

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 28 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25380231

研究課題名(和文) 長期的競争に関する経済分析と応用

研究課題名(英文) Economic Analysis on Long-term tournaments

研究代表者

尾川 僚 (Ogawa, Ryo)

広島大学・社会科学部・特任講師

研究者番号：50533204

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：大別して三つの成果が得られた。3主体以上の総当たり戦で同時ではなく順次対戦が組まれる場合、自然な追加的仮定のもとで常に先に対戦日程が回ってくる者が事前の期待利得、期待勝率などいくつかの指標のもとで最も有利であることが明らかになった。4主体以上の勝ち抜きトーナメントで各回戦が同時でなく順次開催される場合、強豪同士を初期の時点で対戦させることが最適であることが明らかになった。成果型のペア間競争でペアの最適な組み合わせを考える問題について、コンピュータシミュレーションの下で一定の成果が得られた。

研究成果の概要(英文)：Main results are as follows: In sequential group tournaments of three or more players, a player who is scheduled to be matched most earliest has the most highest expected payoff. In elimination tournaments with sequential semi-finals, matching two top strongest teams in the first semi-final is found to be optimal. Some additional results on optimal matching order of pairs of players are attained using computer simulations.

研究分野：ゲーム理論

キーワード：ゲーム理論

## 1. 研究開始当初の背景

情報の経済学の分野でゲーム理論を応用して組織内部の競争やより一般に公となる競争を分析する取り組みは古くより行われていたが、その主流をなすのは一回こっきりの競争の分析(静学的な分析)であったり、長期間にわたる(動学的な)競争の分析についても比較的単純なフレームワークの下での分析が主流であり、プレイヤーの組み合わせの配分やタイミングの先後など競争のルール設計が長期的なインセンティブに与える影響に焦点をあてる研究は数少なかった。

このような中でここ10年程度の間、ゲーム理論の重要な応用分野であるオークション理論(入札理論)の諸枠組みをベースに変形を加えて競争の諸問題を分析する手法が一つの重要度の高い基本モデルとして共通の認識が得られてきた流れがあった。オークション理論(入札理論)は、その応用度の高さや現実への実装の可能性の高さなど、単なる抽象理論にとどまらない応用・現実面が注目を集めているが、一方で利得等価定理(payoff equivalence theorem)やさまざまな関数の持つ普遍的な性質が一通り明らかにされているなど基本モデルとしても見晴らしのよいフレームワークであることが1990年代までの諸研究で解明されている。このような基本モデルとしての見晴らしのよさを生かして競争の諸問題の分析にも役立てようという流れが定着しつつある。

これらのことを背景として、オークション理論(入札理論)の基本モデルの1バージョンである全支払い入札(all-pay auction)をベースのフレームワークとして用いつつ、プレイヤーの組み合わせの配分やタイミングの先後などの競争のルール設計が長期的なインセンティブに与える影響を分析する研究に着手するに至った。

## 2. 研究の目的

本研究計画では長期的なインセンティブ設計の諸問題の中でも、特に、いくつかの現実に観察される特定のルールや、多少空想的ではあっても代替案として考えられうる特定のルールなどについて、具体的に動学的競争の均衡を求めたうえで、そのルール設計のパフォーマンスを評価する評価関数で優劣を判定することを目的とする。

従来ゲーム理論を競争の分析に応用する

研究では(また、本研究計画でベースとする全支払い入札モデルの出身分野であるオークション理論においても典型的に)、いわゆる最適問題の解をいきなり求めることに挑戦する研究、もしくは、現実に観察される特定のルールの下でのゲームの均衡を解析し解釈を加える研究、に二分されることが多かった。例として、売上最大化の最適オークション設計の研究が前者、組織内の昇進競争を勝ち抜きトーナメントになぞらえてその均衡の性質を論じる研究が後者にあたる。

本研究計画ではいわばこの両者をかけあわせた第三の道として、あくまで制度設計を研究の主目的としつつも、制約のない漠然とした最適化問題の解を求めるのではなく現実に観察される(観察されてもおかしくはない、代替案となりうる)具体的なルールのパフォーマンスを相互に比較することに主眼をおいた。

## 3. 研究の方法

大きく分けて以下の諸アプローチを採用した。

一対一形式の競争(対戦型のスポーツ等が平易な例であるが、組織内のコンペティション等でもジョブ・ローテーションや設備容量の制約などで全員一斉でなく一部の者から順に競争するシーンなども念頭にある)で総当たり戦を組む際に、対戦日程の順序が動学的なインセンティブに及ぼす影響、および最終的な有利不利に与える影響等について分析を行った。その際、純粋に対戦日程の順序が与える影響をまず分析するためプレイヤー間に能力差は無いという基本的な問題を考察した上で、次に能力差が有る場合の考察を行った。

次に、同じく一対一形式の競争について勝ち抜きトーナメントを行う場合について分析を行った。前述のとおり、組織内の昇進競争を勝ち抜きトーナメントになぞらえる研究はかなり以前から発表されていたが、順序の組み方の設計という観点からのものはほとんど見られなかった。近年(2010年代に入り)このような順序の組み方の設計という観点からいくつか先行研究が発表されており、本研究ではこの先行研究の文脈の延長線上にある分析として位置づけている。これら先行研究と異なるアプローチとして、勝ち抜きトーナメントの順序の組み方について、各回戦が同時ではなく逐次に行われる場合について分析した(先行研究では各回戦は同

時開催で行われるとするものがほとんどである)。このような想定はスポーツ等のみならず、前述のジョブ・ローテーションや仕事容量などの制約で全員一斉のコンペティションが不可能であるような組織内のコンペティションについてもあてはまるなど、広くさまざまな長期にわたる競争の現実例に関する理解を深めるうえで重要度が高いと考えられた。

