

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月31日現在

機関番号：10105

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21530193

研究課題名（和文） ベイズ型統計モデルに基づく経済成長の要因分析法の開発とその応用

研究課題名（英文） Development of Methods for Analyzing the Factors in Economic Growth via Bayesian Statistical Models and Applications

研究代表者

姜 興起 (KYO KOKI)

帯広畜産大学・畜産学部・教授

研究者番号：70254662

研究成果の概要（和文）：

ベイズ型平滑化事前分布のアプローチを用いて、時変構造を持つ生産関数モデルの構築とパラメータ推定の方法を提案した。また、開発した方法を日本、米国、中国、韓国、台湾のデータに適用し、経済成長の要因分析を行った。本研究の新規提案法は、経済成長の実証分析において非常に有望なアプローチといえる。その主な特徴は、モデルにおける全要素生産性（TFP）および産出の要素弾力性の時間的変化パターンを厳密に推定できることである。

研究成果の概要（英文）：

We constructed production function models with time-varying structure and developed methods for parameter estimation based on a Bayesian smoothness priors approach. The Bayesian models are applied to data for Japan, US, China, South Korea and Taiwan. Our proposed methods can be applied widely as a promising approach for empirical analyses of economic growth. The main feature is that time-varying total factor productivity (TFP) and time-varying elasticities of output with respect to factors of production can be estimated accurately.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：経済学・経済統計学

キーワード：ベイズモデル、平滑化事前分布、経済時系列分析、経済成長、動的生産関数

1. 研究開始当初の背景

持続的経済成長の達成は多くの国が目標に掲げる重要な課題となっている。とりわけ近年の日本においては、経済成長の促進に資する政策提言が一層強く要請される状況にある。経済成長の促進を目的とした政策を考

察する場合には、まず、各国の経済成長において「どのような要因が、どのようなパターンで、どの程度寄与しているか」をデータに基づいて厳密に把握しておく必要がある。1990年代以降、Penn World Table に代表されるデータベースの充実に付随して経済成

長の実証研究が活発になってきたが、国内外の既存研究をサーベイすると、ほとんどの文献において成長会計による要因分解もしくは生産関数・成長回帰モデルの計量経済的推定といったアプローチが用いられている。ただし、こうした従来のアプローチではモデリングおよび推定方法に関して不十分な点が散見され、改善の余地が小さくない。

研究代表者は、統計数理研究所の研究グループと長年に渡ってベイズ的手法の先端的研究に従事してきた経験から、上述の既存アプローチにおける困難を克服する手法として、情報理論を援用したベイズ的統計手法が有効であるとの着想に至った。そして、2005年度から、経済成長の実証分析における新たな統計モデル・推定法の研究を開始した。

研究代表者・分担者の提案アプローチは、広義において生産関数アプローチの一種と位置づけられる。これまでに我々が国内外の学会発表で提案した方法は、コメンテーターおよびフロアーから概ね好評を得たが、いくつかの改良点も指摘された。本研究では、ベイズ統計学的な理論・方法の経済データ分析への応用について検討を重ね、従来の方法との比較のうえで我々のアプローチの優位性を実証してきた。

2. 研究の目的

日本、米国、中国、韓国および台湾の長期経済時系列データを利用して、以下の諸点を明らかにする。

(1) 各国のマクロ・産業レベル（日本の場合地域レベルも含む）での全要素生産性（TFP）および要素弾力性がどのように推移してきたか。

(2) 各国における TFP 変動の特徴の比較分析を通じて、TFP が具体的にどのような要因によって規定されているのか。

(3) 各国の経済成長の推進力として、どのような要因の貢献が期待されるか。また、経済成長を促進するうえで、いかなる政策の有効性が示唆されるか。

3. 研究の方法

本研究のモデル構築の出発点は、2 生産要素（資本と労働）をもつ Cobb-Douglas 型生産関数である。経済成長の源泉のうち、資本と労働は時系列データから該当変数の時間的推移を確認できる。しかし、TFP については直接的に観測することができない。したがって、経済成長の実証研究においては、「TFP をいかにして推定し、その動きを精確に捉えるか」ということが有意義なインプリケーションを得るための鍵となる。

