

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	外国為替市場の状態変化の計測とモデル化
Title(English)	
著者(和文)	由良嘉啓
Author(English)	Yoshihiro Yura
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9743号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:高安 美佐子,寺野 隆雄,出口 弘,新田 克己,樺島 祥介,小野 功
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9743号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	知能システム科学	専攻	申請学位（専攻分野）： 博士 Academic Degree Requested	（ 理学 ） Doctor of
学生氏名： Student's Name	由良嘉啓		指導教員（主）： Academic Advisor(main)	高安美佐子
			指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文「外国為替市場の状態変化の計測とモデル化」は、結論を含む6章から成る。

第1章「導入」では、外国為替市場の研究の背景、現在の外国為替市場を取り巻く環境、使用した電子取引市場 EBS の外国為替レート変動および注文情報データについてまとめた。アルゴリズム取引とよばれるあらかじめ定義しておいたアルゴリズムに従って注文の発注を行う手法の増加から、高頻度データを解析する必要性について述べた。

第2章「価格変動に関する金融市場の先行研究とその解析方法」では、金融市場に関する先行研究である価格時系列の性質とそのモデル化についてレビューしており、第3章、第4章、第5章の研究の土台となっている。

第3章「連検定を用いた価格変動の符号相関」では、為替レートのティックレベルの変動を連検定により定量化し、レートの変化に異符号が出やすい状態、ランダムな状態、同符号が出やすい状態があることを確認した。また、これらの統計的な性質は、時間依存性があることを確認した上で、2008年の1週間の為替レート時系列の状態をエージェントモデルのシミュレーションにより再現することに成功した。ここでは、2つの仮説を導入している。1つは、過去の価格変動から将来を予測するエージェントが長い時間スケールの逆ばりから、短い時間スケールの順ばりへある時刻を境に変化させる状態である。もう1つは、将来の価格変動を、過去の短い時間スケールの変動の順ばりから予測するエージェントと、長い時間スケールにおける逆ばりから予測するエージェントが同時に混在する状態が考えられている。そのどちらの仮説を用いても、観測結果が再現できることを確認した。最後に、リアルタイムでのエージェントのパラメータ推定を考案する必要性が述べている。

第4章「粒子フィルタを用いた PUCK モデルのパラメータ逐次推定」では、第3章のエージェントモデルと対応関係のある時系列モデルのパラメータ推定を議論している。パラメータ推定に関して、最小二乗法など既存の手法を用いると、外乱により市場の状態が突発的に変化した場合、過去データに均一な重みを仮定して推定しているため、推定誤差が大きくなることが知られている。そこで、粒子フィルタのドライビングフォースを改良することにより、遠い過去の情報を忘却する効果を加えて問題を解決した。シミュレーションにおいて、構築したパラメータ推定モデルの性能を確認した後、東日本大震災時の為替レート時系列に適用している。その結果、10秒程度で市場の状態が安定から不安定に遷移することが確認され、市場の状態をより正確に推定することに成功した。最後に、価格時系列以外の情報を用いて、より高速に状態を推定する可能性について議論した。

第5章「外国為替市場におけるマイクロストラクチャーの数理モデル」では、価格時系列モデルよりも、短い時間スケールでの状態変化を検出するために、注文情報時系列を解析した。解析するにあたり、物理学におけるブラウン粒子が溶媒中を揺らぐ系とのアナロジーを導入した。それにより、外国為替市場における平均自由行程が定義でき、市場価格の変動と指値注文の揺らぎの間に揺動散逸関係が成り立つことを確認し、その性質を溶媒中の粒子の変動の確率微分方程式として知られるランジュバン方程式で記述した。さらに、同様のアナロジーに則り、主に流体力学で使用される系の離散性の強さを定量化するクヌッセン数を導入している。クヌッセン数は、流体力学において平均自由行程と特徴的な大きさの比率で定義されるが、市場データを用いて、その値を定義し、推定することに成功した。その結果、クヌッセン数が大きくなり注文情報の非対称性が顕著になったときに暴騰暴落が発生しやすい傾向を確認した。

第六章「結論」では、本研究を総括し、今後の展望を述べた。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： 知能システム科学 専攻
Department of
学生氏名： 由良嘉啓
Student's Name

申請学位(専攻分野)： 博士 (理学)
Academic Degree Requested Doctor of
指導教員(主)： 高安美佐子
Academic Advisor(main)
指導教員(副)：
Academic Advisor(sub)

要旨(英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

In this thesis, we focus on quantification of nontrivial directional motions in price time series of Foreign Exchange markets by using the data supplied by EBS (ICAP), and introduce mathematical models to replicate statistical properties observed in micro-, meso-, and macro-scales.

Firstly, we apply Runs Test for the price time series with various time-scales from tick-level to daily-level, and confirm that up-and-down statistics deviates significantly from purely random cases for time scales less than daily-level. For replication of this result, an agent-based model is introduced and we find that trend-followers and contrarians in different time scales are playing important roles.

Secondly, we apply Particle Filter for estimation of time-dependent parameters of PUCK model whose parameters are known to correspond to agents' strategy in the market. For the time series of USD/JPY on March 11, 2011, when the biggest earthquake hit Japan, we show that the state of the market drastically changed from stable to unstable in 10 seconds during the first quake.

Finally, for early detection of state changes of markets, high resolution order book information is analyzed based on the physical analogy of Brownian motion of a fine particle suspended in liquid molecules. We show that the order book has a layered structure, the inner and the outer layers, having quite different statistical properties. As a consequence of this finding we demonstrate that the market price dynamics is governed by Langevin equation like Brownian motion and we estimate the resistivity coefficient of the market by using a Fluctuation-Dissipation relation. We define a new quantity for characterization of market's continuity, Knudsen numbers of the market. We show that asymmetric Knudsen numbers are crucial for detection of asymmetric sudden price changes.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).