

令和 6 年 6 月 1 7 日現在

機関番号： 1 2 6 0 1

研究種目： 研究活動スタート支援

研究期間： 2022 ~ 2023

課題番号： 2 2 K 2 0 1 5 5

研究課題名（和文）機械学習の手法によるターゲティング政策のデザイン

研究課題名（英文）Designing targeting policies using machine learning

研究代表者

坂口 翔政（Sakaguchi, Shosei）

東京大学・大学院経済学研究科（経済学部）・講師

研究者番号： 3 0 9 6 5 9 4 2

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、公共政策におけるターゲティング政策の学習について理論と実証の両面において成果を挙げた。理論面では、最適な動的なターゲティング政策を観察データから学習する新たな手法を開発した。開発した手法は高い頑健性と計算効率性をもつ。本研究では開発したアルゴリズムが既存の手法よりも優れた理論的性能をもつことを明らかにした。

実証研究では、家庭の電力消費量の削減を目標としたリベートプログラムにおいて、日本で行われた社会実験のデータを使って最適なターゲティング政策を推定・評価した。とりわけ、ターゲティング政策を実行することで、非ターゲティング政策の実施よりも社会厚生を大きく改善することを定量的に示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

データに基づいて政策を個別にデザインするターゲティング政策は、すべての人々に一律・均一に性善介入する従来型の政策よりも高い社会厚生を実現することが期待される。しかし、データからターゲティング政策をどのように構築するかについては、正確性や計算効率性の点で未だ問題が多かった。本研究では、動的なターゲティング政策について、従来の方法よりも正確性や計算効率性の点で優れた手法を開発した。

また、日本で行った電力消費削減を目指したリベートプログラムの社会実験データを使い、ターゲティング政策が従来の非ターゲティング政策よりも社会厚生を大きく改善することを定量的に示し、ターゲティング政策の有用性を提示した。

研究成果の概要（英文）：In this study, I achieved results in both theoretical and empirical aspects regarding the learning of targeting policies in public policy. On the theoretical front, we developed a novel approach to learn optimal dynamic targeting regimes from observational data. The developed method has a double-robustness property and is computationally efficient. I demonstrate that the developed algorithm possesses superior theoretical performance compared to existing methods.

In the empirical study, we estimated and evaluated the optimal targeting policy in a rebate program aimed at reducing household electricity consumption using social experimental data from Japan. Specifically, we demonstrate that the targeting policy can significantly improve social welfare compared to conventional non-targeting policies, suggesting the effectiveness of targeting in public policy.

研究分野： 計量経済学

キーワード： 計量経済学 ターゲティング政策

1. 研究開始当初の背景

Evidence Based Policy Making (EBPM)への関心の高まりにともない、公共政策の策定におけるデータ分析の利用が活発になってきた。従来の EBPM の手法では、対象集団に一律に政策プログラムを実施した場合の政策効果に関心がもたれてきた。一方、多くの政策では、個人の特性の違いによってプログラムの効果が個人間で異なることが、多くの実証研究によって確認されている。そのため、個人ごとに特性に応じた適切な政策プログラムを選択して与えるターゲティング政策の有効性が指摘されてきた。

しかし、ターゲティング政策をデータからどのように推定するかについては未だ分からない点が多い。とくに、公共政策におけるターゲティング政策は、予算、公平性、解釈可能性に関する多くの制約を満たすことが求められるが、それらの制約を満たすターゲティング政策をデータからどのように学習すべきかについては分からないことが多い。同時に、公共政策で実際にターゲティングを行った場合に、従来の一律的な政策に比べて、社会厚生をどれほど改善するかについても実証的にあまり知られていなかった。

2. 研究の目的

本研究の目的は次の2つである。1つ目の目的は、データから公共政策における最適なターゲティング政策を学習する計量経済学・機械学習の手法を開発することである。上述の通り、公共政策におけるターゲティングは、予算、公平性、解釈可能性などから生じる制約を満たすことが求められる。ターゲティング政策の学習は機械学習における分類問題と類似しており、分類問題の手法を学習に利用することができるが、一般的な機械学習の手法ではこれらの制約に対処することができない。そのため、本研究では公共政策に関する外生的な制約を満たしたうえで最適なターゲティング政策を学習する手法の開発を1つ目の目的とする。

