

平成30年6月4日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K13005

研究課題名(和文)スコアリングオークションの基礎的課題

研究課題名(英文)Foundations of Scoring Auction Theory

研究代表者

花園 誠 (Hanazono, Makoto)

名古屋大学・経済学研究科・教授

研究者番号：60362406

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：スコアリングオークション(総合評価方式入札)の理論モデルを構築し、以下のような汎用性の高い結果を得た。第一に、事前には対称的な入札者によるオークションについて、私的情報が多次元である場合のゲームの均衡が存在するための条件を導いた。その条件とは、入札者の固定費用に影響する私的情報と可変費用に影響する私的情報が別々の次元に属しているというものである。第二に、入札者の私的情報が一次元であるケースでの、予定価格や品質の上限、下限等の制約が課される場合について分析を行い、成果を得た。特に、不等式で表される制約が同時に等号を満たすことがなければ、制約がない場合と変わらない分析が可能であることを導いた。

研究成果の概要(英文)：We build models of scoring auctions and obtain the following highly useful results. First, we consider a symmetric auction in which bidder's private information is multidimensional, and derive a condition under which an equilibrium of the bidding game exists. The condition is that the dimensions of private information that influence fixed costs of each bidder is perpendicular to those that affect variable costs. Second, we study the effects of bid restrictions such as price upper-bound or quality bounds in the model of single-dimensional private information. We show that the analysis is basically the same as in the model without restrictions unless the multiple inequality restrictions bind at the same time.

研究分野：産業組織論、ゲーム理論

キーワード：スコアリングオークション 多次元パラメータ

1. 研究開始当初の背景

スコアリングオークション、または総合評価方式入札の機能を原理的に理解するために、ゲーム理論的な分析手法が開発され、研究成果が蓄積されてきたものの、いくつかの重要な課題が残されていた。第一に、入札者の状況の特徴づける情報（おもに技術や費用に関するもの）については本質的に一次元の変数として取り扱われてきていた。企業の特徴をそのような一次元の情報として簡素化し取りまとめられないようなケースについては、情報を多次元のものに拡張することが必要であるが、多次元の情報分析に取り込むことは困難であった。第二に、入札において課されることの多い制約、とりわけ予定価格、品質の下限や上限等の制約が、これまでの研究では十分に扱われてこなかった。第三に、これまでの理論研究で対象としてきた総合評価は、入札された価格と品質のみで決まるものであり、他の入札者の価格や品質には依存しないとされてきた一方で、現実の制度としては価格、品質それぞれで入札者の順位を決め、各要素の順位を合わせて総合評価値を求めるといふ、相互連関のある評価方法が採択されているケースも少なくなかった。このような場合の入札行動分析や制度の機能評価は全くなされていなかった。

2. 研究の目的

本研究は、スコアリングオークション、または総合評価方式入札の原理的理解を飛躍的に向上させ、現実の制度を研究する理論的な基盤を強固にするために、以下の三つの課題に理論的な解決を与えることを目的とする。

- (1) 入札者の私的情報が多次元の場合の分析
- (2) 制約条件を伴う総合評価の分析
- (3) 総合評価ルールに入札者間の相互連関がある場合の分析

3. 研究の方法

各課題に対して、主に以下のような方法を用いる。

- (1) 入札のゲーム理論的分析で用いる標準的な以下の2つの方法を拡張できるかどうかを試みる。第一に、入札ゲームの均衡解を微分方程式で表現し、その解の存在や性質を調べるというもの。第二に、入札のゲームを離散化して（すなわち、入札可能な値を有限個に限って）均衡解を導出し、本来の解を離散化を細かくとっていく際の均衡解の極限として捉えるというものである。
- (2) 最適化理論、また特に包絡線定理に関する数学的な研究成果について詳しく調べ、

スコアリングオークションの研究に適用・適用できる考え方・結果がないかを確かめる。また、解析的な手法を用いて、スコアリングオークションに特有の構造に対応した議論を展開し、追加的な制約条件を考慮した際のオークションゲームにおける均衡の存在や特徴づけを研究する。

- (3) 次のようなアプローチを用いる。すなわち、他の入札者の行動を所与とすれば、落札確率が一定となるような価格と品質の組合せを特定できる。もしその確率で落札することを選ぶなら、そのような組合せの中で利潤が最大化されるものを入札するはずである。つまり、各入札者は落札確率とその下で最大化される利潤を加味して、期待利潤が最大化されるように落札確率を選ぶ、というものである。

4. 研究成果

研究課題の(1)、(2)については、一定の結果を出すことができたが、(3)については、十分な成果を出すことができなかった。よって以下、(1)、(2)について研究成果を述べることにする。

- (1) 事前には対称的な入札者によるスコアリングオークションについて、私的情報が多次元である場合のゲームの均衡が存在するための条件を導いた。その本質的な条件とは、入札者の固定費用に影響する私的情報と可変費用に影響する私的情報が別々の次元に属しているというものである。モデルのその他の条件は、関数の微分可能性や凸性などスコアリングオークションの分析にあたって標準的なものである。

研究の方法でのべたように、入札のゲーム理論的分析には、微分方程式を用いるアプローチと、ゲームを離散化し、均衡の極限を考えるアプローチの二通りがある。はじめ微分方程式を用いるアプローチを試みたが、そこで用いられるいわゆる Guess and Verify という方法が多次元の場合にはうまく機能しないことがわかった。その理由は、ゲームの均衡における評価値の分布を求めるためには、多次元の私的情報の空間を、共通のスコアを提出する個々の入札者のもつ私的情報（タイプとも呼ばれる）によって分割する必要があるのだが、同じ分布を作り出す分割方法は無数にあるという問題である（私的情報が一次元で単調な入札を想定するならばこのような問題は起きない）。したがって、その分割と各タイプの最適行動が整合的になるかどうか全く自明ではないことがわかる。

