

平成21年 6月 10日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18500222
 研究課題名（和文） モンテカルロフィルタを用いた金融時系列における
 潜在要因の推定
 研究課題名（英文） Estimating the latent factors in financial time series by using Monte Carlo Filter
 研究代表者
 佐藤 整尚（SATO SEISHO）
 統計数理研究所・データ科学研究系・准教授
 研究者番号：60280525

研究成果の概要：

金融時系列における潜在要因の推定についてさまざまなモデルについて研究を行った。特に資産価格のボラティリティの推定について2つの成果が得られた。1つは新しいJump-GARCHモデルを提案し、実際のデータに適用してボラティリティの推定、予測を行った。もうひとつは高頻度データを使った実現ボラティリティの推定法について新しい手法の開発を行い、その有効性をシミュレーションおよび実際のデータを使って調べた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,000,000	0	1,000,000
2007年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	630,000	3,730,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・統計科学

キーワード：ボラティリティ、状態空間モデル、実現分散、高頻度データ、投資信託

1. 研究開始当初の背景

近年、金融データに対する時系列解析の応用が広く行われるようになった。特に、時系列のトレンドおよびボラティリティの推定とその予測には時系列解析の手法がよく用いられている。また、複数の時系列間の関係を探る上でも時系列解析の手法を用いることが多い。これらに共通する目的として、観測値の背後に隠れている性質や関係を導き出すということがあげられる。そのような目的では、特に状態空間表現によるアプローチが盛んに研究されている。たとえば、トレンドの推定には移動平均や多項式回帰とい

た手法以外にも、状態空間表現によってモデルを作り、カルマンフィルタ等で推定を行うことが一般的になっている。また、ボラティリティの推定についても確率的ボラティリティモデルという状態空間表現を用いたモデルを使って推定することが行われている。

しかしながら、1970年代からの金融経済学の発達の過程で、より複雑なモデルが提案されるようになり、金融実務においてもこれらのモデルが積極的に活用されるようになった。ただし、計算手法の制約から線形モデルなどの比較的単純なモデルのみが利用され

てきた。近年、計算機の発達や様々な計算アルゴリズムの開発により、カルマンフィルタ等では推定の難しい非線形非ガウスモデルのようなものの推定も可能になってきており、より現実的なモデルの使用が可能になってきた。

本研究で用いるモンテカルロフィルタも、そのような計算手法の発展の中で、開発されたもので、平易な計算アルゴリズムにより様々な形のモデルを推定することが可能である。さらに、より大規模なデータが利用可能になり、そのようなデータからどのようにして情報抽出するかに関心が集まった。

2. 研究の目的

ここでは新しい手法を使った金融データにおける潜在変数の推定について主に扱う。対象として考える系列としては、金利変動の実証分析に関するもの、投資信託のデータに関するもの、ボラティリティの推定に関するものがあげられる。

金利変動に対するアプローチとしては観測される複数の金利系列の背後に共通な成分が隠れていると仮定され、数理ファイナンスの枠組みから、極めて自然に状態空間表現を導入できる。ここでの統計学的な問題としては、その共通成分をどのように推定するかという問題に帰着することができる。通常、金利の非負制約から、その状態空間表現では、非線形なモデルを用いることが多く、共通成分の推定にはモンテカルロフィルタを用いるのが適当であると考えられる。また、推定された共通成分を用いることにより、金利の期間構造や、適正な金利水準を得ることが可能となる。モンテカルロフィルタにより従来考えられてきたモデルより、さらに、複雑で精緻なモデルの推定も可能になり、どのようなモデルが適当であるかを検証することが目的となる。

投資信託のデータに対しては、与えられた収益率データから、そのファンドの運用行動を潜在要因としてとらえ、モンテカルロフィルタによりこれを抽出するためのモデル構築を行う。これまで、ある期間のデータから、その期間の平均的な運用行動を推計することが回帰分析を通じて行われてきた。ここに、状態空間モデリングを活用して、瞬時の行動を推計することが、本研究での目的になる。運用行動は指標となるインデックスに対する係数の変化にあらわれるが、この変化はゆっくりしたものというよりは、あるとき、大きく変化することが多く、線形ガウスモデルの枠組みでは捉えるのが難しい。モンテカルロフィルタを用いることで、非線形非ガウスモデルの推定が可能となり、このようなデータに対しても、実証が可能と考えているところが、本研究の新規性である。また、この

