

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 3 日現在

機関番号：12102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K13002

研究課題名(和文)分権的マッチング制度の理論研究

研究課題名(英文)Theoretical investigation of decentralized matching markets

研究代表者

栗野 盛光(Kurino, Morimitsu)

筑波大学・システム情報系・准教授

研究者番号：90732313

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文): 大学入試マッチングに焦点を当て、有限の定員がある大学が複数あり、能力を私的情報として持つ受験生が努力して良い試験結果を得るというモデルをコンテスト・ゲームとして定式化した。そして、合格者を調整して全体で決める集権的の制度、そして各大学が個別に合格者を決める分権的の制度を理論と被験者実験を用いて比較した。集権的の制度と分権的の制度のそれぞれ下で対称均衡を明示的に導出した。さらに、能力の低い学生は分権的の制度を好み、能力の高い学生は集権的の制度を好むことを理論的に証明し、被験者実験によって確かめた。

研究成果の概要(英文): I focus on college admissions matching where there are colleges with finite capacities, and students have abilities as private information and compete for seats in colleges as the result of their effort. I modeled it as a contest game. In addition, we compare the centralized mechanism with the decentralized. I proved the existence of the unique symmetric equilibrium for both of the centralized and decentralized mechanisms. We showed that low-ability students prefer the decentralized, while high-ability students prefer the centralized. We conducted the laboratory experiment on this game and confirmed the theoretical results.

研究分野: ミクロ経済学、ゲーム理論、マッチング・マーケットデザイン

キーワード: ゲーム理論 マッチング理論 制度比較

1. 研究開始当初の背景

2000年代初頭より、マッチング・マーケットデザインと言う新しい分野の研究が活発になっている。これは、「財が有限数そして離散的に利用可能であり、これを金銭的授受なしで、どのように経済主体に配分(マッチ)するか」と言う非分割財配分のマッチング理論を学校選択制度などの社会制度構築に実践していくことに特徴がある。最近の研究は、ほぼ全て中央集権的(マッチング)制度を対象にしている。中央集権的制度とは、(政府機関など)情報センターが、全ての人々から財に対するランキング(選好)を報告してもらい、集められた選好をインプットとして、資源配分、つまり、人と財とのマッチングを決めることである。しかしながら、多くのマッチング市場は、そのような情報センターの存在しない分権的市場である。

マッチング・マーケットデザインは、問題のある中央集権的制度・分権的制度を、経済学的に望ましい中央集権的制度に変えデザインすることに成功してきた。このようにマッチング市場制度をデザインする場合、分権的制度と中央集権的制度ではどちらが望ましいのかという問いに答える必要がある。しかし、そのような研究はほとんどない。

2. 研究の目的

本研究は、有限個の非分割財を金銭的な授受なしに有限人にどのように配分すれば良いかという問題を考える。配分の方法は、多くの研究の対象となっている中央集権的制度、そして多くの実際の市場に見られる分権的制度を比較する。特に、この比較は、効率性、公平性、そしてインセンティブの観点から行う。

3. 研究の方法

実際の分権的制度は多種多様であり、その全てを分析することは不可能である。よって、最も基本的な形態である「時間的に早く来た人が、財を得る優先権を有する」という先着順(first-come first service)である。これは、大学入試マッチング制度において、「試験結果が良い受験生が、財を得る」という制度と、人々が貴重な時間を投資して優先権を得るという観点から理論的には同じ問題である。さらに、このような制度では、同時に多くの財の優先権を得ることは難しく、複数の財の中から一つ選んで、時間投資を行うような分権的制度を本研究では考える。

このような分権的制度を、コンテスト(contest)理論の枠組みで分析を行う。コンテスト理論のモデルは、人々に賞金を与えることで、努力を引き出し、その努力の結果を順番付けし、上位の者から多くの賞金が与えられるようなゲームである。

本研究では、コンテストの賞金をマッチングの財と捉え、努力の順番を優先順位と捉えることで、代表的な分権的マッチング制度を

モデル化する。そして、集権的な制度では、全ての人が一斉にコンテストに参加し、努力を行い、全ての人に優先順位が付けられる。その優先順位に従って、集権的に財が配分される。一方、分権的な制度では、人々は複数の財の中から一つだけ選び、財を選んだ者の中でコンテストが行われ、優先順位が付けられ、財が配分される。これは、現在の日本の国公立大学の入試マッチング、あるいは国家公務員試験のマッチングのモデル化と考えられる。

集権的制度のコンテスト・ゲームと分権的制度のコンテスト・ゲームの均衡を計算し、均衡を理論的に比較する。

また、理論的な制度比較結果が、被験者を使った実験において得られるかどうかを検討する。

最後に、制度比較に必要な集権的制度の性質について検討を行う。

4. 研究成果

本研究の主な成果は以下の通りである。

(1) 大学入試マッチングに焦点を当て、非分割財として大学が二つありそれぞれ定員がある。一方、学生は私的情報として能力を持ち、より高い努力は高い費用がかかるというモデルを定式化した。このモデルでは、大学が受験生の努力(試験結果)を評価し、優先順位を決めて、可否を決定するモデルである。このモデルは、時間を投資して先着順に優先順位が決まるというモデルとして見ることもできる。このモデルは、不完備情報下のコンテストゲームになっている。

中央集権的制度では、全学生が一斉に試験を受けて、その努力(試験結果)により全学生に優先順位が付けられる。そして、全学生に対してマッチングメカニズムにより、努力の高い受験生から順に望ましい大学にマッチが決まる。このモデルは、Moldovanu and Sela (2001)の理論結果を拡張して、本研究ではベイジアン対称均衡を明示的に導出し、ベイジアン対称均衡が唯一であることを証明した。

