

令和 4 年 4 月 17 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H01480

研究課題名(和文)因果性の識別と社会厚生を両立させたフィールド実験の理論・実証研究

研究課題名(英文) Theoretical and empirical study of field experiments that combines identification of causality and maximization of social welfare

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) 10,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究「因果性の識別と社会厚生を両立させたフィールド実験の理論・実証研究」は、節電に対する効果的な介入方法を実証的に明らかにする研究であり、電力小売全面自由化後の節電行動変容を促して、フィールド(社会)実験を用いて結果を検証します。フィールド実験では、因果性の識別のために、無作為比較対照法という手法を用います。しかし、この手法は介入の効果の最大化を保証せず、「誰が介入を受けるべきか」の問題を解決できません。本研究では北川透等が考案した実証的厚生最大化メソッドを用いて、因果性の識別と社会厚生を両立させたフィールド実験の理論・実証研究を行いました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スマートコミュニティ社会実証は日本初の大規模RCTですが、今後はエネルギー環境経済学分野のみならず、教育・医療・福祉経済学等の分野でも大いに活用が期待され、どうすればRCTの運用がうまくいくのか、どのような介入が効果を持つのか、学術的知見の共有をはかりました。さらに、学術的な面でインセンティブを用いた節電の効果的な介入方法を検証し、RCTとEWMを組み合わせた方法論の確立を目指し、社会的な面でエビデンスに基づくデマンド・レスポンスの政策形成に寄与しました。

研究成果の概要(英文)："A Theoretical and Empirical Study of Field Experiments Reconciling Identification of Causality and Maximization of Social Welfare" is a study to empirically clarify effective intervention methods for electricity conservation, encourage changes in electricity conservation behavior after the full deregulation of electricity retailing, and verify the results using field (social) experiments. In field experiments, a random comparison control method is used to identify causality. However, this method does not guarantee maximization of the effect of the intervention and cannot solve the "who should receive the intervention" problem. In this study, the empirical welfare maximization method developed by Toru Kitagawa and others is used to examine both the identification of causality and the maximization of social welfare.

研究分野：応用経済学

キーワード：フィールド実験 因果性 実証的厚生最大化 無作為比較対照実験

1. 研究開始当初の背景

本研究「因果性の識別と社会厚生を両立させたフィールド実験の理論・実証研究」は、節電に対する効果的な介入方法を実証的に明らかにする研究であり、電力小売全面自由化後の節電行動変容を促して、フィールド(社会)実験を用いて結果を検証します。フィールド実験では、因果性の識別のために、無作為比較対照法(Randomized Controlled Trial: RCT)という手法を用います。しかし、この手法は介入の効果の最大化を保証せず、「誰が介入を受けるべきか(Who should be treated)」の問題を解決できません。本研究では北川透等が考案した実証的厚生最大化メソッド(Empirical Welfare Maximization: EWM)を用いて、因果性の識別と社会厚生を両立させた問題点を双方あわせて吟味検討します。

2. 研究の目的

第一に、近年、開発経済学・エネルギー環境経済学のような、ミクロ計量経済学の分野では、無作為比較対照法(Randomized Controlled Trial: RCT)が因果性を識別するための黄金律となっています。例えば、米国エネルギー省では、連邦予算に基づく電力消費のダイナミック・プライシング 社会実験のガイドラインを策定し、介入効果を正しく測定するために、産官学連携のアドバイザー・ボードを設置し、RCTを行うことを推奨しています([1]参照)。日本でも、2011年に発生した東日本大震災とその後の電力供給不足から、需要家に負担をかけずに、需要を供給に合わせる節電(デマンド・レスポンス)が必要とされています。こうした流れを受けて、経済産業省が主導した「次世代エネルギー・社会システム実証事業(スマートコミュニティ社会実証)」においても、RCTを用いて、ダイナミック・プライシングは約20%の節電効果があることを検証しました([2]参照)。スマートコミュニティ社会実証は日本初の大規模 RCT ですが、今後はエネルギー環境経済学分野のみならず、教育・医療・福祉経済学等の分野でも大いに活用が期待され、どうすれば RCT の運用がうまくいくのか、どのような介入が効果を持つのか、学術的知見の共有が求められています。

第二に、今後の社会実装が進むと期待される RCT フィールド実験ですが、平均的介入効果(Average Treatment Effect: ATE)を識別する内的妥当性において優れますが、介入を受ける人の効果に異質性がある場合、「誰に介入するべきなのか(Who should be treated)」の問題には答えを与えません。この問題に一つの解答を与えたのが、北川透等が考案した実証的厚生最大化メソッド(Empirical Welfare Maximization: EWM)です([3]参照)。

