

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 5 日現在

機関番号：12613

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K17089

研究課題名（和文）クラスタ点過程モデルを用いた高頻度外国為替取引の流動性の研究

研究課題名（英文）An empirical study on foreign exchange market liquidity using cluster point process

研究代表者

横内 大介 (Yokouchi, Daisuke)

一橋大学・大学院国際企業戦略研究科・准教授

研究者番号：50407144

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、為替取引のレジームが価格形成に及ぼす影響をティックデータを用いて調べることにある。我々は為替取引に見られるレジームを恣意性なしに正確に取り出すために、多様な為替取引の状態に対して柔軟な表現が可能なマーク付クラスタ点過程モデルを一般化逆ガウス分布と一般化双曲型分布を用いて新たに構築した。その点過程モデルを外国為替取引のティックデータに適用したところ、従来の研究で言われるような取引量の多寡と価格変化の間には明確な相関関係が現れていないことが分かった。

研究成果の概要（英文）：The aim of our study is to investigate relations between foreign exchange market regimes and pricing mechanism of foreign exchange rate by using a large amount of tick data. In order to extract regimes rigorously from tick data without arbitrariness, we proposed a new model of cluster marked point process based on generalized inverse Gaussian distribution and generalized hyperbolic distribution for describing regimes which appear in foreign exchange trades. By fitting our model to tick data of foreign exchange rate, we showed that tick data have little relations between trading volume and variation of exchange rate which previous studies proved by empirical analyses using daily data aggregating tick data.

研究分野：データサイエンス

キーワード：クラスタ点過程モデル 外国為替取引 流動性 一般化逆ガウス分布 一般化双曲型分布 チックデータ

1. 研究開始当初の背景

Evans, M. and R. Lyons(1999) は、日次為替収益率データの分析を通じて、為替の価格形成が対象国間の金利差の変化よりも、成約した為替取引量(注文フロー)に依存していることを示している。また、Kozhan, R. et al.(2014)は、Evans, M. and R. Lyons(1999)を改良して、成り行き注文と指値注文の両方の影響の下で価格を形成するようモデルを拡張しつつ、データ分析を行っている。

以上の分析で使われたモデルはどれも、(一定の前提条件のもとで)為替の変動をネットの注文フローの変動の上に回帰するいわゆる線形回帰モデルである。たとえば Mancini, L. et al.(2013) は、価格インパクト(取引量に対し価格の変動)、価格のリターンリバーサル、ASK-BID の差、約定価格と ASK-BID の中間値の差、価格ディスパージョン、の5つの側面から為替の流動性を調べた。そして、それらを主成分分析によって合成し流動性指標を構成した。さらには、これらの結果を応用し、株式の流動性と commonality や、対ドル通貨のキャリートレード超過リターンの流動性と対ドル金利差との関係を調べている。この分析で使われたモデルは、(一定の前提条件のもとで)為替の変動をネットの注文フローの変動の上に回帰するいわゆる線形回帰モデルである。ネットの注文フローを分次で集計した1日分のデータを用意し、分次の為替収益率をその上に回帰することで日次の流動性指標を回帰モデルの係数として取得している。しかしながら、これらの分析ではなぜかドル売注文の量や円買い注文の量といったグロスの売買取引量が一切使われていない。本来、為替の流動性は、取引の活況度合いであるグロス取引量と密接に関わる概念であるが、先行研究ではネットの取引量に変換しているため、活況の度合いの情報は大きく損なわれている。先行研究でもネット取引量の計算に必要なグロス取引量のデータは手に入れたであろうが、あえて説明変数に組み込まなかったということは、単純な線形回帰モデルではとらえきれない非線形性がそこに潜んでいるのではないかと想像できる。この疑問が本研究を開始する1つの契機となっている。

参考文献:

[1] Evans, M., and R. Lyons, "Order Flow And Exchange Rate Dynamics," *Journal of Political Economy*, 2002, v110(1, Feb), 170-180.

