

令和 5 年 5 月 30 日現在

機関番号：13903

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K13657

研究課題名（和文）情報の不確実性下におけるマッチング形成の分析：メカニズムの幅広い実用に向けて

研究課題名（英文）Analysis of matching under uncertain information: for broader application of mechanisms

研究代表者

川崎 雄二郎 (Yujiro, Kawasaki)

名古屋工業大学・工学（系）研究科（研究院）・准教授

研究者番号：50708352

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、様々な社会的関係の形成に関して、情報の不確実性を考慮した制度設計および政策検討を行った。主要な結果は次の通りである。1つ目は、我が国の政府および自治体が結婚支援事業の一環として実施している出会い支援サービスの実質的な効果について理論的な分析を行った。2つ目は、救急隊の最適配置について、最寄りの救急拠点に配備された救急隊が出動中である可能性を考慮した新たな最適化モデルを提案した。3つ目は、観光客による観光地間の移動を示すデータに対して中心性の概念やホッジ分解などのネットワーク分析を用いて観光客の全体的な移動傾向および各観光地の特徴を明らかにする手法を検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

社会的関係に関する実情を考慮した制度や政策が実施されることによって、現実社会で広く行われている社会的関係の質的および量的な改善を成し遂げ、社会全体の厚生を高めることができる。また、学術的には、情報の不確実性を考慮したマッチング形成の研究は新しいトピックであり、本研究における新たなモデルや概念の提案は学術的な貢献をもたらすものと考えられる。同様に、旅行者の移動傾向に関するネットワーク分析についても発展の余地が残されており、本研究によって発展を加速されることが期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we conducted institutional design and policy studies that take into account information uncertainty regarding the formation of various social relationships. The main results are as follows: First, a theoretical analysis of the practical effects of dating support services provided by the Japanese government and local governments as part of their marriage support programs was conducted. Second, a new optimization model for the optimal allocation of emergency services is proposed, which takes into account the possibility that the emergency services deployed at the nearest emergency center are still on the move. Third, a new method for identifying the overall movement trends of tourists and the characteristics of each tourist destination was studied using network analysis, such as the concept of centrality and Hodge decomposition, for data showing the movement of tourists between tourist destinations.

研究分野：理論経済学

キーワード：社会的関係構築 マッチング ネットワーク 制度設計 政策評価

1 . 研究開始当初の背景

マッチング理論は、学校と学生での選択問題、病院と研修医の配属問題、あるいは男性と女性の結婚問題など、相対する2つのグループに属する主体間での様々な組み合わせ(マッチング)を研究の対象とし、どのようなマッチングが望ましいか、また、その望ましいマッチングをいかにして生みだすかなどといった議論を中心とする理論である。1960年代より膨大な研究成果が蓄積され、特に貨幣の介在(金銭の移転)が許されないような市場の分析について数多くの貢献がもたらされた。

マッチング理論の研究においては、マッチング生成のための手続き方法(メカニズム)の提案およびそれに関する分析が一つの主流である。その種の研究の中で最も広く知られているのは、**Gale と Shapley [1]** によって1962年に提案された受入保留メカニズムと呼ばれるメカニズムである。このメカニズムはいくつかの望ましい性質を持つことから、現在では臨床研修医マッチングプログラム(日本、アメリカ)や学校選択制(ニューヨーク市、ボストン市)などといった現実社会におけるマッチング形成の事例に応用されている。

受入保留メカニズムは、各主体からマッチ候補に対する希望順序の申告を受け、それらを基にして安定マッチングを生成する。この安定マッチングの下では、新たにマッチをしないとしても、互いにより好ましい(希望順位がより高い)者同士となるような生徒と学校のペアを作ることはいかなる場合にもできない。これはすなわち、与えられたマッチを解消して別のマッチに逸脱する動きが生じないことばかりでなく、パレートの意味で効率的であることも意味している。

