

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K18428

研究課題名（和文）因果推論を接点にして経済学と機械学習の融合をはかる挑戦的研究

研究課題名（英文）Challenging research to integrate economics and machine learning using causal inference

研究代表者

依田 高典（Ida, Takanori）

京都大学・経済学研究科・教授

研究者番号：60278794

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究「因果推論を接点にして経済学と機械学習の融合をはかる挑戦的研究」では、原因と結果を識別する因果推論を手がかりに、それぞれ独自の発展を遂げてきた計量経済学と機械学習の融合研究を推し進め、エビデンスに基づく政策形成（Evidence Based Policy Making: EBPM）という社会的要請に答え、新しい実証経済学の新境地を切り拓くことを目的としました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、計量経済学と機械学習の一長一短を学術的に評価し、家庭の節電行動を事例とした無作為比較対照法（RCT）からなるフィールド実験から得られたビッグデータをもとに、因果性の識別を巡って、因果的機械学習の活用を経済学において確立します。計量経済学の目的はパラメーターの推定と仮説の検定にあり、説明変数が被説明変数に与える効果の信頼区間を調べたりしました。機械学習の目的は予測にあり、機械学習では予測誤差を最小化することが求められます。このように、計量経済学と機械学習は目的が異なるが、トップクラスの経済学者が機械学習を因果推論のツールとして融合を進めていました。

研究成果の概要（英文）：In this research project, "Challenging Research on the Integration of Economics and Machine Learning with Causal Inference as the Glue Point", we will promote research on the integration of econometrics and machine learning, which have developed independently, using causal inference, which identifies cause and effect, as a cue to develop evidence-based policy making (EBPM), a new approach to policy making. The aim of this project is to respond to the societal demand for evidence-based policy making (EBPM) and to break new ground in empirical economics.

研究分野：経済学

キーワード：因果推論 機械学習 フィールド実験

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

本研究は、計量経済学と機械学習の融合研究を推し進め、EBPM という社会的要請に答え、新しい実証経済学の新境地を切り拓くことを目的としています。過去 10 年間、研究申請者は複数の競争的研究資金を獲得し(日本科学技術振興財団(JST) CREST、研究費補助金基盤研究(B)、研究費補助金挑戦的研究(萌芽)等)、人間の限定合理性に注目する行動経済学と RCT を用いて因果性を識別するフィールド実験の融合研究を推し進め、学術論文・研究所で所定の研究成果を得ました。過去の研究で得られた行動経済学とフィールド実験の融合研究をさらに推し進め、本研究では経済学と機械学習を融合させる意欲的な挑戦的研究です。

### 2. 研究の目的

本研究「因果推論を接点にして経済学と機械学習の融合をはかる挑戦的研究」では、原因と結果を識別する因果推論を手がかりに、それぞれ独自の発展を遂げてきた計量経済学と機械学習の融合研究を推し進め、エビデンスに基づく政策形成(Evidence Based Policy Making: EBPM)という社会的要請に答え、新しい実証経済学の新境地を切り拓くことを目的とします。

本研究は、計量経済学と機械学習の一長一短を学術的に評価し、家庭の節電行動を事例とした無作為比較対照法(Randomized Controlled Trials: RCT)からなるフィールド実験から得られたビッグデータをもとに、因果性の識別を巡って、因果的機械学習の利活用を経済学において確立します。仮に収集データが RCT 同等の条件を満たしていたらどうなるでしょうか。この問いに素晴らしい答えを用意してくれたのが、スタンフォード大学 S.アセイ達のランダムフォレストの一般化研究コウザルフォレストです[1]。この新しいアルゴリズムを使えば、従来の RCT では、群全体の平均介入効果しか分からなかったのに、個人の属性情報を利用して、個人ごとに異なる介入効果を予測することもできます。

個人毎に異なる介入効果を異質介入効果(Heterogenous Treatment Effect: HTE)と呼びます。省エネ節電から例を挙げて説明します。私の研究チームは、変動型電気料金(ダイナミック・プライシング)の一種である報奨金プログラムを使ったフィールド実験を行う予定です。コウザルフォレストを使って HTE を推定し、節電する人とならない人が分かれば、「誰に介入するべきか」という社会厚生最大化問題を解くことができます。

[1] Athey, S., J. Tibshirani, and S. Wager (2019) "Generalized Random Forests," *The Annals of Statistics* 47.2: 1148-1178.

