

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：32683

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K13751

研究課題名(和文)原子力災害に係る損害賠償の経済分析

研究課題名(英文)Economic Analysis of Liability for Damages Concerning Nuclear Disaster

研究代表者

大石 尊之(Oishi, Takayuki)

明治学院大学・経済学部・教授

研究者番号：50439220

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：国や事業主などの複数の行為主体が原子力発電所の操業に係る意思決定問題に関与しているとき、被災者たちに対する損害賠償責任をどのように複数の行為主体間に割り当てるべきなのかについて、アメリカ不法行為法や日本法の観点から、様々な賠償責任ルールを公理的に特徴づけた。また、防災・減災の意思決定機構としての重み付き多数決投票制度について注目し、投票者たちの投票結果に対する満足にさまざまな歪みがあるような場合に、重み付き多数決投票制度が機能する重みが一意に存在することを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

原子力災害の防災・減災の要点は、原発事業主がいかに防災・減災の努力を払っているかにあり、これは、原子力災害の賠償責任制度における事業主の責任をどう定めるのかに関わってくる。また、賠償責任制度は被災者救済の観点から、多数の利益のために少数の被災者の不利益を犠牲にしてはならない、社会的公正性や衡平性も求められる。さらに、防災・減災の意思決定機構としての投票制度では、投票者間で様々な利害の対立があることから、社会的公正性を担保するような投票制度が望ましい。一連の研究成果は、このような法制度や投票制度の設計は可能であることを示している。

研究成果の概要(英文)：The study axiomatizes various liability rules from the perspective of U.S. tort law and Japanese law regarding how liability for damages to victims should be apportioned among multiple tortfeasors, such as the state and nuclear power plant operators, when the tortfeasors are involved in decision-making issues related to the operation of nuclear power plants. The study also focuses on the weighted majority voting system as a decision-making mechanism for disaster prevention. I show that there is a unique weight with which the weighted majority voting system functions when there are various distortions in voters' satisfaction with the outcome of their votes.

研究分野：法と経済学、理論経済学

キーワード：不法行為法 投票制度 法と経済学 ゲーム理論

1. 研究開始当初の背景

日本は東日本大震災以降、毎年のように地震や大雨のような甚大な自然災害に数多く見舞われている。内閣府による平成28年版防災白書では、このような自然災害で、原子力発電所（原発）の電源喪失等が起きることによる原子力災害も重視されている。福島原発1号機の事故で明らかのように、万一の被害が甚大で広範囲にわたるため、原子力災害に係る防災・減災の法制度整備は国全体が一体的に取り組み、推進すべき課題である。原子力災害の防災・減災の鍵の1つは、原発事業主（以下、事業主）がいかに防災・減災の努力を払っているかにある。実際にこのことは、原子力災害の賠償責任制度における事業主の責任をどう定めるのかに関わってくる。なぜなら、賠償責任の規定の如何で事業主の防災・減災への投資インセンティブが変化するからである。また、賠償責任制度は被災者救済の観点から、多数の利益のために少数の被災者の不利益を犠牲にしてはならない、社会的公正性も求められる。このように、原子力災害の防災・減災には、賠償責任制度の整備が社会的に重要であり、その整備には経済学的観点からの設計が不可欠である。

2. 研究の目的

原子力災害に係る賠償責任制度をはじめとした、防災・減災のための社会制度を設計するための経済学的基礎付けを与えるための経済モデルを開発し、これらのモデルから防災・減災のための制度設計に有意義な経済学的含意を導くことを目的とする。具体的には、以下の2つの経済問題に焦点を当てる。

(1) 国や事業主などの複数の行為主体が原子力発電所の操業に係る意思決定問題に関与しているとき、被災者たちに対する損害賠償責任をどのように複数の行為主体間に割り当てるべきなのかは、原子力災害の賠償責任制度における事業主の責任を定める法整備を考えるうえで、現実的に重要な問題である。この問題を、法と経済学およびゲーム理論の手法で解明する。

