

令和 6 年 5 月 31 日現在

機関番号：32612

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K13647

研究課題名（和文）ネットワークマッチング問題における比較静学とマーケットデザイン

研究課題名（英文）Comparative statics in a network matching problem and its application to market design

研究代表者

坂東 桂介（Bando, Keisuke）

慶應義塾大学・理工学部（矢上）・准教授

研究者番号：50735412

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、ネットワークマッチング問題における比較静学の理論を構築し、現実の制度設計に応用することを目的とする。ネットワークマッチング問題とは、複数の主体の間の取引を記述するモデルである。既存モデルでは主体間の実行可能な取引構造が外生的に与えられており、本研究ではこれを取引ネットワークと呼ぶ。市場への新規参入や法的規制などで、取引ネットワークは変化することがある。本研究では取引ネットワークが均衡ネットワークに与える影響を分析し、特に均衡ネットワークが存在するための条件を新たに導出している。また、ネットワークマッチング問題の応用例として介護サービス供給者と利用者とのマッチング問題を分析した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究ではネットワークマッチング問題において均衡ネットワークが常に存在するための必要十分条件を明らかにしている。古典的なマッチング理論は、男性と女性、企業と労働者のような2つの異なる集団によって構成される2部市場におけるパートナー形成を分析してきた。一方で、2部市場では表現できない現実の問題は多く存在する。本研究が導出した結果は、市場の二分構造を仮定せずに一般的な取引構造をゆるす広範なマッチング問題において適用することができる。また、ネットワークマッチング問題の応用例として介護サービス供給者と利用者とのマッチング問題を新たに提案し分析を行なった。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research project is to develop a theory of comparative statics in network matching problems and apply it to real-life market design. A network matching problem is a model that describes transactions among many agents. In the existing models, a feasible transaction structure among agents is given exogenously, which we call a trading network. The trading network often changes due to new entrants (or retirements) from the market, legal regulations, and so on. The purpose of this study is to clarify the impact of the structure of the trading network on equilibrium network. This study characterizes the conditions for trading networks under which an equilibrium network exists. This study also analyzes a matching problem between care service providers and users as an application of network matching problems.

研究分野：理論経済学

キーワード：マッチング理論 安定性 ネットワーク

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

本研究は、Gale and Shapley (1962)により提案されたゲーム理論の一分野であるマッチング理論に関する研究である。マッチング理論は、ある特定の市場に対して実用的な制度を設計することを目的とするマーケットデザイン分野における理論的基礎を与えており注目を浴びている。実際に、マッチング理論の成果は、医学生と(研修先の)病院、学生と公立学校、大学生と研究室の間のマッチングを決める手続きとして直接的に応用されている。

古典的なマッチング理論は、男性と女性、研修医と病院のような二つの異なる集団によって構成される二部市場(two-sided market)におけるパートナー形成を分析してきた。一方で、二部市場では表現できない現実の問題は多く存在する。例えば、市場参加者が部品製造業者、メーカー、小売店のような三つのタイプに分類される市場が挙げられる。そこで、Ostrovsky (2008)はネットワークマッチング問題と呼ばれる二部市場以外にも含む状況を対象とした問題を提案し、この分野に関する研究は盛んに行われるようになった。

### 2. 研究の目的

本研究では、分権化された市場において各主体がネットワークを自発的に形成する場合の均衡ネットワーク(安定ネットワーク)に注目する。ここで、均衡ネットワークとはどの主体のグループも新たな取引を行うことで現状よりも効用が改善できないことを意味する。

既存研究では、主体間の実行可能な取引構造が外生的に与えられている。本研究では実行可能な取引構造のことを取引ネットワークと呼ぶ。ネットワークマッチング問題では、均衡ネットワークは与えられた取引ネットワークに依存する。一方で、取引ネットワークは第三者によって規制可能なことが多く、制度設計を行う際に重要な変数となる。よって、取引ネットワークの変化が均衡ネットワークに与える影響を理解することは制度設計をするうえで必要不可欠となる。そこで本研究は取引ネットワークの変化が均衡ネットワークに与える影響を理論的に明らかにすることを目的とする。

また、本研究ではケアマネジャーのマッチング問題をネットワークマッチングモデルの枠組みで考察する。これは、介護サービス供給者と介護サービスの利用者との間のマッチング問題である。日本ではケアマネジャーと呼ばれる代理人を通じて介護サービス供給者と利用者が結び付けられるという特色がある。本研究ではケアマネジャーの存在が均衡ネットワークに与える影響について理論的に明らかにすることを目的とする。

### 3. 研究の方法

ネットワークマッチング問題に関する既存研究のサーベイを行いながら、一般的なネットワークモデルの構築を行う。そのモデルにおいて、取引ネットワークが均衡ネットワークの存在に与える影響について理論的に分析を行う。

また、ケアマネジャーのマッチング問題の理論分析を行う。一般に、介護サービスの利用者は複数の介護サービスを必要とし、介護サービス供給者は複数の利用者に対して介護サービスを提供する。よって、ケアマネジャーのマッチング問題は、利用者と介護サービス供給者との間の多対多マッチング問題において、ケアマネジャーが仲介者として加わるような問題としてモデル化できる。そこで、本研究では多対多マッチング問題における基礎理論をサーベイしながら、併設ケアマネジャーを取り入れたモデルについて分析を行う。

