



令和4年3月8日

報道機関 各位

東北大学大学院環境科学研究科

地熱エネルギーの社会受容性 — 社会アンケートと数値モデルを用いた合意形成の可視化 —

【発表のポイント】

- 福島県土湯温泉の温泉バイナリー発電事業に関わるさまざまなステークホルダーに対して社会アンケート調査を実施.
- アンケート結果を基に、ABM (Agent-Based Model) を用いて温泉バイナリー発電事業の合意形成のプロセスを可視化.
- 地域構造のネットワークとそれを構成するエージェント (人) 間の関係をデータ駆動型のパラメータで関係づけ、新しい社会受容性形成モデルを提案.
- このモデル化手法を用いて、地熱エネルギーの社会受容性の熟成プロセスの思考実験が可能となり、地域にとって適切な開発目標の設定が可能.

【概要】

世界第3位の地熱資源量を誇る日本ですが、その地熱発電量は国内の発電量の0.2%未満です。そのもっとも大きな理由とされるのは周辺の温泉地域からの反対により開発が進まないことです。福島県土湯温泉は、福島第一原発事故で大きな風評被害を受け、旅館の廃業など大きな影響を受けながら、地域の温泉資源を活用した温泉バイナリー発電で町おこしを行い、復興の歩みを進めています。

東北大学大学院環境科学研究科の土屋範芳教授らの研究グループは、福島県土湯温泉地域に対して、地熱エネルギー利用に関する社会アンケートを実施し、その結果を基に、地熱エネルギーの利用に関わる社会受容性の熟成を、ABM (Agent-Based Modeling) という、新しい数値シミュレーション方法で解明し、SLO (Social License to Operate : 社会や地域コミュニティにその事業活動が受け入れられること) の形成プロセスを数値的に明らかにしました。本研究は、新しい数値シミュレーション技法を用いて、地域社会のネットワーク構造と合意形

成のプロセスの可視化に成功した研究です。

社会科学と自然科学を融合させ、地熱エネルギーの利用を多面的に考察する研究で、地熱エネルギーのみならず、地域とさまざまな再生可能エネルギー開発の社会受容性の解析など、広い範囲への応用展開が期待されます。

本成果は、2月28日午前10時（イギリス時間）に科学誌 *Scientific Reports* で online 公表されました。

【問い合わせ先】

<研究に関すること>

東北大学大学院環境科学研究科

教授 土屋 範芳

電話: 022-795-6335

E-mail: noriyoshi.tscuhiay.e6@tohoku.ac.jp

<報道に関すること>

東北大学大学院環境科学研究科

情報広報室

助手 物部 朋子

電話: 022-752-2241

FAX: 022-752-2236

E-mail: tomoko.monobe.d4@tohoku.ac.jp

【詳細な説明】

多くの自然科学分野で用いられている数値モデリング手法は、何らかの物理法則に準拠してモデルが作られています。しかしながら、人の感情や意見などは、なにか公式で表されるような法則性は存在せず、自身の信念や周りの人たちとの関係性から意見が形成され、またそれが時間と共に変化していきます。たとえば、鳥（Agent の例）が群れをなして飛んでいくときなども、相互の関係は、惑星の動きのように物理法則に支配されているわけではなく、空気の流れなどの周囲の環境や、仲間の鳥の動きなど、環境と相互の関係性から自然と導き出される動きをしています。このような Agent の変化を、Agent で構成されるネットワーク構造と、各 Agent 間の相互作用のパラメータで規定しながら、意見の同意形成もしくは非同意形成のプロセスを可視化できるシステムを構築しました（図 1）。

このモデル化手法は、Agent-Based Modeling（ABM）といわれるシミュレーション技法のひとつですが、従来型の ABM では、Agent 間の意見の依存性や相互関係などを適当なもしくは画一化したパラメータをあてていたのに対し、本研究では、社会アンケート結果を数値化し、その数値データに基づいてパラメータを設定する方法を開発しました。たとえば、従来型の ABM では Agent 間のつながりを、ある、なし、つまり 0 と 1 で規定していましたが、社会アンケートの分析結果から、ベイズ推論を用いて、Agent 間の関係性に傾斜を与え、それによって合意形成プロセスをより精緻化して示すことに成功しました（図 2）。

本研究は、土屋教授が、アメリカのコロラド鉱山大学を訪問した際に、鉱山開発の社会受容性を研究する Nakagawa（中川昌美）准教授とそこで学位を取得した Kyle Bahr 氏との交流からスタートしました。Bahr 氏はその後東北大学に助教として採用され（2017-2020: 離日時は講師）、土屋教授らと研究を実施しました。第一著者の増田俊太郎氏と第 4 著者の竹森達也氏は、土屋研究室の修士の学生で、福島県土湯温泉での社会アンケートを担当しました。