(2) 一方、防災・減災の意思決定問題は、政治における問題でもあるといえる。投票制度を通じて、防災・減災の意思決定が行われる際に、どのような投票制度を設計するのが望ましいのかは、重要な問題である。例えば、原子力発電所近郊に住む住人とそうでない住人とでは、原子力発電所の防災・減災に関する案（投票対象）に対して持つ重みは、必ずしも同じでないはずである。それゆえ、重み付き多数決投票制度をどのように設計すると、防災・減災の案について利害が対立する投票者間で、彼らの不満をなるべく小さくすることができるのかは重要な問題である。この問題を、ゲーム理論の手法で解明する。

3. 研究の方法

(1) 原子力災害の賠償責任問題は、法と経済学的には不法行為法の経済問題に位置付けられる。不法行為の法的問題の多くは、加害者に対して被害者へどのような金銭的損害賠償をさせるかという問題であり、この問題は liability Problems と呼ばれる。現実の多くの liability Problems では、加害者たちの不法行為の因果関係はグラフ理論の rooted-tree network で記述できる。例えば、事業者主内部の指揮系統は本店（中央）から（災害現場になる）事業所まで多岐にわたり、指揮系統の上流から下流に位置する各行為主体の不法行為（原子力発電の安全操業を適切に行うための基準が満たされない行為）が累積して、最終的な災害が引き起こされる場合がある。この場合、最上流に位置する行為主体（本店）の不法行為が災害の根本的な引き金になっている。このように、各不法行為主体を表現するノードと因果関係を表現するリンクから構成される方向付きグラフで liability Problems は定式化できることになる。この観点から、不法行為の因果関係が rooted-tree network で与えられる、法と経済学の理論モデルを開発し、実際の不法行為法で使用されている法概念を参照しながら、当該のモデルで望ましい損害賠償スキームの特徴付けを行う。この特徴付けの方法として、以下の2つが考えられる。

- ① まず、英米法の文脈から損害賠償スキームの特徴付けを行う。特に、膨大な判例のもとに法理論が整備・発展していった、アメリカ不法行為法の文脈で賠償スキームを分析する。具体的には、不法行為法に関する実際の裁判で重要な役割を果たしている Restatement of Torts: Apportionment of Liability (American Law Institute, 1965 & 2000) や Prosser and Keeton on the Law of Torts (1984) 等で検討されてきた法概念をもとに、様々な公理を作成し、それらの公理がどのような賠償スキームを特徴付けるかを分析する。
- ② 次に、日本法の文脈から損害賠償スキームの特徴付けを行う。日本の原子力災害特別措置法は、原子力災害から国民の生命、身体及び財産を保護すること目的とした法律であるが、このような目的を達成できる法制度設計について、経済学的観点から分析することは重要な課題で

ある。日本の「原子力損害の賠償に関する法律」では、被害者保護の観点から、原則的に、原子力事業者の責任を無過失賠償責任としている。そのため、複数の不法行為者の責任が無過失責任の場合の賠償スキームの特徴付けを行う。ただし、日本法では、アメリカ不法行為法のように、不法行為の法概念が十分整備されているとは言えないため、先述の①のような公理化のアプローチを採用するのが難しい。そのため、社会選択論的な公理的アプローチ(個人の選好や行動から社会的帰結を対応せしめるルールに関する諸性質を、抽象的に記述するアプローチ)を採用することで、賠償スキームの特徴付けを分析する。

(2) 原子力災害にかかる政治的意思決定に被災者たちが直接関与する場合の政治意思決定プロセスとして、重み付き多数決投票制度に注目する。原子力発電所の防災・減災に関する案が投票の対象になる場合、発電所の近郊に住む(比較的少数の)住人とそうでない(比較的多数の)住人とでは利害関係が異なるかもしれない。そのため、各投票者の票の重みづけを考慮に入れた、重み付き多数決投票制度は、このような状況では意味をなす。投票者たちの投票結果に対する満足にさまざまな歪みがあるような場合に、政治意思決定プロセスとして機能する、重み付き多数決投票制度が一意に存在するかどうかを、投票ゲームを用いて分析する。

