

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24650148

研究課題名(和文)時間の相対化と新しい相関構造分析

研究課題名(英文)Relativization of time and a new correlation analysis

研究代表者

吉田 朋広 (Yoshida, Nakahiro)

東京大学・数理(科)学研究科(研究院)・教授

研究者番号：90210707

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：Lead-lag indexの統計的性質の解析とソフトウェアの整備，データ解析を行った．本研究はさらに，マイクロストラクチャーに対して，株価の微細構造やリミット・オーダー・ブックを含むモデリングを試みた．有限時間区間上で与えられた多変量点過程の強度過程が点過程および共変量の履歴に依存する点過程回帰モデルを考え，強度関数が大きくなる時の，最尤型推定量の極限定理を示した．Hawkes型の強度関数における交互作用の係数によってリード・ラグが捕らえられる．確率微分方程式のボラティリティにおける非線形回帰を表現する確率回帰モデルを有限時間高頻度離散観測下で定式化し，基礎モデルとなり得ることを示した．

研究成果の概要(英文)：Statistical properties, implementation and applications of the lead-lag index were investigated. For modeling of market microstructure applicable to the price model and the limit order book, a point process regression model was proposed and limit theorems of the maximum likelihood type estimator for the model were obtained. The lead-lag between two stochastic processes is captured by the coefficients of the Hawkes type intensity functions. A stochastic regression model was presented and it was shown that this model can be a basic model that expresses nonlinear relations at the volatility.

研究分野：統計科学

キーワード：統計数学 解析学

## 1. 研究開始当初の背景

高頻度観測での株価間の相関推定には Epps 効果が現れ、バイアスが生じることが知られており、その原因は観測の非同期性とマーケットマイクロストラクチャーであることが認識されている。一見自然と思われるデータの補完による同期は、共分散の推定バイアスを生じるが、この問題は非同期共分散推定法で解決された。いっぽう、マイクロストラクチャーを、エフィシアントプライスに加わるノイズと規定し、ノイズを除去し、同時に推定量の収束率を最適なものにする研究が行われていたが、マイクロストラクチャーの構造に踏み込んだ解析をしようとするとき、この設定を回避し、超高頻度データの性質にあったモデリングが必要となった。

時系列間のリーダー・フォロワー関係の計量が重要になっている。非同期共分散推定量 (HY 推定量) は時間の相対化を可能にするため、観測時間軸のずらしによるリード・ラグ推定量を構成し、一定の状況でその一致性を示すことができ、リード・ラグをマイクロストラクチャーと自然な形で統合できる統計的モデリングが求められていた。

非同期共分散推定量はノンパラメトリック推定量であるが、現象の予測やモデル選択を目的とするときは、諸量の共変動を介した非線形のパラメトリックな関係性を捉える推測論が必要になる。

## 2. 研究の目的

本研究では、時系列における相関構造を新しい統計技法によって解析する。非同期共分散推定法 (Hayashi and Yoshida, Bernoulli 2005) のアイデアで導かれる lead-lag index (Hoffmann, Rosenbaum and Yoshida, Bernoulli 2013) の実データへの適用と関連するソフトウェアの拡充を図る。

マイクロストラクチャーをノイズとしてではなく、その機構のモデリングを可能にする統計モデルの構成および解析法を与える。

伊藤過程のボラティリティを介した回帰分析を可能にする確率回帰モデルを提案し、有限時間高頻度離散観測における擬似最尤推定を構成する。有限時間非同期高頻度離散観測において、推定法を提案する。

## 3. 研究の方法

他の研究者との情報交換、文献調査、研究発表と議論を行う。ソフトウェア実装においては、関連した研究者と協力する。

## 4. 研究成果

U過程とは、HY推定量を基礎に、時系列間のリード・ラグを計量するために定義された確率場のことである。U過程を介し、企業や通貨間のリーダー・フォロワー関係を表現する lead-lag index を提案していたが、その統計的性質の解析とデータ解析のためのソフトウェアの整備、実データ解析を行った。

本研究はさらに、マイクロストラクチャーのモデリングの研究に進んだ。マイクロストラクチャーは従来、エフィシアントプライスがノイズによって汚染されるとの設定が多く、本研究ではマイクロストラクチャーをノイズと考えず、株価の微細構造やリミット・オーダー・ブックを含むモデリングを試みた。有限時間区間上で与えられた多変量点過程の強度過程が点過程および共変量の履歴に依存する点過程回帰モデルを考え、強度関数が大きくなるときの、最尤型推定量の極限定理を示した。統計は一般に非エルゴード的になる。Hawkes型の強度関数における交互作用の係数によってリード・ラグが捕らえられると考えられる。いわゆる擬似尤度解析の構成は次の課題である。

