

氏名	黄 大 山
学位(専攻分野)	博士(情報学)
学位記番号	情博第279号
学位授与の日付	平成19年9月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	情報学研究科数理工学専攻
学位論文題目	Studies on Quantitative Finance via Operations Research Methods (オペレーションズリサーチ手法による計量的ファイナンスに関する研究)

論文調査委員 (主査) 教授 福嶋雅夫 教授 太田快人 教授 永持 仁

論文内容の要旨

数理ファイナンスの研究は、マーコヴィッツ(1952)の平均・分散モデルに基づくポートフォリオ理論に遡る。平均・分散モデルは凸2次計画問題として定式化され、近年の最適化手法の発展により大規模な問題が日常的に解かれるようになってきているが、その一方、現実の資産運用や資産取引においては様々なデリバティブに代表される新しい金融商品が次々と現れている。そのような状況のもとで、健全な資産運用を行うには、オペレーションズリサーチの方法を用いた適正なリスク管理が有効である。本論文は、数理ファイナンスにおけるいくつかの新しいモデルを提案するとともに、現実のデータを用いた数値実験により、それらの妥当性を示したものであり、全7章から成っている。

第1章は序論であり、数理ファイナンスの基本的な概念であるポートフォリオ選択とリスクモデリング、および本論文の第6章で取り扱うモーゲージ担保証券について述べるとともに、本論文全体の構成を概説している。

第2章と第3章では、投資家が市場を退去する時期が不確実であるようなポートフォリオ選択問題を考察している。従来の古典的なポートフォリオ選択問題では投資期間は与えられたものと仮定しているが、現実には投資家は様々な理由で投資を途中で終了する可能性がある。しかし、いつ終了するかは投資を始める時点では一般に未知であるため、終了時期を不確定なパラメータとしてモデル化する必要がある。

第2章では終了時期の確率分布がある確率分布関数の集合に含まれるとき、その最悪ケースを想定した条件付ヴァリュエ・アット・リスク(WCVaR)を評価関数として用いるロバスト最適化モデルを提案している。

さらに第3章では、終了時期だけでなく、終了時期におけるポートフォリオの利得の分布関数の情報も不確実である場合を考慮した最悪ケースのヴァリュエ・アット・リスク(WVaR)を評価関数として用いるモデルを提案している。これら2つの提案モデルを不確実集合の構造に応じて、線形計画問題、2次錐計画問題、半正定値計画問題に定式化し、数値実験により、モデルの妥当性を検証している。

第2章と第3章で考察したモデルが最悪ケースのみを想定したものであったのに対して、第4章ではポートフォリオの利得の分布関数に不確実性があるような問題に対して、最悪ケースだけでなく最善ケースも考慮することにより定義される相対的条件付ヴァリュエ・アット・リスク(RCVaR)を用いるモデルを提案している。数値実験では提案モデルと通常のVaRやWCVaRを用いたモデルと比較を行い、提案モデルの妥当性を検証している。

第5章では、2004年にEngleとManganelliによって提案された条件付自己回帰ヴァリュエ・アット・リスク(CAViaR)を時変パラメータモデルに拡張したインデックス駆動CAViaRを提案している。さらに、実データを用いた数値実験により、提案モデルの性能を評価し、従来モデルとの比較を行っている。

第6章では、近年注目を集めている住宅ローンを証券化したモーゲージ担保証券を取り扱っている。特に、返済キャッシュフローを優先債券と劣後債券に再編成して、リスクの異なる複数の債券に分離する方式を考え、その優先劣後構造の最適設計問題を数理計画問題として定式化している。さらに、モンテカルロシミュレーションを用いた数値実験により、提案モ

デルの有効性を検証している。

第7章は結論であり、本論文のまとめと今後の課題を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は数理ファイナンスにおいて現れるいくつかの問題に対して新しいモデルを提案し、さらに実データを用いた数値実験によりそれらのモデルの妥当性を明らかにしたものであり、得られた主な結果は以下のとおりである。

1. 現実には投資家は事前に予期できない何らかの理由で市場を退去する可能性が少なくないにもかかわらず、そのような状況を取り扱う数理モデルはこれまで殆ど考察されていない。本論文では、投資家が市場を退去する時期が不確実であるようなポートフォリオ選択問題を考え、退去時期およびその時点でのポートフォリオの利得の確率分布がある確率分布関数の集合に含まれるとき、その最悪ケースを想定したヴァリユー・アット・リスク (WVaR) や条件付ヴァリユー・アット・リスク (WCVaR) を評価関数として用いるモデルを提案した。さらに、これらのモデルを線形計画問題、2次錐計画問題、半正定値計画問題に定式化し、詳細な数値実験により、モデルの妥当性を検証した。
2. ポートフォリオの利得の分布関数に不確実性がある問題に対して、最悪ケースだけでなく最善ケースも考慮した相対的条件付ヴァリユー・アット・リスク (RCVaR) を用いる新しいモデルを提案した。さらに、通常のVaRやWCVaRを用いるモデルと比較した数値実験を行い、提案モデルを用いれば、極端に保守的な決定を回避できることを明らかにした。
3. EngleとManganelliの条件付自己回帰ヴァリユー・アット・リスク (CAViaR) モデルに対して詳細な計算実験を行い、新しい知見を得るとともに、それを拡張した時変パラメータCAViaRモデルであるインデックス駆動CAViaRモデルを提案し、実データを用いた数値実験により、提案モデルが優れた予測を生み出す可能性をもつことを示した。
4. 返済キャッシュフローを優先債券と劣後債券に再編成して、リスクの異なる複数の債券に分離するモーゲージ担保証券の最適設計問題を数理計画問題として定式化し、モンテカルロシミュレーションを用いた数値実験により、提案モデルの有効性を確認した。

以上のように、本論文では、数理ファイナンスのいくつかの重要な問題に対して、新しいモデルを提案するとともに、現実のデータを用いた詳細な数値実験によりそれらの妥当性を確認しており、得られた成果は学術上および応用上極めて優れている。よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成19年7月26日に実施した論文内容とそれに関連する試問の結果合格と認めた。