2つ目の目的は、公共政策において実際にターゲティングを行った場合に、全員が一律・均一に政策介入を受ける従来型の政策と比較して、社会厚生がどれだけ改善するかを実証的に明らかにすることである。とりわけ、日本国内で実施された大規模な社会実験データを使い、信頼性の高い方法でターゲティング政策の効果を実証的に検証することを目的とする。

3. 研究の方法

1つ目の研究では、外的な制約のもとで最適なターゲティング政策を学習する計量経済学的手法を構築する。とくに、より一般的かつ汎用的である動的なターゲティング政策の学習手法の開発を行う。手法を開発後は、統計的学習理論のフレームワークを使って開発手法の統計的性質を理論的に評価する。また、シミュレーション研究を実施して、開発手法の現実的なデータ状況における性能を検証する。また、アメリカで実施された教育実験プロジェクト STAR のデータに開発手法を応用することで、教育プログラムにおける最適なターゲティング政策を学習・提案する。

2つ目の研究では、日本国内で実施された大規模社会実験データを使って、ターゲティング政策を実施した場合の社会厚生の改善を実証的に検証する。データとしては、2021年度環境省ナッジ事業で実施した社会実験データを使い、金銭的リベートを伴う節電要請プログラムの世帯への最適なターゲティングを学習する。ターゲティング政策の学習には経験厚生最大化法 (Kitagawa and Tetenov 2018) を応用する。学習されたターゲティング政策と一律にプログラムに介入される非ターゲティング政策を比較して、ターゲティング政策を実施した場合の社会厚生の改善を統計的に検証する。

4. 研究成果

本研究課題では、次の3つの研究成果をあげて

- (1) 動的なターゲティング政策について、予算、公平性、解釈可能性などから生じる制約を満たしたうえで最適な動的ターゲティング政策を学習する計量経済学的手法を新たに開発した。とくに2種類の学習手法を開発し、計算コストと外生的制約の許容性の観点から2種類の手法の代替的関係を明らかにした。また、統計的学習理論のフレームワークを使い、開発した手法の理論的最適性を明らかにした。開発した手法を、アメリカで行われた教育実験データに応用して、補助教員付きクラスへの生徒の割り当てについて、学習到達度を基準として、小学校1・2学年にわたる最適な割り当て方法を推定・提案した。これらの結果は提案手法のターゲティング政策策定に応用における有用性を示している。
- (2) 調査・観察データから最適な動的ターゲティング政策を学習する手法を開発・提案した。開発した手法は2重頑健性を有し、局外要素を柔軟性の高い方法で推定しても、学習された政策の社会厚生の観点で高い性能をもつことを理論的に示した。この手法も、アメリカで行われた教育実験データに応用して、少人数クラスへの生徒の割り当てについて、学習到達度を基準として、小学校1・2学年にわたる最適な割り当て方法を推定・提案した。これらの結

果は提案手法の政策策定に応用における有用性を示している。

- (3) 金銭的なリベートを伴う節電プログラムでは、ターゲティングによってプログラム介入を行うことで、全世帯一律にプログラム介入を行う場合よりも、社会厚生を 3 倍以上改善することを実証的に示した。この研究結果は、ターゲティング政策の社会厚生改善における有効性を社会に示す結果である。また、節電プログラムにおけるターゲティング政策では所得の高い世帯により多くの金銭的リベートが支払われるという逆進性の問題が懸念される。そのため、社会厚生関数を修正することで、逆進性の問題を緩和したターゲティング政策の学習方法も提案し、実際に応用した。結果として、提案手法を使うことで、逆進性の問題を抑えながらも社会厚生をターゲティング政策によって改善できることを示した。

〈引用文献〉

Kitagawa, T. AND A. Tetenov (2018): “Who should be treated? Empirical welfare maximization methods for treatment choice,” *Econometrica*, 86, 591-616.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Ida Takanori, Ishihara Takunori, Ito Koichiro, Kido Daido, Kitagawa Toru, Sakaguchi Shosei, Sasaki Shusaku	4. 巻 30469
2. 論文標題 Choosing Who Chooses: Selection-Driven Targeting in Energy Rebate Programs	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 NBER WORKING PAPER	6. 最初と最後の頁 1-47
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3386/w30469	査読の有無 無
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 該当する