詳細な説明は APPENDIX において後述するとして、簡単に言えば、EWM とは ATE の社会的最大化を目的とし、あらかじめ与えられたルールの枠組みの中で、それを探すアルゴリズムです。RCT のデータから、2つのステップに分けて、EWM のルールを推定します。

- ① ランダムに分けられた二つの集団のうち、RCT を片方の集団にのみ行います。
- ② ①から得られたデータから、属性別にカテゴライズ化された ATE を求め、もう片方の集団に対して、社会全体の ATE を最大化する EWM ルールを推定します。

しかしながら、EWM はまだ理論的な提唱段階に留まり、RCT の実験設計の中で、実際に運用されたことがありません。本研究では、学術的な面でインセンティブを用いた節電の効果的な介入方法を検証し、RCT と EWM を組み合わせた方法論の確立を目指します。そして、社会的な面でエビデンスに基づくデマンド・レスポンスの政策形成に寄与します。

3. 研究の方法

本研究で何を明らかにするのか、介入方法、実験計画に分けて説明します。

① 介入方法

行動経済学の介入策であるナッジを提唱し、2017年にノーベル経済学賞を受賞した R. Thaler、同じくナッジの提唱者である C. Sunstein、向社会的行動の変容の研究で知られる U. Gneezy 等は、ちょっとした工夫で行動を変えさせるナッジのみでは効果が弱く、効果が持続しないので、インセンティブも併用すべきだと主張しています([4][5]参照)。

本研究では、ナッジとなる情報提供と合わせて、家庭の節電に対するインセンティブ(リベート等)を与えることで節電を誘導する工夫を講じます。特に、昼間の在宅率が高い家庭や、省エネ性能の低い家電を多く使用する家庭、細かな節電に無頓着な家庭は、ピーク時の節電余地が大きいと考えられます。

そこで、次に述べる方法で対象者に節電を促し、その効果の検証を行います。最初に、節電余地の大きな家庭に向けて、ナッジで認知バイアスを解消した上で、節電に成功すればリベートを与える RCT を行います。次に、この RCT とは別に、EWM を用いて、対象となる家庭を電力消費量、

負荷率、保有家電、在宅率等の個人属性を基に選定したグループで、リベートを与えて効果を検証します。投入するリベート総額が同じであっても、個人属性を基にして対象者を選抜することで、介入の効果を拡大することができ、社会的効率性が高い節電を達成できます。

② 研究計画

続いて、本研究期間中の年度毎に直接的に達成する目標を、次のように定めます。

第1年度(2019年)

- ・ 先端学術的な社会実証を行うために、実証参加同意を得た2万世帯を目標としてスマートメーター・データを収集します。
- ・ ランダムに選ばれた半分の1万世帯を対象に、ランダムにリベートを与えるRCTトライアル実験を行って、実証データを収集します。
- ・ ATEを個人属性別に計算し、EWM本実験の実施のためのアルゴリズムの設計を行います。

第2年度(2020年)

- ・ 1年目のRCTトライアル実験に参加させなかった半分の1万世帯を対象に、1年目に計算したアルゴリズムに基づいて、介入を受けるように選ばれた世帯にリベートを与えるEWM本実験を行って、実証データを収集します。
- ・ RCTによるATE予測値とEWMによるATE実績値を統計的に比較検討し、EWMアルゴリズムのアップデートを図ります。

第3年度(2021年)

- ・ アップデートされたEWMアルゴリズムに基いて、EWM再実験を行って、実証データを収集します。

以上の通り、3年計画で、1年目にRCT予備実験を行い、2年目にEWM本実験を行い、3年目にEWM再実験を行い、フィールド実験の因果性の識別(RCT)と社会厚生最大化(EWM)の両立を目指します。

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。

Ida, T., T. Ishihara, K. Ito, D. Kido, T. Kitagawa, S. Sakaguchi, and S. Sasaki (2021) “Paternalism, Autonomy, or Both? Experimental Evidence from Energy Saving Programs,” arXiv:2112.09850.

本論文の要旨は以下の通りです。

誰が介入を受けるべきかを特定することは、経済学の中核的な問題です。ターゲティングには、父権的アプローチと自律的アプローチという2つのアプローチが存在します。パターナリスティック・アプローチでは、政策立案者は観測可能な個人の特性を考慮した上で、最適な政策目標を設定します。これに対して、自律的アプローチでは、個人が異質な政策の影響に関する重要な観測できない情報を持っている可能性を認め、彼らが自己選択的に介入を受けることを可能にします。本論文では、父権的割り当てと自律的選択をミックスした新しいアプローチを提案しました。我々のアプローチは、個人の特性と経験的な厚生最大化を用いて、介入を受けるべき人、介入を受けない人を特定し、介入を受けるかどうかを自ら決定するものです。我々はこの方法を、無作為化フィールド実験で収集したデータを用いて、省エネプログラムのターゲティング政策を設計するために適用しました。その結果、父権的割り当てと自律的選択を最適に混合することで、政策の社会厚生利得が大幅に改善されることを示しました。フィールド実験によって生成されたランダムな変動を利用して、同じ自律的な介入選択を行う個人のサブグループごとに平均的な介入効果を推定する方法を開発しました。その結果、推定された割り当て政策が、介入される個人、介入されない個人を最適に割り当てることが確認されました。

(参考資料添付資料)

Paternalism, Autonomy, or Both?

