

令和元年6月5日現在

機関番号：12613

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K03594

研究課題名(和文) 経済データのモニタリング検定の理論の開発と応用

研究課題名(英文) Development of the Theory of Monitoring Tests for Economic Data and Its Applications

研究代表者

黒住 英司 (Kurozumi, Eiji)

一橋大学・大学院経済学研究科・教授

研究者番号：00332643

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、内生的説明変数をもつ経済時系列モデルにおいて、データを更新しながら構造変化の有無を逐次的に検定していくモニタリング検定を開発し、その理論的特性を明らかにした。また、モニタリング検定では構造変化が起きていないトレーニング期間の設定が重要であるが、その期間の設定に必要な、検出された構造変化点の信頼領域の設定方法を開発した。さらに、開発した手法を日本のインフレ率へ応用した結果、2013年の日本銀行のインフレターゲット導入以降、日本の消費者物価上昇率にプラスの変化が生じたことが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

与えられたデータ期間内での構造変化の検証手法はこれまでに多く開発されてきているが、データを更新しながら逐次的に構造変化をモニタリングしていく検定手法は、経済モデルでは開発途上であった。本研究では、経済状況の安定性のモニタリング手法を新たに提供しており、エビデンスに基づく政策立案に非常に有用な手法を開発したという点で、その社会的意義は大きい。実際、日本銀行による2013年のインフレターゲット導入の効果をデータに基づいて立証しており、日本銀行の政策に一定の効果があつたことを立証している。

研究成果の概要(英文)：In this research, we developed and theoretically investigated new monitoring tests, which sequentially test for structural change every time we update data, in economic time-series models with endogenous regressors. Since it is important to set a training period, during which no structural change occurred, we developed the methods of constructing the confidence sets for structural change. By applying the method to Japanese inflation, we found that the Japanese CPI sustained structural change after the introduction of the inflation target by the Bank of Japan in 2013.

研究分野：計量経済学

キーワード：構造変化 オンライン検定 逐次検定 信頼領域 内生性

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

- (1) 経済分析において長期の時系列データを利用して分析を行う場合、構造変化の有無を検証する必要がある。経済時系列分析で構造変化の検定を行う場合、モデルに考慮すべき特徴としては系列相関の存在や説明変数の内生性、また構造変化点を未知パラメータとして扱うことが挙げられる。このような特徴をモデルに組み込んだ検定方法の研究が研究開始当初までにすすめられ、多くの計量経済ソフトウェアにもその手法が組み込まれており、最新の手法が実証研究で広く使われている。ただし、これらの研究のほとんどは、設定した分析期間内での構造変化の検定に関する研究であり「回顧的検定」と呼ばれるものである。
- (2) 一方で、学会などでの研究発表の際には、データを更新しながら構造変化の検出を行いたいのがどのようにすればよいか、という質問をしばしば受けることがある。すなわち、データの更新をかけながら構造変化の検定を行う手法が実証分析で求められているのである。この場合、既存の観測期間内(トレーニング期間ともいう)に構造変化がないことを前提とし、データを每期更新する毎に構造変化の有無を逐次的に検定していく必要があり、こういった検定手法は「モニタリング検定」と呼ばれる。ただし、従来のモニタリング検定には工学的なアプローチが多く、経済分析への応用には新たな手法の開発が必要とされている。

### 2. 研究の目的

本研究では、データを更新しながら計量経済モデルにおける構造変化の有無を逐次的に検定していく「モニタリング検定」の新たな理論の開発とその応用が目的である。具体的な目的は、以下の3点である。

- (1) 内生性の問題の解決：内生性の問題解決策として操作変数法と最小2乗法の両者に基づく検定を開発してその特性を比較する。
- (2) 最適検定の分析：モニタリング検定における最適性の概念をきちんと整理した上で、最適検定について議論を深める。
- (3) インフレ率に関するモニタリング検定：開発した手法を応用して、日本のインフレ率の水準の上昇の有無をモニタリングする。

