

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K12440

研究課題名(和文) エネルギー政策共創のためのゲーミング・ワークショップの提案

研究課題名(英文) Proposal of gaming workshop for co-creation of energy policy

研究代表者

鈴木 研悟 (Suzuki, Kengo)

筑波大学・システム情報系・助教

研究者番号：50634169

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、エネルギー政策課題の要件を市民と共有し政策共創につなげるゲーミング・ワークショップを志向し、[1]ゲーミングの学術基盤の整備、[2]エネルギー政策課題の学習効果の評価、[3]遠隔ゲーミングの実施と評価、[4]新ゲームの開発と実践、[5]人間心理が長期の政策形成に与える影響の解明の5点を目指してきた。COVID-19の影響で [5]のみ未達だが、文献レビューと既存ゲームの実証評価に基づき、ゲーミングが政策課題間のトレードオフの理解や合意に向けた能力・態度の養成に役立つことを示した。さらに、最新の日本の政策課題を表現するボードゲームを開発し、政策課題を適切に表現できていることを実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、ゲーム理論や行動科学実験との比較を通じて、ゲーミングの利点が人間の行動とシステム全体の状態との動的な関係を表現できる点にあることを示した。さらに、デザインしたゲームの実践を通じて、その学習効果を定性的・定量的に実証した。これらの成果はゲーミングを実施する学術的根拠を理論・実践の双方から示し、ゲームを用いる授業やワークショップのデザインや効果検証に広く役立つ知的基盤となる。またCOVID-19流行下における遠隔ゲーミングの試みは、同時期に行われた様の取組と合わせて、ゲームを用いる授業やワークショップを遠隔化することの可能性と限界を吟味する材料になると期待できる。

研究成果の概要(英文)：This study is oriented toward a gaming workshop to share the requirements of energy policy issues with citizens and lead to policy co-creation. This study aimed at five points:

[1] development of an academic basis for gaming, [2] evaluation of learning effects of energy policy issues, [3] evaluation of learning effects of remote gaming, [4] development and practice of new games, and [5] clarifying the impact of human minds on the achievement of long-term policy goals. Although the [5] has not been achieved due to COVID-19, we have revealed that gaming can be useful in understanding the trade-offs among policy issues and in developing abilities and attitudes toward consensus based on the literature review and empirical evaluation of existing games.

Furthermore, we developed a board game that represents the latest policy issues in Japan and demonstrated that the game successfully represents the latest policy issues.

研究分野：エネルギーシステム工学

キーワード：エネルギー政策 ゲーミング ワークショップ 科学技術コミュニケーション 工学教育 エネルギー教育

## 1. 研究開始当初の背景

日本のエネルギー政策は、伝統的に、専門家集団の手でトップダウン的に決められてきた経緯があり、民意が反映される余地は少なかった。しかし、東日本大震災後、そのような形式で進められてきた原子力政策への批判が顕在化しており、エネルギー行政の側にも、市民との対話を重視する意識が芽生えはじめた。そうした対話を通じて専門家と市民が政策課題を共有すれば、行政に対する市民の信頼を回復でき協力も得やすくなると期待できる。しかし、市民との対話を扱う既往研究は事実関係を定性的に伝える方法の検討に留まっており、長期的な政策課題の理解に必要な、エネルギーシステムを定量的に評価する視点や、現在の選択が未来をどう変えるかという時系列的視点を伝える取組は十分でなはなかつた。

一方、多くのエネルギー政策研究が「こうすれば目標を達成できる」という理想的シナリオを示してきたが、そうしたシナリオの実現性には疑問が呈されている。現実には、気候変動のリスクを過小に見積もり新技術導入が遅れる、個々の利害関係者が自己都合で行動し社会全体の利益が損なわれるといった意思決定の失敗が繰り返されてきた。意思決定の失敗リスクに事前に備えるには、人間の認知や判断の限界を織り込んだ現実的なシナリオ分析が必要だが、多くの既往研究は全知全能の意思決定者が社会全体を自在に動かすことを想定しており、個々の利害関係者の心理を扱う研究はほとんど行われていなかった。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は以下の5点であった。

