

氏名（本籍）	霍 艶麗（中国）
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	甲第183号
学位授与の日付	平成26年3月22日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	金融リスクの新しい測定指標とそれに基づく資産運用
論文審査委員	（主査） 教授 徐 春暉 （副査） 教授 井上 明也 教授 椎名 孝之 教授 岩下 基 教授 遠山 正朗

## 学位論文の要旨

### 金融リスクの新しい測定指標とそれに基づく資産運用

#### 1. 研究背景

金融は経済活動に必要な資金を効率循環させる役割を果たし、現在社会経済システムにおける重要性が増している。金融市場において、従来の株式や債券といった伝統的な金融商品とは別に、色々な派生金融商品が登場し、企業や個人により多くの投資機会を与えている。一方、金融商品の多様化や金融市場の国際化の進展によって、絡み合う多種多様なリスク要因が金融市場の不確実性を従来と異なる次元まで高め、金融投資が益々難しくなり、金融リスク管理に高い関心を集めている。

金融リスクに関する定量的な研究は1950年代に遡り、その基盤になるのはリスクの測定指標である。リスクの測定指標に関する研究から、分散、下方半分散、VaR、CVaRといったリスク指標が提案され、利用されている。しかし、リスク測定に関して、1つの大きな欠陥があることを我々の研究グループが主張している。それは今までのリスク指標は将来ある時点のリスクだけを反映し、その時点までのリスクを反映していないことである。この欠陥を問題視し、我々の研究グループが期間リスクを表現する1つの指標を提唱している。本研究はこの指標が実際の金融投資で利用できるように、この指標に基づく期間リスクの計算方法や期間リスクに基づく金融投資モデルの解析方法を提案することを目的とする。

#### 2. 研究内容

本研究はある期間における金融市場リスクを反映するために提案されている指標 PVaR (Period Value at Risk) について、その利用に必要な計算方法や、このリスク指標に基づく金融投資問題のモデル化とそのモデルの解析方法を提案する。

まず PVaR を用いて期間リスクを測るために、PVaR の計算方法を検討する。つぎに、資産運用モデルに PVaR が含まれる場合、そのモデルの解析方法を提案する。最後に、提案した PVaR

の測定方法や、PVaR を含む資産運用モデルの解析方法について、その有効性や効率性にシミュレーションを用いて検証する。

### 3. 研究結果

#### 1) PVaR の計算方法に関する研究。

PVaR の解析的な計算方法を検討し、以下の条件の下で、ある方程式を解くことによって、PVaR を計算できることを証明した。リスクファクターが1つだけ、しかもこのリスクファクターの値動きが幾何ブラウン運動であること。

一般的に、PVaR の解析的な計算式を得るのは難しいことが分かり、モンテカルロシミュレーションを用いて PVaR を推測する方法を提案した。その際に、リスクファクターの値動きをシミュレーションで再生する方法を検討し、以下の確率過程のシミュレーション方法を提案した。①リスクファクターが1つで、それが Jump 過程であること。②リスクファクターが2つ以上あり、お互いに関連し、多次元幾何ブラウン運動であること。

それぞれの確率過程の特性パラメータについて、過去の株価データを用いて推定することを前提に、推定方法を提案した。

リスクファクターが1つだけの場合に関して、PVaR の計算は解析式による方法とシミュレーションによる方法を比較するために、ある会社の株式に投資する例を用いて、比較計算を行い、概ね同じ結果が得られた。また、この株式に投資して、一年間のリスク (PVaR で測る) と一年末のリスク (VaR で測る) を比較し、期間リスクが期末リスクより大きいことを確認でき、PVaR の有効性を確認した。

#### 2) PVaR を含む資産運用モデルの解析に関する研究

PVaR をリスク指標とし、PVaR をモンテカルロシミュレーションで推測する場合において、資産運用の最適化モデルの解析方法を提案した。

PVaR が最適化モデルの目標関数で、その最小化モデルが複雑な非線形モデルとなり、直接解析する方法がない。そのために、整数変数を導入し、このモデルを等価な混合計画モデルに変換できることを示した。この混合計画モデルは汎用性のある商用ソフトで解析を試み、小規模のモデルを現実的な時間内で解析できることが分かった。しかし、最大投資期間が長くなったり、投資対象の数が増えたりすると、この方法の計算量が急速に増加することもわかり、より効率的な解析方法が必要になると思われる。

#### 3) 提案した方法の有効性と効率性に関する研究

PVaR の計算方法として提案したモンテカルロシミュレーション方法について、金融市場からのデータを用いて、数値計算実験を行い、PVaR の計算と計算時間を測り、共に問題がないことを確認できた。

PVaR を含む最適化モデルの解析方法として提案した方法について、金融市場からのデータを用いて、モデルの解析実験を行い、小規模なモデルの場合において、モデルを解析できることを確認できた。