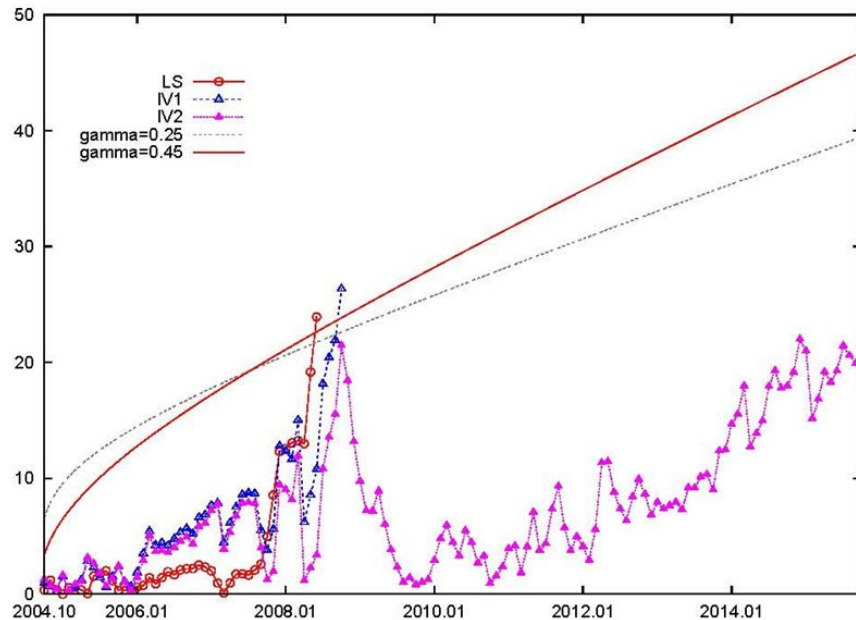
### 3. 研究の方法

- (1) 研究の第一段階として先行研究の直近までのReviewを綿密に行う。
- (2) 第二段階として理論の開発を行う。まずは内生的説明変数の場合の検定方法を開発する。標準的なケースを参考に操作変数、最小2乗法の両ケースについて適切な仮定を吟味して設定することが重要である。次に、最適検定の導出を行う。検定理論は漸近論を用いることになるので、有限標本での妥当性はモンテカルロシミュレーションで確認を行う。
- (3) 第三段階として、開発した理論を国内外の学会で発表して様々な意見を取り入れ、開発した理論のいっそうの精緻化を図る。
- (4) 最終段階として、研究成果を国際的な雑誌に発表していくとともに、開発したモニタリング検定を用いてインフレ率の検定を行い、研究成果の実証分析での有用性を広めていく。

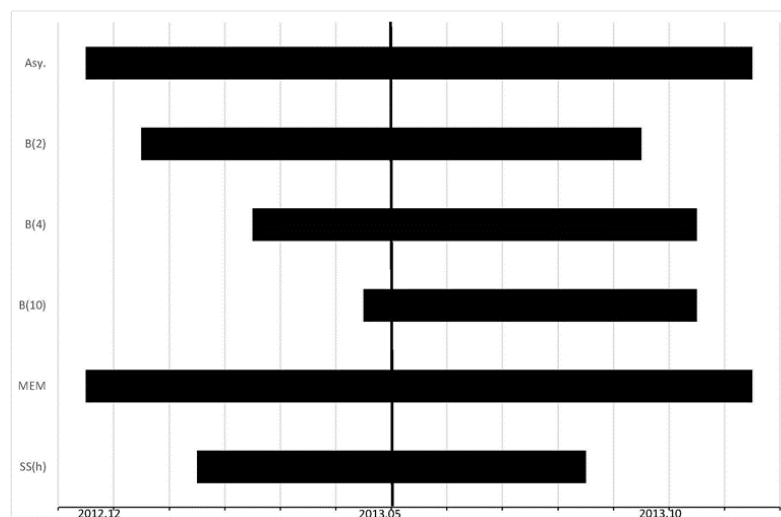
### 4. 研究成果

- (1) モニタリング検定を実際に行う場合、構造変化が起きていない既存の観測期間=トレーニング期間の特定化が必要である。安定したトレーニング期間を特定化するためには、既存の観測期間で構造変化点およびその信頼領域を求め、その期間を除いてトレーニング期間を設定する必要がある。そこで、経済モデルでしばしば用いられる非斉次な説明変数を持つ回帰モデルを想定し、構造変化点の信頼領域の構築方法を新たに提案した。特に、経済モデルでしばしば用いられる線形トレンドモデルの構造変化点の信頼区間の構築方法を新たに開発し、今後の実証分析につながる成果を得た。
- (2) 経済時系列分析において、共和分モデルは経済変数同士の長期的な関係を分析する際に非常に有用であり、共和分モデルのモニタリング検定は長期均衡関係の変化をとらえることが可能である。共和分モデルのモニタリング検定については既存の手法があるが、本研究では、そのトレーニング期間の設定のための、構造変化点の信頼区間の構築方法を新たに開発した。既存の手法は変化点の極限分布に基づいて信頼区間を構築するが、本研究では構造変化点に関する検定を反転させる手法で信頼領域を構築することを提案した。有限標本特性を分析するためにシミュレーション実験を行ったところ、既存の手法よりも本研究で提案した手法による信頼領域の方が、望ましい特性を持っていることが明らかになった。
- (3) 従来、回帰モデルのモニタリング検定においては、ほとんどの場合、外生的説明変数が想定されていたが、経済時系列分析の場合は、内生的説明変数を利用することもしばしばある。この場合、操作変数法が標準的な対処法であるが、本研究において、内生的説明変数が存在する場合においても、最小2乗法に基づくCUSUMタイプのモニ

タリング検定が理論的に妥当であることを示した。また、モニタリング検定においては、一般的には、構造変化が起きてから変化を検出するまでにタイムラグが発生するが、このタイムラグ(ストップングタイム)が短いほど、好ましい検定であるといえることができる。本研究では、操作変数に基づく検定と最小 2 乗法に基づく検定の理論的特性を比較するための、両者のストップングタイムの漸近分布を導出することに成功した。その結果、最小 2 乗法に基づくストップングタイムの方が統計学的に短いことを証明することができた。実際にこの手法を日本のフィリップス曲線へ応用すると、2004年10月からモニタリングを開始した場合、最小 2 乗法に基づく手法(下図のLS)の方が、操作変数法に基づくもの(下図の IV1 と IV2)よりも早く境界関数( $\gamma$ )を超えており、構造変化を早く検出できることが示された。



