

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：12608

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K13696

研究課題名(和文) 先見的なプレイヤーを想定した一般化マッチング問題の分析

研究課題名(英文) Farsighted Stability in Generalized Matching Problems

研究代表者

河崎 亮 (Kawasaki, Ryo)

東京工業大学・工学院・准教授

研究者番号：20579619

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)：本研究では、プレイヤーの先見性を考慮したときの一般化マッチング問題の分析を行った。一般化マッチング問題とは、マッチング問題や非分割財市場の物々交換モデルやルームメイト問題などを特殊ケースとして含む問題であり、一般のモデルにおいてマッチングに関するルールを設けることにより、個々の特殊ケースに帰着できるようになっている。本研究では、先見性を持つプレイヤーがいるとき、マッチングに関するルールが達成され得るマッチングにどのように影響するかを分析した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

マッチング問題や非分割財の物々交換モデルは、様々な労働市場に応用例があるが、殆どの理論分析においては、想定しているプレイヤーは先見性を全く持っていない。本研究では、より一般的なモデルを分析する上で、それぞれのモデルに課されているルールがどのように影響するかを分析しており、先見性を持つプレイヤーに関する研究に対し、新たな側面での研究を行っている。また、現実におけるマッチング問題にも既存の理論モデルでは想定していない制約も存在し得るが、一般化マッチング問題を分析する上でもこのような制約も考慮できることになり、マッチング理論の観点からも重要な研究である。

研究成果の概要(英文)：This research investigates the generalized matching problem with farsighted agents. The generalized matching problem includes as its special case the two-sided matching problem and the indivisible good (house) barter game. These models can be obtained by restricting the matchings that can be formed. It is shown through this research that these rules have significant impacts on the matchings that may result with farsighted agents.

研究分野：ゲーム理論

キーワード：一般化マッチング 先見性 安定性

1. 研究開始当初の背景

一般化マッチング問題とは Sonmez (1996)により定義された、マッチング問題や非分割財市場の物々交換モデルやルームメイト問題などを特殊ケースとして含む問題である。一般化マッチングのモデルでは、マッチング方法に関するルールやマッチングの相手になり得るプレイヤーに制限を加えることにより、一見異なるマッチング問題や非分割財市場の物々交換モデルを包括的に分析を行うことができる。マッチング問題など個々のモデルにおける結果は多く存在するが、一般化マッチング問題における分析はあまり多くない。しかしながら、それぞれのモデルの特性を調べる上では一般化マッチング問題を分析するのは重要である。Park (2017)は非分割財の物々交換モデルにおいて重要な概念である競争均衡マッチングを一般化マッチングにも定義し、その性質を調べた。また、一般化マッチング問題で得られた結果からマッチング問題やルームメイト問題など個々の問題に対する新たな理論結果や既存の理論結果との関連性を明らかにした。

一方、マッチング問題やルームメイト問題など個々の問題においては、プレイヤーの先見性を考慮した研究も徐々に増えている。従来の研究では、提携によるマッチングの組み替えに対して頑健である安定マッチングという概念を中心に研究が進められてきたが、プレイヤーの先見性を考慮した場合は、組み替えをするプレイヤー達は更なる組み替えも予想した上で、組み替えの連鎖を考える。その結果により行き着くマッチングの集合を先見的安定集合と呼ばれ、この先見的安定集合に関する研究も進められている。Klaus et al. (2011)や Mauleon et al. (2011)ではマッチング問題とルームメイト問題の先見的安定集合を調べ、安定マッチングは先見性を考慮しても安定な結果になり得ることを示した。また、Klaus et al. (2010)では、非分割財市場の物々交換モデルの先見的安定集合を調べて、競争均衡との関係性も示した。このように、先見的安定集合に関する研究は一つの問題に対しての知見が得られているが、包括的に分析した研究はまだなされていない。マッチング問題やルームメイト問題においては類似した結果が観察されているが、非分割財市場の物々交換では異なる結果が導かれている。プレイヤーの先見性を考慮した場合、このように異なる結果を説明できる一つの一般化したモデルが必要である。

2. 研究の目的

本研究の目的として以下の3点で挙げられる。

(1) 一般化マッチング問題を分析する上でマッチング問題で得られた結果と非分割財の物々交換モデルで得られた結果の違いを明らかにする。Park (2017)の研究と同様に一般化マッチング問題を分析するにあたり、マッチング問題における結果が導かれる要因や非分割財の物々交換モデルにおける結果が導かれる要因を明らかにする。また、Park (2017)により提唱された競争均衡マッチングの性質も調べる。