Experimental Evidence from Energy Saving Programs*

Takanori Ida¹, Takunori Ishihara², Koichiro Ito³, Daido Kido¹,
Toru Kitagawa⁴, Shosei Sakaguchi⁵, and Shusaku Sasaki⁶

¹Kyoto University

²Kyoto University of Advanced Science

³University of Chicago and NBER

⁴Brown University

⁵University College London

⁶Tohoku Gakuin University

This version: March 23, 2022.

Abstract

Identifying who should be treated is a central question in economics. There are two competing approaches to targeting—*paternalistic* and *autonomous*. In the paternalistic approach, policymakers optimally target the policy given observable individual characteristics. In contrast, the autonomous approach acknowledges that individuals may possess key unobservable information on heterogeneous policy impacts, and allows them to self-select into treatment. In this paper, we propose a new approach that mixes paternalistic assignment and autonomous choice. Our approach uses individual characteristics and empirical welfare maximization to identify who should be treated, untreated, and decide whether to be treated themselves. We apply this method to design a targeting policy for an energy saving programs using data collected in a randomized field experiment. We show that optimally mixing paternalistic assignments and autonomous choice significantly improves the social welfare gain of the policy. Exploiting random variation generated by the field experiment, we develop a method to estimate average treatment effects for each subgroup of individuals who would make the same autonomous treatment choice. Our estimates confirm that the estimated assignment policy optimally allocates individuals to be treated, untreated, or choose themselves based on the relative merits of paternalistic assignments and autonomous choice for individuals types.

*Ida and Kido: Graduate School of Economics, Kyoto University, Yoshida, Sakyo, Kyoto 606-8501, Japan (e-mails: ida@econ.kyoto-u.ac.jp and daido.kido@gmail.com). Ishihara: Faculty of Economics and Business Administration, Kyoto University of Advanced Science, 18 Yamanouchi Gotanda, Ukyo, Kyoto 615-8577, Japan (e-mail: ishihara.takunori@kuas.ac.jp). Ito: Harris School of Public Policy, University of Chicago, 1307 East 60th St., Chicago, IL 60637 (e-mail: ito@uchicago.edu). Kitagawa: Department of Economics, Brown University, 64 Waterman St., Providence, RI 02912 (e-mail: toru_kitagawa@brown.edu). Sakaguchi: Department of Economics, University College London, 30 Gordon Street, London WC1H 0AX, United Kingdom (e-mail: s.sakaguchi@ucl.ac.uk). Sasaki: Faculty of Economics, Tohoku Gakuin University, 1-3-1 Tsuchitai, Aoba-ku, Sendai, Miyagi 980-8511, Japan (ssasaki.econ@gmail.com). We would like to thank Severin Borenstein, Fiona Burlig, Mark Jacobsen, Louis Preonas, Frank Wolak, and seminar participants at UC Berkeley for their helpful comments. We thank the Japanese Ministry of Environment for their collaboration for this study. Kitagawa and Sakaguchi gratefully acknowledge financial support from ERC grant (number 715940) and the ESRC Centre for Microdata Methods and Practice (CeMMAP) (grant number RES-589-28-0001). Ito gratefully acknowledge support from Research Institute of Economy, Trade and Industry, and note that this project was conducted as part of a research project "Empirical Research on Energy and Environmental Economics".

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3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 Wang, W., T. Ida, and H. Shimada (2020) “,” vol.	4. 巻 128
2. 論文標題 Default Effect versus Active Decision: Evidence from a Field Experiment in Los Alamos	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Economic Review	6. 最初と最後の頁 1-20.
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.eurocorev.2020.103498	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 Ida, T., N. Motegi, and Y. Ushifusa	4. 巻 132
2. 論文標題 Behavioral Study of Personalized Automated Demand Response in Workplaces	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Energy Policy	6. 最初と最後の頁 1009-1016
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.enpol.2019.06.029	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 Ishihara, T. and T. Ida	4. 巻 xxx
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 2021年
3. 雑誌名 Environmental and Resource Economics	6. 最初と最後の頁 xxx
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
---------	---------