

令和 3 年 6 月 9 日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K03709

研究課題名(和文) バンドスペクトラル回帰分析を用いた為替レートと実体経済変数の関係に関する研究

研究課題名(英文) A Study on the Relationship between Foreign Exchange Rates and Macroeconomy with Band Spectral Regression

研究代表者

和田 龍磨 (WADA, Tatsuma)

慶應義塾大学・総合政策学部(藤沢)・教授

研究者番号：20756580

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)：為替レートと実体経済が緊密な関係を持っているのかという問題について、特に将来為替レート予測という観点から周波数領域での回帰分析であるバンドスペクトラル回帰を用いて、特定の周期あるいは期間における為替レートと実体経済の関係を探った。バンドスペクトラル回帰を用いた場合には、特にビジネスサイクル周波数帯といわれる周波数帯が予測においては非常に重要であること、そして6か月以上先の予測においては、実体経済の変数を多く取り込んだテイラールールを考慮したモデルよりも、購買力平価に基づくモデルが、ベンチマークモデルであるランダムウォークモデルよりも将来為替レートの予測精度が統計的に有意に高いことが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

為替レートが予測可能であるかという古くからある問題について、特定の周期で、特定のモデルであればベンチマークモデルよりも優れた予測が可能であるという点を本研究の意義があると考えられる。特に統計的に有意に優れた予測であるかについてはブートストラップ法に基づく検定によって厳密に行われており、予測をさらに高めるためにベイズモデル平均法による予測を行うことで、重要な周波数帯を探り、またLASSOを援用することで周波数について何らの事前知識なしに予測に有効な周波数を探ることを行った点に本研究の特徴がある。

研究成果の概要(英文)：I investigate whether foreign exchange rates have a significant relationship with macroeconomic variables. In particular, I look at the predictability of foreign exchange rates using the frequency domain and band spectral regression to see whether such a relationship exists. I find that utilizing the business cycle frequencies improves the forecasting power of the forecasting models. When the exchange rate of 6 or more months ahead is considered, a model based on purchasing power parity (PPP) outperforms the so-called Taylor rule based model. The PPP based model provides smaller forecasting errors than does the benchmark, random walk model. Such differences in the forecasting errors are found to be statistically significant.

研究分野：計量経済学、国際経済学

キーワード：バンドスペクトラル回帰 周波数領域 為替レート予測 LASSO

1. 研究開始当初の背景

為替レートとマクロ変数は、購買力平価や金利平価を基にした標準的なモデルが説明するような強い結びつきを持つのであろうか。もしそうであれば、関係する変数を使って将来為替レートを予測することが可能になるはずである。しかしながら、近年の研究の示すところはそのような為替レートとマクロ変数間との関係は概して希薄であり、それゆえに予測も難しいということである。

例えば、Obstfeld and Rogoff (2001)によって詳述された、国際マクロ経済学における6つのパズルのうちの一つである「為替レートと実体経済との断絶」として述べられており、より具体的には、実体経済のファンダメンタルであってマクロ変数である国内総生産および貨幣供給量が、実際には為替レートとの関連が希薄であるというものである。Obstfeld and Rogoff (2001)以外にも多くの研究によって示唆されている。この希薄な関係に基づけば、Meese and Rogoff (1983)のいう、ファンダメンタルによるモデルが、理論モデルとは全く関係のないランダムウォークモデルに将来為替レート予測という点で劣るという事実や Flood and Rose (1995)の指摘する、為替レートの標本分散に比べてファンダメンタルの標本分散が極めて低いという事実は当然の帰結といえる。

しかし、このような希薄な関係、あるいは為替レートと実体経済との断絶は、計測方法を変えても観察できることなのであろうか。ここでの観測方法とは、主に観測期間に関わるものであり、長期間にわたるデータの全般に対して為替レートとマクロ変数の関係の有無を見るのか、あるいはデータの特定の部分に対してであればそのような関係があると言えるのか、といった問題である。より具体的な例として Evans (2011)の主張を敷衍すれば、観測間隔が1年を超えるもの、すなわち長期には必ずしも断絶があるとは言えないので、どのくらいの観測期間であれば断絶がなくなる、あるいは最も少なくなるのであろうか、また、一般に言われる超長期、長期、中期の定義(具体的な期間)はどのようにしたらいいのであろうか、という疑問がある。そのため、本研究計画ではそのような、観測期間による為替レートとマクロ変数の関係を追究することとした。なお、この研究でいう関係とは、回帰分析で推定されるパラメーターが統計的に有意に0となるかという標本内での有意な関係とともに、モデルの実用性という観点から、ファンダメンタルズとされるマクロ変数を用いたモデルの方が、しばしばベンチマークとされるランダムウォークモデルよりも標本外予測精度が高いかという予測問題によっても評価する必要があると考えられる。ここではこれまでの研究同様、予測誤差分散の大小によって予測精度を評価するのであるが、例えば、近年の研究において Molodtsova and Papell (2009)は、中央銀行の金融政策も考慮に入れ、いわゆるテイラールールを仮定して場合には将来為替レートの予測制度が有意に向上することを示した。この点についても観測期間に注目して検証すべきと考えられる。