4. 研究成果

(1) 研究の主な成果

大石は、アムステルダム自由大学の Gerard van der Laan 教授と René van den Brink 教授とともに、不法行為の因果関係が rooted-tree network で与えられる、法と経済学の理論モデルを開発し、アメリカ不法行為法の諸概念に基づく諸公理を駆使して、様々な賠償責任ルールを公理化した。この成果は、理論経済学分野では、有力な国際学術誌の1つである Economic Theory 誌に論文として公刊した。(Oishi et al. 2023, Economic Theory 75:229-258, 2023) 具体的に、Oishi et al. (2023) で提唱したモデルや新しい概念、および得られた成果は、以下の①から⑥である。

- ① 原子力災害の賠償責任問題を法と経済学的に分析するために、liability problems の経済モデルを構築した。liability problem は、複数の不法行為者たちと被災者間の(被害発生に係る)因果関係を表現する rooted-tree network と各不法行為者が被害者へ与えた限界損害額のリストの組で構成される。任意の liability problem から各不法行為者が被害者に支払う損害賠償額のリストを対応させる関数を賠償責任ルール(以下、ルール)と新たに定義する。Liability problem から導出される賠償金分担ゲームを、tort liability game と呼ぶ提携形ゲームとして新たに定式化する。この提携値は任意の提携が引き起こす additional damage (提携が不法行為を起こさなければ、防げていたはずの損害額)を表現している。提携形ゲームの重要な1点解(single-valued solution)にNucleolusとShapley値がある。ルールの帰結が、tort liability game のNucleolusになっているとき、そのルールをNucleolus based ruleと呼ぶ。同様に、Shapley値になっているときは、そのルールをShapley based ruleと呼ぶ。NucleolusとShapley値は、社会的公正性や衡平性を持つ協力ゲーム理論の解概念として知られている。
- ② アメリカ不法行為法に関する裁判で、実際に裁判官に尊重されてきた Restatement of Torts: Apportionment of Liability(American Law Institute, 1965 & 2000)や Prosser and Keeton on the Law of Torts (1984)等で検討されてきた法概念から、ルールが満たすべき基本性質(ここでは公理と解釈する)として、上限公理(individual upper bounds)、下限公理(uniform lower bound)、整合性公理(consistency)、弱い下限公理(weak uniform lower bound)、限界損害に係る独立性公理(marginal damage independence)をそれぞれ定式化した。
- ③ Nucleolus based rule は、上限公理、下限公理、および整合性公理を満たす唯一のルールであることを証明した。(Nucleolus based rule の公理化)
- ④ Shapley based rule は、弱い下限公理、限界損害に係る独立性公理、および整合性公理を満たす唯一のルールであることを証明した。(Shapley based rule の公理化)
- ⑤ 下限公理、限界損害に係る独立性公理、および整合性公理を満たすルールは存在しないことを証明した。(ルールの不可能性定理)
- ⑥ Nucleolus based rule は弱い下限公理を満たす(下限公理を満たすことから自明)。一方、Shapley based rule は上限公理を満たすが、下限公理は満たさないことを証明した。

次に、大石は、定和重み付き多数決ゲーム(constant-sum weighted majority game)の表現定理と重みの一意性について、投票理論で著名な Peleg (1960)の表現定理を一般化する形で、

証明した。この成果は、理論経済学分野の国際学術誌の1つである *Economic Theory Bulletin* 誌に論文として公刊した。(Oishi 2020, *Economic Theory Bulletin* 8:113-123) 具体的に、Oishi (2020) で提唱した新しい概念、および得られた成果は、以下の⑦から⑪である。

