

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 30 日現在

機関番号：12613

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2012～2016

課題番号：24330060

研究課題名(和文) マクロ動学的確率的一般均衡モデルの統計的推定および評価方法の研究

研究課題名(英文) Statistical Inference and Model Validation Methods of Dynamic Stochastic General Equilibrium Models in Macroeconomics

研究代表者

加納 隆 (Kano, Takashi)

一橋大学・大学院経済学研究科・教授

研究者番号：90456179

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,600,000円

研究成果の概要(和文)：ベイズ統計理論に基づきマクロ経済に関する動学的一般均衡(DSGE)モデルを実証的に評価した。消費の習慣形成の景気循環における役割を再評価すると、景気循環領域ではなくむしろ高周波数領域でのDSGEモデルの説明力を高めていることが確認された。また名目為替レートはランダムウォークで近似されていることが知られているが、他の経済ファンダメンタルズと同時に名目為替レートのランダムウォークを開放経済DSGEモデルで説明する際の限界を実証的に明らかにした。さらに日本の卸売市場で取引されている農産物の卸売価格の日次データを用いて、地域間価格差の原因として、輸送費が大きな役割を果たしていることを推定した。

研究成果の概要(英文)：The project revisits empirically dynamic stochastic general equilibrium (DSGE) models based on Bayesian statistics. In particular, this project reveals that consumption habits improve the fit of a conventional new Keynesian DSGE model only to high frequencies of macroeconomic data but not to business cycle frequencies. Moreover, the project identifies a serious difficulty of a canonical open-economy DSGE model in explaining near random walk nominal exchange rates with other economic fundamentals jointly. Finally, the project provides a better estimate of an important role of transportation costs in regional price dispersion using a unique micro data set of wholesale prices of agricultural products distributed around wholesale markets in Japan.

研究分野：マクロ経済学，国際金融論

キーワード：動学的確率的一般均衡モデル、ベイズ統計、景気循環、消費の習慣形成、為替レート、ランダムウォーク、地域間価格差、輸送費

1. 研究開始当初の背景

近年マクロ経済学では、集計変数データ間で観察される時系列的特質を説明するデータ生成過程として、動学的確率的一般均衡(DSGE)モデルを用いた分析が主流となっている。

DSGEs を用いた経済分析は、Kydland and Prescott (1982, 1996)のリアルビジネスサイクルモデルのカリブレーション法に基づいた分析がその端緒である。ここでカリブレーション法の問題点の一つは、DSGEs の構造パラメーターをデータにより推定するステップがないことである。このためモデル評価が構造パラメーターの事前分布に過度に依存してしまう。それゆえ Schorfheide (2000)はマルコフチェーン・モンテ・カルロ(Markov-Chain Monte-Carlo: MCMC)法の一つであるメトロポリス・ヘイスティングス(MH)法による完全情報尤度(full information likelihood)に基づくベイズ推定法を DSGEs に応用し、構造パラメーターの事後分布の分析を可能にした。以後、DSGEs の MCMC を使ったベイズ的なモデル推定およびモデル評価は、最近の景気循環論、金融政策、および国際金融などのマクロ経済学の諸分野で標準的な方法となっている。

しかしながら以上のような DSGEs のカリブレーション法やベイズ推定法には、少なくとも以下2つの批判がある。Geweke (2010)によって議論された第1の批判は、DSGEs とデータとの関係に関するものである。既存のベイズ推定法では、DSGEs の完全情報尤度を推定に用いる(strong econometrics interpretation)。しかしミクロ的基礎に立脚する定型化された DSGEs は、VARs などのより自由度の高い統計モデルに対し尤度比検定で棄却されるか Bayesian odds ratio で劣後してしまう。一方カリブレーション法では、研究者によって意図的に選ばれたデータの時系列特性のモーメントのいくつかに限り、その標本統計量に基づいてモデル評価を行う(weak econometrics interpretation)。しかしながら標本統計量は標本分布に従っており、その分布は研究者により選ばれたモーメントとは別のより高次のモーメントに依存する。つまりカリブレーション法では、選択されたモーメントに基づきモデル評価を行う際、選択されなかったより高次のモーメントにも結果が依存してしまい、論理的破綻を起こしてしまう。