1. 著者名 Tomoya Mori, Jonathan Newton, Shosei Sakaguchi	4. 巻 arXiv:2210.01392
2. 論文標題 Collaborative knowledge exchange promotes innovation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 arXiv	6. 最初と最後の頁 1-4
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 無
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 Shosei Sakaguchi	4. 巻 arXiv:2404.00221
2. 論文標題 Robust Learning for Optimal Dynamic Treatment Regimes with Observational Data	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 arXiv	6. 最初と最後の頁 1-51
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 無
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 Sakaguchi Shosei	4. 巻 39
2. 論文標題 Partial identification and inference in duration models with endogenous censoring	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Applied Econometrics	6. 最初と最後の頁 308～326
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/jae.3024	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17件（うち招待講演 8件 / うち国際学会 11件）

1．発表者名 坂口翔政
2．発表標題 Policy Learning for Optimal Dynamic Treatment Regimes with Observational Data
3．学会等名 Spring Econometrics Forum
4．発表年 2024年

1．発表者名 坂口翔政
2．発表標題 Policy Learning for Optimal Dynamic Treatment Regimes with Observational Data
3．学会等名 2023年度関西計量経済学研究会
4．発表年 2024年

1．発表者名 坂口翔政
2．発表標題 Constrained Classification and Policy Learning
3．学会等名 CUHK Econometrics Workshop（招待講演）（国際学会）
4．発表年 2023年

1．発表者名 坂口翔政
2．発表標題 Sequential Learning of Optimal Dynamic Treatment Regimes with Observational Data
3．学会等名 Summer Econometrics Forum
4．発表年 2023年

1 . 発表者名 坂口翔政
2 . 発表標題 Doubly Robust Policy Learning for Optimal Dynamic Treatment Regimes with Observational Data
3 . 学会等名 2023 Asian Meeting of the Econometric Society (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 坂口翔政
2 . 発表標題 Choosing Who Chooses: Selection-Driven Targeting in Energy Rebate Programs
3 . 学会等名 Bravo/JEA/SNSF Workshop on Using Data to Make Decisions (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 坂口翔政
2 . 発表標題 Paternalism, Autonomy, or Both? Experimental Evidence from Energy Saving Programs
3 . 学会等名 2022 North American Summer Meetings of the Econometric Society (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 坂口翔政
2 . 発表標題 Paternalism, Autonomy, or Both? Experimental Evidence from Energy Saving Programs
3 . 学会等名 International Association for Applied Econometrics (IAAE) 2022 Annual Conference (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1. 発表者名 坂口翔政
2. 発表標題 Doubly Robust Policy Learning for Optimal Dynamic Treatment Regimes with Observational Data
3. 学会等名 2022 Asia Meeting of the Econometric Society, East and South East Asia (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坂口翔政
2. 発表標題 Doubly Robust Policy Learning for Optimal Dynamic Treatment Regimes with Observational Data
3. 学会等名 15th International Conference of the ERCIM WG on Computational and Methodological Statistics (CMStatistics 2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坂口翔政
2. 発表標題 Doubly Robust Policy Learning for Optimal Dynamic Treatment Regimes with Observational Data
3. 学会等名 The 16th International Symposium on Econometric Theory and Applications: SETA2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坂口翔政
2. 発表標題 Constrained Classification and Policy Learning
3. 学会等名 Cemmap/SNU Workshop Advances in Econometrics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1．発表者名 坂口翔政
2．発表標題 Constrained Classification and Policy Learning
3．学会等名 東京大学応用統計ワークショップ（招待講演）
4．発表年 2022年

1．発表者名 坂口翔政
2．発表標題 Constrained Classification and Policy Learning
3．学会等名 東北大学Data Science Workshop（招待講演）
4．発表年 2022年

1．発表者名 坂口翔政
2．発表標題 Constrained Classification and Policy Learning
3．学会等名 2022年度関西計量経済学研究会
4．発表年 2023年

1．発表者名 坂口翔政
2．発表標題 Doubly Robust Policy Learning for Optimal Dynamic Treatment Regimes with Observational Data
3．学会等名 2023 Asian Meeting of the Econometric Society（国際学会）
4．発表年 2023年

1．発表者名 坂口翔政
2．発表標題 Choosing Who Chooses: Selection-Driven Targeting in Energy Rebate Programs
3．学会等名 Renmin University of China Energy and Carbon Economics Seminar（招待講演）（国際学会）
4．発表年 2024年

〔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			
米国	ブラウン大学	シカゴ大学		
英国	University College London			
スイス	ジュネーブ大学			