

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011 ～ 2012

課題番号：23730190

研究課題名（和文） 動学的競争におけるインセンティブ設計の理論と応用

研究課題名（英文） Theory and applications of incentives in dynamic contests

研究代表者

尾川 僚（OGAWA RYO）

広島大学・大学院社会科学部・特任准教授

研究者番号：50533204

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、長い期間をつうじた複数の経済主体の競争におけるインセンティブの問題について、ゲーム理論、オークション理論を用いて分析した。特に、競争の主権者側の視点に立って、競争参加者の努力をうまく引き出すような競争の仕組みがどのようなものになるか分析する枠組みを作り、望ましい設計のもつ性質を提示した。

研究成果の概要（英文）：We analyzed incentives in long-term contests between various agents in a framework of game theory and auctions. We formalized the problem from the viewpoint of contestants and analyzed the optimal design of effort-maximizing contests.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	1,700,000	510,000	2,210,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：経済学・理論経済学

キーワード：ゲーム理論、ミクロ経済学

### 1. 研究開始当初の背景

社会や経済のさまざまな問題で、長い期間をつうじて複数の経済主体（個人、チームなど）を一定の土俵の枠内できそわせることで努力を適切に引き出そうとする仕組みが観察されている。代表的な例としては、組織における昇進競争の仕組み、コンテスト・賞の授与などを通じた公募型の競争の仕組み、各種スポーツ等における総当たり戦・トーナメントなどの方式などがあげられる。この問題に対する単純な回答としては「もっとも優れたものを勝者とすればよい」ということが予想されるが、このメカニズムがうまく働くかどうかを調べるためには「競争の渦中にある経済主体が直面しているインセンティブの問題とはどのような特徴をもつものか」「制度（競争の仕組み）を変えるとそれらのインセンティブの問題にどのような変化をもたらすことになるか」などを明確な形で検討しな

ければならない。これらの要請に対して、ある程度統一的に確立された（アドホックではない）枠組みで数理モデルを提供するのが情報の経済学におけるアドバース・セレクション、モラル・ハザードなどの基本モデルである。その中で、競争が一回こっきりのケース（経済主体が一度だけ行動を選択し、その結果で勝敗・賃金・罰則などがすぐに決まってしまうケース、静学問題）についてはかなり多くの分析がなされていた。これに対して、競争（あるいはより一般に、アドバース・セレクションやモラル・ハザードなどの諸問題）が長い時間をかけて行われる動学問題については、いくつか主要な結果が知られているものの不完全な分析しかなされていない状況であった。

例えば、通常モラル・ハザードのモデルのバリエーションとして位置づけられている一連のトーナメントのダイナミクスに関する

研究は、会社内の昇進競争における勝ち抜きトーナメントの側面の分析にも応用され、さまざまな実証分析も行われているが、制度（競争の仕組み）が勝ち抜きトーナメントであることを最初から仮定して分析するところからスタートしており、情報の経済学で通常ベンチマークとして分析される「この環境における最適設計とは何か？」という問題に真正面から取り組むに至っていない。

他方、アドバース・セレクションにおいて重要な位置を占める応用分野がオークション理論（入札理論）であるが、近年、Moldovanu and Sela および Ando らをはじめとして、オークション理論の標準的な枠組みと整合的な形で、複数の経済主体を競争させる仕組みを分析する研究が出されてきていた。これらは、競争そのものの包括的な分析の枠組みというよりは、競争のある重要な一側面（能力や生産性に関して個別ショックが確率的に生じ、かつ、それらの個別の能力や生産性が私的情報になっていて他者からは直接観測できないという状況での、競争における経済主体のインセンティブの問題の特徴や、主宰者側から見た競争結果のふるまいなど）に特に注目した研究の文脈であり、アドバース・セレクションやオークション理論の先行研究で詳しく明らかにされている諸々の一般的な定理・研究手法（一定の環境下での利得同値定理や、Myerson による最適設計問題の解析手法など）と対応・参照可能なモデル体系になっているところに大きな有用性がある。とりわけ、オークション理論では、所与の制度（オークション方式）のふるまいを調べるといふ研究の柱と並んで、ある特定の性質を満たす（しばしば最適な）結果をもたらす制度（オークション方式）の形状を探すといふ最適設計の研究の柱があることが特色であった。

しかしながら、これらの近年の競争の研究の枠組み（全支払いオークション類似のコンテスト）においても、主として競争の形状を外から与えて分析する研究にウエイトが置かれていた。例えば、賞金を一位に全額授与するケースと、賞金を分割して複数人に授与するケースとの比較研究などがあげられる。また、ダイナミクスの側面に関して、どのような動学競争になっているかの部分が外から与えられる研究が多かった。

