

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：10104

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2021

課題番号：19K23186

研究課題名（和文）機械学習を実装した計量経済モデルの推定と検定

研究課題名（英文）Estimation and testing on econometric models with machine learning

研究代表者

岩澤 政宗（Iwasawa, Masamune）

小樽商科大学・商学部・准教授

研究者番号：50842994

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、機械学習理論を計量経済モデルに融合することで、標本サイズが十分ではない場合でも精度の高い推定を行うことができる方法を提案した。分析対象に関する情報を持つ別のデータを用いて、データが十分に存在しない事象に対する分析精度を改善するという着想を実現するために、計量経済モデルのパラメータの推定方法に機械学習の分野で発展している移転学習の手法を融合させた手法を提案した。提案した手法の妥当性を示すために、推定量の理論的性質を明らかにした。具体的には、提案した推定量の漸近的性質（一貫性と漸近正規性）を示し、有限標本における推定量の評価を行い、既存の手法と比べて、推定精度を改善できることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

分析したい事象が発生した直後など、実証分析において、限られた標本サイズの下で可能な限り精度の高い分析を行いたいことは多い。政策評価や経済指標の予測など、経済分析のためのモデル推定は、その誤差が1%大きくなるだけで甚大な経済的損失につながる可能性があるため、有限標本の下でいかに精度の高い推定を行えるかは重要な問題であると言える。本研究では、このような状況下において、既存の手法よりも制度の高い分析ができる可能性のある手法を提案した。実証分析をとおした社会的意義だけでなく、分析手法の理論的な発展という意味で学術的な貢献をした。

研究成果の概要（英文）：This project aims to develop novel estimation methods that perform well even when sample size is limited. To do this, existing parameter estimation techniques for econometric models are combined with transfer learning techniques that are developed in machine learning literature. The estimator we developed utilizes information in auxiliary data to estimate parameters of interest. We derived error bounds of the estimator to show that it can have better finite sample performance than that of existing estimators. Asymptotic behaviors such as consistency and asymptotic normality are provided as well.

研究分野：計量経済学

キーワード：計量経済学 統計学 機械学習 推定 検定

1. 研究開始当初の背景

機械学習理論と計量経済学では、分析の目的、使用するデータ、評価の方法など、さまざまな違いが存在する。近年では、機械学習を取り入れた分析手法を用いて、経済学の問題に対処する方法についての研究が精力的に行われている。また、計量経済モデルの推定や検定に、機械学習の分野で発展した手法を取り入れた研究も多くなされている。しかし、このような、経済学や計量経済学に機械学習を融合させた手法についての研究は発展途上であり、現段階において十分な研究成果があるとは言えない。

2. 研究の目的

本研究は、機械学習理論を計量経済モデルに融合し、精度の高い推定方法を新たに提案することを目的とする。特に、標本サイズが十分ではない場合に、より精度の高い推定を行う方法を考案する。

実験データやパネルデータの収集、蓄積、整備には多大な費用が必要である。また、追跡標本の欠落、測定誤差、外れ値など、データが制約的な場合があり、分析に使うデータの標本サイズを十分に確保できていない場合がある。また、分析したい事象が発生した直後など、実証分析において、限られた標本サイズの下で可能な限り精度の高い分析を行いたいことは多い。

政策評価や経済指標の予測など、経済分析のためのモデル推定は、その誤差が1%大きくなるだけで甚大な経済的損失につながる可能性があるため、有限標本の下でいかに精度の高い推定を行えるかは重要な問題であると言える。

3. 研究の方法

本研究では、有限標本のもとで精度の高い推定量を提案することを目的としている。そのために、計量経済学の既存の推定方法に、機械学習の分野で発展した手法を融合させた推定量を提案する。初めに、一般化最小二乗推定量における、一段階目のウェイト推定にサポートベクターマシーン (SVM) を融合した推定量についての研究を行なった。次に、計量経済モデルのパラメータの推定量に機械学習の分野で発展している移転学習の手法を融合させた推定量についての研究を行なった。