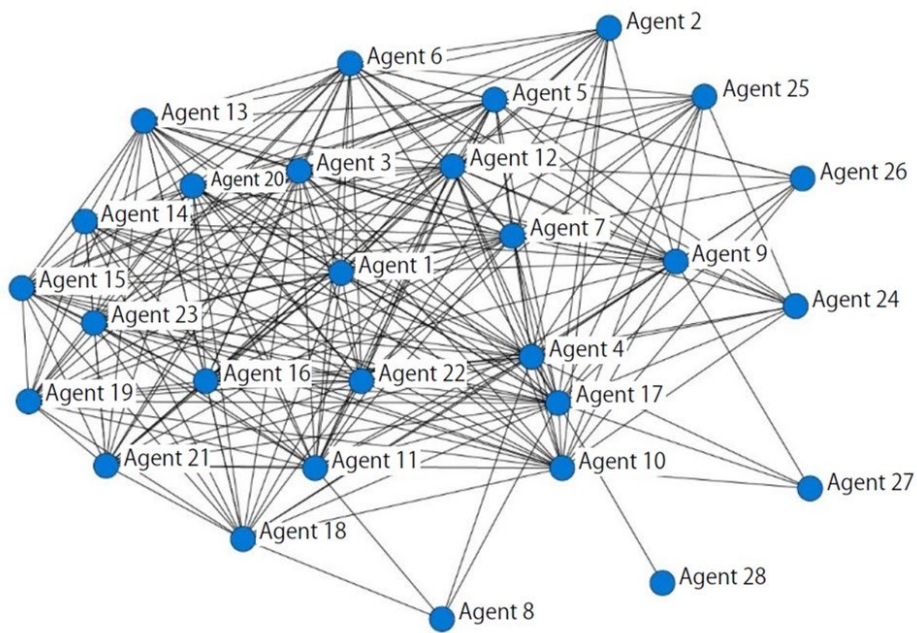


図1 土湯温泉の Agent のネットワーク構造. 社会アンケート結果から, 各 Agent 間の関わりをネットワークモデルとしてとらえ, Agent の属性, 影響力, また各 Agent 間の関係性を数値化した. このネットワーク構造を基礎として, 意見の伝搬と合意形成のプロセスを可視化した. Agent 間に導入したパラメータは, 意見の傾向 (T), 相互関係 (IP), 及び影響力 (I) の3つ. 各 Agent 間の賛成・反対しやすさを表す「意見の傾向」(T) は意見データと属性データの関係性をベイズ推論という統計的因果推論手法を用いて確率分布として求めた. また, 相互作用の確率 (IP) はネットワーク上の距離から, 影響力 (I) はネットワーク上における重要性を表す中心性と呼ばれる指標を用いている.

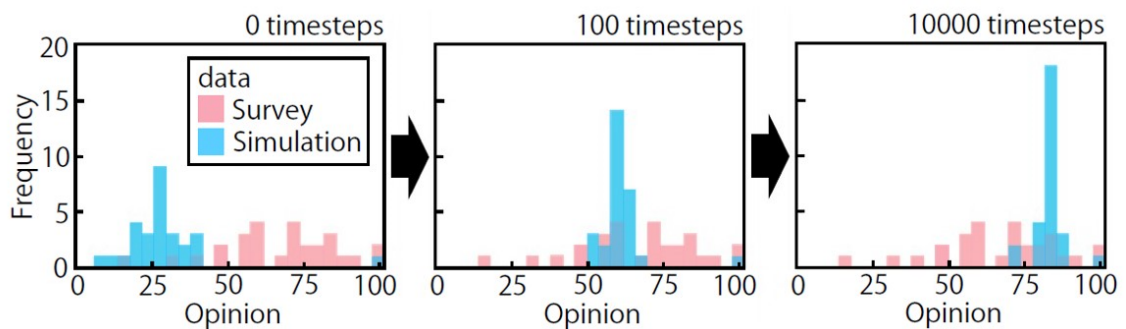
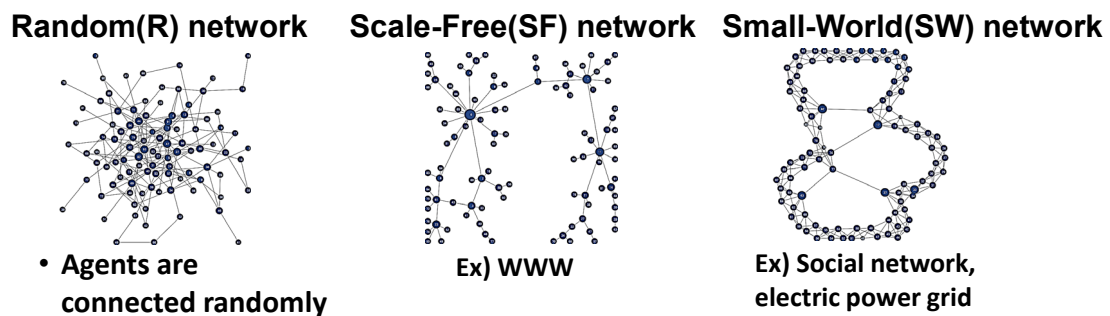


図2 社会アンケートから明らかになった土湯温泉における温泉バイナリー発電に関わる意見の分布 (ピンク色) と, ABM を用いて合意形成のプロセスを再

現(青色). 最初は左側に意見が集まるが(つまり否定的な意見が多かった), 徐々に意見は右側(肯定的な意見)にシフトしていき, 一定の意見に落ち着く(右側の図). 右端(100)のところにあつて変化しない Agent は, 土湯温泉で温泉バイナリー発電を進めた事業者で, このネットワークのオピニオンリーダー. 実際の社会アンケート結果は, シミュレーションよりも広がった意見の分布を示すが, これも時間がたつと, 一定の意見に集約していくことが予測される.

補足図



社会構造をネットワーク化し, 相互の Agent の関係をデータ駆動型のパラメータで表現することにより, そのネットワーク(つまり社会コミュニティ)で, 意見がどう形成されていくか, 社会受容性の変化を可視化することができる. この ABM を用いることにより, SLO がどう変わるかの思考実験が可能となる.

【掲載論文】

タイトル: Agent Based Simulation with Data Driven Parameterization for Evaluation of Social Acceptance of a Geothermal Development: A case study in Tsuchiyu, Fukushima, Japan

著者名: Shuntaro Masuda¹, Kyle Bahr¹, Noriyoshi Tsuchiya^{1*}, Tatsuya Takemori¹

著者所属: 1 国立大学法人 東北大学大学院環境科学研究科

URL: www.nature.com/articles/s41598-022-07272-7