したがって、冒頭で述べた「長い期間をつうじて複数の経済主体を一定の土俵の枠内できそわせることで努力を適切に引き出そうとする仕組み」の研究に対して、動学競争における最適設計の問題はどのような構造をもつか、またその解がどのような性質をもつかは不明であり、本研究の開始当初の大きな課題であった。

## 2. 研究の目的

本研究課題は上記のような背景を踏まえ、従来のオークション理論のさまざまな成果を生かして「動学的競争におけるインセンティブ設計の理論と応用」の問題に一定の回答を与えることを目的としたものである。

具体的に、

① 能力や生産性に関して個別ショックが確率的に生じ、かつ、それらの個別の能力や生産性が私的情報になっていて他者からは直接観測できない状況での競争（全支払いオークション型コンテスト）が長い期間にわたる問題の適切な（tractable な）定式化。あるとすれば、当該問題において経済主体が直面する長期的なインセンティブの問題にみられる性質を調べ、当該問題における最適設計（競争主催者の視点から見た場合の、もっとも望ましい帰結を（期待値レベルで）生じせしめる競争ルール（記述）を導出し、その性質を調べること。

② 上述した全支払いオークション型コンテストの動学版において、特定の範囲に制限されたルール内での準最適問題を考察すること。

③ ①②の問題を考察する際に必要・関連となる、ある種の非対称な全支払いオークション型コンテストの均衡行動の記述に関する理論研究に追加で必要となる結果を明らかにすること。とりわけ、均衡の記述の一意性など。

## 3. 研究の方法

目的①に関しては、まず、従来多くの先行研究で静的な（一回こっきりの）ケースとして扱われることの多かった全支払いオークション型コンテストを、適切な動学モデルとして定式化する必要がある。この作業で特に鍵となるのが、競争に参加している経済主体の「個別の能力や生産性に関するショック」の確率分布をどのように定式化して与えるかということであり、これは経済主体の場面場面でのインセンティブの問題の形状、ひいては競争主宰者の視点から見た最適設計問題の性質につながるものである。もっとも一般的なケースとしては、各人の能力・生産性ショックが（個人間をとっても、また期間を通じて）非常に複雑に（確率的に）相関しており、かつ、各時点での経済主体の利得（努力のコスト）にそれらの確率変数の過去の実現値が非常に複雑な様式で算入されるという定式化が考えられる。これは一見現実的かもしれないが、経済主体の直面するインセンティブの問題が非常に複雑になることが容易に想像されるため、大小の追加の仮定が必要となる。このことは、標準的なオークション理論における静的な問題の解析においても、通常出発点として独立分布および

私的価値（他者のもつ情報の実現値によって自らの利得が影響を受けないケースをモデル化したもの）のモデルを点検し、続いて（より）複雑なモデルを点検するという手順が取られていることとも関連するが、本研究プロジェクトで問題となっている動学的な場面が静学問題より問題を大きく（潜在的に）複雑化させる点は、他者のもつ情報に関する事前分布を与えるだけでなく、他者のもつ情報に関する信念を（観測された他者の過去の行動履歴をつうじて）形成させ更新させる必要が生ずるところにある。このような信念の形成・更新は動学モデル特有の興味深い論点であり、研究対象として点検されるべき問題であるが、本研究プロジェクトでは分析の困難さを緩和するため、このような信念の問題が複雑な角度で経済主体のインセンティブに影響しない定式化を考えた。すなわち、各経済主体の能力・生産性に関する個別ショックは、個人間でも期間をつうじても互いに独立な分布に従い、かつ、各期における努力のコストに関する利得の項には過去のそれらの個別ショックの実現値は算入されず、その期の個別ショックのみが算入されるという定式化である。この方法により、問題の複雑さが緩和されたのみならず、上述されたような信念の形成・更新を経由しない部分の動学的インセンティブの問題を考察することを目指した。

また最適設計の分析の方法については、標準的なオークション理論の静学的な分析においては、Myersonなどによって virtual valuation（仮想価値）関数を導出し、その数学的ふるまいを点検した上で必要に応じて形状を修正し、その（修正された）仮想価値関数の値の大小に応じてオークションの勝者を決定する解析の手法が知られている。これは通常のオークションにおいて売上最大化を企図する売り手（主催者）の最適設計を考えるものであるが、本研究プロジェクトで主な位置を占める全支払いオークション型コンテストにおいては、これが経済主体の（全員の）努力の総和の最大化に対応する。本研究ではこれらの先行研究の手法を適切に援用するかたちで動学的な競争の最適設計を分析した。

目的②に関しては、目的①で分析される最適設計の様相が必ずしも単純なものであることが保証されないことから、何らかの（競争ルールに関する）形状に制約を設け、その範囲内での準最適問題を探る必要がある。これに当たる一つの方法として、競争の最終局面（部分ゲーム）をハンデ付き全支払いオークション型コンテストで与える準最適問題を分析した。ハンデ付き全支払いオークションについては、先に Kitahara とともに研究代表者（尾川）がその均衡行動をきわめて簡