[2] Kozhan, R., M. Moore and R. Payne, "Market Order Flows, Limit Order Flows and Exchange Rate Dynamics" (February 28, 2014). Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=2403000> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2403000>

[3] Mancini, L., A. Ranaldo and J. Wrampelmeyer, "Liquidity in the Foreign Exchange Market: Measurement, Commonality, and Risk Premiums," *Journal of Finance*, American Finance Association, vol. 68(5), pages 1805-1841, October, 2013.

[4] Shibata, R., "Modelling FX new bid prices as a clustered marked point process", *Proceedings in Computational Statistics 2006*, Ed. Alfredo Rizzi and Maurizio Vichi, 1565-1572, 2006, Physica-Verlag, Heidelberg.

2. 研究の目的

研究代表者は、為替取引中にはいくつかのレジームが存在し、その中で為替レートと取引量の関係はそれぞれ変化すると予想した。そうであれば、為替の価格形成に対するグロスの取引量の影響が各レジームごとに異なっているので、先行研究のような1つの線形モデルの枠組みの中では、グロスの取引量は有意なファクター(変量)とはなりにくい。実際、Shibata, R. (2006)の分析では、日中の為替の取引頻度には大きな濃淡が存在することが統計的に示されているので、レジームの存在自体はほぼ明らかである。その意味でも、このような為替の取引状態の変化を無視した先行研究の流動性や価格形成メカニズムの説明は、まだ発展途上の理論だと言える。以上のことから、本研究では、日内の取引状態の変化を統計的に検出することを試み、その各レジームにおいて先行研究の再検証を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

(1) テラバイト級のデータが操作できる計算機環境、ネットワーク環境を構築した。高頻度データはテラバイト級のサイズになることも珍しくないため、そのような大規模データが十分操作できる計算機環境を整えた。商用 OS やソフトウェアを利用するとコストが高いため、フリーにディストリビューションされている OS やソフトウェアを活用した。具体的にはフリーの Linux OS である CentOS が動作するアーキテクチャのサーバシステムを用意し、フリーで利用可能な PostgreSQL および MySQL の2つのリレーショナルデータベースシステムが動作する環境を整えた。

(2) EBS の外国為替の高頻度データを入手し、リレーショナルデータベースシステムを用いて SQL と JDBC で操作可能なデータベースを構築した。データ分析の基本的な作業はフリーの統計解析環境である R の上ですべて行うので、RODBC や RJDBC などを利用してデー

データベースからRに対して直接データがインポートできるような計算機環境を構築した。また、高速なデータ処理が必要な計算や大きなデータを直接ハンドリングする必要のある計算は、計算スピードの遅いスクリプト言語を用いずに、コンパイラ言語であるJava言語を用いてプログラムを作成した。

(3) 先行研究であるShibata(2006)のクラスタ点過程モデルでは、為替の取引価格は単純なブラウン運動、取引発生間隔は指数分布に従う仮定を用いていた。そのため、対数価格差はラプラス分布に従うことになっていた。我々はこのマーク付定常ポアソン過程をより一般化し、多様なレジームを表現できるマーク付クラスタ点過程モデルの構築を目指した。そして、構築した新しいクラスタ点過程モデルをEBSの0.1秒単位のチックデータに当てはめ、より柔軟に外国為替取引の状態(レジーム)の検出を行った。

(4) 抽出した各レジームごとにデータを分割し、先行研究のフレームワークの中でデータ分析を行い、先行研究で提案されている理論の再検証を行った。特に各分析では、クロス取引量に関する変数(ファクター)を取り入れ、相場の方向性と流動性の関係について考察した。そして、我々の考察の妥当性を検証するために、専門家の多く集う学会での学会発表や専門雑誌への論文の投稿を行った。

4. 研究成果

(1) Shibata(2006)で用いられているラプラス分布をマークとした定常ポアソン過程を非定常な点過程へ拡張した。具体的には発生間隔を指数分布から一般化逆ガウス分布へ、対数価格差が従う分布をラプラス分布から一般化双曲型分布へそれぞれ拡張することでShibata(2006)のモデルを特殊例として含むより一般化したクラスタ点過程モデルの構築ができた。この新しいモデルを実際のチックデータに当てはめたところ、従来のモデルではうまくあてはまっていなかった激しい価格変化がある相場のデータに対しても、本モデルではよいフィッティング結果を示した。この研究の成果は国内の学術雑誌に掲載された。