Geweke の「最小解釈」(minimal econometric interpretation: MEI)では、まず自由度の高い統計モデルを用いて研究者により選択された母変数の事後分布を DSGEs の外でベイズ推定する。DSGEs のモデル評価はこの統計モデルに基づいた母変数の事後分布をどれだけ再現できるかという基準で行われる。この MEI において DSGEs はデータに対して直接的なインプリケーションを持たず、データから観察できない母変数に対す

るインプリケーションしか持たないという意味で不完全(incomplete)である。この際、重要なのは、選ばれた母変数の事後分布はより高次のモーメントには依存していないということである。それゆえカリブレーション法に見られるような論理的破綻はここでは起こらない。

2. 研究の目的

応募申請時における本研究の第1の目的は、この MEI をさらに発展させることにあった。MEI の最大の問題点は、通常のカリブレーション法と同様に構造パラメーターの事前分布をデータ観察後の事後分布にアップデートするステップが無く、モデル評価が研究者の構造パラメーターに対する事前分布に過度に依存してしまう可能性である。本研究ではこの問題点を克服するべく、MEI の枠組みにおいて構造パラメーターのベイズ推定法を開発・確立することを目的とした。

既存の DSGEs の実証分析に対する第2の批判は、構造パラメーターの時間を通じた不変性に関するものである。近年、Cogley and Sargent (2001, 2005)および Primiceri (2005)を代表とする時変係数 VAR を用いた実証分析が明らかにしてきたことは、集計変数の時系列的特性が時間を通じて変化しているということである。

このようなマクロ経済における構造パラメータードリフトの可能性は、既存の DSGEs のベイズ推定では通常無視されている。その理由は、時変構造パラメーターのある非線形 DSGEs の尤度を、通常の方法では計算できないためである。この問題に対し最近 Fernandez-Villaverde et al (2010)はパーティクル・フィルター法を適用し、時変構造パラメーターがある非線形 DSGEs をベイズ推定している。

応募申請時の本研究の第2の目的は、DSGEs の構造パラメーターの時間を通じたドリフトを推定する新しい方法を考案することにあった。そこで本研究では Del Negro and Schorfheide (2004)の DSGE-VAR 法を時変係数 VAR に適用することを目指した。

さらに DSGEs 分析に対する批判は、構造パラメーターの識別に関する問題に向けられている。ミクロ的な基礎付けがあるといわれる DSGEs の景気振幅メカニズムの多くは、実際にはマイクロデータによる裏付けを持っていない。それゆえいくつかの構造パラメーターの識別は集計データからでは困難ないし不可能である。特にニューケインジアンタイプの DSGEs の文脈では、硬直的な価格(または賃金)の設定メカニズムである Calvo pricing rule は、現実の小売価格のマイクロデータから観察されている価格設定行動からかけ離れていることが知られている。Del Negro and Schorfheide (2007)が批判しているように、このため集計データと DSGEs の理論的な制約条件だけからでは、Calvo

pricing rule を識別することは極めて難しいし、そもそも Calvo pricing rule 自体が硬直的な価格を説明する上で適切なミクロ的基礎ではない可能性がある。

応募申請時の本研究の第3の目的は、企業のマイクロデータと統合的な価格設定理論を構築・推定し、DSGEs の価格設定に関する構造パラメーターのよりすぐれた識別および推定を行うことにある。

3. 研究の方法

本研究の第1のゴールは Geweke によって提唱された上記 MEI の枠組みにおいて DSGE の構造パラメーターの事後分布を導出することにある。DSGEs の構造パラメーターの事後分布導出における困難な点は、VARs のような経済理論的な構造を持たない統計モデルから推定された母変数の事後分布の情報だけから、どのように DSGEs の尤度を計算するかということである。