- (4) 日本銀行は2013年に政策目標としてインフレターゲットを導入したが、その後のインフレ率の上昇の有無については、仮説検定で検証ができる。ただし、その場合、2013年以降のデータがサンプル期間の端点となるため、通常の仮説検定の検出力は低く、信頼性の高い結果は得難い。そこで、本研究では、変化点が観測期間の端点近くで検出された場合の、変化点の信頼領域の構築方法を開発した。この新たな手法を用いて日本のインフレ率を分析すると、2013年1月のインフレターゲット導入後の5月に構造変化点が推定されるものの、その90%信頼区間は2013年2月から8月に及ぶことが明らかになった。下の図は様々な手法による90%信頼区間を示しており、最下段のSS(h)が本研究で開発した手法に基づく信頼区間である。



- (5) モニタリング検定において、検定の最適性の基準の一つとして、ストップングタイムの分布や期待値があげられるが、ストップングタイムの特性は臨界値に相当する境界

関数(検定統計量がこの境界関数を超えれば構造変化を検出)に依存することが知られている。したがって、境界関数の選び方によって検定の良し悪しが左右されてしまうが、この問題の対処法として、モニタリングの各時点での第 1 種の過誤がすべて同一となるように臨界値を逐次的に変えていけば良いという結論に至った。

- (6) モニタリング検定にはしばしば逐次残差に基づく CUSUM タイプの統計量が使われるが、このタイプの検定統計量は、構造変化の方向と説明変数の平均が直交している場合には検出力が上がらないことが知られている。そこで、このような欠点を補った修正 CUSUM 検定を提案し、対立仮説における漸近特性の分析を明らかにした。

## 5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計 5 件)

Eiji Kurozumi, Confidence Sets for the Date of a Structural Change at the End of a Sample, *Journal of Time Series Analysis*, Vol.39, pp.850-862, 2018, 査読有り, DOI: 10.1111/jtsa.12404.

Peiyun Jiang and Eiji Kurozumi, Power Properties of the Modified CUSUM Tests, *Communications in Statistics - Theory and Methods*, online, 2018, 査読有り, DOI: 10.1080/03610926.2018.1473598.

Eiji Kurozumi and Anton Skrobotov, Confidence Sets for the Break Date in Cointegrating Regressions, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol.80, pp.514-535, 2018, 査読有り, DOI: 10.1111/obes.12223.

Eiji Kurozumi, Monitoring Parameter Constancy with Endogenous Regressors, *Journal of Time Series Analysis*, Vol.38, pp.791-805, 2017, 査読有り, DOI: 10.1111/jtsa.12236.

黒住英司, 『非斉次な説明変数を持つ回帰モデルにおける構造変化点の信頼領域の構築』, 日本統計学会誌(シリーズ J), 第 46 巻, pp.69-84, 2016 年, 査読有り, URL:<http://www.terrapub.co.jp/journals/jjssj/frame/46.html>.

[学会発表](計 9 件)

蔣佩芸, Monitoring Parameter Change in Models with a Trend, 第 26 回関西計量経済学研究会, 2019 年.

Eiji Kurozumi, Monitoring Tests for Bubbles, Recent Developments in Econometric Theory and Applications, 2018 年.

Eiji Kurozumi, Confidence Sets for the Date of a Structural Change at the End of a Sample, the 5th Annual Conference of the International Association for Applied Econometrics, 2018 年.

Eiji Kurozumi, Confidence Sets for the Date of a Mean Shift at the End of a Sample, 第 25 回関西計量経済学研究会, 2018 年.

Anton Skrobotov, Confidence Sets for the Break Date in Cointegrating Regressions, the 4th Annual Conference of the International Association for Applied Econometrics, 2017 年.

Peiyun Jiang, Power Properties of the Modified CUSUM Tests, the 1st International Conference on Econometrics and Statistics, 2017 年.

Eiji Kurozumi, Monitoring Parameter Constancy with Endogenous Regressors, Hiroshima Conference on Statistical Science 2016, 2016 年.

Eiji Kurozumi, Confidence Sets for the Break Date in Cointegrating Regressions, 2016 Japan-Korea Allied Conference in Econometrics, 2016 年.

Eiji Kurozumi, Monitoring Parameter Constancy with Endogenous Regressors, the 3rd Annual Conference of the International Association for Applied Econometrics, 2016 年.

[その他]

ホームページ等

<http://www1.econ.hit-u.ac.jp/kurozumi/>

## 6 . 研究組織

(1)研究分担者

なし

(2)研究協力者

研究協力者氏名: Anton SKROBOTOV

ローマ字氏名: Anton SKROBOTOV

研究協力者氏名：蒋 佩芸  
ローマ字氏名：Peiyun JIANG

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。