

令和 2 年 6 月 3 日現在

機関番号： 1 2 6 1 3  
研究種目： 国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）  
研究期間： 2017～2019  
課題番号： 1 6 K K 0 0 7 4  
研究課題名（和文）セミパラメトリック計量経済モデルにおける統計的推測理論の構築（国際共同研究強化）  
  
研究課題名（英文）A theory of statistical inference for semiparametric econometric models  
(Fostering Joint International Research)  
  
研究代表者  
松下 幸敏（Matsushita, Yukitoshi）  
  
一橋大学・大学院経済学研究科・准教授  
  
研究者番号： 5 0 5 9 3 5 8 9  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,200,000 円  
渡航期間： 12 ヶ月

研究成果の概要（和文）：第一に、一般のセミパラメトリックモデルにおいて、経験尤度法を用いた新しい統計的推測法を提案し、その統計的性質を改良するために非標準的漸近理論を展開した。第二に、高頻度データを用いたボラティリティの推定問題において、ノンパラメトリック尤度法による統計的推測法を提案し、その統計的性質を議論した。第三に、日本の戦前期の水道普及がもたらした影響をセミ・ノンパラメトリックモデルを用いて分析した。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

近年の計量経済分析において、関数形についての仮定をできるだけ置かないセミ・ノンパラメトリックモデルは不可欠なものとなってきている。しかし、セミ・ノンパラメトリックモデルは「モデルの特定化バイアス」を軽減することができる一方、置かれている仮定が少ないために様々な統計的推測における問題が生じることがあり、信頼性の高い統計的推測法の開発は重要な課題である。本研究では、いくつかの具体的なセミパラメトリックモデルにおいて新たな統計的推測法を開発するとともに、一般のセミパラメトリックモデルにおける統計的推測理論の構築のために有益ないくつかの理論的結果を導出した。

研究成果の概要（英文）：First, we proposed new statistical inference methods for general semiparametric models by empirical likelihood and developed a nonstandard asymptotic theory to improve their statistical properties. Second, we proposed new statistical inference methods for volatility measures in high frequency data environments by nonparametric likelihood and discussed their statistical properties. Third, we performed empirical studies on the impact of safe water on infectious disease using semi/nonparametric models.

研究分野： 計量経済学

キーワード： 経験尤度法 セミパラメトリックモデル

## 1. 研究開始当初の背景

近年の計量経済分析において、関数形についての仮定をできるだけ置かないセミ・ノンパラメトリックモデルは不可欠なものとなってきている。セミ・ノンパラメトリックモデルは、パラメトリックモデルにおける関数形の仮定によって生じる「モデルの特定化バイアス」を避けることができる一方、置かれている仮定が少ないために統計的推測において様々な問題が生じることがある。具体的には、第一に、パラメトリックモデルの場合以上に大標本理論による近似が不正確になる場合がある。第二に、統計的推測の重要な要素である「推定量の(漸近)分散」を求めることは容易ではなく、その推定が困難になる場合がある。第三に、「チューニングパラメータ」と呼ばれるパラメータの選択が有限標本性質に影響を及ぼす場合がある。しかし、セミ・ノンパラメトリックモデルにおける統計的推測理論についての研究は十分ではなく、特に、漸近理論による有限標本性質の近似精度の問題に正面から向き合った研究は多くない。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、いくつかの具体的なセミパラメトリック計量経済モデルにおいて、より信頼性の高い統計的推測法を開発するとともに、一般のセミパラメトリックモデルにおける統計的推測理論を展開することである。特に、高次の漸近的性質の検討とノンパラメトリック尤度法を用いたアプローチを中心に、信頼性の高い統計的推測を確立することを目指す。

## 3. 研究の方法

経験尤度法 (Empirical Likelihood method) は、近年、多くの良い性質をもつことが分かってきた統計的推測手法の一つである。具体的には、(1) (標準的な設定のもとで) 統計量が帰無仮説の下で漸近的にカイ2乗分布に従うこと (“Wilks’ phenomenon” と呼ばれる) から、漸近分散を導出することなく統計的推測を行うことが可能であること、また (2) バートレット補正 (Bartlett correction) と呼ばれる修正によって高次の漸近的性質の改良が可能であることなどが知られている。

本研究では、第一に、いくつかの具体的なセミパラメトリック計量経済モデルに経験尤度法を適用した新たな統計的推測法を提案し、その統計的性質を分析した。

第二に、セミパラメトリックモデルの統計的推測の精度を改良するために (標準的漸近理論に加えて) いくつかの新しい漸近理論を展開した。一つは「高次の漸近理論」 (higher-order asymptotics) であり、一次の漸近近似の代わりに二次以上の漸近展開を行うことにより、近似精度を高めようとするアプローチである。もう一つは、「非標準的漸近理論」 (nonstandard asymptotics) であり、説明変数や操作変数の次元、あるいはチューニングパラメータについて「標準的漸近理論」に比べて弱い仮定をおいた場合の統計量の挙動を考えることにより、近似精度を高めようとするアプローチである。