本研究では最初のアプローチとして indirect inference 法 (Gourieroux et al. 1993, Smith 1993, Dridi et al. 2007) のベイズ的解釈を考えた。通常 indirect inference 法では VARs などの統計モデル (auxiliary model) を仲介として、実際のデータからの標本統計量と構造モデルをシミュレートして得られる人工的な標本統計量によって形成される2次の損失関数を最小化するように構造パラメーターの推定をする。ベイズ的解釈をする上で重要なのは、この損失関数からどのように尤度を求めるかということである。このため本研究では Kim (2002) の Kullback-Leibler 情報量を用いた制限情報尤度法 (limited information likelihood) を DSGEs に適用することを考えた。

本研究の第2の目的に対しては、Cogley and Sargent (2001, 2005) および Primiceri (2005) に見られる時変係数 VARs に、Del Negro and Schorheide (2004) のように DSGE の理論制約を VAR パラメーターの事前分布として確率的に課し、時変係数 DSGE-VAR 法というべき時系列モデルを開発・応用することを計画した。

本研究の第3の目的に対しては、非常にゆっくりとした硬直的な通常価格の動きと頻繁に変更される日々の特売価格を同時に説明する簡単な動学的状態依存価格設定モデルを考察することを計画した。モデルの特徴は現実のマイクロデータでみられるような (1) 小売企業と卸売企業の vertical relationship とその戦略的な相互関係を重視すること、(2) 消費者在庫を持つ家計の動学的需要関数に直面する小売店舗の価格設定行動を考察し、モデルを個別商品の小売価格データによって推定することを計画した。

4. 研究成果

以上のように応募申請当時において3つの研究が計画されていたが、それぞれ当初の

計画の通りに遂行することは困難であった。

まず第1の研究計画である MEI の拡張に関しては、auxiliary model から推定した母変数の事後分布と、DSGE モデルからシミュレートした同じ母変数の事後分布の差が、どのような確率分布に従うのか、それを記述する統計的手法の確立という技術的困難に当初から直面した。

この克服にかなりの時間を費やしたが、結果として MEI からのベイズ推定方法の開発から、MEI の応用に研究計画の変更を行った。Kano and Nason (2014) では、ニューケインジアン DSGE モデルにおける消費の習慣形成の景気循環における役割の実証的評価に MEI を応用した。特に母変数として、金融政策ショックの産出量と消費のインパルス応答関数の周波数領域における表現である構造的スペクトラム密度関数を用いたことは高い評価を受けた。この研究は、マクロ・金融政策の世界的なトップジャーナルである Journal of Money, Credit, and Banking に採択・掲載された。また MEI のマクロ計量分析への導入とその応用研究の紹介として、2013年度日本経済学会春季大会にて、日本学術会議・日本学術会議経済学委員会数量的経済・政策分析分科会チュートリアルセッションにて招待講演をし、その結果は加納(2014)として日本統計学会和文誌に採択・掲載された。

第2の研究計画である時変係数 VAR と DSGE-VAR の結合に関しては、それぞれの手法の実装は完了したが、現在も継続中の研究課題である。しかしながら、この研究計画の遂行を通じて、むしろ DSGE-VAR 法を適用するに値する経済学の問題の方にむしろ研究上の関心が大きく移って行った。その関心の中心が為替レートである。

ブレトン・ウッズ体制後の変動相場制において、先進諸国間の名目為替レートがおおよそランダムウォークで近似できることはよく知られている。一方、過去多くの理論研究は、この実証的事実を均衡モデルで説明することに失敗している。しかし近年 Engel and West (2005) は、経済ファンダメンタルズが1次の和分過程に従い、さらに割引ファクターが1に近い条件下、部分均衡モデルである為替レートの資産アプローチにおいて、名目為替レートのランダムウォークが近似的に生成されることを示した。

本研究では、Engel and West (2005) の仮説が、2国からなる開放経済 DSGE モデルの均衡においても成立するのか、理論・実証分析を行った。ブレトン・ウッズ体制後のカナダとアメリカのデータを用い、当該モデルを推定すると、Engel and West (2005) の仮説とは異なり、ランダムウォークに従う名目為替レートを他の経済ファンダメンタルと共に説明するためには、割引ファクターが0.57といった非常に小さい値になってしまう。このことは標準的な開放経済 DSGE モデルで名目為替レートのランダムウォークを整合的に説明する

