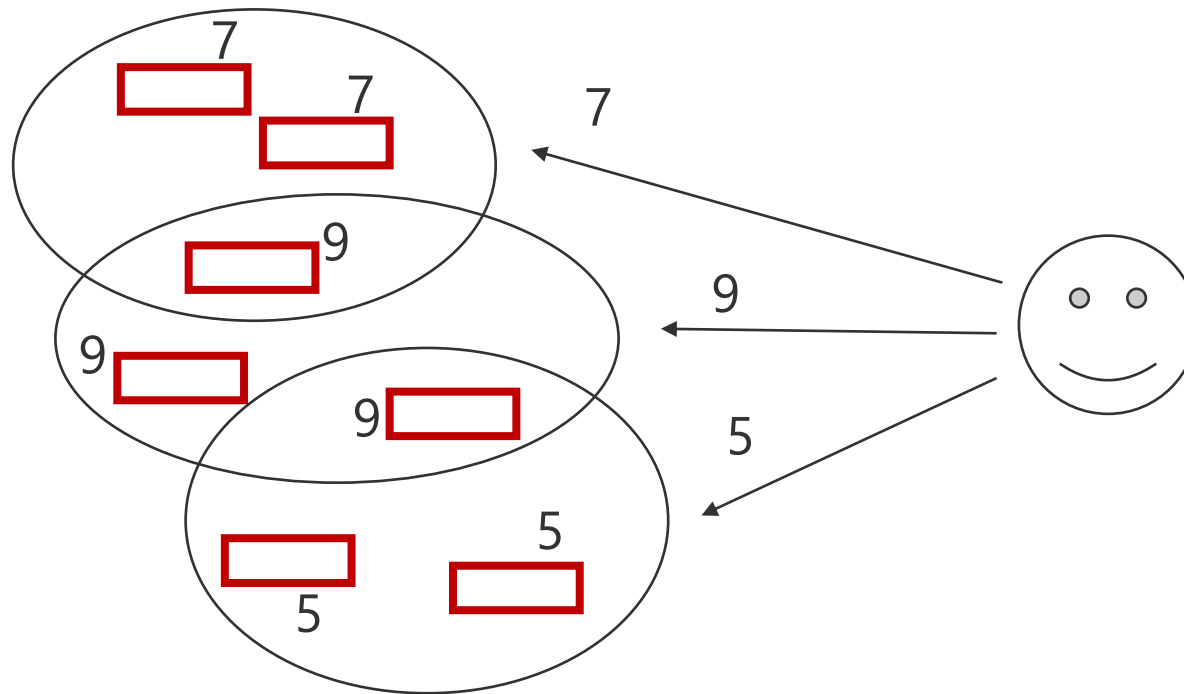
- 広告主は n 人、検索語句は m 個、広告枠は1つずつ
- 検索エンジンがオークション開始前に検索語句をグルーピングする
- 広告主は検索語句ではなくグループに対して入札を行う(個数制限あり)



グルーピングを行うモデル

Dhangwatnotai (2011)が提案したモデル

- 検索エンジンはグループに対する入札額を検索語句に対する入札額に変換
- 検索語句に対する入札額を使って広告枠の割り当てと支払額を決定



グルーピングを行うモデル

Dhangwatnotai (2011)が提案したモデル

- 「各グループに含まれる検索語句がどれくらい似ているか」 (①)
- 「入札回数制限内でどの程度入札したい検索語句に入札できるか」 (②)
- ①と②の間にトレードオフがある

グルーピングを行うモデル

中川(2021)の分析

- 広告主は2人、検索語句は m 個、広告枠は2つずつ
- δ^j : 検索語句 j の第1枠の $\text{CTR}(\theta_{1j})$ と第2枠の $\text{CTR}(\theta_{2j})$ の差
- 検索語句がグルーピングを行うが入札個数に制限はなし
- グループへの入札を検索語句への入札に変換
- WAV : あるグループに含まれる検索語句の評価値の加重平均値
- グループが1つしかないときはそのグループの WAV を入札することが支配戦略
- 「グルーピングをしないとき」と「グループが1つしかないとき」を比べると「グループが1つしかないとき」のほうが検索エンジンの利潤が高い

おわりに

おわりに

まとめ

- キーワードオークションの基本モデルと特徴
- 基本モデルの拡張
- Broad matchに対応する2つのモデル
 - 代理入札を行うモデル
 - グルーピングを行うモデル

今後の展望

- 他分野での理論研究の整理
- より適切なモデルの構築や分析方法の発見