- [1] ゲーミング手法の学術的基盤の整備
  - [2] ゲーミングによるエネルギー政策課題の学習効果の評価
  - [3] 完全遠隔ゲーミング・ワークショップの学習効果の評価
  - [4] 現代日本の政策課題を表現するゲームの開発
  - [5] 人間心理が長期的な政策目標の達成度に与える影響の解明
- このうち、[2] と [5] は当初計画にて設定した目的、[1] と [3] と [4] は研究開始後に追加した目的である。

目的[1]は、ゲームというメディアそのものの特色や、ゲームを用いる授業やワークショップならでの学習効果を明らかにするもので、自身がデザインするゲームの質向上と研究成果の発信力の向上を企図して追加された。

目的[3]は、COVID-19の流行によって当初予定していた相対でのヒアリング・ワークショップの実施が難しくなったことを受けて、Zoom等を活用したオンラインでのゲーミングが、相対でのゲーミングと比べてどのような特徴を有するのかを調べるために追加された。

目的[4]は、日本の低炭素目標が国際的な気候変動対策の強化を受けて大幅に引き上げられたこと、それに伴ってエネルギー政策を巡る諸々のジレンマが複雑さ・深刻さを増したことを受けて、最新の政策課題を表現できるよう、デザインを抜本的に見直すために追加された。開発中のゲームをいったん白紙に戻し、この先10年間使えるよう構造的与件を一新した。

## 3. 研究の方法

- [1] ゲーミング手法の学術的基盤の整備  
持続可能性に関わる諸課題を扱った研究のうち、動学的最適化モデル、ゲーム理論、社会心理学実験、およびゲーミング手法を採用した近年の論文を分野横断的に収集し、ゲーミングが既往の研究手法に対してどのような利点を持つのかを調べた。
- [2] ゲーミングによるエネルギー政策課題の学習効果の評価  
[1]において理論的に示したゲーミングの利点を実証するため、研究代表者が過去にデザインした電源選択ゲームの実践結果を改めて分析した。具体的には、大学の授業を通じて蓄積してきた参加者によって執筆された振り返りレポートの内容を質的に分析することで、あらかじめ企図した通りの学習効果が得られているかどうかを検証した。
- [3] 完全遠隔ゲーミング・ワークショップの学習効果の評価  
[1][2]で用いたボードゲームを、今日の政策課題を反映できるように改良しオンラインで実施した。参加者が執筆した振り返りレポートの内容ならびに調査票への回答を質的に分析することで、この新しい実施形態の可能性と課題を発見的に調べた。
- [4] 現代日本の政策課題を表現するゲームの開発と実践  
研究開始前に培った教育用ゲームデザインの技法、[1][2]の成果、ならびに最新の政策研究のレビューを通じて、現代日本の政策課題の構造をモデル化し、政策課題間の複雑なトレードオフや利害関係者間の価値の対立を表現する新しいボードゲームを開発した。
- [5] 人間心理が長期的な政策目標の達成度に与える影響の解明  
COVID-19の影響で対面実施可能な期間が限られたことから実施を断念し今後の課題とした。

#### 4. 研究成果

##### [1] ゲーミング手法の学術的基盤の整備<sup>1)</sup>

一連の研究レビューを通じて、ゲーミングは、社会システムを互いに異なる主観的現実をもつ主体の集合として表現し、そうした多元的現実の下で望ましくない経路が選ばれる理由や、より望ましい経路をめざす方策を検討できることを指摘した。この特長は、トップダウンのシナリオ分析に用いられる動学的最適化モデルが政策目標を最小費用で実現する理想的な経路を示すのと対照的であり、ゲーミングが独自の仕方エネルギー政策に貢献できることを示唆する。さらに、**Sustainability Science** に関連する多主体系研究を対象とする研究レビューを深める中で、ゲーミングのユニークな価値が、プレイヤーの主観的現実と、彼らが属する複雑な技術・社会・環境システムの状態との間のダイナミックな相互作用をモデル化できる点にあることを指摘した。表1は、レビューの成果として得られた、ゲーム理論、行動科学実験、ゲーミングの比較表である。こうした分野間の比較を通じた学術的基盤の整備は本研究のユニークな成果である。