ような解析が可能となると、投資信託に対するモニタリングが可能となり、その透明性が増すと考えられる。

資産価格のボラティリティの推定に関しては、これまでも、単一の系列に対するボラティリティの推定は広く研究されてきた。ここでは、モンテカルロフィルタの活用により、今まで推定できなかったような多変量の相関を考慮したモデルを使って、各資産価格のボラティリティの潜在要因を抽出する。これにより、共通リスクとでも呼ぶべき成分と、個別のリスクを反映する成分に分離可能となり、よりいっそうのきめ細かいリスク管理に活かせると考えられる。

このような事例を通して、今まで、推定できなかった潜在要因を金融時系列から抽出する方法に関して研究を行う。そのことにより、このような方法が実務の世界でも使われるように普及を図ることが本研究の目的である。

3. 研究の方法

はじめに実際のデータに対してどのようなモデリングが適当であるかを研究する。金利変動については、変動の本質となる状態変数のモデルの構築を行う。投資信託のデータに対してはパラメータの推定について研究を行い、どのようなデータに対しても、適切な推定できるようなアルゴリズムの開発を行う。これは、プログラムの公開に際して、実務家の利用に堪えるものを目指すためである。ボラティリティの推定については、その関係を表すモデルの構築をめざす。その後、実際のデータに対して、モデルのあてはめを行い、当てはまり具合を考察する。そこで、改良の必要性があれば、これを研究する。

(1) 金利モデル

金利変動の分析では実際のデータに適用を試み、推定された潜在要因やパラメータの妥当性を調べる。そして、改良する必要がある場合はモデルの改良を行い、さらに推定を進める。必要であればさらに高次のファクターモデルについても適用を試みる。

(2) 投資信託のデータ

投資信託に関しては実際のデータに適用を行い、どのような、システムモデルが適当であるかを複数ある候補から選ぶ作業を行う。そして、実際のファンドの行動がどの程度再現できるかを調べる。さらに、ヘッジファンドのデータについても解析をしていく。また、株式市場以外の資産を含むようなファンドのケースも取り扱う。

(3) ボラティリティ分析

ボラティリティの分析に関しても実際の多変量データに対して適用を行い、その結果も妥当性を調べる。高頻度データから求めた実

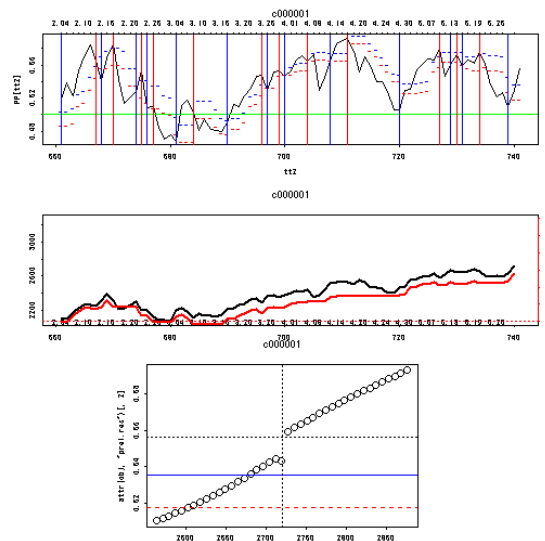
現ボラティリティとの比較も行う。次に多変量の範囲をどのように考えるかを考察する。具体的には、業種別で考える方向と規模別に考える方向が考えられる。ほかにもいろいろな切り口があるので、検討していきたい。これに関してある程度解析が進んだら、ポートフォリオマネージメントの観点からどのようにリスクマネージメントに応用できるかを考える。

4. 研究成果

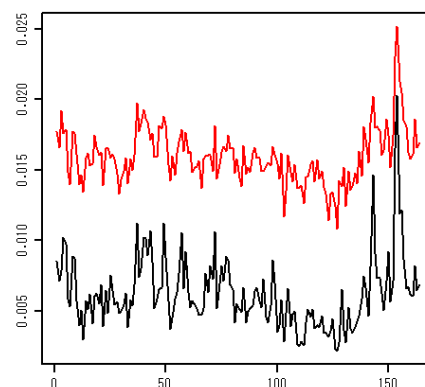
金融データのボラティリティのモデル化とその実証分析を中心にした研究において主な成果が得られた。ボラティリティはデータの背後に隠れているばらつき具合を表す潜在的な要因で、金融の実務ではリスク管理等に広く用いられているが、直接、観測できる指標ではなく統計学的な分析が必要不可欠な対象の1つである。

