

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 8 日現在

機関番号：13201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2017

課題番号：26780118

研究課題名(和文) 排除可能公共財の価格による取引についてのゲーム理論分析

研究課題名(英文) Game theoretical analysis on trades of excludable public goods via price

研究代表者

平井 俊行(Hirai, Toshiyuki)

富山大学・経済学部・准教授

研究者番号：00383951

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：一部の情報財など民間企業によって供給されるような排除可能公共財の市場における取引についてゲーム理論を用いて分析をおこなった。特に、市場からの逸脱を防ぐような安定な価格について考察した。安定な価格の基本的な性質を確認したうえで、その存在のための条件について考察した。非常に厳しい条件ではあるが、一定の条件のもとで安定な価格は存在し市場需要関数から導出できることを示した。また、排除可能公共財の重要な例である特許ライセンスの交渉による料金決定についても考察した。

研究成果の概要(英文)：This project studied trades of privately provided excludable public good, like some information goods, in a market by using game theory. A stable price, which prevents deviation of participants from a market, was analyzed. Some basic properties and existence condition of a stable price were studied. Under certain conditions, it was shown that a stable price exists and it can be computed by the market demand function, although the condition is quite stringent. Moreover, negotiation on fees for patent licensing, which is an important application of an excludable public good, was studied.

研究分野：ゲーム理論

キーワード：排除可能公共財 ゲーム理論 マッチング 特許 安定集合

1. 研究開始当初の背景

排除可能公共財とは、非競合性(ある人のその財の消費が他の人のその財の消費を妨げたり減らしたりしないこと)を満たすが、いわゆる純粹公共財と異なり特定の人を消費から排除することができるような財のことをいう。排除可能公共財の伝統的な例としては料金が必要な高速道路や空港の滑走路などのインフラが挙げられる。またソフトウェアや動画・音楽などのインターネット配信、特許などの情報財も適切な保護制度の下では排除可能公共財と考えられる。

排除可能公共財は、排除可能性により正当な支払をしない人を消費から排除できるので、価格を通じて市場で取引することもできる。しかし、その非競合性から通常のいわゆる私的財の取引についての分析結果をそのまま用いることは必ずしも適切ではない。

排除可能公共財の問題に対する分析は、例えば Littlechild and Owen (1973)などの提携形ゲームを用いた滑走路費用分担問題や、Moulin (1994)による逐次的費用分担メカニズムなど以前よりおこなわれてきた。本課題研究代表者もコアを用いてこのような分析をおこなったことがある。(Hirai, 2014) このような分析では1つの排除可能公共財について、その生産者の利潤は0であると仮定して費用を消費者のあいだでどのように分担するかの分析が主流であった。

一方、特許やソフトウェアなどの情報財は利潤を目的とする民間企業によって供給されている。ある1つの排除可能公共財を(いくつかの性質を満たした)オークションを用いて獲得できる利潤については Goldberg, et al. (2006)などが分析している。また、ソフトウェアなど民間企業によって供給される財については複数の生産者が市場競争をおこなう場合も考えられる。しかし、このような排除可能公共財を供給する私的な生産者による市場での取引についての分析はあまりおこなわれていなかった。

2. 研究の目的

本研究は、利潤を得ることを目的とする私的な生産者によって生産される排除可能公共財の価格を通じた取引について分析する。このような取引において逸脱が起こらないという意味で安定な価格付けはどのような条件のもとで存在するか、存在するならばどのような性質を持つのかについてゲーム理論を用いて分析する。また、そのような安定な価格のもとでの生産者の利潤はどの程度になるのかも考察する。特に、複数の私的な利潤を追求する生産者が競争しているような市場における安定な価格についての分析をおこなう。このような分析を通じて情報財などの排除可能公共財の取引を円滑にし、供給を促進するような取引方法の基礎を与え

ることを目的としている。

3. 研究の方法

排除可能公共財についてのゲーム理論による分析の既存文献のサーベイから始め、その後以下のようなモデルを用いて分析をおこなった。

(1) 契約付きマッチングモデルを用いた排除可能公共財市場の分析

参加している主体がそれぞれ複数の生産者と消費者の二手に分かれている市場を考え、これらの主体たちの間での契約付きマッチングモデルとして以下のように定式化した。生産者らによって供給される排除可能公共財は不可分で供給するかしないかのみを選択できる。さらに生産者らはそれぞれ自分の供給する排除可能公共財の価格を決定する。一方、消費者らはそれぞれの排除可能公共財そのものに対する好みと価格の組について選好を持っており、排除可能公共財とその価格の組を高々1つだけ選ぶことができる。このとき、生産者は自身がつけた価格のもとで生産費用以上の収入を得られるだけの数の消費者から選択されればその排除可能公共財は実際に供給され、そうでなければ供給されない。

