

令和 3 年 5 月 28 日現在

機関番号：32689

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2020

課題番号：19K23205

研究課題名(和文) Net Bordaルールを用いた病院配置問題の理論研究・シミュレーション分析

研究課題名(英文) Hospital location problem with the net Borda voting system

研究代表者

栗原 崇 (Kurihara, Takashi)

早稲田大学・政治経済学術院・助教

研究者番号：40844543

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：【研究概要】本研究では、当初の計画にあるnet Bordaルール(相対的評価だけでなく絶対的評価も反映可能なボルダルール)を含む多様な投票ルールを対象に、病院配置問題のように専門知識を必要とする意思決定における、専門家の選好に基づく人々の選好アップデートシステムの影響を分析した。

【研究成果概要】1) 専門知識を要する状況に応じた3つの選好アップデートシステムを考案し特徴付けた。2) Python 3によって記述した自作プログラムによりシミュレーション分析を行い、ボルダ系の投票ルールが選好アップデートシステムと良い相性を持つことが分かった。3) 研究期間中、査読付き国際学会に4回アクセプトされた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

投票ルールは選挙だけでなく日常生活のさまざまな場面で応用できるツールである。しかし、実社会では病院配置決定のように行政に意思決定を一任する傾向が強く、それぞれの社会問題に対して人々が意見を表明する機会が少ない。そのような場合、行政は人々の意見を汲み取る必要があるものの情報収集には限界がある。また、専門知識に基づく意見をどの程度踏まえるのかも決めなければならない。本研究が提案した選好アップデートシステムを用いれば、行政は人々の情報を収集し意見を推測する必要がなく、人々は専門家の意見を基に正確な意見を組み立てることができる。また、3種類のシステムによって、専門家の意見の反映具合を調整可能である。

研究成果の概要(英文)：Abstract: This project aims to analyse the effects of preference update systems based on an expert suggestion for the outcomes by several voting systems. We consider situations that each voter needs to refer to the expert's preference to construct the voter's accurate preference in our model.

Research outcomes: 1) We define and characterise three preference update systems, namely, voters first (VF), expert first (EF), and moderate (Mod) systems. 2) By using my own program in Python, we conduct 10,000 times elections and obtain outcomes by several voting rules for 'each' election (or each preference profile) and find that the outcomes of Borda rules reflects the aims of preference update systems more than other rules. 3) Our paper had been accepted four times by international conferences on Economics and Political Science (peer-reviewed).

研究分野：選好理論、社会的選択理論、医療経済学

キーワード：選好アップデート 投票システム 公理化 社会的選択 公共施設配置 緊急事態 シミュレーション分析

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

これまで、（公共）施設配置問題の理論研究では、分析対象としてアクセスの公平性の観点から居住地－病院間の所要時間の総計が最小となる候補地を選択するルール（以下、総所要時間最小化ルール）が扱われてきた。しかし、総所要時間最小化ルールを病院配置問題に適用する場合、その背後では地域住民全員が「病院は近いほど良い」と考えていると仮定している。したがって、この仮定が間違っている場合、総所要時間最小化ルールは民主的な選好集計方法ではない。たとえば、サイレンによる騒音などを回避したい住民も存在する可能性がある。他方、頻繁に通院する必要のある居住者が病院まで最長の所要時間を要する可能性もある。所要時間以外の要素を考慮するにも、比較的安易に集められる情報は年齢や性別であろう。

もう 1 つ、総所要時間最小化ルールには弱点がある。公共施設のように専門知識を要する選択を行う場合、専門家の意見も重要視する必要がある。しかし、意思決定者（より現実的には配置場所の提案者）が専門家である場合、住民の選好を推測し考慮するにあたって、提案に専門知識を反映することが難しくなる。

上記の問題が考えられるなか、実社会において総所要時間最小化ルールを基に公共施設配置が決定される背景には、住民の候補地に対する選好を集計し配置決定を行う制度が整備されていないからである。投票システムの応用を制度化するには、投票システムを応用する（必ずしも選挙のように病院配置のための投票が必要なわけではなく、アンケート調査などで十分である）方が、自治体が健康状態や個人的事情などの情報を集め住民の選好を推測するよりも低コストであり、専門家の意見も反映しやすいことを示す必要がある。さらに、投票システムの有効性を示した後、どのような投票ルールが適切かを議論する必要がある。

## 2. 研究の目的

上記の背景を踏まえ、(i) 本研究では病院を含む公共施設配置問題の解法として、集計前に専門家の選好を基に住民の選好をアップデートする投票システムを提案し、(ii) システムと相性の良い投票ルールがどのようなものかシミュレーション分析によって明らかにすることを目的とする。ただし、投票ルールには、従来のスコアリングルール（選好にしたがって候補地に共通のスコアを与えて集計し、最大得点を得た候補地を勝者とするルールの総称）に加え、研究代表者が考案した投票ルール（net Borda ルール：次項にて詳細を述べる）も分析対象とする。

\*選好アップデートシステムは、研究開始後に新たに導入したモデルである。

## 3. 研究の方法

### < (i) の研究方法 >

まず、（専門知識のない）住民が候補地に対する選好順序を表明する。次に、専門家の選好を住民の選好に反映するためのアップデートを行う。

住民の選好をアップデートせずに専門家の選好を 1 つの住民の選好と同様に集計することも技術的には可能だが、住民の数が多いほど専門家の選好が社会的選択に影響を与えなくなる。これが公共施設配置において望ましくない理由は、住民の選好は個人的事情を基に構築される一方で、専門家の選好は公共施設の機能面を考慮して構築されるものであり、同じ選好順序でも背後に想定される意義が大きく異なるためである。