一方、分権的制度では、各学生は2つの中から一つの大学だけを選び、各大学の受験生の中で競争し努力し、大学ごとに可否が決まるよう定式化を行った。このモデルにおいて、ベイジアン均衡を明示的に導出し、ベイジアン対称均衡が唯一であることを証明した。これは、コンテストのゲームにおいて、コンテストが2つあり、参加者が自ら競争するコンテストを選ぶモデルであり、初めてこのようなゲームでの均衡を導出したことが本研究の最も重要な貢献の一つである。

また、中央集権的制度と分権的制度の下でのベイジアン対称均衡を理論的に比較し、能力の低い学生は分権的制度を好み、能力の高い学生は集権的制度を好むというsingle-crossing propertyを証明した。

以上の結果は、大学数が2つだけという限

定的な結果であったが、大学数が3つ以上であっても、大学数が2の場合の理論成果を基本的には拡張できることも証明した。

また、本研究の基本モデルでは、学生数が有限であることを仮定したが、大学数が2つで、学生が無限に多い場合(学生からなる集合が連続体の場合)、中央集権的制度でのベイジアン対称均衡と分権的制度でのベイジアン対称均衡が一致することも理論的に証明した。

様々な現実的なパラメータを設定してシミュレーションも行い、理論的成果を確認した。特に、どちらの制度が学生の能力によって望ましいのかを定量的に検討した。また、学生数を有限から非常に大きな数へと設定し、その均衡が学生が連続体での均衡に収束していくことも確認した。

また、被験者実験を行い、多くの理論的成果が実験室でも再現できた。理論的成果と異なった点は、両制度において、均衡で予測される努力量よりも有意に高い努力量が観察された。また、分権的制度の方が、集権的制度に比べて、優位に高い努力量が観察された。

本研究成果は、ミクロ経済理論で最も権威のある学術誌 *Journal of Economic Theory* に公開された。

(2) 集権的なマッチング制度(メカニズム)で、特に財を確率的に配分するような確率的メカニズムについて研究した。中心的な確率メカニズムは、2つある。一つは Probabilistic serial mechanism (PSメカニズム)であり、もう一つは Random serial dictatorship mechanism (RSDメカニズム)である。

PSメカニズムは、その確率配分を決める際に、非分割財を大きさが1の分割財として捉え、時間0から人々が一斉に同じスピードで最も好きな財を消費するアルゴリズムで、消費した分がその財の確率になる。Bogomolnaia and Moulin (2001)が、3人で3財の場合には、弱耐戦略性、序数効率性、非羨望性という3つの性質によりPSメカニズムが特徴付けられることを示した。本研究では、これが一般に5人以上の場合には成り立たないことを示した。この研究成果は、経済理論分野で重要な学術誌の一つとして認められている *Mathematical Social Sciences* に公開された。

一方で、RSDメカニズムは、優先順位を投資した努力によって決めるのではなく、ランダムに決め、その決められた優先順位に従って人々は最も好きな財を消費するというメカニズムである。このメカニズムは、実際の市場、例えば、寮部屋の配分によく用いられる基本的なメカニズムである。しかしながら、事後効率的ではあるが、事前の意味で効率的ではない。本研究では、事前の意味で、全ての参加者がより希望の高い財にマッチできるようなメカニズムは何かを検討した。具体

的には、確率が解消される事後の意味でパレート改善し、かつ公平性を満足するようなメカニズムを提案した。しかし、その一方、RSDをパレート改善し、かつ公平性を満足するメカニズムは耐戦略性を満足することはできないという不可能性定理を証明した。これらの研究成果は、社会的選択理論の分野で重要な雑誌である *Social Choice and Welfare* に交換された。

(3) 複数の非分割財市場に、人々が同時に参加し、それぞれの市場で1単位財を消費するようなマッチング市場を研究した。近年マッチング市場で検討・提案されるメカニズムは、一つの財市場においてであり、これらのメカニズムに共通するのは、耐戦略性と個人合理性の二つの性質を満たすことである。本研究ではこのようなメカニズムは、複数財を同時に考慮すると、効率性が満たされないけれども、そのメカニズムをパレート改善し、かつ耐戦略性を満足させることはできないということを証明した。この研究成果は、ゲーム理論の分野で最も重要な学術雑誌である *Games and Economic Behavior* に公開された。

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7件)

1. Isa Hafalir, Rustamdjan Hakimov, Dorothea Kubler, and Morimitsu Kurino, "College Admissions with Entrance Exams: Centralized versus Decentralized," *Journal of Economic Theory*, 176, 886-934, 2018, 査読有, DOI: 10.1016/j.jet.2018.05.009
2. Onur Kesten, Morimitsu Kurino, and M. Utku Unver, "On Characterizations of the Probabilistic Serial Mechanism Involving Incentive and Invariance Properties," *Mathematical Social Sciences*, 90, 56-62, 2017, 査読有, DOI: 10.1016/j.mathsocsci.2016.11.005
3. Onur Kesten, Morimitsu Kurino, and Alexander Nesterov, "Efficient Lottery Design," *Social Choice and Welfare*, 48, 31-57, 査読有, DOI: 10.1007/s00355-016-0978-8
4. Hidekazu Anno and Morimitsu Kurino, "On the Operation of Multiple Matching Markets," *Games and Economic Behavior*, 100, 166-185, 2016, 査読有, DOI: 10.1016/j.geb.2016.10.001

〔学会発表〕(計7件)

1. Morimitsu Kurino, “College Admissions with Entrance Exams,” DCカンファレンス, 2016年
2. Morimitsu Kurino, “College Admissions with Entrance Exams,” Conference on Economic Design, 2015年

6. 研究組織

(1)研究代表者

栗野 盛光 (KURINO, Morimitsu)
筑波大学・システム情報系・准教授
研究者番号：90732313