参考文献

- ・ Evans, M.D.D. (2011) *Exchange Rate Dynamics*, Princeton University Press.
- ・ Meese, R.A., and K. Rogoff (1983) “Empirical Exchange Rate Models of the Seventies: Do They Fit Out of Sample?” *Journal of International Economics* 14 (1-2) 3-24.
- ・ Molodtsova, T. and D.H. Papell (2009) “Out-of-Sample Exchange Rate Predictability with Taylor Rule Fundamentals,” *Journal of International Economics* 77, 167-180.
- ・ Obstfeld, M. and K. Rogoff (2001) “The Six Major Puzzles in International Macroeconomics: Is There a Common Cause?” *NBER Macroeconomics Annual* 15 339-412.

2. 研究の目的

変数間との関係を定量的に明らかにするためには回帰分析が適しているが、本研究計画では観測期間の重要性ということから、通常的时间領域ではなく、周波数領域における回帰分析である、バンドスペクトラル回帰を用いることとした。バンドスペクトラル回帰分析は、時系列データを周波数(周期性)成分ごとに回帰分析を行うことにより、特定の周波数成分のみによる回帰分析が可能となる。さらに、Corbae et al. (2002)で明らかにされたように、バンドスペクトラル回帰はデータが非定常であっても適用でき、推定量の統計的・漸近的性質も明らかになっているために統計的検定を行うことが可能であるゆえに本研究には非常に有効である。つまり、このバンドスペクトラル回帰を用いることによって為替レートとマクロ変数の間に有意な関係が生じる期間を明らかにできるのである。一方で、問題として残るのは、バンドスペクトラル回帰においては使用する周波数帯の決定は回帰分析を行う前に行う必要があり、本研究では周波数帯をどのようにして決めるのかについて明らかにすることも目的の1つである。

さらに、特定の周波数帯において為替レートと実体経済の断絶がないとすれば、その回帰分析の結果を時間領域に戻すことによって通常の時間領域での将来値の予測に使用することができるはずであるが、そのようにして計算された予測の精度が、Meese and Rogoff (1983)以来、先行研究でしばしばベンチマークとして用いられるランダムウォークモデルの予測精度よりも有意に優れているかを検定することも本研究の目的である。さらに、ここでいう有意に優れているかの検定には帰無仮説の下での検定統計量の分布を知らねばならず、この分布を求めることも本研究の目的の1つである。

従って、本研究ではこれまでに先行研究を通じて提唱されてきた複数の為替レートモデルのそれぞれについて、複数の異なる周波数帯におけるバンドスペクトラル回帰を行うことによって為替レート予測を行うことにより、どのようなマクロ変数が、いかなる観測期間であれば将来為替レートを予測するという意味において為替レートと密接に関わっているか、すなわち為替レートと実体経済の断絶が消滅するのかについて明らかにすることを目的とするとともに、予測精度が優れるか否かを厳密に統計的に検定するための方法を明らかにすることも目的とする。

参考文献

・ Corbae, D., S. Ouliaris, and P.C.B. Phillips (2002) "Band Spectrum Regression with Trending Data," *Econometrica* 70 (3) 1067-1109.