便なアイデアで記述できることを示す研究をおこなっており、その応用可能性が高いことが分かっている。また、最終勝者の判定が「ハンデ」という分かりやすい記述で与えられることから、現実との対応関係でも意味のある準最適問題のクラスと考えられた。

③に関しては、②で活用するハンデ付き全支払いオークションの均衡行動の簡便な記述にかんして、仮に同ゲームに他の形状の均衡も存在するとなると、その応用可能性に一定の疑問が生ずることになってしまう。この問題を解決するため、先におこなっていたハンデ付き全支払いオークションの均衡行動に関する研究についていわゆる均衡の一意性の問題を検証した。

#### 4. 研究成果

目的①に関しては、まず、前項で述べた形で適切に動学化された全支払いオークション型コンテストとして記述される長期間の競争について、最適設計の性質を調べる鍵となる Myerson の仮想価値関数に対応する関数を導出し、その関数が単調性をみたまつ場合の最適設計を確認した。この問題は次のような様々な社会や経済の問題を含んでいる。

- ・組織内の昇進競争：経営者は組織のメンバーにできるだけ努力してもらい会社の利益に貢献してほしい。一つの方法としてあるポストへの昇進を餌に、メンバーの努力を引き出す。昇進の勝者を定めるルールを（事前の段階で）どのように設計すると、長期間の努力の総和が最大化できるか。

- ・コンテスト、賞の授与など公募型の競争：例えば研究者に与える賞などで、競争が長期にわたる場合、どのような基準を設けると全員の研究者ができるだけ最初から最後まで努力するようになるか。

この問題を前項で述べた方法で定式化すると、枠組みの上ではオークション理論における売上最大化オークションの設計に対応することとなるが、その性質は必ずしも自明ではない。仮に競争の終盤での成果を重視するルールを採用すると終盤の努力を引き出すことにはなるが、序盤には誰も努力しなくなってしまう。逆に序盤での成果を重視するルールの下では、序盤で差をつけられた者が途中で諦めてしまい、また序盤で優位にたった者もその余裕から途中で手を抜くようになってしまう。このような複雑な動学競争におけるインセンティブは様々な効果を持っており解析は一見容易ではないが、仮想価値関数の導出を援用することで一定の解決を与えた。

次に、仮想価値関数の単調性について次のようなことが明らかになった。当初の静学問題の分析においては、仮想価値関数の単調性は緩い部類の要請と理解されており、自然な

分布の多くのクラスで満たされているが、動学化された全支払いオークション型コンテストで導出された関数については、比較すると強い部類の要請であり、通常自然と目されている分布のクラスでも満たされない場合がある。この場合に convex hull (凸包) を用いて関数を修正するという静学問題における操作に対応する分析を行った。

②に関しては、二期・一様分布のケースについて準最適設計が数値的に (明示的に) 導出できることが分かった。①②の成果は下記の学会発表で報告した。

③に関しては、ハンデ無し全支払いオークションの均衡の一意性に関する最近の研究 (Parreiras and Rubinchik (2010), *Games and Economic Behavior*) と対応・参照可能な形で、ハンデ付き全支払いオークションの均衡行動の一意性を分析し、追加成果として論文にまとめゲーム理論の分野で評価の高い国際学術雑誌 (査読つき) より修正依頼後再投稿し査読中である。

## 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0件)

[学会発表] (計5件)

1. Minoru Kitahara and Ryo Ogawa “Virtual Valuation in Dynamic Contest Design” 5<sup>th</sup> Japan-Taiwan Contract Theory Conference、2011年12月3日、国立中央大学 (台湾)
2. Minoru Kitahara and Ryo Ogawa “Virtual Valuation in Dynamic Contest Design” 日本経済学会、2011年10月23日、筑波大学
3. Minoru Kitahara and Ryo Ogawa “Virtual Valuation in Dynamic Contest Design” Summer Workshop on Economic Theory、2011年8月4日、北海道大学
4. Minoru Kitahara and Ryo Ogawa “All-Pay Auctions with Handicaps” 16<sup>th</sup> International Economic Association World Congress、2011年7月5日、清華大学 (中国)
5. Minoru Kitahara and Ryo Ogawa “All-Pay Auctions with Handicaps” 10<sup>th</sup> journees Louis-Andre Gerard-Varet、2011年6月21日、マルセイユ (フランス)

[その他]

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

尾川 僚 (OGAWA RYO)

広島大学・大学院社会科学研究所・特任准教授

研究者番号 : 50533204

(2) 研究分担者 ( )

研究者番号 :

(3) 連携研究者 ( )

研究者番号 :