さらに、上二例のような勝ち負けの白黒を争う一対一形式の競争ではなく、成果型の競争が長期にわたる場合の、日程が動学的なインセンティブに及ぼす影響についても分析を行った。このような問題意識は次のような意味で研究対象としての価値を有しているといえる。すなわち、成果型の競争においては、先行日程で挙げられた成果が他のプレイヤーに観察可能な場合(多くの現実の成果型の競争では、このように想定することが妥当であるものが多い)、後ろの日程になればなるほど過去の成果の履歴が(状況に応じて正負両方の影響力をもちつつ)プレイヤーのインセンティブに影響を及ぼす。したがって、日程の組み方が間違いなく各プレイヤーの動学的なインセンティブに影響を及ぼし、ひいては競争全体のパフォーマンス(主催者側の評価関数で測るものとする)にも影響を与える。これらの問題設定については、「先行日程の成果を情報として開示することが適当か否か?」という観点からの先行研究が2000年代からいくつか(やや互いに整理されないまま)発表されていたが、本研究ではこの問題について「成果は現実問題として公表される、あるいは、公表することが適当である条件を満たすと仮定する」という想定の下で、より良い日程の組み方という観点から研究を行った。

また、上記のような成果型の競争が長期間にわたる場合において、特に、ペアのコラボレーションによって成果が生み出されるような問題について、良いペアの順序の組み方という観点から分析を行った。このような問題意識は、例えば営業部内でペアで営業を行う現実例に対応しており、さらに、上位同士を組むことが適当か、上位と下位を組むことが適当か、またそれらペアの競争が逐次で行われる場合にどのような順序で組んでいくことが適当か、など一見して結論の予測がつかづらい興味深い問題を含んでいる。この成果型の競争の日程問題の分析に際しては問題が込み入っており解析解の分析が困難であることが当初より多少予想されたため、コンピュータ・シミュレーションを併用するアプローチを採用することを当初より予定していた。

#### 4. 研究成果

大別して以下のような成果が得られた。

一対一形式の競争で総当たり戦を組む際の対戦日程の順序が動学的なインセンティブに及ぼす影響に関する研究については、かなり明確な分析結果を得た。その顕著な一例として、三人(三チーム、三社など単位は何でもよい)による総当たり戦が順に行われる場合、すなわち、A対B、B対C、C対Aをどの順で組むべきかという問題が挙げられる(この場合、「日程は逐次で行われると仮定」せずとも物理的に逐次に行われざるを得ない)。特に対戦日程の順序が純粋にインセンティブにどのように影響するかを観察するため、潜在的な能力面でA、B、Cに差がないと想定した場合(オークション理論で、各入札者の valuation function が同一、すなわち対称な入札者を仮定する基本モデルに相当する)、事前の期待利得、最終的な優勝確率など複数の評価基準のもとで日程の最初の方に登場するプレイヤーが最も有利であるという明確な結果が得られた。またこの結果は四人以上の総当たり戦や同じ対戦を二度以上行うような総当たり戦についても、動学的なインセンティブに対して類似の影響を与えることがある程度予想されるものである。この結果の拡張として、A、B、Cに実力差がある場合についても考察を行ったが、ここまで明確な結果を得ることはできなかった(これはオークション理論で各入札者の valuation function が異なる非対称入札者の仮定に対応しており、本家のオークション理論でも非対称入札者のいるオークションの入札均衡についてはきわめて限定的な結果しか明らかにされていない)。

次に、一対一形式の競争について勝ち抜きトーナメントを行う場合について、特に、先行研究と異なり同一の回戦自体が逐次行われる場合の日程の組み方の分析については、次のような結果が得られた。すなわち、四人勝ち抜きトーナメントにおいて  $A > B > C > D$  のように四名に実力差がある場合(実力差がない場合はそもそも日程の組み方から生じるインセンティブへの影響の差は生じず、問題自体が無意味である)、一回戦でいきなりA対Bを組んでしまうことが最良である(この場合の評価関数は、各プレイヤーの努力の総和であり、オークション理論における売り手の売上最大化問題に部分的に対応する)。この結果は、次の二点で顕著な研究成果である。一点目は、先行研究でよく報告されていたものと全く対照的な結果であることである。二点目は、現実例との対応を考える際に、理論抜きの人情としてはやや納

得しがたい、また、現実例ではそのような組み方が観察されることの方が少ないという点である。このことは、オークション理論における売り手の売上最大化問題と、全支払い入札のフレームワークを活用した競争の問題における努力の最大化問題をただちに対応させることに何らかの齟齬が生じている可能性を示すものでもあり、将来さらに先の研究につながる可能性を含んでいるものである。

成果型の競争での長期間の日程の組み方に関する研究では、当初予想された通り解析解による分析がどうしても複雑となり、コンピュータ・シミュレーションによって部分的に一定の成果を得た。

#### 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4件)

尾川僚、"A dynamic group tournament"、Contract Theory Workshop、2013年10月19日、京都大学(京都府京都市)

尾川僚、"A dynamic group tournament"、第2回理論経済学研究会、2014年3月29日、高崎商科大学(群馬県高崎市)

尾川僚、"A dynamic group tournament"、4<sup>th</sup> Meeting on Applied Economics and Data Analysis (MAEDA4)、2014年11月8日、大阪経済大学(大阪府大阪市)

尾川僚、"Optimal Seeding in Elimination Tournaments with Sequential Semifinals"、第3回理論経済学研究会、2015年3月16日、広島大学(広島県東広島市)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

尾川 僚 (OGAWA RYO)

広島大学・大学院社会科学部研究科・特任講師

研究者番号：50533204