しかし、受入保留メカニズムが安定マッチングを生成するためには、各主体が希望するマッチ候補全員とそれらの希望順序(以下、「完全な形の希望順序」という)を申告してもらう必要がある。現実においてはマッチ候補となる対象が数百、数千あるいはそれ以上にのぼる場合もあることを考慮すると、完全な形の希望順序を作成し申告することは現実的に非常に難しい。つまり、マッチ候補の数が大きくなればなるほど、マッチの候補すべてに対する情報を十分にもち、それに基づいて完全な形の希望順序を持つような主体は多くないと考える方が自然である。このような状況でむやみに受入保留メカニズムを導入すると、各主体は完全な希望順序を作成するための情報収集に相当量の費用を投じるか、あるいは完全な希望順序を作成すること自体を放棄してあてずっぽうな順序(各主体が潜在的に持つ真の希望順序とは異なるもの)を申告する可能性があり、効率性はおろかメカニズムを導入する意義すら失われかねない。

実は、受入保留メカニズムに限らず多くの既存のマッチング生成メカニズムが各主体の完全な形の希望順序の申告を受けることを前提とした設計になっており、その点がこれらのメカニズムを実用化させる上で一つのボトルネックとなっている。実用化をさらに推し進めるためには、マッチ候補に関する情報が不十分である可能性、すなわち情報の不確実性を考慮し、それに応じてメカニズムの改良・開発を行う必要がある。

上記の枠組み以外のマッチング形成または社会的ネットワーク形成においても、情報の不確実性を考慮した社会的関係の構築に関する制度設計の検討が求められる。たとえば、日本においては、結婚に関して未婚化や晩婚化が進行しているが、それらが少子化の主要因であるとの指摘も多く(岩澤[2]など)、少子化や人口減少の問題を抱える我が国にとって結婚支援政策のあり方を考えることは急務である。結婚市場においては、各主体同士が互いの情報を十分に知らないという状況に加えて、候補となる相手全員と知り合うことができないために認識できる候補者が限られている(つまり、候補者の探索に摩擦がある)ことがマッチングの形成に大きく影響を与えたと考えられる。そこで政府や自治体は、民間業者が行うようなパーティやイベント、あるいはデータベースを用いたお見合いの斡旋といった出会いの機会を増やすサービスを実施しているが、そのサービスが実質的な生涯未婚率の改善につながっているか(元々結婚できた人にサービスを提供しているのではないか)、また社会全体の厚生にはどのような影響があるか(サービスの実施によって不利益を受ける主体が存在するのではないか)といった効果に関する疑問点がいくつか挙げられるが、これらに関する研究はまだ十分には行われていない。

経済学的アプローチに基づいた結婚市場におけるマッチング形成の研究は **Becker [3, 4]** をはじめとして膨大な蓄積がある。そのうちの多くはマクロ経済理論でたびたび用いられるサーチモデルを用いて、候補者の探索に摩擦がある中で各主体が出会った候補の中からマッチ相手を戦略的に選んでいく状況を描写するが、この手法は上で述べたような出会い促進のサービスがマッチングに与える影響を分析する際にも応用できる(詳細については後述する)。

2 . 研究の目的

上記のような背景を踏まえ、情報の不確実性が生じている中での様々な社会的関係のマッチングないしはネットワークの形成に焦点を当て、それらに関わる制度設計や政策評価などを行うことが本研究課題の目的である。

本研究課題における主要な研究テーマと目的は、以下の(1)~(4)に示す通りである。

(1) 実用性を考慮したマッチング生成メカニズムの改良

マッチング理論で受入保留メカニズムおよびポストンメカニズムという名前で知られる 2 つのメカニズムには、各主体からマッチ相手として好ましい候補者全員の(希望順序も含めた)リストの提供を求めるといった実用上の煩わしさがあり、それを解消する手続き方法を考案することが本研究の目的である。

(2) 出会い支援事業の(理論的)効果検証

第 1 節で述べた通り、少子化や人口減少に直面している我が国においては、政府や自治体の主導によって出会いの支援を行うサービスが行われているが、このサービスが個人や社会にもたらす効果を測定する際には、アンケートや統計データのみでは実質的な効果を示すのに不十分であると言わざるを得ない。そこで本研究では、結婚市場を表現することできる数理モデル(サーチモデル)を用いることによって、出会い支援事業が及ぼす影響を個人および社会全体それぞれの視点から明らかにしていくことを目的とした。