しかし、TFP を推定するための統計的方法

は、現在においても十分に確立されているとは言いがたい。そのような問題意識に基づき、本研究ではベイズ統計学の観点から TFP 分析の新規手法を提案する。

ところで、ベイズ法によるモデルの時変構造の推定に際して、平滑化事前分布がよく利用される。しかし、TFP トレンドに急激な変動が生じる場合、ガウス型の平滑化事前分布アプローチでは頑健な推定値を得ることができない。そこで我々は、TFP トレンドに急激な変化が生じる状況も考慮して、より実態に即した非ガウス型モデルを構築し、ベイズ的モデル平均化法（BMA）のアプローチを導入して推定結果の精度を向上させた。このようにモデル構築と推定方法を実際のデータ特性に応じて改善しながら、各国の経済成長の経済統計分析を展開した。

4. 研究成果

(1) 日本経済の地域分析

本研究では、日本の地域経済成長の統計分析を行った。モデル構築に際しては、Cobb-Douglas 型生産関数を採用している。我々は、TFP を各離散時点での確率変数として扱い、平滑化事前分布を導入した。そのうえで、ベイズ的モデリングの手法により、TFP の振る舞いの把握を試みる。日本の都道府県の年次時系列データに提案法を応用した結果、TFP は各都道府県によって種々のパターンで複雑な挙動を示すことが確認された。また、各生産要素（民間資本、公的資本、人的資本）の産出弾力性について、第 1 次オイル・ショックの時期を境に異なる値で推定した。その結果、オイル・ショック以降、ほとんどの地域で民間資本弾力性の低下がみられるが、対照的に、ほとんどの地域で人的資本弾力性の上昇がみられる（詳細については「5. 主な発表論文等」の雑誌論文⑨、⑩を参照）。

(2) 時変効率パラメータを持つ CES 生産関数モデルの推定

生産関数アプローチにおいては、解析上の扱いやすさから Cobb-Douglas 生産関数が最もよく利用されている。ただし、Cobb-Douglas 型生産関数は生産要素間の代替の弾力性が 1 になるという性質を持つ。代替の弾力性に関する Cobb-Douglas 型生産関数の前提条件は通常満たされない場合が多いと考えられるので、これは Cobb-Douglas 生産関数の 1 つの難点ともいえる。ゆえに、代替の弾力性が正の実数の範囲で自由な値をとりうる生産関数が望ましい。この点を考慮して、本研究のモデリングでは CES（constant elasticity of substitution）生産関数を利用する。我々は効率パラメータを時

変パラメータとし、平滑事前分布を用いたベイズ的手法で推定する。効率パラメータの時間的変化はHicks 中立的技術進歩と解釈できる。図1と図2から、1960年～2001年の期間における日本と米国の技術指数の時間的推移が確認できる。

