

環境省政策メッセージの異質性分析*

河合 求真¹、秋田 航汰²、原田 哲平³、後藤 匠⁴、大竹文雄⁵、中山一世⁶

要約

東京電力福島第一原発事故後、放射線の健康影響に関する懸念が広がっている。環境省の調査では、約 40%の人が次世代への健康影響を懸念しており、これを受けて環境省は「ぐるぐるプロジェクト」を通じて風評払拭を目指している。先行研究では、多数派の認識を強調するメッセージや日本産科婦人科学会の科学的エビデンスを示すメッセージが有効であるとされたが、個人の属性による効果の異質性は十分に考慮されていなかった。本研究では Causal Forest を用いてその異質性を分析した結果、メッセージの効果は個人の属性によって大きく変わらないことが判明した。また、多数派の認識を強調する一律のメッセージが最も有効であり、ターゲティングコストの観点からもこの方法が風評払拭に効果的であると結論付けた。

JEL 分類番号 : C30, D91

キーワード : ナッジメッセージ, 回帰分析, 異質性, Causal Forest

* なお、本論文に関して、開示すべき利益相反関連事項はない。

1 大阪大学経済学部 経済・経営学科 大竹ゼミ E-mail: u856501h@ecs.osaka-u.ac.jp

2 大阪大学経済学部 経済・経営学科 大竹ゼミ E-mail: u070147d@ecs.osaka-u.ac.jp

3 大阪大学経済学部 経済・経営学科 大竹ゼミ E-mail: u451243i@ecs.osaka-u.ac.jp

4 大阪大学経済学部 経済・経営学科 大竹ゼミ E-mail: u828911g@ecs.osaka-u.ac.jp

5 大阪大学大学院経済学研究科特任教授 E-mail: ohtake@cider.osaka-u.ac.jp

6 大阪大学経済学研究科 博士後期課程 E-mail: u584147a@ecs.osaka-u.ac.jp

1. 序論

東京電力第一原発事故から10年以上が経過した今でも、放射線被ばくに関する福島県民への風評被害は根強い。その事態を重く受け止めた環境省は、2021年7月より「ぐるぐるプロジェクト」という、放射線の健康影響に関する風評払拭を目的としたプロジェクトを実施している。原子放射線の影響に関する国連科学委員会 UNSCEAR は、「放射線被ばくが直接の原因となるような将来的な健康影響は見られそうにないと引き続きみなしている」という見解を出したのに対し、2021年の環境省のWEBアンケートでは、全国で41.2%もの人々が「東京電力福島第一原発事故の被災地における、次世代以降の人への放射線による健康影響の起こる可能性は高い」と考えていたことが判明した。環境省が発信している具体的なメッセージには、UNSCEARによる科学的根拠に基づくものなどがある。藤井・萩原・竹内（2022）は、行動経済学的な観点から新たなメッセージ案を作成し、RCTによる効果検証を実施した。その結果、権威バイアスと利用可能性ヒューリスティックの観点で「健康影響の起こる可能性は高い」と回答する人の割合を約20%ポイント近く引き下げることがわかった。これらの研究結果は、「ぐるぐるプロジェクト」にて発表を行い、環境省のその後の施策で実際に活用されている。環境省はぐるぐるプロジェクトにおける広報を『健康影響の起こる可能性は高い』と考えている方の割合を40%から20%へ減らすから、『健康影響の起こる可能性は低い』と考えている方の割合を60%から80%へ増やすへ変更した。しかし、藤井らの研究は異質性の分析が十分ではなく、個人にどのような効果を及ぼすかまで考慮できてはいない。本研究は、藤井らが分析した調査データを用いて、どういった属性を持つ人々に効果的かといった異質性を分析することで、彼らの分析により深い洞察を加える。

本研究では、藤井・萩原・竹内（2022）でも用いられているRCT調査結果を深掘りする。RCTは全国在住の満20~69歳の男女10,080人を対象にオンライン調査で行われ、有効回答数は8,967件であった。調査では、10,080人を7つのグループに分け、それぞれ異なる介入メッセージを提示したのち、健康影響の起こる可能性についての考えを問うことでメッセージの効果検証を行っている。異質性の分析には、機械学習を用いた因果推論の手法であるCausal Forestを用い、属性情報で条件づけた予測値とその平均処置効果を推定する。さらに、各属性にとって効果が最も大きいメッセージを提示した場合の効果についても分析する。また、異質性が存在するかの検定を行い、変数重要度からどのような変数が効果を予測するうえで重要な役割を担ったかを明らかにする。Causal Forestによる分析の結果、少数派を強調したメッセージなどでは「健康影響の起こる可能性は低い」という回答が減少する意図しない負の効果が見られた一方、福島県に馴染みある人の多数派の認識を強調するメッセージや日本産科婦人科学会の科学的エビデンスを示すメッセージではいずれの属性

