

氏名	永原裕一
学位（専攻分野）	博士（学術）
学位記番号	総研大甲第167号
学位授与の日付	平成8年3月21日
学位授与の要件	数物科学研究科 統計科学専攻 学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	A Study of Non-Gaussian Modeling for Financial Economics
論文審査委員	主査教授 石黒真木夫 教授 北川源四郎 教授 尾崎 統 助教授 吉田朋広 助教授 田村義保 助教授 米澤康博（筑波大学）

論文内容の要旨

金融経済分野の時系列データには様々なものがあるが、非正規性や非線形性の特徴がある。本論文では、それらの特徴を表現した、既存のモデルより優れたモデルを提案し、同時に金融経済の問題（投資家行動、リターン生成プロセス、リスク管理、季節調整等）を解決することを目的としている。

本論文では、金融経済分野の時系列データとして、主に株価指数と企業倒産件数を取り上げる。前者の株価指数のデータの持つ特徴には以下のものがある。

まず、株式が上昇する場合と下降する場合での非対称性があげられる。これは、上昇するときは、長いトレンドが続くが、下降するときには、短期間に大きく下降することに見られる。株式投資収益率の分布で考えると、月次などでは正規分布に近いが、週次や日次では正規分布より裾の重い分布になる。これらの特徴を表現しようとする、正規分布以外の分布を考えなければならない。そこで、この論文では、コーシー分布や t -分布を含むピアソントイプ VII とその分布を非心化した、ピアソントイプ IV の分布を用い、上昇下降の非対称性や裾の重い分布をモデル化し解析を行なった。

次に、企業倒産件数のデータの持つ特徴には以下のものがある。大企業の倒産件数は、その母集団に比べ非常に倒産確率が低く、全国で一カ月に数件しかなく、倒産のない月も珍しくない。しかし、そのデータには、季節成分があり、このようにな小数で離散時系列データの季節調整は難しい。この論文では、観測モデルにポアソン分布を導入し、その平均値過程の季節調整を次元の高い一般状態空間モデルの状態推定にも利用できるモンテカルロフィルタによって推定した。

第1章では、金融経済分野での時系列データの特徴を述べ、Non-Gaussian Modelingの必要性を検討し、関連の研究をサーベイする。

第2章では、この論文で主に用いられる、ピアソントイプ IV 及びピアソントイプ VII を導入し、さらに、ピアソントイプ IV の基準化定数 及び中心モーメントの解析解を導出した。

第3章では、株式指数の上昇下降の非対称性を投資家の行動の特徴と非心分布によりモデル化した。具体的に述べると、まず、日経225種平均指数や東証指数などは様々な銘柄から構成され、また、それらの銘柄は電機や建設などある特定の業種に分類される。数銘柄から数十銘柄から構成される業種指数として日経36業種指数や東証28業種指数がある。日本においては、経済の状態（景気循環、金利、為替など）によって、業種ごとに1つのグループとして投資される傾向がある。投資家がどの業種を買ってよいか定まらない時、相場の方向性がないといわれ、そのような時、相場全体は小動きするが、大きなニュースが流れると相場全体が大きく上下する。逆に相場テーマが決まり方向性が見えてくると、しばらく、その傾向が持続し相応のリターンが得られる。この現象を表現すると、ある1時点での各業種のリターンの分布がある歪度を持ち、その歪度の絶対値が大きい場合相場の方向性が定まっているといえる。そして、それは次の期間の投資家の予想を反映している。ここでは、以上の現象についてピアソントイプ IV の分布を使った時系列モデルを提案し検証を行なった。実データの分析結果では、AR,ARCH,GARCH モデルより大幅にAICの改善する時系列モデルが得られた。

第4章では、日米の代表的な株価指数（日経平均、TOPIX、Standard and Poor's）について、その日次の株式収益率の分布に、ピアソントイプ VII とその分布を非心化した、ピアソントイプ IV の分布をあてはめ、最尤法によってパラメータ推定をおこなった。結果として、形状パラメータは低く、正規分布より裾の重い分布であることがわかった。また、期間によっては、非心である場合があるが、総じて、5年間の単位では、ほぼ左右対称と考えてもよいことがわかった。今まで、ファイナンスでは、この定常分布とその時系列データの発生メカニズムとしての確率微分方程式との関連については、あまり議論されてこなかったが、この章では、Wong(1963)、Ozaki(1992)らによる両者の関係を使い、ピアソントイプ VII とピアソントイプ IV の定常分布を持つ確率微分方程式を導入した。確率微分方程式のパラメータ推定として、定常分布が左右対称で、偶数の自由度の t -分布の場合、遷移密度関数を解析的に求め、最尤法によってパラメータの推定を行なった。さらに、非心がある場合や、形状パラメータが連続である場合、局所線形化法によるパラメータ推定が有効であることを確認した。結果として、定常分布の AIC より確率微分方程式の AICの方が小さく、この確率微分方程式が、株式リターンの生成プロセスとしてより良いことがわかった。