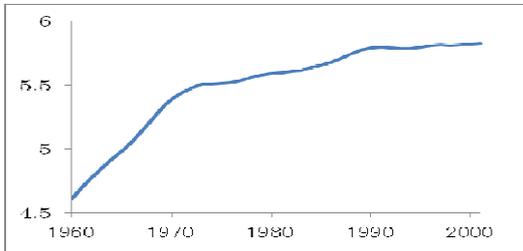


図1：日本の技術指数(対数値)の時間的推移
出所：「5. 主な発表論文等」の雑誌論文①

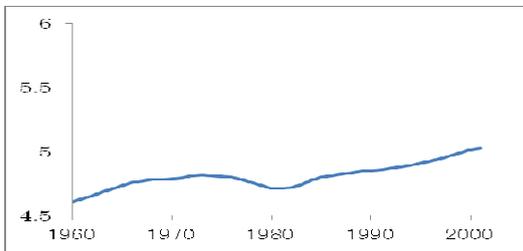


図2：米国の技術指数(対数値)の時間的推移
出所：図1と同一

図1より、日本の技術指数について次のような特徴が読み取れる。日本の技術指数は1960年代から1970年代にかけて急速に上昇した。しかし、1970年代後半の期間については、技術指数のトレンドが変化し、緩やかな上昇となった。とりわけ、1990年代以降のパフォーマンスの停滞が目立つ。他方、図2における米国の技術指数は、日本のそれと異なった動きを示している。米国の技術指数は1960年代から1970年代の前半にかけて緩やかに上昇したが、1970年代後半の期間は若干の低下が見られた。しかし、1980年代以降、技術指数のトレンドは緩やかな上昇へと回復した。両国の技術指数の推移を比較して、特に注目すべきことは直近の1990年代以降における技術指数のトレンドの相違である。

また、本研究では日本のナショナル・イノベーション・システムの特徴と課題についても言及している（詳細については「5. 主な発表論文等」の雑誌論文①、⑦、⑩、⑫および「5. 主な発表論文等」の図書①を参照）。

(3) 中国経済のマクロ・産業レベルの TFP 分析

中国経済の TFP パフォーマンスとその社会的影響要因を分析した。まず、

Cobb-Douglas 型生産関数モデルによって、1952年～2004年の期間における TFP と弾力性係数のトレンドを推定した。ただし、中国のマクロ経済のデータ分析においては、大きな社会情勢変化に伴って TFP のトレンドにも急激な変化が生じ得るため、ガウス型モデルを直接には適用できない。この困難に対して、我々はベイズ的モデル平均化法 (BMA) によって対処する。主な分析結果は次のように要約できる。大躍進政策の失敗によって、1950年代末に中国経済は深刻なダメージを受けた。その後、中国経済は回復軌道に乗ったが、文化大革命の開始に伴い、1960年代後半に再び大きな落ち込みを見せた。1970年代以降については、鄧小平の2度目の失脚や1989年の天安門事件などの時期に TFP 成長率の低下が見られる。

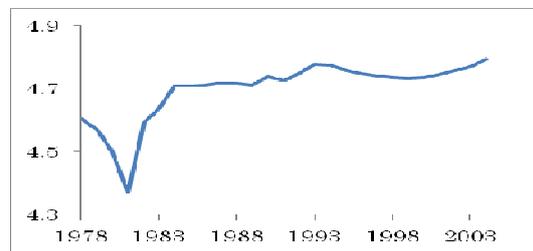


図3：第1次産業の TFP 指数(対数値)の変動
出所：「5. 主な発表論文等」の雑誌論文⑨

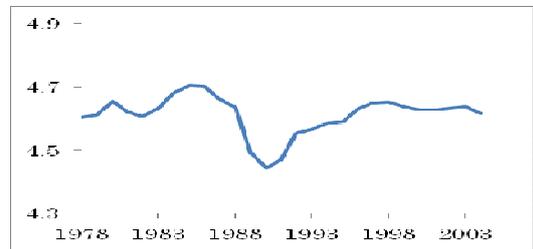


図4：第2次産業の TFP 指数(対数値)の変動
出所：図3と同一

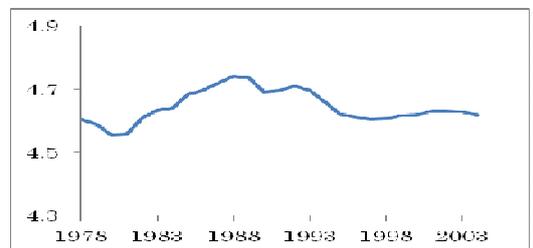


図5：第3次産業の TFP 指数(対数値)の変動
出所：図3と同一

また、同様のモデルを用いて中国の産業レベルの TFP 分析も行った。図3から図5の各図では、1978年～2004年の期間における中

国の産業別 TFP 指数の時間的推移が描かれている（詳細については「5. 主な発表論文等」の雑誌論文③、⑧を参照）。

(4) 時系列分析の方法に関する研究

ベイズ的な生産関数モデル構築の研究との関連で、我々は、循環変動成分を含む時系列の季節調整モデル推定法、一括推移の状態空間モデルとそれに付随した状態推定法および2方向フィルタによる粒子平滑化法の研究にも従事した。

