

氏名（本籍）	龔 超（中華人民共和国）
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	甲第 208 号
学位授与の日付	平成 29 年 9 月 13 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	累積プロスペクト理論に基づくポートフォリオ選択
論文審査委員	(主査) 教授 徐 春暉 (副査) 教授 井上 明也 教授 岩下 基 教授 白井 裕 教授 鴻巣 努

学位論文の要旨

累積プロスペクト理論に基づくポートフォリオ選択

累積プロスペクト理論（CPT）は、不確実な状況下で意思決定者の行動を評価するための最も一般的なアプローチの 1 つになっている。実質的な実験結果によれば、人間の行動は、不確実性に直面した際に従来の期待効用最大化の枠組みから大きく外れる可能性がある。したがって、投資家選好が期待効用理論の代わりに CPT に当てはまる場合、ポートフォリオ選択の問題は改訂されるべきである。

CPT は、有界の合理的意思決定者の行動を心理学的により現実的な方法で記述することができる。過去 10 年間に渡って、行動経済学の研究者らは CPT をどのように経済環境に適用すべきかを再三検討してきた。これらの努力は今や実りある。CPT は大きな注目を集めているが、筆者が知る限り、CPT 機能の複雑さに起因する CPT に基づくポートフォリオ選択問題はほとんど研究されていない。

この論文の目的は、1 つのリスクのない資産と複数のリスクのある資産からなる最適なポートフォリオを CPT で特定するという問題を評価した。CPT 関数は一般的に非凸形、非凹形および非平滑であり、これはすなわち、ラグランジュ乗数および凸面双対などの従来の最適化方法が通用せず、且つ、CPT 関数が複数の極大値を有する可能性があることを意味する。ポートフォリオ選択問題を解決するために、実数値遺伝的アルゴリズム（RCGA）を使用する予定であった。さらに、RCGA の限界を乗り越え、その性能を向上させるために、適応法と新しい選択演算子が提案されました。計算結果により、提案方法が、提示されている CPT 値の種々のパラメータに作用

する、迅速で、効果的で、安定した遺伝的アルゴリズムであることがわかった。

実際の株式市場のシナリオをシミュレートするためのシナリオ手法と遺伝的アルゴリズムを組み合わせて最適解を決定する方法を提案した。主な課題は、金融投資分野の不確実性に対処する最適なソリューションを決める数学モデルに使用するデータの準備である。数学的モデルの有効性はシナリオの質に左右される。本論文では、シナリオ生成用のブートストラップ法の3つ異なる変形に焦点を当てた。ブートストラップ法は統計的に再サンプリング法の一つであり、一連のデータに対するパラメトリック分布がなく、そのようなデータの統計量の分布特性を評価するのに適している非常に有効なツールである。

金融監督当局は現在、損失の観点からリスク管理要件を提案している。数学的に、リスク管理は、損失分布をどのように制御するかのプロセスである。リスクを管理するための一般的なツールとして、バリューアットリスク (VaR) と条件付バリューアットリスク (CVaR) がある。本論文では、リスク制約、偏差制約、およびその他の制約を伴う CPT の下でのポートフォリオ最適化を分析した。そして、様々な制約の下で最適なポートフォリオを示した。リスクと偏差の制約を受けた CPT 投資家が投資行動を大きく変えたことが判明した。さらに、リスクと偏差の制約により、CPT 価値は減少し、投資収益は減少した傾向がわかった。

審査結果の要旨

本論文は、“累積プロスペクト理論に基づくポートフォリオ選択”と称し、累積プロスペクト理論を用いて、ポートフォリオ選択問題のモデル化とそのモデルの解析に関する研究を纏めたものである。

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 Literature review

Chapter 3 Portfolio choice under multivariate normal distribution

Chapter 4 Portfolio choice under scenarios

Chapter 5 Portfolio choice with constraints

Chapter 6 Summary

Chapter 1 は本研究の背景と目的を述べている。ポートフォリオ選択問題は不確実な状況における意思決定問題として、意思決定の古典理論である期待効用理論 (Expected Utility Theory: EUT) をベースに研究され、Modern Portfolio Theory (MPT) として仕上げてきた。しかし、現実の投資家の行動は EUT で十分反映されていないという指摘から、別の意思決定理論による投資理論が求められている。近年累積プロスペクト理論 (CPT: Cumulative Prospect

Theory) に注目を集めて、CPT による投資理論の研究が進められている。本研究は CPT を用いて、ポートフォリオ選択問題のモデル化とそのモデルの解析方法を提案することを目的とする。

Chapter 2 は本研究に関係する理論とテーマを紹介する。まずはポートフォリオ選択問題に関する古典的な理論である MPT, 代表的なリスクの測定指標である分散、Value-at-Risk (VaR) と Conditional VaR (CVaR), 古典的な意思決定理論 EUT を紹介する。そして、新しい意思決定理論として、70 年代後半に提案されたプロスペクト理論 (PT: Prospect Theory) と 90 年代に展開された CPT を紹介する。

Chapter 3 は投資先の収益率が正規分布に従うという仮説を立てて、CPT によるポートフォリオ選択問題のモデル化とモデル解析方法を提案する。投資対象は 1 つの無リスク資産と複数のリスク資産とし、投資家の行動は CPT で表現するものとする。即ち、投資家が彼の加重価値関数を最大化するように投資配分を行うものとする。正規分布の仮設の下で、加重価値関数の計算式を導出し、ポートフォリオ選択問題を加重価値関数最大化モデルで定式化する。このモデルを解析する方法として、Adaptive Real-coded GA (ARCGA) と称する遺伝アルゴリズムを開発した。アルゴリズムの有効性を検証するために、リスク資産 4 つと無リスク資産 1 つのポートフォリオ最適化モデルの解析に適用し、短い時間に最適解探し過程が収束できることを確認した。ARCGA で CPT に基づくポートフォリオ最適化モデルを解析することができることで、投資家の特性パラメータによる投資配分への影響を分析することも行った。

Chapter 4 は投資先の収益率に関するシナリオデータが得られることを仮定し、CPT によるポートフォリオ選択問題のモデル化とモデル解析方法を提案する。投資先の収益率のシナリオデータを過去投資先の価格データから計算し、Bootstrap 方法で必要な数のシナリオデータを生成する。収益率のシナリオデータから投資配分案の加重価値関数を推測する方法を提案した。これらの方法の下で、第 3 章に提案した遺伝アルゴリズム ARCGA で CPT に基づくポートフォリオ最適化モデルを解析する。このようなモデル解析方法を検証するために、ポートフォリオ最適化の解析数値計算を行い、方法の有効性を確認した。

Chapter 5 は色々な投資制約を取り入れたポートフォリオ選択問題のモデル化と解析方法を提案する。投資リスクの制約に関して、VaR と CVaR をリスク指標とし、投資リスクに関する制約をポートフォリオ最適化モデルに加え、投資リスク付のポートフォリオ最適化モデルを構築した。その最適化モデルの解析について、投資先の収益率が正規分布に従うことを仮定し、ARCGA で解析することを提案した。この解析方法を検証するために、最適化モデル解析の数値計算を行い、方法の有効性を確認した。

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、CPT を元にして、ポートフォリオ選択問題の最適化モデルを構築し、投資先の収益率に関する二つの仮設の下で最適化モデルの解析遺伝アルゴリズムを開発した。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、数値計算実験で示すことが出来た。

従って、学位申請者である龔 超 (Chao Gong)氏は、博士(工学)の学位を得る資格があると認める。