このような市場におけるコアを個人合理的な価格を通じて達成される財配分の中で1人以上の生産者と1人以上の消費者が共謀して異なる価格を通じて達成される財配分へ逸脱しようとしても、逸脱しようとする主体の中で少なくとも1人はより好ましくない結果になってしまう財配分の集合として定義した。その性質およびコアに含まれる財配分の存在のための条件を分析した。

(2) 提携形ゲームを用いた特許の価格付けについての分析

排除可能公共財の重要な例である特許ライセンスについて、1つの特許の場合に限ってはいるものの、提携形ゲームの解概念の1つである安定集合における価格(ライセンス料金)および売り手である特許権者の収入について分析をおこなった。

特許権者とその特許ライセンスを受ける企業との間でのライセンス料金交渉を表現している Watanabe and Muto (2008)のモデルを踏襲したうえで安定な行動基準を表現すると考えられている安定集合を分析し、どのような価格が社会的に受容されるのかを分析した。

(3) 研究課題に関わる基礎研究

安定集合についての理解を深めるため戦略形ゲームによる公共財供給ゲームの安定集合について分析をおこなった。さらに、公共財供給ゲームやある方法で戦略形ゲームとして再定式化したマッチング問題を含む

ようなあるクラスの戦略形ゲームにおける先見的安定集合について考察した。

4. 研究成果

(1) 契約付きマッチングを応用した排除可能公共財の市場の分析

まずコアの性質を確認するために安定な価格と呼ばれる概念を導入した。安定な価格とは、各消費者がその価格のもとで(何も消費しないことを含む)もっとも好ましい排除可能公共財の消費を選択しているとき、ある1人の生産者が自身の価格を下げたとしても変化後の価格で再び消費者たちが各々もっとも好ましい排除可能公共財の消費を選択するならば、価格を変更した生産者の利潤が減少してしまうことをいう。コアの性質として財配分がコアに含まれていることと、その財配分が安定な価格のもとで(消費者たちが最も好ましい選択をすることで)達成されることが同値であることを示した。これによりコアではなく安定な価格というより簡潔な解概念で分析を進めることが可能となった。また、安定な価格の定義より、そのもとで達成される財配分においては消費者間でお互いの消費をより好ましく思うことがないという無羨望性が成立することも確認できた。

続いて、安定な価格の存在のための条件について分析をおこなった。安定な価格を、価格および市場需要関数を用いて構成したある関数の不動点として特徴づけた。排除可能公共財の数が2以下の場合であれば、その関数の不動点が存在し、したがって安定な価格が存在することが分かった。さらに、その不動点はあるアルゴリズムを用いて効率的に求めることができることを示した。よって排除可能公共財の数が2以下の場合、安定な価格は市場需要関数から効率的に求められることがわかった。一方、排除可能公共財の数が3以上の場合、安定な価格は必ずしも存在せず、むしろ非常に厳しい条件が必要ことがわかった。この条件とは前述の価格と市場需要関数によって構成される関数が非循環的にふるまうことを保証するような条件である。それでも、存在するための条件が満たされるならば、安定な価格は(2財の時とは異なる)アルゴリズムで効率的に求めることができることを示した。

で分析した市場は Hatfield and Kominers (2015)によって提案された(契約付き)多者間マッチングの特殊ケースとして表現できることがわかった。そのため、より一般的な多者間マッチングモデルの分析もおこなった。排除可能公共財の市場と特に関連の強い成果として弱安定な帰結と呼ばれる少し弱い解概念の存在のための条件の分析をおこなった。

市場において締結可能な取引契約の構造が非交差性という条件をみたすとき、弱安定

な帰結が存在することを示した。非交差性は排除可能公共財の市場の文脈で述べるならば次のようになる。すなわち、各排除可能公共財ごとに、それを消費するために少しでも支払ってもよいと思っっている消費者のグループを作ると、それらのグループが重なりあったり包含関係があるのは構わないがある種の交差をしないという条件である。なお、多者間マッチングモデルは一般的には消費者ごとの個別価格を許す形になっているが、上記結果の証明の途中で単一の価格のみを許す場合でも同様の結果が成立することがわかっている。

(2) 提携形ゲームを用いた特許の価格交渉についての分析

特許ライセンスについての交渉を表現する、Watanabe and Muto (2008)によって提案されたゲームの安定集合について分析をおこなった。特に、特許権者の利潤が一定になるような安定集合に着目し、特許権者が交渉において獲得できる利潤を考察した。

このような安定集合において特許権者が獲得できる利潤の下限は(特許ライセンスを受ける企業だけでなく受けない企業も含めた)産業全体の特許による余剰の増加分の合計となることがわかった。通常民間企業である特許権者は産業全体の余剰を必ずしも気にするわけではないが、それが自身の利潤となると予想するならば産業全体の余剰を大きくするよう特許ライセンスの数を決定する可能性を示唆している。なお、ここで分析した安定集合はライセンスを受ける企業に対して個別料金を許す形になっているが、単一の料金によって達成されるような帰結も必ず含まれている。また、このような安定集合は常に存在するわけではないが、一定の条件の下では存在することが確認できた。例えば、すべての企業に特許ライセンスをおこなうわけではなく、かつライセンス後に企業が寡占市場における数量競争をおこなう場合である。