ことの限界を示している。この研究は一橋大学社会高等研究院のディスカッション・ペーパー(Kano 2016a)として公刊後、現在 *Journal of Money, Credit, and Banking* から、改稿・再投稿請求を受けている。

この研究は多くの派生研究に結びついた。まずブレトン・ウッズ体制後の円ドルレートの2国開放経済DSGEモデルによる説明を試みた。円ドルレートの歴史的な経験則として、日米貨幣供給量差と円ドルレートの強い正の相関を意味する「ソロス・チャート」が市場関係者間では知られている。しかしこのソロス・チャートの経済学的根拠は今まで分析されてこなかった。Kano and Morita (2015)は日米のデータを用いて、超過準備修正済み貨幣供給量差が円ドルレートの確率的トレンドを形成していることを示し、当該モデルを推定し、「ソロス・チャート」の均衡解釈を行った。この論文は日本研究の世界的なトップジャーナルである *Journal of the Japanese and International Economies* に採択・掲載された。

しかし Kano and Morita (2015)では、直近2012年第4四半期から始まったアベノミクス第1の矢による、急激な円安を説明することができない。この問題点を克服するため、Kano and Wada (2017)では、アベノミクス直後に、円ドルレートと日米長期金利差の間に強い正の相関が生じていることを示した。消費とインフレ率の「長期不確実性(long-run risks)」を考慮した名目為替レートの資産価格モデルを用いて、この構造変化が、日本ではなく、米国のインフレ率に関する長期的な不確実性の高まりから生じていることを示した。この論文は国際金融論の世界的なトップジャーナルである *Journal of International Money and Finance* に採択・掲載された。

第3の研究計画であるマイクロデータを用いた企業の価格設定行動の研究は、地域間価格差に関する非常に興味深い成果に結びついた。その契機は、日本の47都道府県の中央卸売市場でサンプルされた生鮮食料品の卸売価格の日時データを発見したことである。既存研究での調査にはない、このデータの大きな利点は、生産地情報が付加されていることにある。このため、生鮮食料品の輸送経路の特定化が可能になった。Kano et al. (2013)では、既存研究において推定される地域間価格差における輸送費の効果にサンプルセレクションバイアスの問題がある可能性を指摘し、価格決定と輸送選択を同時決定する構造モデルを推定することにより、地域間価格差における輸送費の役割は、既存研究の推定値よりも遥かに大きいことを示した。この研究は国際経済学の世界的なトップジャーナルである *Journal of International Economics* に採択・掲載された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計10件)

Kano, T., Wada, K., 2017, The first arrow hitting the currency target: a long-run risk perspective, *Journal of International Money and Finance*, 74, 337-352. 査読有.
DOI: 10.1016/j.jimonfin.2017.02.024.

Kano, T., 2016a, "Exchange rates and fundamentals: a general equilibrium exploration," Hitotsubashi Institute for Advanced Study Discussion Paper Series E-19. 査読無.
http://hermes-ir.lib.hit-u.ac.jp/rs/bitstream/10086/27738/1/070_hiasDP-E-19.pdf

Kano, T., 2016b, "Trend inflation and exchange rate dynamics: a New Keynesian approach." Centre for Applied Macroeconomic Analysis (CAMA) Working Paper 74/2016. 査読無.
https://cama.crawford.anu.edu.au/sites/default/files/publication/cama_crawford_anu_edu_au/2016-12/74_2016_kano.pdf

Kano, T., Morita, H., 2015, An equilibrium foundation of the Soros chart, *Journal of the Japanese and International Economies*, 37, 21-42. 査読有.
DOI: 10.1016/j.jjie.2015.05.002

