

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 4 月 27 日現在

機関番号：34304

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K17102

研究課題名(和文) 処置効果推定のためのモデル平均法による反実仮定の最適予測

研究課題名(英文) Optimal model averaged prediction of counter-factual outcomes for causal inference

研究代表者

吉村 有博 (YOSHIMURA, Arihiro)

京都産業大学・経済学部・講師

研究者番号：40773982

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は経済の実証分析において重要な因果効果の推定のためのモデル平均法を用いた最適な反実仮定の予測法の開発を行った。本研究の主要な成果は、経済主体間に相関が見られるような状況(クロスセクション相関)におけるモデル平均法による最適予測法を構築したことに加え、基礎的な理論的結果を得たことである。また、データ数が小さい場合における提案手法の性質についてをシミュレーション実験によって検証し、先行研究の手法を改善するような良好なパフォーマンスを確認した。

研究成果の概要(英文)：This study developed an optimal model averaged prediction method of individual counter-factual outcomes for causal inference. The main result of this study is to construct a model averaging method in the presence of cross-sectional dependence in the data and to derive the theoretical properties of the method. Moreover, the finite sample property of the method was investigated by large scale simulation experiments and the better performance of the method relative to the existing methods was found.

研究分野：計量経済学

キーワード：モデル選択 モデル平均 政策評価法 クロスセクション相関

## 1. 研究開始当初の背景

### 個別処置効果の重要性

処置による因果効果、すなわち処置効果に関する計量分析手法の研究が経済の政策評価において重要である。これまで、現代的アプローチである Rubin 因果モデル (Rubin, 1974) に基づき、主に平均処置効果を中心として、その推定や検定を初めとする統計的推測法の研究が行われてきた。しかしながら、平均処置効果は対象に関する処置効果の全てを把握しうる指標ではなく、例えばある処置の平均処置効果が正だとしても、特定の個別主体への効果は負である可能性があり、政策評価においてこの違いは決定的な場合がある。したがって、特定の地域や経済主体への効果を評価する場合には、個別処置効果に関する手法の研究が重要になる。

ただし、個別処置効果の識別は容易でなく、実際に処置を受けた主体についてはそれが処置を受けなかった場合の反実仮想を観測することはできない。このような根源的な問題に対し、最近の研究 Hsiao et al. (2012) は、パネルデータを用いた因子モデルに基づき、経済主体個人の持つ反実仮想としての潜在的な結果を直接的に予測することで個別処置効果を推定する方法を提案した。しかしながら、当該論文では予測変数のモデル選択の課題が残されていた。予測においては、過剰適合の問題から、考慮する全ての予測変数を使うことが最適な予測になるとは限らない事実が知られており、変数選択法の提案が今後の課題として残されていた。

## 2. 研究の目的

### モデル平均法による最適予測の可能性

これまで研究代表者は、統計的推測の一種であるモデル選択法の拡張として、モデル平均法の研究に取り組んできた。モデル平均法は、一つのモデルを選択して使用するモデル選択法とは異なり、複数のモデルを組み合わせる一つの推定量を提案する統計手法であり、近年注目を集めている (Hjort and Claeskens, 2003)。特に、Hansen (2007) を初めとする古典的線形回帰モデルに対するモデル平均の研究が盛んであり、最近、代表者の論文 Liu et al. (2016) では不均一分散性を許容した線形回帰モデルのモデル平均法を提案した。

モデル平均法の重要な利点については、以下の2点が挙げられる：(1) モデル選択法を厳密に改良しうる点、そして(2) 予測に関してあるクラスの中で最適性を持つ点である。特に、予測変数が多く存在するような

状況において、適当な情報量規準に基づきモデル平均の加重ウェイトを選択することで、モデル平均予測はあるクラスの予測量の中で最小のリスクを達成できることが知られる。そこで、これまでの経緯を踏まえ、多くの予測変数が存在する状況において、モデル平均法を応用することで Hsiao らによる反実仮想の予測アプローチを、精度の意味で改良できる可能性が考えられた。このようにして、本研究課題の着想に至った。

## 3. 研究の方法

当初の研究調査に基づく研究計画は、以下の A, B, C の3つに分けられる。A, B, C は調査において使用した記号と同等である。

### A. 反実仮想のモデル平均予測量の構築

まず、モデル平均予測量の加重ウェイト選択のための、実行可能な情報量規準の構築に取り組む。続いて、得られた情報量規準に基づいて選択された加重ウェイトについて、その理論的性質を示す作業に取り組む。具体的には、漸近最適性として知られる最適性基準が成立するかどうかを、解析的な方法を用いて証明する。

### B. セミパラメトリックモデルへの拡張

研究計画 B で構築した理論を基に、因子の構造やモデルの誤差項の時系列構造に関する特定化の想定を緩めた、いわゆるセミパラメトリックな状況における反実仮想のモデル平均予測量の構築に取り組む。

### C. インフラによる地域経済への効果の検証

研究計画 A, B により開発した手法により、平均処置効果の推定では捉えにくかった個別処置効果の推定が可能になると期待される。本手法の応用として、日本の市区町村別データを用いた公共的なインフラ投資による個別地域経済への影響を検証する。