第5章では、最近、株式収益率の時系列モデルとして、その分散変動の時間的変化のモデル化が盛んに研究され、確率分散変動モデルのパラメータ推定は、重要な課題となっている。この章では、まず、ガウス・ノイズを観測ノイズとシステムノイズに含む一般の確率分散変動モデルを一般状態空間モデルで表現し、確率分布を数値的に近似する方法 (Kitagawa 1987, 1991) によりパラメータ推定を行なった。第4章の研究から、株式収益率は、正規分布より裾の重い分布であることが示されたので、観測ノイズにピアソントイプ VII の分布を使い、確率分散変動モデルを拡張、一般状態空間モデルで表現し、上記と同様の方法によりパラメータ推定を行なう。さらに、ピアソントイプ VII の形状パラメータを時変にすることにより、暴落時など大きな構造変化を説明するより AIC の向上したモデルを提案する。結果として、ピアソントイプ VII を用いた確率分散変動モデルは正規分布の時に比べ大幅に AIC が改善し、また、形状パラメータが暴落時前から変化し始め構造の変化を捉えることができた。

第6章では、大企業の倒産件数のように、季節変動があり、かつ、離散で小数、10件以下で0が続くこともあるデータの季節調整が研究課題である。この章では、観測モデルにポアソン分布を導入し、高次元の一般状態空間モデルのパラメータ推定をモンテカルロフィルタによって行なった。また、シミュレーションも行なった。結果として、0が続く場合でも季節変動が抽出できるモデルが得られた。

論文の審査結果の要旨

本委員会は永原裕一氏の論文について、数物科学研究科における課程博士の授与に係わる論文審査等の手続きに関する規定にもとづき、公開の論文発表会を開催し審査を行った結果、博士の学位を授与するに十分な内容と形式を備えているものと判断した。

理由は以下の通り。

1) 論文の概要

本論文は非線形、非ガウス型の時系列モデルにもとづいて金融経済データの解析を行う方法を提案したものであり、全体の構成は7章からなる。

第1章では、金融経済分野での時系列データの特徴を述べ、非ガウス型モデルの必要性を指摘し、関連の研究のサーベイを行っている。

第2章では、この論文で主に用いられる、ピアソンIV型及びVII型の分布族を導入し、ピアソンIV型分布の基準化定数および中心モーメントの解析表現を導出し、数値計算法を開発した。

第3章では、株式指数の上昇下降の非対称性を考慮し、各業種のリターンの分布の歪度に依存して分布の形状が変化する新しいモデルを開発した。実データの分析結果では、AR、ARCH、GARCHモデルより大幅にあてはまりのよい時系列モデルが得られることが示された。

第4章では、ピアソンVII型やIV型の非ガウス型の定常分布をもつ確率微分方程式を導入した。この確率微分方程式に含まれるパラメータ推定のために、特殊な場合については遷移密度関数を解析的に求め、最尤法によってパラメータの推定を行なう方法を開発した。さらに、より一般の場合については、局所線形化法によるパラメータ推定法を開発し、実データによる検証を行っている。

第5章では、非ガウス型の確率分散変動モデルを提案し、一般状態空間表現を利用するパラメータ推定法を与えている。株式収益率データの解析の結果、大きな構造変化などをうまく捉えるモデルが構成できることが実証された。

第6章は、トレンドと季節変動をとまなう、離散データの解析法を提案している。積型の季節調整モデルを仮定し、観測モデルとしてポアソン分布を用い、モンテカルロフィルタによって成分分解を行う方法を開発した。シミュレーション実験や実データによる検証の結果、少数データで0件が続くような場合でも適切な季節調整ができることが確認された。

第7章では、本論文の結論と今後の課題が述べられている。

2) 論文の評価

本論文は金融経済データに特徴的な非対称性を考慮した新しい時系列モデルを開発し、その推定法を与えたものである。第2章で与えた基準化定数の計算法は歪度を持つ分布をモデルに取り入れるための基礎を与えるものであり、新しいモデル開発の可能性を広げるものである。

3～5章で提案された新しいモデルは、従来用いられてきたARCHモデルやGARCHモデルや確率分散変動モデルよりも金融経済の分野において優れていることが実証されて

いる。また、第6章では従来は困難であった少数・離散データの季節調整を行う新しい方法を実用化している。

非ガウス型分布にもとづく新しい時系列モデルとその推定法を提案した本論文は、時系列解析の分野において高く評価できるとともに、金融経済の分野においても、株式収益率、企業倒産件数などの解析法を与えたものとして貢献するところが大きいと判断される。

論文の内容の一部は、すでに国際学術誌に掲載済みであり、投稿中のその他の部分についても、採択が期待でき論文の公表に関しても問題がないと判断できる。

数物科学研究科における課程博士の授与に係わる論文審査等の手続きに関する規定第9条にもとづいて口頭試問による試験を実施した結果、出願者は統計科学に関して学位を授与するに十分な学識を有するものと判断し、合格と判定した。