(2) 構築した新たなクラスタ点過程モデルをチックデータに当てはめることにより各レジームをクラスタとして検出し、各クラスタごとに先行研究の再検証を行った。特に先行研究で言われているような為替の取引量と取引価格の変化量との相関関係を詳しく調査した。その結果、クロス量ではもちろんのこと、先行研究では有意であったネット量の場合でも、多くのクラスタで両者の間に明確な相関が存在しないことが明らかとなった。この結果の違いは、先行研究と本研究

のデータの加工の仕方に基因すると考えられる。先行研究ではチックデータを等しい時間間隔(1分足)の時系列データに変換した上で、日次の指標に集約している。そのため、チックデータが持つ個別取引の情報や発生頻度の情報は大きく損なわれている。一方、本研究ではチックデータを一切加工することなく分析に用いているので、ある種の板情報がそのままデータ分析に反映している。その結果、取引量がそれほど多くないにもかかわらず大きな価格変化が起きている取引や、逆に取引量が多いにもかかわらずあまり価格変化していない取引の存在が明らかになり、これらの取引の存在が、従来から言われている取引量と価格変化の相関を打ち消したと思われる。この調査結果は、当初の我々の予想とは大きく異なるものであり、現在、専門的な雑誌に投稿すべく論文としてとりまとめているところである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

佐久間 吉行, 横内 大介, 外国為替取引におけるクラスタ現象のモデル化, 日本金融・証券計量・工学学会編「リスク管理・保険とヘッジ(ジャフィー・ジャーナル・金融工学と市場計量分析)」朝倉書店(図書所収論文), 査読あり, 158-182

〔学会発表〕(計8件)

横内 大介, データサイエンス実践の支援環境 TRAD, 統計関連学会連合大会, 2016年9月7日, 金沢大学(石川県、金沢市)

青木 義充, 大槻 健太郎, 佐久間 吉行, 横内大介, 約定時の情報を考慮した為替取引 tick データのモデル, 統計関連学会連合大会, 2016年9月7日, 金沢大学(石川県、金沢市)

大槻 健太郎, 青木 義充, 横内 大介, 大規模中古車オークションデータを用いた国内中古車取引動向の分析, 統計関連学会連合大会, 2016年9月5日, 金沢大学(石川県、金沢市)

下平 祥貴, 青木 義充, 横内 大介, 権利存続期間から推定する特許戦略の合理性と企業価値の評価, 日本知財学会, 2015年12月5日, 東京大学(東京都、文京区)

佐久間 吉行, 横内 大介, クラスタ分類手法を用いた為替 Tick データのモデリング, 統計学会連合大会, 2015年9月8日, 岡山大学(岡山県、岡山市)

大槻 健太郎, 青木 義充, 横内 大介,

高頻度取引市場における取引発生強度の変化点検出手法の比較，統計学会連合大会，2015年9月9日，岡山大学（岡山県、岡山市）

柴田 里程，横内 大介，データサイエンス実践の統合支援環境 TRAD，統計学会連合大会，2015年9月9日，岡山大学（岡山県、岡山市）

大槻 健太郎，青木 義充，横内 大介，呼値単位の適正化が高頻度取引の発生強度に与える影響，日本金融・証券計量・工学学会，2015年8月8日，中央大学（東京都、新宿区）

〔図書〕（計1件）

横内大介，青木義充，イメージでわかる機械学習，技術評論社，2017，198

6. 研究組織

(1) 研究代表者

横内 大介 (YOKOUCHI, Daisuke)
一橋大学・大学院国際企業戦略研究科・准教授
研究者番号：50407144

(2) 研究協力者

青木 義充 (AOKI, Yoshimitsu)
株式会社 QUICK

大槻 健太郎 (OHTSUKI, Kentaro)
株式会社 QUICK

佐久間 吉行 (SAKUMA, Yoshiyuki)
一橋大学・大学院国際企業戦略研究科
後期博士課程