金融データのボラティリティについてはこれまでもいろいろな研究がなされているが、この研究では GARCH モデルをベースにして、ジャンプ構造を取り入れたモデルについて研究した。具体的にはボラティリティの背後には通常の変動を表す部分とジャンプ的な動きから導き出される部分があると考えられる。そのジャンプ構造においてジャンプしやすさをあらわすインテンシティを比較的平易なモデルによって記述して、これが時間とともに変動するようなモデルを提案した。これまでもジャンプを含むようなモデリングは提案されてきたが、このような形で時变的なインテンシティをモデル化するような研究は少なかった。さらに、個別の金融データに応じて、どのようにインテンシティが変化するかについて、個々の動きの特徴を捉えるような項を加えるようにして、より幅広い構造を捉えることに成功した。また、上下のジャンプ構造の非対称性にも着目して、これと、従来提案されてきた非線形時系列モデルとの融合を試みた。その結果、ジャンプ構造を取り入れることによって従来のモデルでは検出されないような非対称性が検出できるようになった。

さらに Jump-GARCH モデルの実証分析として、日本、米国、中国などの株式データに適用して、その性質を調べた。このモデルでは推定すべきパラメータが多いがデータによっては意味のあるパラメータとそうでないパラメータがあることがわかり、データによってパラメータの制約を変えるなど工夫をしてパラメータ数を削減することができた。さらに予測可能性についても検証を行った。下記の図は実際のデータから推定されたジャンプのインテンシティを表したものである。



さらに、近年、1日よりも短い間隔のデータが利用可能となり、高頻度データを使った実現ボラティリティの推定問題が注目を浴びてきている。しかしながら、単純にリターン系列の2乗和を推定値とするやり方では、観測間隔が短くなるにつれて過大評価しやすくなるがよく知られている。これは、観測誤差に相当するランダムノイズが本来の株価にのっているためだと考えられている。この問題に対して、新しく分離情報最尤推定法(SIML法)という手法を提案し、その推定値の性質を調べるとともに、日経平均先物のデータに応用し、他の金融資産との相関やヘッジ係数の推定なども行った。下記の図は実際のデータに新しい手法を当てはめた結果であり、妥当な推定をすることができた。さらに、統計的に良い性質を持っていることも理論的に示されている。また、この方法は非常に簡単な計算によって実現可能であり、実務的な応用に期待が持てる。



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 5 件)

- ① Naoto Kunitomo and Seisho Sato, Realized Volatility, Covariance and Hedging Coefficient of the Nikkei-225 Futures with Micro-Market Noise, CIRJE Discussion Papers, CIRJE-F-601, 2008, 査読無
- ② Naoto Kunitomo and Seisho Sato, Separating Information Maximum Likelihood Estimation of Realized Volatility and Covariance with Micro-Market Noise, CIRJE Discussion Papers, CIRJE-F-581, 2008, 査読無
- ③ Chen, C and Sato, S., Inhomogeneous Jump-GARCH Models with Applications in Financial Time Series Analysis, COMPSTAT: Proceedings in Computational Statistics 18th Symposium Held in Porto, 2008, 査読有
- ④ 佐藤整尚, 時系列モデルを用いた経済分析, 総研大ジャーナル, 12号, 10, 13, 2007, 査読無
- ⑤ Chen, C. and Sato, S., Jump-GARCH models and jump dynamics in financial asset prices, Bulletin of the International Statistical Institute, 2007, 査読有

[学会発表] (計 6 件)

- ① Koiti Yano, Multivariate Stochastic Volatility Models with Dual Dynamic Correlations: A Monte Carlo Particle Filtering Approach, IASC2008, 2008年12月7日, 横浜
- ② Seisho Sato, Realized Volatility, Covariance and Hedging Coefficient of the Nikkei-225 Futures with Micro-Market Noise, International Conference "High-Frequency Data Analysis in Financial Markets", 2008年10月25日, 東京
- ③ Chunhang Chen, Inhomogeneous Jump-GARCH Models with Applications in Financial Time Series Analysis, COMPSTAT2008, 2008年8月29日, ポルト
- ④ 佐藤整尚, 上下で異なったジャンプ構造を持つ GARCH モデルについて, 統計関連学会連合大会, 2007年9月8日, 神戸
- ⑤ C. Chen, Jump-GARCH models and jump dynamics in financial asset prices,

ISI2007, 2007年8月23日, リスボン

- ⑥ 佐藤整尚, 新しい季節調整プログラムの構想について—Decomp の改良, 日本計算機統計学, 2007年5月30日, 倉敷

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 整尚 (SATO SEISHO)

統計数理研究所・データ科学研究系・准教授
研究者番号: 60280525

(2) 研究協力者

陳 春航

琉球大学・理学部・准教授

矢野 浩一

内閣府・経済社会総合研究所・研究員