- ⑦ 新しい提携ゲームの解概念として、 α -Nucleolus を提案している。個人合理性と全体合理性を満たす配分が必ず存在するような提携ゲームのクラス V を考える。各プレイヤーの全提携に対する限界貢献度をユートピア利得という。各提携は自分たちで確実に獲得できる提携値と提携のメンバーが (理想的には) 要求したいユートピア利得の総和の間で、提携のアスピレーション・レベルを決めると仮定する。提携 S のアスピレーション・レベルは、その提携 S が持つユートピア・ギャップ (提携 S のメンバーのユートピア利得の総和から提携値を引いた値) に 0 以上 1 以下の比率 α_s を乗じた値に対して、 S の提携値を加えたものとして定義される。各提携 S について、比率 α_s (0 以上 1 以下の実数) を並べたリストをベクトル α で定義する。これは、以下に登場する満足の歪曲率 (distortion rate) のリストと解釈できる。 V のクラスにおいて、 α を所与にすると、提携メンバーの配分和から当該提携のアスピレーション・レベルを引いた値を、提携の歪みのある満足 (distorted satisfaction) と定義する。各提携の歪みのある最小満足を辞書式順序の意味で最大化するような配分の集合を α -Nucleolus と定義する。
- ⑧ V の定義域上では、任意の α において、 α -Nucleolus は常に 1 点集合として存在することを証明した。従って、定和重み付き多数決ゲームのクラスでは、 α -Nucleolus は常に 1 点集合として存在する。
- ⑨ 投票ゲームの理論において、文献では知られていない 2 つの新しい概念を導入している。その説明には、投票ゲーム理論の標準的な設定が必要なので、簡潔にそれらを説明してから、新しい概念の説明を行う。各プレイヤーに割り当てる票の重みを非負の実数で総和が 1 となるベクトルとする。提携を形成するプレイヤーの票の重みの合計が全プレイヤーの票の重みの合計の半分より大きいときに限り、当該提携が勝利提携になるゲームを重み付き多数決ゲームという。特に、任意の提携 S と S の補集合の提携値の合計が常に 1 になるような重み付き多数決ゲームを、定和重み付き多数決ゲームという。最小勝利提携のメンバーがもつ重みの合計のなかでの最小値 (勝利に必要な最低限の重み) を、重みベクトル w に依存した $q(w)$ で表現する。このとき、定和重み付き多数決ゲームは $(w, q(w))$ で表現できることになる。いま、 x を定和重み付き多数決ゲームの利得ベクトル (ベクトル成分の総和が 1) として、そのゲームが $(x, q(x))$ で表現でき、かつ各勝利提携のメンバーの利得和が $q(x)$ に等しくなるとき、当該の $(x, q(x))$ を定和重み付き多数決ゲームの「基準化された同質的表現 (normalized homogeneous representation)」という。ここで、文献では知られていない次の 2 つの条件を導入する。まず、定和重み付き多数決ゲームにおいて、各最小勝利提携が同じ満足度の歪曲率を持ち、その歪曲率はすべての歪曲率の中で最小になっている条件を「最小同質的歪曲率条件」と呼ぶ。次に、定和重み付き多数決ゲームにおいて、任意のナル・プレイヤー (いかなる提携に参加しても、元の提携値を変化させないプレイヤー) の提携への参加は、元の提携の歪曲率を変化させないという条件を「歪みに関するナル・プレイヤー条件」と呼ぶ。
- ⑩ 最小同質的歪曲率条件と歪みに関するナル・プレイヤー条件が満たされる α のもとで、定和重み付き多数決ゲームを G とする。 G の基準化された同質的表現 (ただし、ナル・プレイヤーには重みの値 0 を割り当てる) は一意であり、この表現を $(x^*, q(x^*))$ とすると、 x^* は G の α -Nucleolus になることを証明した。(基準化された同質的表現定理)
- ⑪ $\alpha = 0$ (満足の歪みがない) とき、⑩の定理の系として、「定和重み付き多数決ゲームの Nucleolus が唯一の定和重み付き多数決ゲームの基準化された同質的表現 (ただし、ナル・プレイヤーには重みの値 0 を割り当てる)」という結果 (投票理論において著名な Peleg の表現定理) が導かれる。それゆえ、⑩の定理は Peleg の表現定理の一般化である。