本報告書では、公共施設配置を想定した場合に適切なアップデート方法として、利用者である住民の選好を重要視したアップデートシステムについて説明する。当該システムを Voters-First システム（以下、VF システム）と呼び、以下のように定義する。任意の住民 1 人について、

- 任意の 2 つの候補地が当該住民にとって厳密に順序付けられる場合、アップデート後も元々の選好順序を保持する。
- 任意の 2 つの候補地が当該住民にとって無差別である場合、当該住民は 2 つを順序付けることに明確な意見を持たないと解釈し、専門家の選好順序に置き換える。

上記の操作によって得られるアップデート後の選好順序を集計し、最終的に社会的選択（公共施設の配置）を決定する。VF システムによるアップデートの計算量は非常に少なく、実装は十分に可能である。

この VF システムがどのような規範的性質（公理）によって特徴付けられるのかを、公理的分析によって明らかにする。

### < (ii) の研究方法 >

任意の投票ルールと VF システムとの相性を確認するため、投票者数と候補地数のペアを複数作り、各ペアに対して 10,000 個の選好プロファイル（投票者全員の選好を集めたリスト）を用意し、各プロファイルを複数のスコアリングルールによって集計した。相性の良さを図る基準としては、

- ①VF システムを適用する場合の結果が、10,000 回のうちシステムを適用しない場合の結果と同じになった回数、
- ②VF システムを適用する場合の結果が、10,000 回のうち専門家の選好だけを考慮した結果と同じになった回数

を主に用いた。①については、任意の投票ルールを用いたときに、システムを適用しない場合の結果と非常に近い場合、システムを適用する意義があまりないと解釈できる。また、②については、システムを適用した場合、専門家の意見が過剰に反映されることを意味する。この観点から、①と②を被説明変数、投票者数、候補者数、投票ルールダミー、選好プロファイルの特徴などを説明変数として回帰分析を行い、投票ルールと①・②との関係を明らかにした。

本研究で扱う投票ルールは、主にスコアリングルールとする。②の基準を踏まえると、住民にとって無差別な選択肢が非常に多い場合、VF システムを適用した場合のアップデート後の選好は専門家のもので非常に似通ったものとなる。したがって、承認投票ルールのように、住民に対して、選択肢を上位グループと下位グループに分けて各グループ内はすべて無差別とする二分法 (dichotomous) 選好を要請する投票ルールは事前に分析対象外とした。

先述した通り、通常スコアリングルールに加え、研究代表者が考案した新しい Borda ルールも分析対象とした。通常集計方法では、候補地に対する選好順序のみを集計する。たとえば、Borda ルールでは各住民が最下位から最上位の候補地へ順に 0 点、1 点、2 点、... とスコアを与える。しかし、候補地の選好順序 (候補地への相対的評価) は、「候補地  $a$  は望ましい」といった候補地への絶対的評価 (以下、desirability) に関する情報を含まない。したがって、選好順序と desirability の両方を序数的に考慮可能な「net Borda ルール」というものを提案した。Borda ルールと net Borda ルールのスコアリングの違いは図 1、2 に示した通りであり、desirable なグループと undesirable なグループの間に追加的な 1 ポイントのギャップが生じるよう設定されている。

分析の際は、net Borda ルールのみ他のスコアリングルールと同様の選好プロファイルを使用できないため、別々にシミュレーションを行った。

図 1 : Borda ルールのスコア



図 2 : Net Borda ルールのスコア



#### 4. 研究成果

##### < (i) の研究成果 >

まず、VF システムの公理的特徴付けの結果は以下の通りとなる。任意の選好アップデートのうち、以下の 4 つの条件を満たすのは VF システムであるかつ、そのときに限る。

- 合理性：アップデート後の選好が弱選好 (反射性・完備性・推移性を満たす選好) である。
- \*任意の 2 つの候補地について、
- 同調性：住民と専門家のうち、片方が無差別でもう片方が厳密な順序を持つ場合、厳密な順序を採用する。
- 共感性：住民と専門家の選好順序が同じ場合、当該順序をそのまま採用する。
- 反強制性：住民が厳密な順序を持つ場合、その逆の厳密な順序を採用しない。

上記の結果は、住民の選好を優先するシステムにおいて満たされるべき同調性・共感性・反強制性という 3 つの公理を満たしながら、社会的選択関数の入力として合理的な弱選好を維持可能なシステムは VF システムだけであることを示している。

##### < (ii) の研究結果 >

①と②両方の観点から、スコアリングルールの中でも選好順序の情報量を多く失うタイプのルールの場合、アップデートシステムの意義が失われる傾向にあることが分かった。たとえば、plurality ルール (最上位に 1 点、その他に 0 点を与える)、anti-plurality ルール (最下位に 1 点、その他に 0 点を与える)、best-worst ルール (最上位に 1 点、最下位に 1 点、その他に 0 点を与える) は、Borda ルールと比較して①と②の回数が高くなる傾向にある。

また、Borda ルールと net Borda ルールの①と②に対する影響は似通った結果となった。ただし、net Borda ルールに関する理論研究が修正中かつ、1 つのデータセットに両ルールを入れて分析できないという制約があったため、以下のワーキングペーパーには net Borda ルールを除く伝統的なスコアリングルールに関する結果のみをまとめている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Takashi KURIHARA
2. 発表標題 Decision-making on public facility location by using social choice rules with a deliberative suggestion
3. 学会等名 World Congress of the International Economic Association 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takashi KURIHARA
2. 発表標題 Decision-making on public facility location by using social choice rules with a deliberative suggestion
3. 学会等名 Political Studies Association 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takashi KURIHARA
2. 発表標題 Collective Decision-Making and Rational Preference Update Systems Based on an Expert Suggestion
3. 学会等名 Political Studies Association 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021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
研究協力者	須賀 晃一  (Suga Koichi)		

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
---------	---------