においても「健康影響の起こる可能性は低い」という回答を増加させる正の効果が見られた。

また、予測値をもとに算出した平均処置効果は、当初の推定と同程度であり、このことからメッセージの有効性・モデルの妥当性が支持される結果となった。異質性の検定においては、個人間で介入効果の違いが存在するとは言えなかった。さらに、各属性の介入効果が最大となるように提示するメッセージを変える最適なターゲティングを行った場合と福島県に馴染みある人の多数派の認識を強調するメッセージを一律提示した場合で、差は大きなものでないことがわかった。これらのことは、効果の大きいメッセージを一律で提示するという現実的な方法が十分に有効であることを意味している。

2. 先行研究

本研究では、個人による介入効果の違いを分析するため、機械学習を用いた因果推論の手法である **Causal Forest** を用いて分析を行う。**Causal Forest** を用いた研究例に北野・大竹 (2022) があり、豪雨災害時の早期避難促進ナッジメッセージによる介入効果の異質性を分析している。各回答者の社会経済的な属性や防災の知識・経験といった変数で条件づけた処置効果である条件付平均処置効果を推定し、メッセージごとに予測値の分布を作成することで、メッセージ効果の違いを分析している。また予測値をもとに平均処置効果を算出し、その平均処置効果が真値を正しく反映しているかの検定、個人の属性に対する効果の異質性が存在するかの検定を行っている。さらに仮想的に各回答者が別メッセージを受け取った場合の予測値の算出と適切なターゲティングを行った場合の結果を推定している。結果から介入効果に異質性が存在するとは言えず、ターゲティングを行った場合も全体での介入効果は大きく増加しないことが示された。また、同じく **Causal Forest** を用いた介入効果の検証を行っている Knittel and Stolper (2021) は、米国 Opower 社のホーム・エナジー・レポート (HER) による介入が家庭でのエネルギー消費量削減に与える影響を分析し、適切なターゲティングによって介入効果が改善する可能性を示した。

ナッジメッセージによる効果を **Causal Forest** を用いて異質性の分析を行った日本の研究事例として、Murakami et al (2022) は金銭的インセンティブ (リベート) と非金銭的インセンティブ (社会比較ナッジ) の介入が電力消費量の削減に与える影響を検証している。

3. 調査概要

藤井・萩原・竹内 (2022) では、2022 年に大竹・中山が環境省との共同研究で実施した調査データを分析している。この調査では福島第一原発事故の被災地における次世代以降の人への健康影響に対して、メッセージがどのような影響を与えるか調査するため、**RCT** を

実施している。2022年10月14日から10月19日の期間にオンラインアンケートを実施した。回答者は全国在住の満20~69歳の男女10,080人、これらを、メッセージを提示しない統制群を含めて7つのグループに分け、各メッセージを提示した後、「東京電力福島第一原発事故の被災地における、次世代以降の人（将来生まれてくる子や孫など）への放射線による健康影響についてどのように思いますか」と質問した。回答については「健康影響の起こる可能性は極めて低い」「健康影響の起こる可能性は低い」「健康影響の起こる可能性は高い」「健康影響の起こる可能性は非常に高い」の4つの選択肢を用意した。また、DQS（Directed Questions Scale）とよばれる尺度を用いた結果、有効回答数は8,967件となった。本調査は、日本を6地域に区分し、それぞれの地域から性別・年齢15歳区分で同数ずつサンプルを取得している。そのサンプルを日本の人口分布に合わせるために、地域、性別、年齢で重み付けし、本調査のデータを調整する。

藤井・萩原・竹内（2022）は、以下の4つの仮説を立てている。

仮説1.（権威バイアス）権威ある組織からの情報は、認識改善を促進する。

仮説2.（利用可能性ヒューリスティック）馴染みがある組織からの情報は、認識改善を促進する。

仮説3.（社会規範と同調効果）多数派の認識を社会規範として示し、少数派を意識させることは、認識改善を促進する。

仮説4.（多元的無知）周囲の考えに対する思い込みを修正することは、認識改善を促進する。

これらの仮説をもとに、本研究では6つのメッセージを作成し、介入効果についてRCTを行った。

4. RCTの分析結果

後述のCausal Forestとの比較のためにデータから藤井・萩原・竹内（2022）の結果を再現したものをきさいする。メッセージを見せない統制群では、健康影響の起こる可能性は低いと回答した割合が48.7%だった。【国連委員会】は55.5%であり、6.8%ポイントの効果が、【日本産科婦人科学会】は65.2%であり、16.5%ポイントの効果が、統計的に1%の水準で有意だった。【少数派】は50.8%と効果が2.1%ポイントに留まる一方、【多数派】【福島+多数派】それぞれ57.9%、67.8%と、9.3%ポイント、19.1%ポイントの効果が、有意水準1%で有意だった。最後に、【質問+多数派】は60.0%であり、【多数派】と同程度の効果があった。