最後に、大石は Oishi et al. (2023) で開発した法と経済学モデルの特殊ケースである、複数の不法行為者と被害者の (被害に係る) 因果関係として表現された rooted-tree network が線形になるようなケースに焦点を当てて、複数の不法行為者の責任が無過失責任の場合の賠償スキームの特徴付けを考察した。この研究は、現在、論文としてまとめている段階だが、現時点でわかっている研究成果のみを簡潔に記載する。無過失責任制度のもとでは、上流の不法行為者の責任は、当人が引き起こした additional damage (提携が不法行為を起こさなければ、防げていたはずの損害額) とみなすのが自然である。全不法行為者の additional damage の総額は、被害の増額を超えることになる。このような状況で、どのような賠償責任を各不法行為者に割り当てるのかを考える経済モデルは、O'Neill (1982) の claims problem モデルで表現できる。ここで、claims problem は、全不法行為者の additional damage のリストと被害総額の組で定式化される。

任意の claims problem から各不行為者が被害者に支払う損害賠償額のリストを対応させる関数を、無過失賠償責任ルール（以下、ルール）とする。また、各自の additional damage に比例して損害賠償金を支払わせるルールを比例配分ルールと呼び、一方、各不行為者に均等に損害賠償金を支払わせるルールを均等配分ルールと呼ぶことにする。現時点で未発表の研究成果は以下の通りである。

- ⑫ 効率性、匿名性、再配分耐性および単調性を満たす唯一つのルールは、比例配分ルールと均等配分ルールの凸結合ルールになることを証明した。

(2) 得られた成果の国内外における位置づけインパクト

グラフ理論とゲーム理論を駆使して、不法行為法の経済学研究における、新しいモデルと分析手法（具体的には、アメリカ不法行為法の諸概念から公理を作成して、賠償責任ルールの公理化を行う手法）を開発した Oishi et al. (2023) は、経営学分野やオペレーションズ・リサーチ分野の一流海外学術雑誌である Management Science 誌や Annals Operations Research 誌の掲載論文 (Gudmundsson et al. 2023; Bergantiños et al. 2023) に引用されている。Oishi et al. (2023) は、今後も、法と経済学あるいは法と経営学を研究する国内外の研究者にインパクトを与えることができると期待できる。

(3) 今後の展望

Oishi et al. (2023) では、実際の法律・法的ルールの諸概念をできる限り（数学的操作ができるように）形式化して、公理を作成し、これらの諸公理を通じて、法律・法的ルールを完全に特徴づける（公理化する）アプローチを提唱している。これは、従来の法と経済学分析の主流的分析手法である、法律・法的ルールのパフォーマンス評価やインセンティブ設計についての経済分析とは異なるものとなっており、今後の法と経済学の研究で推進すべき新しい研究プログラムであると考えられる。それゆえ、今後の展望としては、このような研究プログラムを発展させて、人間の行動をコーディネートするための社会制度としての法制度と市場制度、あるいは政治制度が相互にどのように関連しているかの経済分析を展開することで、法と経済学の発展への貢献を目指していきたい。