これらは、既存アプローチにおけるいくつかの問題点を克服した先駆的取り組みであり、経済成長の実証研究および経済統計の方法論の発展に貢献するものといえる（詳細については「5. 主な発表論文等」の雑誌論文④、⑤、⑥を参照）。

(5) 日本の失業動向に関する統計分析

経済成長の実証分析においては、生産要素としての労働力が効率的に活用されているかどうかを把握しておくことも重要である。周知のように、失業率は労働力の効率的活用度を測る代表的尺度であり、失業率が高い場合は人的資源利用上の非効率が生じているとみなせる。ただし、一口に失業と言っても種々のタイプの失業があり、たとえば、形態によって摩擦的・構造的失業と需要不足失業に大別できる。

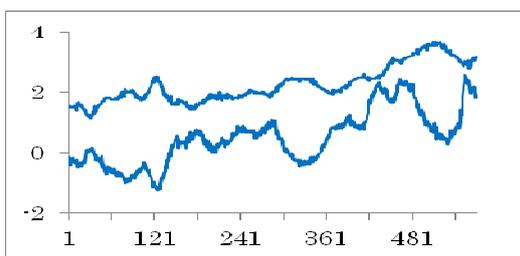


図6：日本の摩擦的・構造的失業率（上部の折れ線）と需要不足失業率（下部の折れ線）の推移（1963年5月～2010年10月の月次数値）

出所：「5. 主な発表論文等」の雑誌論文②の結果に基づき筆者が作成

失業率の要因分解にはU-V分析の手法がよく利用されている。ただし、先行研究の多くは定数パラメータのモデルを扱っており、動学的分析の試みは非常に少ない。本研究では、時間変動パラメータをもつ動的マッチング関数のモデルを構築し、平滑化事前分布を利用したベイズ統計分析を行った。提案法により、全体の失業を摩擦的・構造的失業と需要不足失業に分解することができるだけでなく、失業と欠員のマッチングを促す労働市場

の効率性の動的特性が把握可能となる。図6は、日本の摩擦的・構造的失業率（上部の折れ線）と需要不足失業率（下部の折れ線）推定値から描かれたグラフである。図6より、摩擦的・構造的失業率と需要不足失業率がともに上昇傾向にあることが読み取れる。詳細については「5. 主な発表論文等」の雑誌論文②を参照）。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計12件）

- ① 野田英雄・姜興起、時変効率パラメータを持つCES生産関数のベイズ推定、『応用経済学：成長と政策』（坂上智哉他編）所収、査読有り、勁草書房、2012、167-185
- ② Kyo, K., H. Noda, and G. Kitagawa, Bayesian estimation of dynamic matching function for U-V analysis in Japan, in *Bayesian Inference and Maximum Entropy Methods in Science and Engineering (AIP Conf. Proc. 1443)*, 査読有り, American Institute of Physics, 2011, 354-361
- ③ Noda, H. and K. Kyo, Smoothness prior approach to capturing rapid changes in time-varying TFP and application to the Chinese economy, *Journal of Economic Research*, 査読あり, Vol.16, 2011, 127-146
- ④ Kyo, K. H. Noda, and G. Kitagawa, A batch sequential approach to state space modeling for trend estimation, *ICIC Express Letters: An International Journal of Research and Surveys*, 査読有り, Vol.5, 2011, 2479-2489
- ⑤ Kyo, K. and H. Noda, A new algorithm for estimating the parameters in seasonal adjustment models with a cyclical component, *ICIC Express Letters: An International Journal of Research and Surveys*, 査読有り, Vol.5, 2011, 1731-1737
- ⑥ 姜興起・野田英雄, AR成分付き季節調整モデルの推定に関する新しい試み, *Information*, 査読有り, Vol.14, 2011, 29-49
- ⑦ Noda, H. and K. Kyo, Bayesian analysis of the technical change in Japan, *Journal of Economic Policy Studies*, 査読有り, Vol.7, 2010, 2-5
- ⑧ Noda, H. and K. Kyo, Statistical analysis of the dynamic structure of China's economic sectors based on Bayesian modeling, *Information*, 査読有り, Vol.13, 2010, 923-939
- ⑨ Noda, H. and K. Kyo, Regional analysis of the Japanese economy based on Bayesian

modeling, *Transactions of the Institute of Systems, Control and Information Engineers*, 査読有り, Vol.23, 2010, 19-28