(3) 救急隊の最適配置を求めるためのメカニズムの開発

救急事案が発生したとき、その地点に最も近い救急拠点(消防署)に配置された救急隊が別の事案に出ているために、より遠くに位置する拠点から救急隊を派遣させる事例が現実においては少なくない。この研究では、最寄りの救急拠点に救急隊が待機していない可能性を考慮した救急隊の最適配置を求めるためのメカニズムを新たに開発することを目的とした。

(4) 観光客移動に関するネットワーク分析

地域内における観光客の移動経路は、それぞれの選好や観光地間の距離などに依存しながら決定されるものであり、それらを統合してとらえるときには一部のノイズを含みながら、ある程度の一貫性を持った動態としてとらえることができる。観光客の移動傾向および観光地の性質を理解することができれば、より効果的かつ効率的な観光政策の立案に役立てることができる。

3. 研究の方法

本研究課題における主要な研究テーマの研究方法は、以下の通りである。(1)~(4)の番号は、前節での各研究テーマに付された番号と対応している。

(1) 実用性を考慮したマッチング生成メカニズムの改良

この研究では、川崎[5]が提案した、複数の主体とマッチをする側の主体から完全なリストの提出を求めることなく、マッチングの生成を進める手続き上で必要となる部分的な選択(特定のマッチ候補の中から決められた人数まで選抜するなど)について各主体に逐一問い合わせしていく「リクエスト構造」に注目し、それを両メカニズムに適用した際の各主体のインセンティブ構造に関して、各主体による正直な申告が行われるかどうか(戦略的操作不可能性)と、各主体の戦略的な行動によって安定マッチングが生成されるかどうか(ナッシュ遂行可能性)の 2 点について分析を行った。

(2) 出会い支援事業の(理論的)効果検証

既存研究を参考にしながら、結婚市場のモデルを定式化し、その市場の内部に料金を支払った個人のみが参加できるプラットフォームが設置されたときの各個人の効用水準、生涯未婚率、結婚までにかかる時間、さらにそれらの社会全体での平均がどのように変化するかを求めた。また、ケーススタディとして、山形県酒田地区(酒田市、庄内町、遊佐町)における実際の救急隊の出動データを用いて最適配置の計算を試みた。

(3) 救急隊の最適配置を求めるためのメカニズムの開発

まず、最寄りの救急拠点に救急隊が待機していない状況を考慮するため、救急事案が発生した時点における救急隊の状態を把握し、出動可能な救急隊の中から最短時間で現場に到着できる救急隊を出動させるモデルを新たに開発した。このモデルを用いて、与えられた事案データの中で現場到着時間の上限を最小化するような救急隊配置を求める最適化手法と現場到着時間の平均を最小化するような配置を求める最適化手法を考案し、コンピューターを用いた実験によって両者の性能比較を行った。

(4) 観光客の移動に関するネットワーク分析

観光客による観光地間の移動をネットワーク状に表現することで、ネットワーク分析の観点から観光客の全体的な移動傾向および各観光地の特徴を明らかにすることを試みた。具体的には、観光客の移動ネットワークを重み付き有向グラフとしてとらえ、中心性の指標(次数中心性、近接中心性、媒介中心性、固有ベクトル中心性)を適用することで各観光地が持ち特徴を明らかにし、またベクトル解析におけるホッジ分解をグラフに応用した手法を適用して観光客の一貫した移動の流れを抽出する分析を行った。

4. 研究成果

本研究課題における主要な研究テーマに関する研究成果は、以下の通りである。(1)~(4)の番号は、前節での各研究テーマに付された番号と対応している。

(1) 実用性を考慮したマッチング生成メカニズムの改良

分析の結果、受入保留メカニズムはリクエスト構造を付加することで必ずしも安定マッチングを生成できなくなる一方、ポストメカニズムは各主体が戦略的な行動をとることにより安定マッチングを生成することができることを証明した。一般には、ポストメカニズムは耐戦略的でない、すなわち各主体によって戦略的操作が行われることが欠点であったが、リクエスト構造を付加した場合にはこの点が奏功する形となった。