3. 研究の方法

あらかじめ指定した周波数帯を用いて、モデルに対してバンドスペクトラル回帰を行った。本研究で用いるモデルは、為替レートを従属変数として、購買力平価に基づくもの（為替レートが関係する2国の対数物価水準の差）、マネタリーアプローチに基づくもの（為替レートが関係する2国の対数マネーサプライの差及び対数GDPの差）及びテイラールールに基づくもの（購買力平価モデルに用いる変数に加え、為替レートが関係する2国のインフレーション率の差及びアウトプットギャップの差）である。これらのモデルに現れるすべての変数が実体経済の変数とはみなされないものの、それらは実体経済のファンダメンタルであり、またはマクロレベルでは重要な変数である。データとの整合については、においてマネーサプライという変数にM0あるいはM1と呼ばれるマネタリーアグリゲートデータのうち、いずれを使うべきか、またのモデルにおいてはアウトプットギャップを直接観察することは不可能であるので、観測可能なGDPデータに何らかの加工を施して推定する必要があるが、これをどのように行うかという問題がある。実際にはマネーサプライデータについては、M0とM1のいずれも使用し、結果を比較することにし、アウトプットギャップについても先行研究にならい、ホドリック・プレスカットフィルターによって推定したもの、時間に関する1次関数によってGDPのトレンドを除去したもの、時間に関する2次関数によってGDPのトレンドを除去したものの3つを用いることとした。これらのモデルを周波数領域に変換した上で回帰分析を行うが、これはCorbae et al. (2002)の方法に従った。

為替レートのデータはブレトンウッズ体制が崩壊して固定相場制から変動相場制に移行した直後である1973年3月以降の月次データを使用し、為替レートとしてはカナダ、日本、イギリス、スイス、オーストラリアの各通貨の対米ドルのデータを用いた。

バンドスペクトラル回帰を行う前に決定しておく周波数帯としては、大まかに低周波、高周波、中周波と分け、さらにマクロ経済学においては伝統的にとりわけ重要とみなされてきた、ビジネスサイクル周波数帯を考慮した。また、本研究では予測精度を問題としていることと、バンドスペクトラル回帰は、それが行われる周波数ごとに異なるモデルとみなされることから、Fernandez et al. (2001)のいう、ベイズモデル平均法を用いて予測を行うことを試みた。すなわち、異なる周波数帯ごとのバンドスペクトラル回帰に基づく予測値を、何らかのウェイトで加重平均を取ったものを予測値とした方が、ある特定の周波数帯のバンドスペクトラル回帰から求められる予測値よりも予測精度が高くなる可能性があるため、そのようなベイズモデル平均法を用いることにした。この理由は、もしもベイズモデル平均法によって求められた予測値の予測精度が高い場合には、そのような予測をもたらす上で最も高いウェイトを占める周波数帯が、予測において重要だとわかるはずだからである。このようにして、本研究の目的の1つである、予測という点において為替レートとマクロ変数の乖離を最も少なくする周波数帯、あるいは観測期間を明らかにするということが可能になるはずである。

予測において重要な周波数帯ということについては、ベイズモデル平均法からさらに踏み込んで、Tibshirani, R.J. (1996)によって広く知られることとなったLASSOを用いることとした。この理由は以下のようなものである。バンドスペクトラル回帰式を変形すると、未知のパラメータである係数と周波数を選択する、1および0からなる行列が1つの未知のベクトルとして表現でき、LASSOにおけるハイパーパラメータを変化させることでこの未知ベクトルのうちのいくつかは0と推定されるため、予測精度を最も高くするようなハイパーパラメータを選択すればそこで0と推定される周波数が判明し、それらは高精度の予測に不要な周波数ということが判明するはずである。LASSOを用いることにより、このようにしてあらかじめ必要と思われる

周波数帯を全く仮定することなく、予測精度を高める周波数を得ることができるのである。

参考文献

・ Fernández, C., E. Ley, and M.F.J. Steel (2001) “Benchmark Priors for Bayesian Model Averaging,” *Journal of Econometrics* 100 (2001) 381-427.

・ Tibshirani, R.J. (1996) “Regression Shrinkage and Selection via the Lasso,” *Journal of the Royal Statistical Society Series B*, (58) 267-288.

4. 研究成果

本研究を通じて、将来為替レート予測においてバンドスペクトラル回帰が非常に有効であること、とりわけビジネスサイクル周波数帯において有効であることが分かった。また、モデル選択に関しては先行研究の示す通り、1期先予測の場合にはテイラールールに基づくモデルの予測精度が高いことが分かった。ところが、6か月先以上の予測にはテイラールールではなく、購買力平価に基づくモデルの予測のうち、特にビジネスサイクル周波数帯を用いたものの予測精度が高くなった。このことは、購買力平価は長期でのみ成り立つという、経済学でしばしば用いられる仮定と整合的である。なお予測精度については、ベンチマークモデルであるランダムウォークモデルによる予測誤差分散と各モデルの予測誤差分散の比を検定統計量としたが、この漸近分布については複雑であると想定されるものの、検定として使用する際にはより実際の分布に近いと思われる検定である、Clark and McCracken (2012)によるブートストラップ法に基づく検定を行い、ベンチマークの予測よりも有意に予測精度が優れているかを確認した。6か月以上先の為替レート予測の問題については、購買力平価に基づくモデルで、特にビジネスサイクル周波数帯でバンドスペクトラル回帰を用いた場合にはランダムウォークモデルによる予測に比べて有意に優れた予測が得られた。