5. Causal Forest

これまでの分析は各メッセージにおける群全体の平均処置効果の推定であり、個人による介入効果の異質性を考慮できていない。異質性が存在する場合、同じメッセージを提示したとしても、ある個人にとっては大きな効果をもたらす一方で、他の個人ではあまり効果が見られない、あるいは逆効果が生じるといった状況を引き起こす可能性があるため、個人に焦点を当てた異質性の分析を行う。個人による介入効果の違いを分析するため、機械学習を用いた因果推論の手法である **Causal Forest** を用いて分析を行う。この手法は実際のメッセージ以外の別のメッセージを受け取った場合の介入効果を予測することができ、その人にとってどのメッセージが最も効果的なのかを判断し、各個人の効果が最大となるようにメッセージを提示した場合の結果も推定することができる。

また、「年齢」は1歳ごとの区切りから10歳ごとの区切りに変更する等、変数はそれぞれ5段階以下になるように修正した。以上の分析から、年齢などの個人属性に基づいたターゲティングによって、たしかに介入効果は大きくなる。しかし、最適なターゲティングをした際の介入効果は約19.8%ポイントであるのに対し、【福島+多数派】を一律提示した場合の平均的な介入効果は約19.0%ポイントと大きな差はない。また、異質性の検定からも個人の属性ごとに対する効果の異質性は存在するとは言えず、メッセージを一律提示した場合でも十分な効果が見込まれる。ターゲティングに必要なデータを集め、属性に応じて提示するメッセージを変えるコストと、そこから得られるベネフィットを比較検討すると、【福島+多数派】を一律で提示することに有用性があると考えられる。その他の介入方法として、効果の大きかった【福島+多数派】と【日本産科婦人科学会】の2つを同時に提示することも考えられる。しかし、2つの情報を提示することで情報過多となり、かえって効果が小さくなる可能性も否定できない。この点については、今後の調査で慎重に判断すべきである。

6. 結論

本稿では、藤井・萩原・竹内（2022）による環境省政策メッセージに関する研究における個人間での介入効果の異質性について分析した。分析結果から【国連委員会】で約2.47%、【少数派】で約26.3%、【多数派】で約0.24%の人に対して意図しない負の効果が生じていることが分かった。これら3つのメッセージと異なり、【日本産科婦人科学会】や【福島+多数派】などではどのような個人に対しても「健康影響の起こる可能性は低い」という回答を増加させる正の介入効果が見られた。異質性については検定の結果、どのメッセージにおいても介入効果に異質性が存在するとは言えなかった。

また、各個人にとって効果が最大となるメッセージを提示する最適なターゲティングを行った場合の介入効果は約19.8%ポイントであり、ターゲティングを行わず【福島+多数派】

を一律提示した場合の平均的な介入効果である約 19.0%ポイントから大きな上昇は見られなかった。ターゲティングコスト等も踏まえると、最も効果が大きい【福島+多数派】メッセージを一律で提示することが有効であると考えられる。本研究の結果が、2011 年の原発事故のみでなく、現在の処理水問題や今後起こる他の事故による風評払拭に対しても貢献していくことが期待される。

引用文献

Frederick, S., 2005. Cognitive reflection and decision making. *Journal of Economic perspectives*, 19(4), 25-42.

藤井翔大, 萩原志穂, 竹内和也, 2023. 環境省政策メッセージの実証研究. *大阪大学経済学*, 72(4), 18.

石原卓典, 依田高典, 2020. 因果性と異質性の経済学 ②: Causal Forest. 京都大学大学院経済学研究科『ディスカッションペーパーシリーズ』, No. J-20-004, 1-23.

北野翔大, 大竹文雄, 2022. 早期避難促進ナッジが与える効果の異質性. *行動経済学*, 15, 44-66.

Knittel, C. R., and Stolper, S., 2021. Machine learning about treatment effect heterogeneity: The case of household energy use. In *AEA Papers and Proceedings* (Vol. 111, pp. 440-444). 2014 Broadway, Suite 305, Nashville, TN 37203: American Economic Association.

Maniaci, M. R., and Rogge, R. D., 2014. Caring about carelessness: Participant inattention and its effects on research. *Journal of Research in Personality*, 48, 61-83.

Murakami, K., Shimada, H., Ushifusa, Y., and Ida, T., 2022. Heterogeneous treatment effects of nudge and rebate: Causal machine learning in a field experiment on electricity conservation. *International Economic Review*, 63(4), 1779-1803.

佐々木周作, 石原卓典, 木戸大道, 北川透, 依田高典, 2019. 寄付行動を促すための介入の効果は寄付先活動によって異なるか?: 全国規模オンライン実験と機械学習に基づく検証. *行動経済学*, 12(Special_issue), S14-S17.

Tibshirani, J., Athey, S., Friedberg, R., Hadad, V., Hirshberg, D., Miner, L., Sverdrup, E., Wager, S., Wright, M., and Tibshirani, M. J., 2018. Package 'grf'.

Wager, S., and Athey, S., 2018. Estimation and inference of heterogeneous treatment effects using random forests. *Journal of the American Statistical Association*, 113(523), 1228-1242.