(2) 一般化マッチング問題自体の先見的安定集合の性質を調べる。一般的マッチング問題自体は非常に抽象的なモデルであり、現実問題ではそのモデルそのものに当てはまらないが、既存のマッチング問題やルームメイト問題で分析しきれない現実問題から派生したマッチング問題も存在する。制約付きマッチング問題もその一つの例である。

(3) 先見的安定集合とそれぞれの問題に置かれているルールの関係性を明らかにする。今までの既存研究では一つの問題に対する分析が主流であったため、そのモデルの裏にあるルールが結果に及ぼす影響についての分析が行われていなかった。より一般化したモデルを考えることにより、一つの問題（例えばマッチング問題）に課されているルールがどのように主結果の導出に関わっているかが明らかになってくる。このルールの重要性や先見性を持つプレイヤーが存在するときに初めて出てくる問題であり、Park (2017)では言及されていない。この点においては、本研究の一番の独創的観点であり、今後の先見的安定集合に関する研究の一つの方向性を示している。

3. 研究の方法

一般化マッチング問題の分析を進めるために以下の順番にてモデルの理論的分析に着手した。

(1) 非分割財市場の物々交換モデルの結果を再考察した。マッチング問題やルームメイト問題においては、ペアの組み替えについて考えている研究が主流であり、ペアより少ないプレイヤーの数での組み換えは考えられない。一方、非分割財市場の物々交換モデルでは、組み替えを行える主体の最小単位に関するコンセンサスがない。この差が、既存の概念が今までのマッチング問題やルームメイト問題と異なる結果を出していたかについての検証した。本研究では、組み換えに関する極小性の条件を定義した。組み換えの極小性とは、その組み換えを実行するためにはその提携の構成員が全て必要である。すなわち、一度では一つの交換ができないように制約を加える。このような制約を先見性を持つプレイヤーを想定するモデルでは取り入れた前例はない。

(2) 一般化マッチング問題を分析した。Park (2017)も非分割財市場の物々交換モデルの概念を使って分析した。そのため、(1)で述べたように物々交換モデルの分析を最初に始めた。一般化マッチング問題における一般的な結果をまず導き出し、既存の結果と比較した。また、既存のマッチング問題等では得られなかった結果や想定されていない問題について新たなインプリケーションが得られるかを分析した。

(3) 今まで考察がされていないモデルへの応用も考える。その一つの例がマッチング問題と非常に近い割当問題である。割当問題は、買い手と売り手の間のマッチング問題として捉えられる。多くのマッチング問題の研究では、主体が相手に対する選好について無差別がない（異なる相手に対して同程度に好むことがない）状況での分析が多い。しかし、割当問題のように無差別がある選好のモデルも存在する。非分割財市場の物々交換モデルでは、無差別を許す選好で分析するのが主流であり、本研究でもその流れを踏襲して分析を行った。

4. 研究成果

先述の方法により研究を行い、以下のことが明らかになった。

(1) 非分割財市場の物々交換における結果：提携による組み換えを考える場合，提携に属する主体が全員改善されるのを強支配という概念が定義されるのに対し，少なくとも一人だけ改善され，残りの主体については組み換え前と同等以上の財を得ている状態について弱支配という概念が定義される．支配概念は提携による組み換えを行うか否かについて記述する概念であり，弱支配の考えではより弱い条件で提携による組み換えが行われ得ることを示唆している．従来の既存研究では強支配と弱支配に関する研究が行われてきたが，先見性の持つプレイヤーについては弱支配に関する結果が得られていない．本研究では，弱支配についてはマッチング問題やルームメイト問題に類似した結果が得られた．しかし，この結果は提携の組み換えに関するルールに依る結果であることがわかり，一つのモデルにおいてもルールに左右されるような結果が得られた．一方，強支配では競争均衡のマッチングが得られることが知られているが，その結果の証明では組み換えに関する極小性を考慮していない．本研究では，極小性の条件を追加しても同様な結果が得られることを示した．したがって，結果がモデルのルールに左右されるのは，支配の概念にも依ることがわかった．