## 4. 研究成果

第一に、一般のセミパラメトリックモデルにおいて、ジャックナイフ法と経験尤度法を組み合わせたジャックナイフ経験尤度法 (Jackknife Empirical Likelihood (JEL)) による統計的推測法を提案し、その統計的性質を標準的漸近理論、および非標準的漸近理論を用いて分析した。通常、セミパラメトリックモデルの統計的推測を行うためにはモデルごとに影響関数 (influence function) を導出することが必要であるが、本手法は影響関数を導出することなく統計的推測を行えるという長所を持つ。また、標準的漸近理論の下で、統計量の帰無分布が漸近的にカイ二乗分布に従うことを示し、カイ二乗分布を用いた統計的推測を理論的に正当化した。さらに、いくつかの非標準的漸近理論 (“small bandwidth asymptotics”, “high-dimension asymptotics”, “sparse network asymptotics”) の下でも、JEL 法に適切な修正を施すことにより、カイ二乗分布を用いた統計的推測が正当化できることを示した。具体例として、(1) 加重平均限界効果 (density weighted average derivative)、(2) 多操作変数の場合の操作変数モデル、(3) 多説明変数の場合の線形回帰モデル、(4) random graph において各個体が特定のネットワークを形成する確率、(5) ノンパラメトリック確率密度関数を考え、提案した手法の有用性を示した。この結果は現在、学術誌掲載のために改訂中である。

第二に、生成された独立変数を含む一般のセミパラメトリックモデルにおいて、経験尤度法を用いた新たな統計的推測法 (Semi-Parametric Empirical Likelihood (SPEL)) を提案した。具体的には、局外パラメータの影響関数 (influence function) を用いてモーメント制約を修正する

ことにより、それに基づく経験尤度統計量が帰無仮説の下で漸近的にカイ二乗分布に従うことを示した。本手法は、チューニングパラメータについて従来よりも弱い仮定の下で正当化されるという長所を持つ。また、数値実験により、従来手法に比べてより良い有限標本性質を持つことも確認された。この結果は、Econometric Theory に掲載された。

第三に、高頻度データを用いた、ボラティリティのノンパラメトリック統計的推測法を提案し、その統計的性質を分析した。具体的には、(1) ボラティリティの統計的推測において(修正)ノンパラメトリック尤度比統計量の帰無分布が漸近的にカイ二乗分布に従うこと、(2) Bartlett 補正によって高次の漸近的性質の改良が可能であることが示された。また(3) 確率過程にジャンプがある場合のボラティリティ、(4) マイクロストラクチャーノイズがある場合のボラティリティ、(5) ジャンプの有無の検定、それぞれについてノンパラメトリック尤度を用いた統計的推測法を提案した。また、数値実験によって有限標本性質を検討し、他の手法との比較を行った。この結果は、Journal of Business and Economic Statistics に掲載された。

第四に、ネットワークデータのための統計的推測法を提案し、その理論的性質の導出と数値実験を行った。具体的には、random graph においていくつかの特定のネットワークが形成される確率についての Jackknife Empirical Likelihood (JEL) による統計的推測法を提案し、ネットワーク全体で各個体の繋がる確率が十分高い(ネットワークが dense な)場合にはカイ二乗近似による統計的推測が正当化されることを示した。また、各個体の繋がる確率が低い(ネットワークが sparse な)場合にはカイ二乗近似は保守的な推測をもたらすことを示し、そのような場合にも有用な(カイ二乗近似による推測が正当化される)修正 JEL 法を提案した。

第五に、一般のモーメント条件モデルにおいて Tilted exponential tilting (TET) statistic に基づく新たな統計的推測法を提案し、従来の GMM (Generalized Method of Moments) や GEL (Generalized Empirical Likelihood) に基づく統計的推測法に比べて、新たな手法が相対的誤差の意味でより良い統計的性質を持つことを示した。また数値実験によって、特に分布の裾部分における近似精度の良さを確認した。

第六に、同時密度と周辺密度の密度比のノンパラメトリック推定法を提案し、それがいくつかのセミパラメトリックモデルの推定において有用であることを示した。例として、処置変数が連続である場合の処置効果の推定と統計的推測のための手法を提案し、その理論的性質の導出と数値実験を行った。

第七に、日本の戦前期の水道普及が致死率にもたらした影響を、セミ・ノンパラメトリックモデルを用いて分析した。具体的には、パネルデータを用いて固定効果を考慮した部分線形モデルによる分析を行い、結果として水道普及と致死率の間に(線形モデルでは測ることが難しい)非線形な関係があることを見出した。この結果は、Economics and Human Biology に掲載された

## 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 2件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Camponovo, L., Matsushita, Y. and T. Otsu	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Empirical Likelihood for High Frequency Data	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Business and Economic Statistics	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/07350015.2018.1549051	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 Matsushita, Y. and T. Otsu	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Likelihood inference on semiparametric models with generated regressors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Econometric Theory	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1017/S026646661900029X	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 Ogasawara, K. and Y. Matsushita	4. 巻 29
2. 論文標題 Public health and multiple-phase mortality decline: Evidence from industrializing Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Economics and Human Biology	6. 最初と最後の頁 198-210
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ehb.2018.04.001	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1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 Yukitoshi Matsushita
2. 発表標題 Empirical Likelihood for Network Data
3. 学会等名 LSE Joint econometrics and Statistics Workshop
4. 発表年 2019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
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	大津 泰介  (Otsu Taisuke)	London School of Economics・ Department of Economics・professor	