T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

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)	要約
Type(English)	Outline

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

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 章から成り，外国為替市場の状態を計測する方法についてミクロ，メゾスコピック，マクロなスケールからそれぞれ議論している．

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い注文の発注を行う取引手法の増加について触れている．また，昨今短時間で価格が暴騰暴落するフラッシュクラッシュが問題にされており，様々な金融市場で観測されており，その原因の究明のためにも高頻度データを解析する必要性について述べている．

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．特に 4 章で使用した時系列モデルに関してまとめている．

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．そこでは，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，数理モデル化した．実データを解析するにあたり，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た．また，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た．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，流動性の高い市場であるドル円市場やユーロドル市場においても，クヌッセン数が大きくなり離散性が強くなる状態を持つことがわかった．なお，ユーロ円市場に関してはその値は常に系を離散と連続に分割する閾値の周りを揺らぐことがわかった．最後に，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 6 章「結論」では，本研究を総括し，今後の展望を述べた．