

## 論文の内容の要旨

論文題目     **Incentives and Equilibrium in Auctions with Package Bidding**  
                  (組み合わせ入札におけるインセンティブと均衡)

氏 名                                     佐野 隆司

本論文は「組み合わせ入札」あるいは「組み合わせオークション」と呼ばれるクラスの複数財オークションにおいて、入札者がどのような戦略的行動の誘因を持ち、均衡においてどのような結果が実現するかを分析する。売り手が複数種類・複数単位の財を多数の潜在的な買い手（入札者）にオークションによって配分する問題を考える。そのような複数財オークションの環境では、入札者は一般に個々の財に対して独立に価値を評価するのではなく、財の間の代替性や補完性を考慮し、「財の組み合わせ」に対して価値を評価する。そのような環境では個別の財に対する入札だけでなく、財の組み合わせに対する入札を認めることで、より効率的な財配分の達成が期待できる。組み合わせオークションとは、そのような財の組み合わせを指定して入札できるような取引ルールを指す。

組み合わせオークションの研究は、通信事業者への電波利用権の割当や混雑空港の発着枠割当といった現実への応用が期待され、実際に、近年現実の事例に活用され始めている。英国では 2008 年、周波数帯割当オークションとして組み合わせオークションを実施した。また、米国では空港発着枠の割当方法として、組み合わせオークションの実施が提案された。これら近年採用・提案されている組み合わせオークションの理論的な特徴は、入札額の下でのコアになるように配分及び支払額を決定する点にある。そのような取引ルールは特に「コア選択オークション」と呼ばれる。

組み合わせオークション、特にコア選択オークションは近年性能の良い取引ルールとして期待されているものの、そこでの入札者の戦略的行動や均衡の性質に関しては未だに十

分明らかにされていない。既存の組み合わせオークションの均衡に関する研究は、完備情報かつ封印入札方式の場合の分析に限られてきた。オークション問題で通常想定される不完備情報の場合の分析はほとんど研究されていない。また、現実への応用という観点では、封印入札方式よりも価格せり上げ方式の取引ルールの方が好まれる一方で、価格せり上げ方式における戦略的行動の分析もまたほとんど未解明であった。

そこで本論文では、コア選択オークションを中心とした組み合わせオークションにおける入札者の戦略的行動及び均衡について分析する。特に財に対する価値評価が入札者の私的情報であるような不完備情報の場合、そして周波数オークション等の現実の応用事例で採用されることの多い価格せり上げ方式の取引ルールの場合において、入札者がどのような戦略的行動を取るかを分析する。以下では各章の分析結果について概説する。

## 1章 Core-Selecting Nash Equilibrium in the Vickrey and Some Unstable Mechanisms

本章は、完備情報下のコア選択オークションのナッシュ均衡に関する Day and Milgrom (2008)の分析を拡張する。Day and Milgrom (2008)は任意のコア選択オークションについて考え、「切り詰め戦略 (truncation strategy)」によって真の入札者最適コアがナッシュ均衡で実現されることを示した。しかし、彼らの結果はコア選択オークションの本質的な性質ではない。オークションが入札額の下で効率的に財を配分し、かつ各人の支払額が Vickrey オークションのそれ以上であるならば、切り詰め戦略を用いたナッシュ均衡が存在して、真の入札者最適コアを達成する。非コア選択オークション、特に Vickrey オークションについても真のコアを実現するナッシュ均衡が存在する。

## 2章 Ascending Core-Selecting and Vickrey Auctions

本章は、コア選択オークションを含むメカニズムに対して価格せり上げ方式を導入する。完備情報、及び入札者が単一需要 (single-minded) であると仮定した上で、価格せり上げ型組み合わせオークションの部分ゲーム完全均衡を特徴づける。入札者が特定の財の組み合わせのみに関心があるとき、入札者は単一需要であると定義する。1章で論じるように、メカニズムが効率的かつ支払額が Vickrey オークションのそれ以上であるとき、切り詰め戦略によって構成されるナッシュ均衡が一般に複数存在する。本章では最終割引 (final discounts) を認めた価格せり上げルールを導入し、効率的かつ支払額が Vickrey オークションのそれ以上であるような任意の価格せり上げ型組み合わせオークションを定義する。