(3) 研究課題に関わる基礎研究

プレイヤー同士が対称的かつ単純な利得関数を持つ場合のn人戦略形公共財供給ゲームにおける安定集合を分析した。特に単一の公共財供給水準が達成されるような安定集合に着目して支持される公共財供給水準の上限と下限を特徴づけた。

また、戦略形ゲームにおける先見的安定集合について分析した。特に、含まれる戦略の組が単一の利得ベクトルを達成するような先見的安定集合を単一利得先見的安定集合と呼び、その特徴づけをおこなった。

それぞれのプレイヤーが優位懲罰戦略(Nakayama, 1998)と呼ばれる他のプレイヤーの利得を一様に減少させるような戦略を持っているとき、含まれる戦略の組がある単一の利得ベクトルを達成するような集合が単

一利得先見的安定集合であることと、その集合が包括性と呼ばれる性質を満たすことが同値であることを示した。また、単一の利得ベクトルを達成するような戦略の組の集合が包括性を満たすとき、達成される利得ベクトルは提携を許す戦略形ゲームにおける古典的な解概念である狭義 - コアと強い関係があることも示した。

<引用文献>

Goldberg, A.V., Hartline, J.D., Karlin, A.R., Saks, M., Wright, A. (2006) "Competitive auctions" *Games and Economic Behavior* 55(2), 242-269.

Hatfield, J.W., Kominers, S.D. (2015) "Multilateral matching" *Journal of Economic Theory*, Vol.156, 175-206.

Hirai, T. (2014) "The menu-induced core of an economy with an excludable public good," *Theoretical Economics Letters* 4(4), 289-295.

Littlechild, S.C., Owen, G. (1973) "A simple expression for the Shapley value in a special case," *Management Science*, 20(3), 370-372.

Moulin, H. (1994) "Serial cost-sharing of excludable public goods," *Review of Economic Studies*, 61(2), 305-325.

Nakayama, M. (1998) "Self-binding coalitions," *Keio Economic Studies* 35(1), 1-8.

Watanabe, N., Muto, S. (2008) "Stable profit sharing in a patent licensing game: general bargaining outcomes," *International Journal of Game Theory*, 37(4), 505-523.

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 3 件)

Toshiyuki Hirai (2017) "Single-payoff farsighted stable sets in strategic games with dominant punishment strategies," *International Journal of Game Theory*, 近刊, 全 25 頁, 査読有.(2017 年 10 月に採択) DOI:10.1007/s00182-017-0597-3

Keisuke Bando, Toshiyuki Hirai (2017) "On stable outcomes of the multilateral matching," SSRN Working Paper, 全 51 頁, 査読無.

URL:

<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2959978>

(ただし 2018 年 6 月現在アクセスできるのは 2018 年 4 月に改訂した版で全 104 頁)

Toshiyuki Hirai (2017) "The stable set of the social conflict game with

commitments: existence, uniqueness, and efficiency," *International Journal of Game Theory* Vol.46(1), 144-169, 査読有. DOI:10.1007/s00182-016-0527-9

[学会発表](計 9 件)

平井俊行 "On stable outcomes of the multilateral matching," (with Keisuke Bando) 第 23 回ディセントライゼーションコンファレンス, 2017.

Toshiyuki Hirai "On stable outcomes of the multilateral matching," (with Keisuke Bando) The East Asian Game Theory Conference 2017, 2017.

Toshiyuki Hirai "On stable outcomes of the multilateral matching," (with Keisuke Bando) The 18th Meeting of the Association for Public Economic Theory, 2017.

Toshiyuki Hirai "Single-payoff farsighted stable sets in strategic games with dominant punishment strategies," The 5th World Congress of the Game Theory Society, 2016.

Toshiyuki Hirai "Stable pricing for excludable public goods," East Asian Game Theory Conference 2015, 2015.

Toshiyuki Hirai "Stable pricing for excludable public goods," The 16th Meeting of the Association for Public Economic Theory, 2015.

平井俊行 "Stable sets of a strategic public good provision game," 第 20 回ディセントライゼーションコンファレンス, 2014.

Toshiyuki Hirai "von Neumann-Morgenstern stable set of a patent licensing game," (with Naoki Watanabe) The 14th SAET Conference on Current Trends in Economics, 2014.

Toshiyuki Hirai "Stable sets of a strategic public good provision game," The 10th Spain-Italy-Netherlands Meeting of Game Theory, 2014.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

平井 俊行 (HIRAI, Toshiyuki)

富山大学・経済学部・准教授

研究者番号: 00383951