(2) 一般化マッチング問題の分析：一般的なモデルにおいては，先見的安定集合の存在が担保されないことがわかった．このような結果はルームメイト問題では見受けられていたが，ルームメイト問題においても安定マッチングが存在すれば，先見的安定集合が存在することが知られていた．本研究では，安定マッチングより強い Park (2017) が提唱した競争均衡マッチングが存在しても先見的安定集合が存在しないことがわかった．先見的安定集合の存在性は，安定マッチングの存在性とリンクしていると思われたが，そのためにはマッチング問題やルームメイト問題におけるマッチングのルールが関連することがわかった．

(3) マッチング問題とルームメイト問題への応用：先行研究におけるマッチング問題やルームメイト問題の分析では，無差別を許さない選好を仮定していた．一般化マッチング問題での分析では無差別を許す選好まで幅広く含まれているため，既存のマッチング問題やルームメイト問題においても新たな知見が得られる．実際に Mauleon et al. (2011) や Klaus et al. (2011) の結果が無差別を許さないといった仮定が強く依存することがわかった．

(4) 割当問題への応用：今までの研究での蓄積を使い，割当問題の先見的安定集合を求めた．非分割財市場の物々交換モデルと同様に強支配と弱支配の二つの概念に基づいて分析を行った．強支配の基では一部の安定マッチングのみが先見的安定集合に含まれ得ることがわかったが，弱支配に基づいて定義した場合は全ての安定マッチングが先見的安定集合に含まれることを示した．一般化マッチング問題と違い，先見的安定集合の存在性は担保されている．

< 引用文献 >

Klaus, B., F. Klijn, and M. Walzl (2010). "Farsighted House Allocation," *Journal of Mathematical Economics* 46: 817-824.

Klaus, B., F. Klijn, and M. Walzl (2011). "Farsighted Stability for Roommate Markets," *Journal of Public Economic Theory* 13: 921-933.

Mauleon, A., V. Vannetelbosch, and W. Vergote (2011). "von Neumann-Morgenstern Farsightedly Stable Sets in Two-sided Matching," *Theoretical Economics* 6: 499-521.

Park, J. (2017). "Competitive Equilibrium and Singleton Cores in Generalized Matching Problems," *International Journal of Game Theory* 46: 487-509.

Sonmez, T. (1996). "Implementation in Generalized Matching Problems," *Journal of Mathematical Economics* 26: 429-439.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kawasaki Ryo, Wako Jun, Muto Shigeo	4. 巻 -
2. 論文標題 Cooperative Games (Von Neumann-Morgenstern Stable Sets)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Encyclopedia of Complexity and Systems Science	6. 最初と最後の頁 1~41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-642-27737-5_99-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ryo Kawasaki, Hideo Konishi, Junki Yukawa	4. 巻 -
2. 論文標題 Equilibria in Bottleneck Games	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Department of Industrial Engineering and Economics Working Paper No. 2018-1, Tokyo Institute of Technology	6. 最初と最後の頁 1-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件/うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Ryo Kawasaki, Jun Wako
2. 発表標題 Weak versus Strong Indirect Domination in the Shapley-Scarf Economy
3. 学会等名 14th European Meeting on Game Theory 2018 (SING14) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryo Kawasaki, Hideo Konishi, Junki Yukawa
2. 発表標題 A Finite Bottleneck Game with Homogeneous Commuters
3. 学会等名 Eleventh International Conference on Game Theory and Management (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryo Kawasaki, Hideo Konishi, Junki Yukawa
2. 発表標題 A Finite Bottleneck Game with Homogeneous Commuters
3. 学会等名 13th European Meeting on Game Theory (SING13) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryo Kawasaki, Hideo Konishi, Junki Yukawa
2. 発表標題 A Finite Bottleneck Game with Homogeneous Commuters
3. 学会等名 East Asian Game Theory Conference 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryo Kawasaki, Hideo Konishi, Junki Yukawa
2. 発表標題 A Finite Bottleneck Game with Homogeneous Commuters
3. 学会等名 ゲーム理論ワークショップ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryo Kawasaki, Jun Wako
2. 発表標題 Weak versus Strong Indirect Domination in the Shapley-Scarf Economy
3. 学会等名 ゲーム理論ワークショップ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryo Kawasaki, Tomohiro Matsuse
2. 発表標題 von Neumann-Morgenstern Farsightedly Stable Sets of Assignment Games
3. 学会等名 14th European Meeting on Game Theory 2018 (SING15) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----