任意のオークションにおいて、「Vickrey 照準戦略」が部分ゲーム完全均衡となる。Vickrey 照準戦略では、既に入札を止めた者の入札額を所与とした Vickrey 価格を目標として、その額に達するまで入札する。Vickrey 照準戦略均衡で実現される配分は、真の評価額の下での入札者最適コアになる。更に、この均衡配分は、オークションの敗者が正直に入札している限りにおいて、一般に唯一の部分ゲーム完全な配分となる。価

格せり上げ方式と部分ゲーム完全性によって、Day and Milgrom (2008)や 1 章が示す封印入札型組み合わせオークションの複数均衡の中のただ一つが選択される。

一方で、ヴィックリー照準戦略均衡においては、均衡利得の単調性が満たされない。評価額の低い入札者であるほどヴィックリー価格が低く、他の入札者より先に入札を止めることができるため、評価額の低い入札者であるほど高い均衡利得を得やすい。

### 3 章 Incentives in Core-Selecting Auctions with Single-Minded Bidders

本章は、単一需要の入札者を仮定し、不完備情報下のコア選択オークションにおける入札者の戦略的行動について分析する。各入札者の需要する財の組み合わせに関する情報が共有されており、かつ入札者はその財の組み合わせのみに入札すると仮定した上で、Ausubel and Milgrom (2002)が提案した「代理人せり上げ入札」と呼ばれる封印入札型コア選択オークションにおける戦略的入札行動を分析する。

単一需要の仮定の下では、一部でも共通の財に関心がある入札者は「敵」と定義できる。逆に、指値する財の組み合わせが全く共通しない入札者を「味方」と定義する。入札者の「敵の敵」が必ず自分の敵である時、そしてその時のみ、代理人せり上げ入札においてその入札者は正直に自分の評価額を申告する。この条件は、入札者が不完備情報下のベイジアン・ナッシュ均衡において正直に申告するためのほぼ必要条件でもある。更に本条件は代理人せり上げ入札のみならず、任意の「入札者最適コア選択オークション」についても同様に適用される。

入札者の「敵の敵」が自分の味方であるようなとき、彼は一般に評価額を過小に申告する誘因が存在する。これは、「自分」と「自分の味方」の間で互いにただ乗りして支払額を低く抑えようとする誘因が生じるためである。2 財 3 人の特殊ケースにおける代理人せり上げ入札のベイジアン・ナッシュ均衡では、評価額の高い入札者はほぼ正直に入札する一方、評価額の低い入札者は非常に低い額を入札する。

### 4 章 Strategic Non-Bidding in an Ascending Core-Selecting Auction

本章では不完備情報下の価格せり上げ型コア選択オークションの完全ベイジアン均衡について分析する。「組み合わせ時計オークション」と呼ばれる英国の周波数オークションで実際に採用されたルールを考える。2 財からなるオークションを考え、1 財のみを需要する「ローカル入札者」と 2 財とも需要する「グローバル入札者」の 2 種類の入札者がいると仮定する。組み合わせ時計オークションでは、グローバル入札者は 2 財の組み合わせに対して正直に入札することが支配戦略となる。一方、ローカル入札者は一般に過小入札の誘因が存在する。

ローカル入札者が 2 人参加している時、一定の条件下では一意の非対称な完全ベイジアン均衡が存在し、片方のローカル入札者は正直に入札する。しかし、他方のローカル入札者はただ乗りし、全く入札しない。均衡では深刻な非効率性及び低収入の問題が生じる。

封印入札方式のコア選択オークションではローカル入札者がただ乗り完全にコミットすることが通常できないため、均衡でも一定額の額を入札する。しかし、価格せり上げ方式のような動学的なルールでは、自分がただ乗りすることにコミットすることが可能となる。ローカル入札者同士がただ乗りコミットしようと競争する結果、全く入札しない戦略が唯一の均衡となる。2章で論じる封印入札型の組み合わせオークションの均衡と比較すると、効率性・収入共に悪化する。

ローカル入札者が3人以上参加している時、均衡では入札を続けるローカル入札者が2人のみになるまで正直に入札し、2人が残ると直後にそのうちの1人が入札を止める。ローカル入札者の参入を促進することで、均衡の効率性・収入は大きく改善される。