

氏 名 永田 修一

学位(専攻分野) 博士(統計科学)

学位記番号 総研大乙第224号

学位授与の日付 平成25年3月22日

学位授与の要件 学位規則第6条第2項該当

学位論文題目 高頻度データによる金融時系列分析の理論と応用

論文審査委員 主 査 准教授 川崎 能典  
教授 田村 義保  
准教授 佐藤 整尚  
助教 小林 景  
教授 渡部 敏明 一橋大学

## 論文内容の要旨

論文は序章と終章を含め 8 章から構成されている。論文の目的は、金融市場での取引を分単位・秒単位で記録したデータ（高頻度データ）を集約し金融資産の変動性（ボラティリティ）を推定する新たな方法を提案し、その統計的性質を明らかにすることである。また、そうした集約量を利用した、ボラティリティ予測問題に関する実証分析を応用として行う。

序章は本論文の概要が述べられ、対応する原著論文のリストが掲載されている。

第 1 章では、高頻度データに基づくボラティリティ推定の既存研究が紹介され、現実のデータ特性に照らしたときのそれらの問題点が整理されている。考慮すべき要因のうち影響度の大きいものは、価格のジャンプと、マーケット・マイクロストラクチャ・ノイズ（主として成り行き注文の約定から発生する非本源的価格変動）である。

第 2 章ではジャンプが存在する場合の累積ボラティリティ（重複のない微少区間で計算したボラティリティを合算した累積値，正確にはその平方根）について、新しい推定量を提案し、その一致性と漸近混合正規性を示している。漸近分散は、良く知られた Bi-Power Variation 法より小さく、有限標本での漸近理論の妥当性は数値実験により検証している。

第 3 章では、ジャンプに加えてマーケット・マイクロストラクチャ・ノイズの存在を考慮し、これら 2 要因が同時に存在する場合にも累積ボラティリティを一致推定できる方法を提案し、推定量の漸近混合正規性を示している。同じ設定下での先行研究に比べて、提案推定量は漸近効率が優れており、そのことが数値実験で確認されている。

第 4 章では多変量の高頻度データに基づく共ボラティリティ推定について論じている。ランダム行列の固有値の漸近分布に基づく検定をベースに、複数のノイズ除去ルールを定義し、それらのパフォーマンスを数値実験で比較・評価している。

第 5 章では、TOPIX 採用 26 銘柄の高頻度データに基づいて推定したボラティリティ（二乗平均の平方根型と絶対値平均型の 2 種）を利用し、日次ボラティリティに対する時系列モデル 2 種（AR 型と分布ラグ型）の外挿予測精度を、通常の予測誤差，分位点，裾期待値に基づき比較している。

第 6 章では、高頻度データから算出した日次ボラティリティ系列は誤差を含んでいることを考慮し、観測誤差が存在する AR(1)モデルの OLS 推定量の小標本特性をエッジワース展開により導いている。また、観測誤差があっても一致性を持つ操作変数推定量を提案してその分布も導き、数値実験で比較を行っている。

終章では、本論文の結論と今後の展望について述べている。

## 博士論文の審査結果の要旨

本論文の主たる貢献は、高頻度データを利用した累積ボラティリティ推定の文脈で、ジャンプやマーケット・マイクロストラクチャ・ノイズに影響されない推定量を提案し、その一致性と漸近混合正規性を与えたところにある。提案推定量の漸近分散は、ジャンプがある場合（第 2 章）の既存推定量の代表格である Bi-Power Variation 法より小さく、ジャンプとマーケット・マイクロストラクチャ・ノイズの両方が存在する場合（第 3 章）の先行研究である Modulated Bi-Power Variation 法よりも小さい。これらの結果は、累積ボラティリティ推定分野における一里塚的業績である。

ランダム行列の固有値の分布を利用した多変量ボラティリティの推定に関する第 4 章で示された数値実験の結果は、実証分析でのこのツールの使い方を示唆する点で有益である。第 5 章は高頻度データを集約して求めた累積ボラティリティの推定値が、ボラティリティ予測の文脈でどの程度の違いをもたらすかを、日本の個別株データで検証した点に貢献が認められる。第 6 章は、第 5 章で利用する、累積ボラティリティを観測と見なす時系列モデルの推定がそもそも孕む観測誤差の問題を定式化し、OLS 推定量と操作変数推定量の小標本特性を導出しているところに貢献がある。

博士論文の第 2 章、第 5 章、第 6 章の内容は、全て申請者の単著でいずれも査読付き国際学術誌に掲載された英語論文に基づいている。第 3 章に対応する単著論文は、査読付き国際学術誌に投稿中で、現在修正意見に従って改訂中である。また、2007 年以降、査読有に限り国際学会で 3 件、国内学会で 7 件の口頭報告の実績がある。2012 年 3 月には博士論文第 3 章の内容で、第 6 回日本統計学会春季集会で優秀発表賞を受賞している。

以上の論文内容の評価と研究実績に鑑み、本審査委員会は、本論文が複合科学研究科の博士（統計科学）の学位を授与するに十分な内容を有するものと判定した。

博士論文審査終了後、総合研究大学院大学における論文博士の学位授与に係る論文審査等の手続き等に関する規程第 7 条に定める学力の確認を行うため、総合研究大学院大学学位規則第 1.1 条に基づき、口述による学力の確認を実施した。この結果、申請者は計量経済学・計量ファイナンスの分野で理論研究を行うのに十分な統計学の知識を有しており、総合研究大学院大学複合科学研究科を修了した者と同等以上の学力があることを確認した。