### 4. 研究結論

1) 期間リスクに関して、PVaR というリスク測定指標の適切性を確認できた。

2) PVaR の計算方法に関して、リスクファクターが少なく、Jump 過程や幾何ブラウン運動といった標準確率過程と仮定出来る場合は、モンテカルロシミュレーションによる推定が可能であることを示した。リスクファクターが一般的な確率過程である場合は、PVaR の計算問題が課題として残っている。

3) PVaR が含まれる資産運用モデルについて、その解析はかなり難しいことが分かった。小規模なモデルについて、ある解析方法を提案したが、モデルのサイズが増えるにつれ、計算量が急速に増加するので、実用的な方法としてまだ言えない。

4) 本格的に金融投資決定を行う際に PVaR をリスク指標として利用するために、PVaR を含む最適化モデルをより効率的に解析出来るアルゴリズムがまだないので、継続研究課題として残っている。

## 審査結果の要旨

本論文は、“金融リスクの新しい測定指標とそれに基づく資産運用”と称し、ある期間における金融市場リスクを測るために提案されたリスク測定指標とそれに基づく資産運用に関する研究をまとめたものである。

本論文は英文で作成され、以下の6章から構成されている。

Chapter 1 Introduction

Chapter 2 A new risk indicator: Period Value at Risk

Chapter 3 Estimation of PVaR: one risk factor case

Chapter 4 Estimation of PVaR: multiple risk factors case

Chapter 5 Portfolio selection based on Period Value at Risk

Chapter 6 Conclusions and future research

Chapter 1 は本研究の背景と目的を述べている。金融リスクに関する定量的な研究は 1950 年代に遡り、その基盤になるのはリスクの測定指標である。リスクの測定指標に関する研究から、分散、下方半分散、VaR、CVaR といったリスク指標が提案され、利用されている。しかし、リスク測定に関して、1つの大きな欠陥があることを我々の研究グループが主張している。それは今までのリスク指標は将来ある時点のリスクだけを反映し、その時点までのリスクを反映していないことである。この欠陥を問題視し、我々の研究グループが期間リスクを表現する1つの指標を提唱している。本研究はこの指標が実際の金融投資で利用できるように、この指標に基づく期間リスクの計算方法や期間リスクに基づく資産運用モデルの解析方法を提案することを目的とする。

Chapter 2 はある期間における金融市場リスクを測るために提案された新しいリスク指標を紹介する。ある期間における金融市場リスクを測るために、従来のリスク指標である VaR を拡張し、提案された1つの指標 Period Value at Risk(PVaR)を説明し、PVaRとVaRの違いについても、紹介する。

Chapter 3 は投資に関するリスクファクターが1つしかない場合において、PVaRの計算方法を提案する。リスクファクターの値動きを幾何ブラウン運動でモデル化出来ることを条件に、ある方程式を解くことによって、PVaRを計算できることを証明する。一般的に、PVaRの解析的な計算式を得るのは難しいことが分かり、モンテカルロシミュレーションを用いてPVaRを推測する方法を提案する。ま

た、リスクファクターが幾何ブラウン運動である時と Jump 過程である時において、確率過程のパラメータをリスクファクターの過去の値動きデータを用いて推定する方法や、確率過程のシミュレーション方法を提案する。さらに、PVaR の二つの計算方法（解析式による方法とシミュレーションによる方法）を比較するために、ある会社の株式に投資する例を用いて、比較計算を行い、概ね同じ結果が得られることを示す。また、この株式に投資して、一年間のリスク（PVaR で測る）と一年末のリスク（VaR で測る）を比較し、期間リスクが期末リスクより大きいことを確認でき、PVaR の有効性を確認する。

Chapter 4 は投資に関するリスクファクターが複数ある場合において、PVaR の計算方法を提案する。リスクファクターが 2 つ以上あり、お互いに関連し、多次元幾何ブラウン運動でモデル化できることを前提に、モンテカルロシミュレーションでその確率過程のシミュレーションの方法や PVaR の推測方法を提案する。

Chapter 5 は PVaR に基づく資産運用方法を提案する。投資のリスクを PVaR で表現し、金融投資問題のモデル化を行う。PVaR をモンテカルロシミュレーションで推測する場合において、資産運用の最適化モデルが複雑な非線形モデルとなり、直接解析する方法がないことがわかる。そのために、整数変数を導入し、これらのモデルを等価な混合計画モデルに変換できることを示す。この混合計画モデルは汎用性のある商用ソフトで解析を試み、小規模のモデルを現実的な時間内で解析できることを紹介する。モデルのサイズが大きくなるにつれ、この方法の計算ロードが急速に増加することが分かり、もっと効果的な解析方法が必要になってくることを指摘する。

Chapter 6 は本研究の成果を纏め、今後の継続研究の方向を述べている。

上記のように、本研究論文では、ある期間におけるリスクを測る新しい指標 PVaR を利用するために、その測定方法やそれに基づく資産運用問題のモデル化とモデルの解析について、幾つかの方法を提案した。提案された方法の有効性を実際の金融市場からのデータを用いて、数値シミュレーションで示すことが出来た。

従って、学位申請者である霍 艶麗(カク・エンレイ)氏は、博士(工学)の学位を得る資格があると認める。