### 3. 研究の方法

研究方法は 3 年間に分けて、3 ステップで行われます。1 年目は、RCT フィールド実験による節電実験で、千規模の実証データを収集します。2 年目は、コウザルフォレストを用いて、HTE を推定します。3 年目は、推定結果から、個人属性毎に介入するべきかどうかのターゲットングを提案します。1 年目の研究方法：提携電気事業者から 1,000 世帯の実証参加者を募って、節電量 1kWh あたり 100 円を支払うリベート型節電実験を実施し、電力消費量データを収集します。2 年目の研究方法：電力消費量データ・アンケート回答結果を変数として、因果的機械学習の一種であるコウザルフォレストを用いて、世帯毎の HTE を推定します。3 年目の研究方法：HTE 推定結果に基づいて、リベートによる節電効果が大きい世帯の特徴(電力消費量の大小・環境意識の高低等)を明らかにし、ターゲットングを提案します。

### 4. 研究成果

研究成果として、主に、下記の論文としてまとめました。

Murakami, K., H. Shimada, Y. Ushifusa, and T. Ida (2022) "Heterogeneous Treatment Effects of Nudge and Rebate: Causal Machine Learning in a Field Experiment on Electricity Conservation," *International Economic Review* vol.63. 4: 1779-1803.

本論文の要旨は以下の通りです。本研究では、日本で実施されたフィールド実験を用いて、金

銭的インセンティブと非金銭的インセンティブが省エネ行動に与える影響の違いを調査した。その結果、リベートによる電力消費削減効果は平均4%であるのに対し、ナッジによる削減効果は統計的に有意差がないことがわかった。因果推論のための新しい機械学習手法（因果フォレスト）を適用して世帯レベルでの異質な治療効果を推定した結果、ナッジ介入の治療効果は世帯間でより大きな異質性を生み出すことが示された。これらの知見は、治療のための選択的ターゲティングが貨幣的・非貨幣的介入の政策効果を高めることを示唆している。

(参考資料添付資料)

**Heterogeneous Treatment Effects of Nudge and Rebate:  
Causal Machine Learning  
in a Field Experiment on Electricity Conservation  
2022**

**International Economic Review vol.63.4: 1779-1803**

**Kayo Murakami<sup>1</sup> Hideki Shimada<sup>2</sup> Yoshiaki Ushifusa<sup>3</sup> Takanori Ida<sup>4</sup>**

**Abstract:** This study investigates the different impacts of monetary and nonmonetary incentives on energy-saving behaviors using a field experiment conducted in Japan. We find that the average reduction in electricity consumption from rebate is 4%, while that from nudge is not significantly different from zero. Applying a novel machine learning method for causal inference (causal forest) to estimate heterogeneous treatment effects at the household level, we demonstrate that the nudge intervention's treatment effects generate greater heterogeneity among households. These findings suggest that selective targeting for treatment increases the policy efficiency of monetary and nonmonetary interventions.

**JEL:** D9, C93, Q4

**Keywords:** Causal Forest, Rebate, Nudge, Randomized Controlled Trial, Energy, Machine Learning

---

<sup>1</sup> Division of Natural Resource Economics, Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Japan ([murakamikayo@gmail.com](mailto:murakamikayo@gmail.com)), JSPS Post-Doctoral Research Fellow (RPD) (first author & 2<sup>nd</sup> corresponding author)

<sup>2</sup> Division of Natural Resource Economics, Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Japan ([hshimada.hs3@gmail.com](mailto:hshimada.hs3@gmail.com)), JSPS Research Fellow (DC2) (2<sup>nd</sup> first author)

<sup>3</sup> Faculty of Economics and Business Administration, The University of Kitakyushu, Japan ([ushifusa@kitakyu-u.ac.jp](mailto:ushifusa@kitakyu-u.ac.jp))

<sup>4</sup> Graduate School of Economics, Kyoto University, Japan ([ida@econ.kyoto-u.ac.jp](mailto:ida@econ.kyoto-u.ac.jp)) (corresponding author)

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 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ishihara, T. and T. Ida	4. 巻 82.3
2. 論文標題 The Effect of Information Provision on Stated and Revealed Preferences: A Field Experiment on the Choice of Power Tariffs Before and After Japanese Retail Electricity Liberalization	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Environmental and Resource Economics	6. 最初と最後の頁 573-599
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 Murakami, K., H. Shimada, Y. Ushifusa, and T. Ida	4. 巻 63.4
2. 論文標題 Heterogeneous Treatment Effects of Nudge and Rebate: Causal Machine Learning in a Field Experiment on Electricity Conservation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Economic Review	6. 最初と最後の頁 1779-1803
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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