有限標本のもとで精度の高い推定量を提案することを目的であるため、有限標本の下での推定量の振る舞いを評価することが重要な課題となる。一方で、実証分析では、検定や信頼区間の理論的根拠として、推定量の漸近分布を用いることが多い。従って、推定量を提案したあとは、その推定量の漸近的性質を導出する。その後、有限標本における推定量の性質を明らかにする。標本サイズを固定した場合の推定量の振る舞いについての分析には、機械学習理論でよく用いられている手法を用いる。また、コンピュータシミュレーションを用いて、有限標本のもとでの推定量の正確さに関する理論結果の検証を行い、既存の推定方法との比較を行う。最後に、経済データをを用いた実証分析を行い、提案した手法が実証分析において有用であることを示す。

4. 研究成果

一般化最小二乗推定量における、一段階目のウェイト推定にサポートベクターマシーン (SVM) を融合した推定量の性質を考察した。上記のとおり、本研究では、SVMのような機械学習の分野で発展してきた手法を用いて、計量経済学的な分析手法の有限標本における推定精度を改善することを目的としている。そこで、コンピュータシミュレーションを用いて、有限標本のもとでの推定値の正確さを測定した。また、一段階目のウェイト推定としてノンパラメトリック法を用いた推定量についても、有限標本のもとでの推定値の正確さを測定した。両者を比較したところ、機械学習を用いた方法により、推定の精度を劇的に改善することは難しいことが示唆された。

分析対象に関するデータが十分に存在しない場合でも、対象に関する情報を持つ別のデータが入手可能である場合がある。例えば、すでに発行されている株式の価格に、新たに発行される株式の価格の情報が含まれている場合には、新しい株式に関する分析に、既存の株式の価格データを役立てることができるかもしれない。そこで、分析対象に関する情報を持つ別のデータを用いて、データが十分に存在しない事象に対する分析精度を改善する手法の提案に取り組んだ。具体的には、計量経済モデルのパラメータの推定量に機械学習の分野で発展している移転学習の手法を融合させた新しい推定量を考え、提案した手法の妥当性を示すために、推定量の理論的性質の導出に取り組んだ。提案した推定量は、一致性と漸近正規性という漸近的な性質を持つことを示した。また、有限標本の下で推定量の性能を理論的に示す方法に関する先行研究の調査を行った。先行研究の結果を応用し、有限標本における推定量の評価を行った。移転学習を融合させなかった場合の推定量の有限標本の下での評価も行った結果、提案した推定量を用いると、推定

の精度を改善できることを明らかにした。現在この研究成果を論文としてまとめている段階であり、近い将来に査読付き国際学術雑誌に掲載することを目指している。

モデルの特定化が正しいかを検定する手法の研究では、ある特定の滑らかさをもつクラスに属する関数を、ウェーブレット関数を用いて構築する手法を用いた。この研究は、機械学習理論を計量経済モデルに融合し、精度の高い推定方法を新たに提案するという着想を得た研究であり、関数を構成する手法として SVM などの機械学習の手法にも注目した経緯がある。2021 年度には、滑らかではない関数に注目した検定に関する研究成果をまとめた論文を、査読付き国際学術雑誌に掲載することに成功した。また、検定統計量に含まれる円滑化パラメータをデータから推定した場合の検定の検出力に関する研究成果は、査読付き国際学術雑誌に投稿後、改訂要求の指示があり、改訂終え再投稿を完了しており、近い将来の掲載が期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hitomi Kohtaro, Iwasawa Masamune, Nishiyama Yoshihiko	4. 巻 25
2. 論文標題 Optimal minimax rates against nonsmooth alternatives	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Econometrics Journal	6. 最初と最後の頁 322 ~ 339
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ectj/utab030	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 Kohtaro Hitomi, Masamune Iwasawa and Yoshihiko Nishiyama	4. 巻 No.1053
2. 論文標題 Optimal Minimax Rates of Specification Testing with Data-driven Bandwidth	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 KIER DISCUSSION PAPER SERIES	6. 最初と最後の頁 -
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 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 岩澤政宗
2. 発表標題 Optimal Minimax Rates of Specification Testing with Data-driven Bandwidth
3. 学会等名 第 21 回ノンパラメトリック統計解析とベイズ統計
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masamune Iwasawa
2. 発表標題 Testing Measurement Error Assumptions in Life-cycle Consumption Models
3. 学会等名 East Asian Triangle International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masamune Iwasawa
2. 発表標題 Optimal Minimax Rates of Specification Testing with Data-driven Bandwidth
3. 学会等名 The 5th International Conference on Econometrics and Statistics (国際学会)
4. 発表年 2022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
---------	---------