(2) 出会い支援事業の(理論的)効果検証

コンピューターによるシミュレーションを行ったところ、プラットフォームが設置される(すなわち出会い事業が実施される)ことによって、各個人はプラットフォーム利用の有無に関わらず結婚相手として受け入れる候補の水準を引き上げ、これによって効用を上げる個人と下げる個人は混在する結果として、プラットフォームを利用する個人ですらも効用水準、生涯未婚率、期待継続時間を下げる可能性があることが示された。したがって、すべての個人が事業によって利益を得ることは不可能であり、また不利益を得る個人と利益を得る個人との間には低所得/高所得、低身長/高身長などの二元的な基準によって区別がつかないため、不利益を被る個人に対してのフォローが非常に困難であることが指摘できる。一方、社会全体でみると、結婚支援事業によって平均的には効用水準が改善し、生涯未婚率および期待継続時間の平均も縮小することが分かった。

(3) 救急隊の最適配置を求めるためのメカニズムの開発

検証を通して、平均時間を最小化する手法においては、全体効率的な配置が提案されるものの、事案間での差が比較的大きくなりがちであること、またその一方で、最大時間を最小化する手法においては、全体効率性という面では劣るが、現着時間がより均等である配置を提案する傾向があることが分かった。したがって、公平性よりも全体効率性を求めるのであれば、平均時間最小化、反対に全体効率性よりも公平性を求めるならば最大時間最小化を採用すればよいという結論が得られたが、全体効率性と公平性の両方を加味した最適化手法の検討する必要が示唆された。ケーススタディとして酒田地区におけるデータを用いて最大時間最小化における最適配置を計算したところ、消防署が集中している市街地周辺の消防署には配置数が少なく、他の消防署と離れて立地している郊外の消防署には配備を大きくする傾向が表れた結果となった。

(4) 観光客の移動に関するネットワーク分析

中心性の指標を用いた分析では、酒田市の観光において限られた観光地が重要な中継地であることが確認されたほか、各観光地の特徴を出発地、終着地、コア(出入りの激しい地点)、アクセスのしやすさ、中継地、密集地、周辺地の観点から明らかにすることができた。また、ホッジ分解を応用した分析においては、各観光地の出入りの量だけでなく他の観光地とのつながりを反映した観光客の移動傾向を明らかにすることができ、地区ごとの玄関口と言えるような観光地を特定することができた。

参考文献

- [1] Gale, D., & Shapley, L. S. (1962) "College admissions and the stability of marriage," *The American Mathematical Monthly*, **69**(1), 9-15.
- [2] 岩澤美帆 (2002) 「近年の期間 TFR 変動における結婚行動および夫婦の出生行動の変化の寄与について」『人口問題研究』**58**(3), 15-44.
- [3] Becker, G. S. (1973) "A theory of marriage: Part I," *Journal of Political Economy*, **81**(4), 813-846.
- [4] Becker, G. S. (1974) "A theory of marriage: Part II," *Journal of political Economy*, **82**(2, Part 2), S11-S26.
- [5] 川崎雄二郎 (2017) 「マッチング形成問題における選好の申告に関する考察: リクエスト構造を付加したメカニズムの提案」『商学論究』**64**(5), 245-279.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 三木潤一、川崎雄二郎、萩原茂樹	4. 巻 5
2. 論文標題 地方公共サービスにおける人員・車両・施設等の最適資源配置問題 - 救急・消防に関する検討 -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 CIPFA Japan ジャーナル	6. 最初と最後の頁 25-35
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 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 Kawasaki Yujiro, Tsubota Kenmei	4. 巻 12
2. 論文標題 Myopic or farsighted: bilateral trade agreements among three symmetric countries	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Letters in Spatial and Resource Sciences	6. 最初と最後の頁 233 ~ 256
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12076-019-00239-9	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 Kawasaki Yujiro, Hagihara Shigeki, Miki Jun'ichi	4. 巻 14
2. 論文標題 Sequential ambulance dispatch models for optimizing emergency medical services	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 JSIAM Letters	6. 最初と最後の頁 100 ~ 103
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14495/jsiaml.14.100	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 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 川崎雄二郎
2. 発表標題 動的モデルによる救急隊配置の最適化手法 - 山形県酒田地区におけるケーススタディ
3. 学会等名 日本応用数理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川崎雄二郎、小嶋健太、三木潤一
2. 発表標題 ホッジ分解を用いた観光客の移動ネットワークの分析
3. 学会等名 日本応用数学会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 水野 敬三	4. 発行年 2023年
2. 出版社 中央経済社	5. 総ページ数 204
3. 書名 地域活性化の経済分析	

〔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
---------	---------