確率微分方程式のボラティリティにおける非線形回帰を表現する確率回帰モデルを有限時間高頻度離散観測下で定式化し、さらに有限時間非同期観測では解析がより複雑になるが、統計解析の可能性を示し、基礎モデルとなり得ることを示した。

## 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 4 件)

T. Ogihara and N. Yoshida:  
“Quasilikelihood analysis for nonsynchronously observed diffusion processes”, *Stochastic Processes and their Applications*, 124, no. 9 (2014) 2954-3008

A. Brouste, M. Fukasawa, H. Hino, S. Iacus, K. Kamatani, Y. Koike, H. Masuda, R. Nomura, T. Ogihara, Y. Shimizu, M. Uchida, N. Yoshida: “The YUIMA Project: A Computational Framework for Simulation and Inference of Stochastic Differential Equations”, *Journal of Statistical Software*, 57, no. 4 (2014) 1-51

M. Hoffmann, M. Rosenbaum and N. Yoshida: “Estimation of the lead-lag parameter from non-synchronous data”, *Bernoulli* 19, no. 2 (2013) 363-719

M. Uchida and N. Yoshida: “Quasi likelihood analysis of volatility and nondegeneracy of statistical random field”, *Stochastic Processes and their Applications*, 123, 7 (2013) 2851-2876

[学会発表](計 13 件)

Nakahiro Yoshida: On construction of quasi likelihood analysis for ultra high frequency data. *Statistics for Stochastic Processes and Analysis of High Frequency Data IV*, University Pierre and Marie Curie (Paris 6), France, 2015.3.23

Nakahiro Yoshida: Ultra high frequency data and statistical inference: back to the continuous time paradigm. *Asymptotical Statistics of Stochastic Processes X*, Universite du Maine, France, 2015.3.17

吉田 朋広: 超高頻度データと統計的漸近理論, 第9回日本統計学会春季集会, 明治大学 中野キャンパス(東京都・中野区中野), 2015.3.8

Nakahiro Yoshida: Estimation of point process regression models. 大規模統計モデリングと計算統計, 東京大学 駒場キャンパス(東京都・目黒区駒場), 2015.2.7

吉田 朋広: 高頻度データ解析における

高次極限定理. 2014 年度統計関連学会 連合大会, 東京大学 本郷キャンパス(東京都・文京区本郷), 2014.9.16

Nakahiro Yoshida: Volatility model selection. Dynstoch 2014, the University of Warwick, United Kingdom, 2014.9.11

Nakahiro Yoshida: Statistics of volatility: non-ergodic statistics and stochastic analysis. 11th International Vilnius Conference on Probability Theory and Mathematical Statistics, Vilnius University, Lithuania, 2014.7.2

Nakahiro Yoshida: Inferential statistics for volatility under high and ultra high frequent sampling schemes: QLA, model selection, and leadlag. *Statistical Analysis and Related Topics: Theory, Methodology, and Data Analysis*, UPMC, France, 2013.12.19

Nakahiro Yoshida: Statistics for volatility: change point, model selection, and lead lag. 統計数理 研究所リスク解析戦略研究センター第2回 金融シンポジウム「ファイナンスリスクのモデリングと制御」, 学術総合センター(東京都・千代田区一ツ橋), 2013.11.6

Nakahiro Yoshida: Asymptotic expansion methods for stochastic processes and their applications to statistics and finance. *International Statistical Institute The 59th World Statistics Congress*, IPS062 Hong Kong Convention and Exhibition Centre, Hong Kong, 2013.8.28

Nakahiro Yoshida: YUIMA II: an R package for statistical analysis and simulation for stochastic differential equations, *Statistics for Stochastic Processes II: Inference, Limit Theorems, Finance and Data Analysis*, Paris, France, 2013.3.19

Nakahiro Yoshida: Estimation of diffusions and limit theorems. 8th World Congress in Probability and Statistics, Istanbul, Turkey, 2012.7.13

Nakahiro Yoshida: Asymptotic methods applied to finance and implementation with YUIMA II. DYNSTOCH 2012, Paris,

France, 2012.6.8

〔その他〕

ホームページ等

東京大学大学院数理科学研究科

統計グループ

<http://www2.ms.u-tokyo.ac.jp/probstat/>

6．研究組織

(1)研究代表者

吉田 朋広 (YOSHIDA Nakahiro)

東京大学・大学院数理科学研究科・教授

研究者番号：90210707