そこで、ゲームを離散化するアプローチに変更し、Reny(2011)によって導かれ

た不完備情報ゲームの単調戦略による均衡の存在の結果を応用することにより、上述の結果が得られることがわかった。議論のポイントは、多次元の私的情報の空間における順序構造を再定義し、新しく定義した順序のもとで入札者の効用関数の対数優モジュラー性を確立することができる点にある。その本質的な理由は、入札者の費用のうち固定費用部分が入札者の効用関数において線形に入り、特定の次元の情報にのみ依存しているため、タイプが「大きく」なってもこの次元の効果が他の次元の効果を凌駕するよう、私的情報の空間における順序構造を取り直すことができることである。

上述のような私的情報の空間におけるタイプの順序構造のもと、離散化されたゲームを考えると Reny(2011)の結果を用い、ゲームの均衡を単調な戦略の範囲で導くことができ、離散化する点を細かく取っていった際の均衡の極限によって、もとの入札ゲームの均衡を導くことができた。

この成果は共同論文 Theory, Identification, and Estimation for Scoring Auctions (研究分担者中林純、研究協力者広瀬要輔、鶴岡昌徳との共著)の基礎部分としてまとめ、学会等で報告した。

- (2) 予定価格(入札額の上限)や品質の上限、下限等の制約が課される場合について、入札者の私的情報が一次元であるケースについて分析を行い、成果を得た。特に、不等式で表される制約が同時に等号を満たすことがなければ、制約がない場合と変わらない分析が可能であることを導いた。すなわち、微分方程式を用いた方法で入札ゲームの均衡を記述し、均衡解の存在や一意性、およびその他の性質を導くことができることが示された。

分析のポイントは、不等式制約が等号で満たされる点と満たされない点では各入札者の最適な入札行動を記述する方程式が異なることである。私的情報の変数のある水準を境に、最適な行動が制約式の等号が満たされる場合と満たされない場合の境界に来る。このような点では、通常の陰関数定理を用いることができないことから、解の連続性や滑らかさを論じるためには工夫が必要となる。そこで、最適解の挙動を私的情報の変数の境界の前後で論じ、その接続が連続的、またなめらかになっているかどうかを確認したが、比較的弱い条件のもとで連続性、滑らかさを保証することができることがわかった。これらを通じて、均衡解を記述する微分方程式が解の存在と一意性を保証するための十分条件を満たしていることを導いた。

この研究には、いくつかの現実的な入札制度の分析を可能とする枠組みの提供という意味で、大きな意義がある。予定価格や品質の制約は調達入札でよく見られるものであり、私的情報が一次元であるという条件はあるものの、そのような現実的な制約を含めた分析は価値があるだろう。実際、これまでのスコアリングオークションで考えられてきた、準線形のスコアリングルール(質評価を価格に加算する方式)のもとであっても、入札価格に上限がありその制約が効く場合には、入札制度の是非に関わる分析結果が大きく異なることがわかった。具体的には、二位スコア入札のほうが一位スコア入札よりも発注者の期待する評価値が高くなることが示された(制約が聞かない場合にはどちらも同じ)。

これらの成果は共同論文 Procurement Auctions with General Price-Quality Evaluation (改訂版 2015 年、研究分担者中林純、および研究協力者鶴岡昌徳との共著)にまとめられて代表者花蘭の Web サイトで公開されている。

引用文献

Reny, P., 2011, "On the Existence of Monotone Pure-Strategy Equilibria in Bayesian Games," *Econometrica*

5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計0件)

(学会発表)(計6件)

Makoto Hanazono, "Theory, Identification, and Estimation for Scoring Auctions" Asia-Pacific Industrial Organization Conference, University of Melbourne, Melbourne, Australia, 2016年12月

Jun Nakabayashi, "Theory, Identification, and Estimation for Scoring Auctions" ミクロ経済学ワークショップ、東京大学 2016年11月

Jun Nakabayashi, "Structural Estimation of the Scoring Auction Model" Conference on "Auctions, competition, regulation, and public policy" Lancaster, UK, 2016年5月

Jun Nakabayashi, "Structural Estimation of the Scoring Auction Model" CAPS 研究会、京都大学 2016年2月

中林純 「入札結果データを用いた総合評価方式入札の分析」JACIC30 セミナ

－ 2015 年 11 月

Makoto Hanazono, “Procurement Auctions with General Price-Quality Evaluation” ミクロ経済学ワークショップ、東京大学、2015 年 4 月

〔図書〕(計 1 件)

花園誠他、慶應義塾大学出版会、『数理経済学の源流と展開』、2015 年、325 ページ 第 7 章 「価格決定・資源配分機構としてのオークション理論」 担当

〔その他〕

ディスカッションペーパー

Jun Nakabayashi, and Yohsuke Hirose, “Structural Estimation of the Scoring Auction Model” 独立行政法人経済産業研究所ディスカッション・ペーパー 2016 年

Makoto Hanazono, Jun Nakabayashi, and Masanori Tsuruoka “Procurement Auctions with General Price-Quality Evaluation” <https://sites.google.com/view/makotohanazono/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

花園 誠 (Makoto Hanazono)
名古屋大学・大学院経済学研究科・教授
研究者番号：60362406

(2) 研究分担者

中林 純 (Jun Nakabayashi)
近畿大学・経済学部・准教授
研究者番号：30565792

(3) 研究協力者

広瀬 要輔 (Yohsuke Hirose)
明治学院大学・経済学部・助教

鶴岡 昌徳 (Masanori Tsuruoka)
横浜国立大学・経済学部・准教授