加納隆, 2014, 「為替レートと金融政策：アベノミクス第1の矢の理解に向けて」, 『特別研究：シリーズ「検証：アベノミクス」第3回』, 日経研月報 11月号, 日本経済研究所, 16-23. 査読無.
http://www.jeri.or.jp/membership/pdf/monthly/bn_26-11.pdf

加納隆, 2014, 「マクロ計量分析におけるDSGEモデルの役割：『最小解釈』の導入と応用」, 『日本統計学会和文誌』, 44(1), 159-187. 査読有.
<http://www.terrapub.co.jp/journals/jjssj/pdf/4401/44010159.pdf>

Kano, T., Nason, J.M., 2014, Business cycle implications of internal consumption habit for New Keynesian models, *Journal of Money, Credit, and Banking*, 46, 519-544. 査読有.
DOI: 10.1111/jmcb.12115

Bailliu, J., Dib, A., Kano, T., Schembri, L., 2014, Multilateral adjustment, regime switching and real exchange rate dynamics, *North American Journal of Economics and Finance*, 27, 68-87. 査読有.
DOI: 10.1016/j.najef.2013.11.003

加納隆, 2013, 「為替レートのランダムウォークネスとファンダメンタルズ：動学的確率的一般均衡分析からの視点」, 『国際通貨制度

の諸課題-アジアへのインプリケーション-』, 金融調査研究会報告書 50, 71-87, 金融調査研究会. 査読無.

Kano, K., Kano, T., Takechi, K., 2013, Exaggerated death of distance: revisiting distance effects on regional price dispersions, *Journal of International Economics*, 90, 403-413. 査読有. DOI: 10.1016/j.jinteco.2013.02.002

[学会発表](計 30 件)

Kano, T., “Trend inflation and exchange rate dynamics: a new Keynesian approach”, 10th International Conference on Computational and Financial Econometrics, Higher Technical School of Engineering, University of Seville, Seville, Spain, December 10, 2016.

加納隆, “Trend inflation and exchange rate dynamics: a new Keynesian approach”, 日本銀行金融研究所, 東京都・中央区, 2016年10月20日.

Kano, T., “Trend inflation and exchange rate dynamics: a new Keynesian approach”, Hitotsubashi Summer Institute 2016, 一橋大学, 東京都・国立市, 2016年8月6日.

Kano, T., “The first arrow hitting the currency target: a long-risk perspective”, JIMF-Tokyo Conference: “The Pacific Rim and the Global Economy: Future Financial and Macro Challenge”, 東京大学, 東京都・文京区, 2016年7月25日.

Kano, T., “The first arrow hitting the currency target: a long-risk perspective”, Canadian Economic Association Meetings, University of Ottawa, Ottawa, Canada, June 4, 2016.

Kano, T., “The first arrow hitting the currency target: a long-risk perspective”, AJRC-HIAS Conference on Recent Issues in Macroeconomics and Finance, Crawford School of Public Policy, Australian National University, Canberra, Australia, March 22, 2016.

Kano, T., “The first arrow hitting the currency target: a long-risk perspective”, HKUST-Keio-HKIMR Conference on Exchange Rates and Macroeconomics, Hong Kong Monetary Authority and Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong, March 17, 2016.

Kano, T., “The first arrow hitting the currency target: a long-risk perspective”, 25th NBER-TCER-CEPR Conference on “International Finance in the Global Markets”,

東京大学, 東京都・文京区, 2015年12月17日.

Kano, T., “Exchange rates and fundamentals: closing a two-country model”, 9th International Conference on Computational and Financial Econometrics, Senate House, University of London, London, the United Kingdom, December 13, 2015.

Kano, T., “The first arrow hitting the currency target: a long-risk perspective”, 2015 HIAS-LSE Joint Trade Workshop, London School of Economics and Political Science, London, the United Kingdom, November 19, 2015.

Kano, T., “Exchange rates and fundamentals: closing a two-country model”, Research School of Economics, Australian National University, Canberra, Australia, August 13, 2015.

Kano, T., “Exchange rates and fundamentals: closing a two-country model”, 2nd International Workshop on Financial Markets and Nonlinear Dynamics, ESSCA, Paris, France, June 5, 2015.