ベイズモデル平均法による予測においても、長期予測においては購買力平価に基づくモデルが優れており、とりわけビジネスサイクル周波数帯の重要性が示された。

LASSOを用いることで予測精度を高める周波数の検出については計算量が非常に多くなり、このため多くの計算時間を費やしたが、これは予測精度を最も高めるハイパーパラメータの検索をするために、ハイパーパラメータをグリッドサーチの要領で動かしながら予測精度を測定しなくてはならないからである。LASSOの有効性は確認することができ、そこでも購買力平価に基づくモデルの有効性が確認できた一方、予測に重要となる周波数については概してビジネスサイクル周波数帯であると言えるものの、推定誤差を考慮した信頼区間を含めた推定については今後の課題といえる。

本研究の成果は論文”Out-of-Sample Forecasting of Foreign Exchange Rates: The Band Spectral Regression and LASSO”としてまとめ、Econometric Society World Congressなどの国際学会等で発表を行った。その過程で出されたコメントなどを基に、なぜバンドスペクトラル回帰が予測精度を向上しうるのかを理論的に証明できたことも本研究の成果の1つである。

参考文献

・ Clark, T. E. and M.W. McCracken (2012) “Reality Checks and Comparisons of Nested Predictive Models,” *Journal of Business and Economic Statistics* 30 (1), 53-66.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ito Mikio, Noda Akihiko, Wada Tatsuma	4. 巻 9
2. 論文標題 Time-Varying Comovement of Foreign Exchange Markets: A GLS-Based Time-Varying Model Approach	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Mathematics	6. 最初と最後の頁 849 ~ 849
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/math9080849	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 4件/うち国際学会 9件）

1. 発表者名 Tatsuma Wada
2. 発表標題 Out-of-Sample Forecasting of Foreign Exchange Rates: The Band Spectral Regression and LASSO
3. 学会等名 Canadian Econometrics Study Group（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsuma Wada
2. 発表標題 Out-of-Sample Forecasting of Foreign Exchange Rates: The Band Spectral Regression and LASSO
3. 学会等名 Western Economic Association International Annual Meeting（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsuma Wada
2. 発表標題 An Alternative Estimation Method for Time-Varying Parameter Models
3. 学会等名 Wayne State University Department of Mathematics（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tatsuma Wada
2. 発表標題 The Band Spectral Regression and Exchange Rate Puzzles
3. 学会等名 93rd Annual Conference of the Western Economic Association International (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tatsuma Wada
2. 発表標題 Out-of-Sample Forecasting of Foreign Exchange Rates: The Band Spectral Regression and LASSO
3. 学会等名 慶應義塾大学経済学部計量経済学ワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tatsuma Wada
2. 発表標題 An Alternative Estimation Method for Time-Varying Parameter Models
3. 学会等名 2nd International Conference on Econometrics and Statistics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tatsuma Wada
2. 発表標題 Out-of-Sample Forecasting of Foreign Exchange Rates: The Band Spectral Regression and LASSO
3. 学会等名 Boston University 2019 Pi-day Econometrics Conference in Honor of Pierre Perron (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsuma Wada
2. 発表標題 Out-of-Sample Forecasting of Foreign Exchange Rates: The Band Spectral Regression and LASSO
3. 学会等名 The 27th Annual Symposium of the Society for Nonlinear Dynamics and Econometrics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsuma Wada
2. 発表標題 An Alternative Estimation Method for Time-Varying Parameter Models
3. 学会等名 Macro Reading Group Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tatsuma Wada
2. 発表標題 Out-of-Sample Forecasting of Foreign Exchange Rates: The Band Spectral Regression and LASSO
3. 学会等名 Econometric Society/Bocconi University World Congress 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tatsuma Wada
2. 発表標題 Out-of-Sample Forecasting of Foreign Exchange Rates: The Band Spectral Regression and LASSO
3. 学会等名 28th Symposium of the Society for Nonlinear Dynamics and Econometrics (国際学会)
4. 発表年 2020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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------