<引用文献>

- ① Bergantiños, G., Moreno-Ternero, J.D. “Anonymity in sharing the revenues from broadcasting sports leagues”. Annals Operations Research, online first, 2023. (Springer) <https://doi.org/10.1007/s10479-023-05345-y>
- ② Gudmundsson, J., Hougaard, J. L., Ko, C.Y. “Sharing Sequentially Triggered Losses: Automated Conflict”. Management Science, online first, 2023. (INFORMS) <https://doi.org/10.1287/mnsc.2023.4772>
- ③ Oishi, T. “A generalization of Peleg’s representation theorem on constant-sum weighted majority games”. Economic Theory Bulletin 8: 113-123, 2020. (Springer)
- ④ Oishi, T., van der Laan, G., van den Brink R. “Axiomatic analysis of liability problems with rooted-tree networks in tort law”. Economic Theory 75: 229-258, 2023. (Springer)
- ⑤ O’Neill, B. “A problem of rights arbitration from the Talmud”. Mathematical Social Sciences 2: 345-371, 1982. (Elsevier)
- ⑥ Peleg, B. “On weights of constant-sum majority games games”. SIAM Journal on Applied Mathematics 16: 527-532, 1968. (SIAM)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Takayuki Oishi, Gerard van der Laan, and Rene van den Brink	4. 巻 75
2. 論文標題 Axiomatic analysis of liability problems with rooted-tree networks in tort law	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Economic Theory	6. 最初と最後の頁 229-258
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00199-021-01399-w	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 Takayuki Oishi	4. 巻 8
2. 論文標題 A generalization of Peleg's representation theorem on constant-sum weighted majority games	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Economic Theory Bulletin	6. 最初と最後の頁 113-123
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s40505-019-00171-7	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 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 大石尊之
2. 発表標題 所有権と不法行為の経済分析：新たな記述的・規範的アプローチ
3. 学会等名 経済制度の学際的ワークショップ（於：慶應義塾大学）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takayuki Oishi
2. 発表標題 Axiomatic analysis of liability problems with rooted-tree networks in tort law
3. 学会等名 The 6th World Congress of the Game Theory Society（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大石尊之
2. 発表標題 Axiomatic analysis of liability problems with rooted-tree networks in tort law
3. 学会等名 ミクロ経済学ワークショップ (慶應義塾大学経済研究所主催)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takayuki Oishi
2. 発表標題 A generalization of Peleg's representation theorem on constant-sum weighted majority games
3. 学会等名 2019 Conference on Economic Design (Budapest, Hungary) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takayuki Oishi
2. 発表標題 Axiomatic analysis of liability problems with rooted-tree networks in tort law
3. 学会等名 The 6th World Congress of the Game Theory Society (Budapest, Hungary) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takayuki Oishi
2. 発表標題 Tort law and the nucleolus for liability problems
3. 学会等名 The 18th SAET Conference on Current Trends in Economics, Academia Sinica, Taipei (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大石尊之
2. 発表標題 The tort law and the nucleolus for generalized liability problems
3. 学会等名 日本經濟学会 秋季大会 (於 学習院大学)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大石尊之
2. 発表標題 Tort law and the nucleolus for liability problems with rooted-tree structure
3. 学会等名 京都大学經濟研究所 ミクロ經濟学・ゲーム理論研究会 (於 京都大学)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大石尊之
2. 発表標題 Axiomatic and game-theoretic analysis of tort law
3. 学会等名 人間環境問題研究会 (於 明治大学)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takayuki Oishi
2. 発表標題 A generalization of Peleg's representation theorem on constant-sum weighted majority games
3. 学会等名 The 11th Pan Pacific Game Theory Conference and TGU Empirical Analyses of Political Economy Symposium, Waseda University, Tokyo (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takayuki Oishi
2. 発表標題 Tort law and the nucleolus for liability problems
3. 学会等名 Corvinus Game Theory Seminar, Corvinus University of Budapest, Hungary (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

科学技術振興機構 researchmap 大石尊之 https://researchmap.jp/taka-p 明治学院大学経済学部HP 教員プロフィール https://econ.meijigakuin.ac.jp/economics/seminar/oishi/
--

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		
オランダ	VU University	Tinbergen Institute	