Kano, T., “Exchange rates and fundamentals: closing a two-country model”, Conference on Macroeconomic Issues, Department of Economics, Sogang University, Seoul, Korea, May 22, 2015.

Kano, T., “Exchange rates and fundamentals: closing a two-country model”, The Reserve Bank of New Zealand, Wellington, New Zealand, August 18, 2014.

Kano, T., “Exchange rates and fundamentals: closing a two-country model”, Department of Economics, the University of Auckland, Auckland, New Zealand, August 15, 2014.

Kano, T., “Exchange rates and fundamentals: closing a two-country model”, 20th International Conference of the Society for Computational Economics (CEF 2014), Oslo, Norway, June 22, 2014.

加納隆, “Exchange rates and fundamentals: closing a two-country model”, 日本経済学会春季大会, 同志社大学, 兵庫県京都市, 2014年6月15日.

Kano, T., “Exchange rates and fundamentals: closing a two-country model”, Canadian Economic Association Meetings, Simon Fraser University, Vancouver, Canada, June 1, 2014.

加納隆, “Exchange rates and fundamentals: closing a two-country model”, 公共経済セミナー

一、政策大学院大学, 東京都港区, 2014年4月30日.

Kano, T., “An equilibrium foundation of the Soros chart”, TCER conference “Abenomics,” 東京大学, 東京都・文京区, 2014年3月7日.

⑲加納隆, “Exchange rates and fundamentals: closing a two-country model”, 応用マクロセミナー, 京都大学大学院経済学研究科, 京都市, 2014年1月24日.

⑳加納隆, “Exchange rates and fundamentals: closing a two-country model”, 日本銀行金融研究所, 東京都中央区, 2013年12月12日.

㉑加納隆, “Exchange rates and fundamentals: closing a two-country model”, 大阪大学社会経済研究所, 大阪府茨木市, 2013年10月30日.

㉒加納隆, “Exchange rates and fundamentals: closing a two-country model”, Summer Workshop on Economic Theory, 北海道大学, 2013年8月10日.

㉓加納隆, 「マクロ計量分析における DSGE モデル: Minimal Econometric Interpretation の導入と New Keynesian Model への応用」, 日本学術会議経済学委員会数量的経済・政策分析分科会チュートリアルセッション, 日本経済学会春季大会, 富山大学, 富山県富山市, 2013年6月23日.

㉔加納隆, “Exchange rates and fundamentals: closing a two-country model”, マクロワークショップ, 東京大学大学院経済学研究科, 東京都文京区, 2013年5月23日.

㉕Kano, T., “Exchange rates and fundamentals: closing a two-country model”, School of Economics and Finance, Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand, March 22, 2013.

㉖Kano, T., “Exaggerated death of distance: revisiting distance effects on regional price dispersions”, Department of Economics, University of Zurich, Zurich, Switzerland, November 28, 2012.

㉗加納隆, “Exaggerated death of distance: revisiting distance effects on regional price dispersions”, 日本銀行金融研究所, 東京都中央区, 2012年10月18日.

㉘Kano, T., “Exaggerated death of distance: revisiting distance effects on regional price dispersions”, Department of Economics, Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong, China, September 14, 2012.

〔図書〕(計1件)

加納隆, 2013, 「為替レートの決まり方: 為替で確実に儲ける方法!?', 一橋大学経済学部編『教養としての経済学: 生き抜く力を培うために』2-4節, 有斐閣.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加納 隆 (KANO, Takashi)
一橋大学・大学院経済学研究科・教授
研究者番号: 90456179

(2) 連携研究者

加納 和子 (KANO, Kazuko)
武蔵野大学・経済学部・准教授
研究者番号: 20613730

武智 一貴 (TAKECHI, Kazutaka)
法政大学・経済学部・教授
研究者番号: 80386341

(3) 研究協力者

James M. Nason
森田 浩史 (MORITA, Hiroshi)
和田 健司 (WADA, Kenji)