- ⑩ Noda, H. and K. Kyo, Bayesian estimation of the CES production function with a time-varying efficiency parameter, *The Empirical Economics Letters*, 査読有り, Vol.8, 2009, 949-960
- ⑪ Noda, H. and K. Kyo, Bayesian methods for TFP analysis of a multi-region economy with dynamic structure and application to Japan, 査読有り, *Journal of Economic Research*, Vol.14, 2009, 151-195
- ⑫ Noda, H., Patent duration, innovative performance, and technology diffusion, *Information*, 査読有り, Vol.12, 2009, 71-86

[学会発表] (計 11 件)

- ① 姜興起・野田英雄・北川源四郎, 動的U-V分析のベイズ的方法とその応用, 2011年度統計関連学会連合大会, 2011年9月6日, 九州大学, 福岡
- ② 姜興起・野田英雄・北川源四郎, Bayesian estimation of dynamic matching function for U-V analysis in Japan, The 31st International workshop on Bayesian Inference and Maximum Entropy Methods in Scientific and Engineering, 2011年7月12日, University of Waterloo, Waterloo, Canada
- ③ 野田英雄・姜興起, Bayesian estimation of the CES production function with labor- and capital-augmenting technical change, 日本経済政策学会第68回全国大会, 2011年5月28日, 駒澤大学, 東京
- ④ 野田英雄・姜興起・北川源四郎, A batch sequential approach to state space modeling for trend estimation, The Fourth International Symposium on Intelligent Information, 2011年5月2日, Qingdao University, Qingdao, China
- ⑤ 姜興起・野田英雄, A new algorithm for estimating the parameters in seasonal adjustment models with a cyclical component, The 5th International Conference on Innovative Computing, Information and Control, 2010年12月21日, Xi'an Hotel, Xi'an, China
- ⑥ 野田英雄・姜興起, Bayesian analysis of the technical change based on CES production functions, The 2nd European Asian Economics, Finance, Econometrics and Accounting Conference, 2010年9月10日, Park Plaza Science Beijing Hotel, Beijing, China

- ⑦ 姜興起・野田英雄, AR成分付き季節調整モデルのパラメータ推定について, 2010年度統計関連学会連合大会, 2010年9月6日, 早稲田大学, 東京
- ⑧ 野田英雄・姜興起, 経済時系列における循環変動の推定法の提案, 日本応用経済学会 2010年度春季大会, 2010年6月19日, 西南学院大学, 福岡
- ⑨ 野田英雄・姜興起, Bayesian methods for TFP analysis via dynamic production function with applications to China and Taiwan, The 3rd ACE International Conference, 2009年12月14日, City University of Hong Kong, Hong Kong, China
- ⑩ 野田英雄・姜興起, Bayesian analysis of sources of sectoral growth in post-reform China, The 5th International Conference on Information, 2009年11月8日, 京都大学, 京都
- ⑪ 野田英雄・姜興起, Sources of economic growth in Japan and the United States, 日本経済政策学会, 2009年5月30日, 東北学院大学, 仙台

[図書] (計 1 件)

- ① 姜興起, 共立出版, ベイズ統計データ解析, 2010, 234

6. 研究組織

(1) 研究代表者

姜興起 (KYO KOKI)
帯広畜産大学・畜産学部・教授
研究者番号: 70254662

(2) 研究分担者

野田英雄 (NODA HIDEO)
山形大学・人文学部・准教授
研究者番号: 90347724