表1 多主体系モデリング手法の比較 (研究成果<sup>1)</sup>に基づき作成)

	ゲーム理論	行動科学実験	ゲーミング
アプローチ	理論的	実証的	実証的
ロジック	演繹的	帰納的	発見的／遡行推論的
システムの複雑さ	単純	単純	複雑
推論の強度	強い	強い	弱い
主観的現実のダイナミクス	なし	なし	あり

##### [2] ゲーミングによるエネルギー政策課題の学習効果の評価<sup>2)3)</sup>

紙面に限られるため、最新の文献<sup>2)</sup>に基づいて成果を報告する。実施したゲーミングの学習目標は、「政策課題同士のトレードオフを乗り越える視点の養成 (学習目標 1)」と「合意形成のための能力と態度の養成 (学習目標 2)」の2点であった。参加者 128 名から提出された自由記述の振り返りレポートの内容を共同研究者とともに精読し、レポートに認められる参加者の学びを6つのテーマに分類した (表2)。学習項目 1-4 は学習目標 1 と関係し、学習項目 5-6 は学習目標 2 と関係する。これら2つの学習目標に言及した参加者の割合を算出したところ、全体の83%が両方の学習目標に対して何らかの形で言及していた (図1)。この結果は、ゲームを用いる学習がエネルギー政策問題に関する学際的な教育に効果的であることを示唆している。本研究の大きな特色は、デザインしたゲームを単に実施するだけでなく、その学習効果を定性的・定量的に実証した点であり、ゲーミングを実施する学術的根拠を提供するものと言える。

表2 授業で報告された学習項目 (研究成果<sup>2)</sup>に基づき作成)

No	項目名	内容	対応する学習目標
1.	システムの複雑さ	電力システムを評価する多様な基準や発電所毎の長所・短所の違い等、エネルギーシステムの複雑さに関する記述	学習目標 1 : 政策課題同士のトレードオフを乗り越える視点の養成
2.	システムの改善	エネルギーミックスの最適化や新技術の研究開発等、エネルギーシステム全体を改善する取組に関する記述	
3.	原子力の利用	授業期間中の意見の変化や新たな発見等、原子力利用に関する意見・所感	
4.	社会的ジレンマ	社会的ジレンマに関する記述、すなわち現在の個人利益と将来の社会福祉との対立	
5.	主観的現実	利害関係者間の主観的現実の違い、過酷事故によるリスク認識の変化等、主観的現実の複数性と不安定性についての記述	学習目標 2 : 合意形成のための能力と態度の養成
6.	合意形成	相互理解、知識と情報の共有、専門家と非専門家間のコミュニケーション、政治的支援等、将来のエネルギーシステムに関する合意を構築するための取組と態度の記述	