#### 4. 研究成果

##### (1) Corrigendum to 'Multilateral matching' [J. Econ. Theory 156 (2015) 175-206]

この研究成果は、ネットワークマッチングに関する既存研究のサーベイを行う段階で発見した事実をまとめたものである。既存研究では「ネットワークマッチング問題において、各主体の評価関数が凹関数である場合に均衡ネットワークはパレート効率である」であることが主張されている。本研究ではこの主張が誤りであることを示した。また、評価関数の微分可能性を追加的に仮定すれば、均衡ネットワークはパレート効率であることを示した。この成果は、理論経済学分野のトップジャーナルである Journal of Economic Theory に掲載されている。

##### (2) Stability and venture structures in multilateral matching markets

この論文ではネットワークマッチング問題を含むより一般的なモデルにおいて均衡ネットワークが存在するための条件を考察している。上記の研究では、各主体の評価関数が微分可能な凹関数である場合に均衡ネットワークが存在することを証明している。一方で、評価関数に関する仮定は必ずしも満たされるとは限らない。そこで、本研究では各主体の評価関数に仮定を置かずに、取引ネットワークの構造に着目して均衡ネットワークの存在条件を導出している。具体的には、各主体がどのような選好を持つ場合でも均衡ネットワークが存在するための必要十分条件は取引ネットワークが非交差性とよばれる条件を満たすことであることを証明した。この研究成果は、理論経済学分野のトップジャーナルである Journal of Economic Theory に掲載されている。

##### (3) Substitutes and stability for many-to-many matching with contracts

本研究は多対多マッチング問題に関する基礎的な研究である。既存の多対多マッチング問題では選好の代替性と呼ばれる条件が、均衡マッチングの存在を保証するための十分条件であることが知られている。一方で、介護サービス供給者と利用者とのマッチング問題では、選好の代替性が必ずしも満たされず、既存理論がそのまま適用できないことがわかった。この研究では、代替性よりも弱い条件を含むような均衡マッチングの存在条件を新たに提案している。また、存在条件のもとで均衡マッチングを発見するアルゴリズムを導出している。この成果は、ゲーム理論分野のトップジャーナルである Games and Economic Behavior に掲載されている。

##### (4) ケアマネージャーのマッチング問題

本研究では、介護サービス供給者と利用者とのマッチング問題においてケアマネージャーが仲介人として加わることによる影響について理論的に分析を行った。結論としては、仲介人が加わることで利用者の効用が増加することも減少することも両方ありえることを示している。一方で、どのような場合に、ケアマネージャーが利用者の効用に対して正の効果を与えるか(もしくは負の効果を与えるか)を明らかにすることは今後の課題としている。

#### 参考文献

- Gale, D., Shapley, L. (1962) "College admissions and the stability of marriage," American Mathematical Monthly 69, 9-15.
- Ostrovsky, M. (2008) "Stability in supply chain networks," American Economic Review 98, 897-923.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Keisuke Bando, Yakuma Furusawa	4. 巻 52
2. 論文標題 The minimum set of $\mu$ -compatible subgames for obtaining a stable set in an assignment game	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Game Theory	6. 最初と最後の頁 231-252
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00182-022-00816-1	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 Bando Keisuke, Kawasaki Ryo	4. 巻 130
2. 論文標題 Stability properties of the core in a generalized assignment problem	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Games and Economic Behavior	6. 最初と最後の頁 211 ~ 223
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.geb.2021.08.007	査読の有無 有
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 -
1. 著者名 Bando Keisuke, Hirai Toshiyuki, Zhang Jun	4. 巻 129
2. 論文標題 Substitutes and stability for many-to-many matching with contracts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Games and Economic Behavior	6. 最初と最後の頁 503 ~ 512
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.geb.2021.07.002	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 該当する
1. 著者名 Bando Keisuke, Hirai Toshiyuki	4. 巻 196
2. 論文標題 Stability and venture structures in multilateral matching	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Economic Theory	6. 最初と最後の頁 105292 ~ 105292
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jet.2021.105292	査読の有無 有
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 -

1. 著者名 Kawase Yasushi、Bando Keisuke	4. 巻 50
2. 論文標題 Subgame perfect equilibria under the deferred acceptance algorithm	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Game Theory	6. 最初と最後の頁 503-546
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00182-021-00758-0	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 Keisuke Bando, Toshiyuki Hirai, John William Hatfield, Scott Duke Kominers	4. 巻 184
2. 論文標題 Corrigendum to “Multilateral matching” [J. Econ. Theory 156 (2015)]	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Economic Theory	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jet.2019.08.003	査読の有無 有
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6件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Keisuke Bando
2. 発表標題 Stability and venture structures in multilateral matching
3. 学会等名 The 20th Annual SAET Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keisuke Bando
2. 発表標題 Stability and substitutability in dynamic matching markets
3. 学会等名 大阪大学社研セミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keisuke Bando
2. 発表標題 Stability and substitutability in dynamic matching markets
3. 学会等名 慶應義塾大学ミクロ経済学ワークショップ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keisuke Bando
2. 発表標題 Stability and substitutability in dynamic matching markets
3. 学会等名 東京理科大学ゲーム理論セミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keisuke Bando and Ryo Kawasaki
2. 発表標題 Stability properties of the core in a generalized assignment problem
3. 学会等名 2 days Game Theory workshop (早稲田大学)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yasushi Kawase and Keisuke Bando
2. 発表標題 Subgame Perfect Equilibria under the Deferred Acceptance Algorithm
3. 学会等名 5th International Workshop on Matching Under Preferences (MATCH-UP 2019) 2019 (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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
中国	Nanjing Audit University			
米国	University of Texas at Austin	Harvard University	National Bureau of Economic Research	