## 4. 研究成果

### (1) 研究の主な成果

・クロスセクション相関をもつ場合の反実仮想のモデル平均予測量の構築：

研究計画 A に取り組む中で、引用予定であった重要な先行研究において予期せぬ課題が見つかったことから、研究初年度の段階よりアプローチの修正が必要とされた。これに対して、当初の計画である因子モデルに基づく定式化ではなく、最新の研究成果が数多く

存在する，経済主体のクロスセクション方向の相関がある場合のモデリングを利用した．これにより，個別処置効果の予測のための適切なモデリングに成功した．また，これに基づくモデル平均予測量の構成とその漸近的性質に関する基礎的な結果を導出した．さらに，研究計画Bの一部である誤差項がセミパラメトリックな部分を含むようなケースへの拡張において，予備的な成果を得た．加えて，同時に進められた比較的規模の大きなシミュレーション実験において，既存手法を改善するといえる良好な結果を得た．

現在はこれらの結果を整理する段階であるが，当初予定していたほどの広い応用可能性を持つモデリングおよびモデル平均予測量の構築には至らなかったものの，本研究により，処置効果の推定のためのモデル平均理論に関して重要な基礎的な知見がいくつか得られた．

#### ・ 研究計画Bの基礎的研究の論文公刊：

研究計画Bの基礎的位置づけの研究として，初年度より同時進行されたセミパラメトリック部分線形回帰モデルのモデル選択法の構築において，その成果の一部が論文として査読付き学術誌に採択された．具体的には，定式化を誤った無限に多くの回帰変数が存在するようなセミパラメトリックな回帰モデルにおいて，その回帰変数の中から最適な変数を選択するための新しい情報量基準の構築に成功した．

当該論文の理論的成果の一部は，本研究課題の採択以前から着手され得られた結果を部分的に含むものの，本研究課題が対象とする処置効果のモデリングと極めて密接に関連しており，この成果は重要である．実際，本研究課題最終年度において進められた研究計画Bで得られた成果の一部は，当該論文で採用した局所特定化過誤の定式化（モデル選択やモデル平均法における初出はClaeskens and Hjort, 2003）を応用したものである．当該論文の成果は容易にモデル平均法へと拡張でき，またクロスセクション相関があるような場合におけるモデル平均理論への応用可能性も極めて高く，顕著な成果であると考えられる．

#### （2）国内外における位置づけとインパクト

成果 については，特に最近になって同じ動機を持つような研究が国際的に登場しつつあるため，テーマが広く重要視されている様子が窺える．ただし，それら文献の結果と本研究で得られた成果は本質的に異なるものであるため，本研究で得られた成果は，今後十分に公刊価値が見込めるものと思われる．

成果 については，英語による国際的学術誌に掲載され，今後の批評が待たれる段階である．本成果は因果効果の推定に焦点を当てた本研究計画Bのみならず，より一般のセミパラメトリックモデルに対する広い応用可能性を持つ理論的結果を含んでいる．このことから，国際的に今なお重要視される計量経済学におけるモデル選択研究の分野において，相応のインパクトがあるものと期待される．

#### （3）今後の展望

本研究の成果として，当初予定していたほどの広い応用可能性を持つ一般的なモデリング，およびモデル平均予測量の構築には至らなかった点は今後の課題である．特に，これにより研究計画Cの実データを用いた実証分析の実施に到達することができなかった．しかしながら，因果効果の推定における既存の予測手法を改善する方法として，経済主体が独立ではなく相互に関連しているという，これまでの先行研究で考えられてきたよりも現実的な状況において基礎的な結果を導出できたことは，理論的に重要な進展であると考えられる．

また，より一般的に経済主体間にクロスセクション相関があるような状況におけるモデル選択法やモデル平均法の研究が，国際的な潮流として今後も期待されている．特に，地域経済問題の理論の検証においては，地域間のデータの相互依存関係としての相関が考慮に入れられていることは，極めて重要である．この意味で，本研究で得られた研究成果は，今後のモデル平均理論や因果効果の研究における基礎的な知見になることが期待される．

#### 参考文献

- Claeskens and Hjort (2003): "The Focused Information Criterion," *Journal of American Statistical Association*, 98, 900-916.
- Hansen (2007): "Least Squares Model Averaging" *Econometrica*, 75, 1175-1189.
- Hjort and (2003): "Frequentist Model Average Estimators," *Journal of American Statistical Association*, 98, 879-899.
- Hsiao, Ching and Wan (2012): "A Panel Data Approach for Program Evaluation: Measuring the Benefits of Political and Economic Integration of Hong Kong with

Mainland China,” *Journal of Applied Economics*, 25, 705-740.

Liu, Okui and Yoshimura (2016):  
“Generalized Least Squares Model Averaging,” *Econometric Reviews*, 35, 1692-1752.

Rubin (1974): “Estimating Causal Effects of Treatments in Randomized and Nonrandomized Studies,” *Journal of Educational Psychology*, 66, 688-701.

## 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

1 . Naoya Sueishi, Arihiro Yoshimura,  
“ Focused Information Criterion for Series Estimation in Partially Linear Models,” *The Japanese Economic Review*, Vol.68, No.3, 2017, 352-363. 査読有.

<https://doi.org/10.1111/jere.12139>

## 6 . 研究組織

### (1) 研究代表者

吉村 有博 (YOSHIMURA, Arihiro)  
京都産業大学・経済学部・講師  
研究者番号：40773982