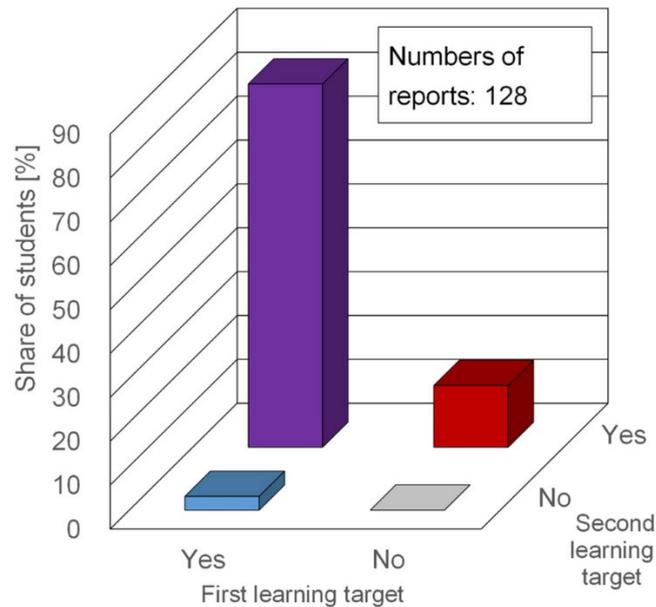


図1 振り返りレポートにおいて2種類の学習目標に言及した参加者のシェア<sup>2)</sup>

### [3] 完全遠隔ゲーミング・ワークショップの学習効果の評価<sup>5)6)</sup>

[1] [2] と並行して開発を進めていた新しいボードゲームは、相対での実施を想定していたため、オンラインでの実施は困難であった。そこで、過去に開発した別のゲームを今日の政策課題を表現できるように改良した上で、参加者同士の物理的接触を必要としない完全遠隔型のゲーミング実施環境をデザインした。さらに、学生37人を対象に、この完全遠隔型ゲーミングの評価実験を行い、ゲーム後の調査票調査をテキストマイニングにかけて、学習効果を評価した。その結果、オンラインでもある程度の学習効果は確認されたものの、議論が活発化しづらい（初対面だと特に）、よい意味での緊張感が保たれづらい等の課題が見受けられた。

2020年から2022年にかけて、COVID-19の流行により、ゲーミングをオンライン化する多数の取組が行われた。それらの取組の多くが、討論やコミュニケーションを中心とするゲームを遠隔化・オンライン化することの限界を指摘しており、本研究の成果もそうした学術コミュニティ全体の見解を支持するものである。ただし、行動科学分野における比較的単純なゲームにおいては、こうした遠隔化のデメリットが小さい可能性があり、本研究において試行錯誤した経験は、COVID-19終息後における実験手法の改善に貢献するものと期待できる。

### [4] 現代日本の政策課題を表現するゲームの開発と実践

デザインするゲームは、安定供給への不安、候変動の進行、エネルギー料金の上昇、再生可能電源の足踏み、原子力発電の停滞の5つを現代日本のエネルギー政策課題として抽出し、政策課題同士の対立、ならびに政策課題間の優先度を巡る利害関係者同士の対立を構造的与件とした。ゲームの実施目的は、参加者が複数のエネルギー政策課題をめぐる複雑な対立構造を当事者として経験することとした。過去にデザインしたゲームと比べて、最新の政策課題を取り入れるのはもちろん、ワークショップや授業での扱いやすさを鑑みて、実施人数を最低3人、プレイ時間を1時間とし、要素を絞ったわかりやすいデザインを目指した。ゲームの舞台はどこかの星の小さな島で、3つの国が電力システムを共同で運営している。参加者はこれら3国（寒さが厳しい北の国、穏やかな気候の農業国、乾燥地帯の工業国）の指導者となり「どの電源をどこに建てて誰がどれだけ費用負担するか」を相談して決める。ゲームの目的は、電力不足、費用、CO<sub>2</sub>排出量、原子力建設などに応じて上昇する自国の社会不安を、できるだけ低く抑えることである。社会不安がどの要因でどれだけ上がるかは国によって異なるため、島全体の社会不安をできるだけ下げするためには、国家間の交渉と討論に基づく技術選択が必要となる。

2つの大学において開発したゲームを用いる対面授業を行った。これらの授業をワークショップに見立て、(1)参加者に政策課題を伝えることができたか、(2)授業の前後で政策課題に対する考え方がどの程度変わったか、(3)エネルギー・環境政策に関わるアイデア創出につながったかを評価した。(1)については、政策課題への理解が深まったことがレポートから読み取れた。(2)については、政策に対する考え方はほぼ変わらなかったことが分かった。(3)については、課題への理解を深めることに時間を要しアイデア創出には至らなかった。

実践を通じて見つかった改善点を精査した上、意匠デザインの専門家の意見を取り入れたうえで、開発したボードゲームを出版し、研究期間終了後も活用できる体制を整えた(図2)。完成したゲームの学術的価値は高く評価され、第3回全日本ゲーミフィケーションコンペティション(新作作品部門)にてグランプリを受賞した。また、完成したゲームによるヒアリングの結果、エネルギー会社における研修・インターンシップへの活用や、複数の教育機関における教育活動への採用が検討されている。様々な社会的制約により、新ゲームについての論文を完成できなかったものの、投稿準備を着実に進めている。



図2 完成したゲーム「Unrest over Energy」の写真

研究期間全体を通じて、ゲーミングが政策課題間の複雑なトレードオフの理解や社会全体でコンセンサスを形成する能力・態度の養成に役立つことを実証的に示すとともに、既往ゲームの実証的評価と学際的文献レビューを基盤として、最新の政策課題を織り込んだ新しいボードゲームを開発した。さらに、開発したゲームが最新の政策課題をうまく表現できていることを確認した。また、一連の実践を通じて、ゲーミングは、政策検討の前提となる課題への共通理解を深める段階において、もっともその威力を発揮することが示唆された。

#### 【研究成果】

- 1) **K. Suzuki**: The Unique Value of Gaming Simulation as a Research Method for Sustainability-Related Issues, T. Kaneda., R. Hamada, T. Kumazawa (eds) Simulation and Gaming for Social Design. Translational Systems Sciences vol. 25, 125-147, Springer, Jan 2022.  
DOI:10.1007/978-981-16-2011-9\_7 (査読付き論文)
- 2) **K. Suzuki**, T. Shibuya, and T. Kanagawa: Effectiveness of a game-based class for interdisciplinary energy systems education in engineering courses. Sustainability Science, vol.16, pp.523-539, February 2021.  
DOI:10.1007/s11625-021-00912-3 (査読付き論文)
- 3) **鈴木研悟**: ゲーミングを用いたエネルギーシステム教育の学習効果の評価, シミュレーション&ゲーミング, 29巻2号, 67-77頁, 2020年1月.  
DOI:10.32165/jasag.29.2\_67 (査読付き論文)
- 4) **鈴木研悟**, 本城慶多: エネルギーシステム研究におけるゲーミングの役割, シミュレーション&ゲーミング, 29巻2号, 55-65頁, 2020年1月.  
DOI:10.32165/jasag.29.2\_55 (査読付き論文)
- 5) 小山翼, 鈴木研悟: 震災後におけるエネルギー政策課題を扱う電源選択ゲームの評価・オンライン実験による経験的学習の実践, 日本シミュレーション&ゲーミング学会全国大会論文集 2020年秋号, 70-75頁, 上越教育大学, 新潟県上越市, 2020年12月5-6日(オンライン開催). (国内会議発表)
- 6) 小山翼, 鈴木研悟: エネルギー政策課題の経験的学習を促す電源選択ゲームの開発, 日本シミュレーション&ゲーミング学会全国大会論文集 2019年秋号, 86-89頁, 京都大学吉田キャンパス, 京都, 2019年11月9-10日. (国内会議発表)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4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 Suzuki Kengo	4. 巻 vol 25
2. 論文標題 The Unique Value of Gaming Simulation as a Research Method for Sustainability-Related Issues	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Simulation and Gaming for Social Design. Translational Systems Sciences	6. 最初と最後の頁 125-147
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-981-16-2011-9_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 -
1. 著者名 Suzuki Kengo, Shibuya Takeshi, Kanagawa Tetsuya	4. 巻 16
2. 論文標題 Effectiveness of a game-based class for interdisciplinary energy systems education in engineering courses	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sustainability Science	6. 最初と最後の頁 523-539
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11625-021-00912-3	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 鈴木 研悟	4. 巻 29
2. 論文標題 ゲーミングを用いたエネルギーシステム教育の学習効果の評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 シミュレーション&ゲーミング	6. 最初と最後の頁 67~77
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.32165/jasag.29.2_67	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 鈴木 研悟、本城 慶多	4. 巻 29
2. 論文標題 エネルギーシステム研究におけるゲーミングの役割	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 シミュレーション&ゲーミング	6. 最初と最後の頁 55~65
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.32165/jasag.29.2_55	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2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小山翼, 鈴木研悟
2. 発表標題 震災後におけるエネルギー政策課題を扱う電源選択ゲームの評価・オンライン実験による経験的学習の実践
3. 学会等名 日本シミュレーション&ゲーミング学会2020年度秋季全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小山翼, 鈴木研悟
2. 発表標題 エネルギー政策課題の経験的学習を促す電源選択ゲームの開発
3. 学会等名 日本シミュレーション&ゲーミング学会2019年度秋季全国大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

エネルギーリスク研究室Webサイト <a href="https://www.risk.tsukuba.ac.jp/~kengo/index.html">https://www.risk.tsukuba.ac.jp/~kengo/index.html</a>
--

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