

令和 2 年 4 月 29 日現在

機関番号：32675

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K03815

研究課題名（和文）マクロ・ファイナンス理論の新展開

研究課題名（英文）New developments in macro-finance theory

研究代表者

山崎 輝（Yamazaki, Akira）

法政大学・経営学部・教授

研究者番号：60633592

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、資産価格と経済変動の関係を考察する「マクロ・ファイナンス」の分野で新しい理論モデルを提案し、実証分析によりその妥当性を検証した。特にプライシング・カーネルに着目し、標準理論から導かれるプライシング・カーネルの形状とその観測値の不整合の原因を探る研究を実施した。プライシング・カーネルは資産価格の変動特性に起因する「市場要因」と投資家の行動原理に起因する「投資家要因」に分別できる。今回、標準理論では考慮されていない資産価格の突発的変動やボラティリティの確率的変動、投資家の心理的バイアスを導入することで、観測値と整合的なプライシング・カーネルの形状を理論モデルで生成できることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

資産価格理論の分野では、標準理論と観測値の不整合を総称して「資産価格パズル」と呼んでおり、重要な未解決問題として認識されている。最近では、資産価格パズルがプライシング・カーネルの形状と深く関係していることが指摘されており、本研究では、この問題に対する一つの解を提案した。特に、資産価格の突発的変動及びボラティリティの確率的変動と行動ファイナンスの概念を融合させることで、資産価格パズルが解ける可能性を示した点は新規性が高く、今後の更なる発展が期待できる。また本研究の成果は、これまでアノマリーとして認識されていた現実の株価の動きを深く理解するための一助となることが期待される。

研究成果の概要（英文）：This study proposed a new theoretical model of the macro-finance, which is a research area that explores the relationship between asset prices and economic fluctuations, and verified its validity by empirical investigation. In particular, I focused on pricing kernels, and attempted to correct the mismatch between the shape of the pricing kernels derived from the standard asset pricing theory and its observed values. The pricing kernels can be decomposed into “market factors” caused by changes in asset prices and “investor factors” caused by the behavioral principles of market participants. In this study, by introducing sudden fluctuations and stochastic volatility in asset prices and the psychological bias of investors that are not taken into consideration in the standard asset pricing theory, it was shown that it is possible to generate a pricing kernel shape, which is consistent with the observed shapes, in the new theoretical model.

研究分野：ファイナンス

キーワード：資産価格理論 資産価格パズル プライシング・カーネル レヴィ過程 確率ボラティリティ 心理的バイアス

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

ブラック・ショールズ理論に代表されるように、標準的なファイナンス理論では、資産価格の収益率などの変動因子は正規分布に従うと仮定されることが一般的である。ところが多くの先行研究では、この正規分布の仮定は棄却されており、変動因子のボラティリティは時間とともに確率変動し、非連続かつ突発的な変動が観測されている。さらには、投資家はファイナンスの標準理論で仮定されているような合理的行動をとるとは限らず、市場参加者の心理的バイアスが資産価格の形成に影響を与えることが指摘されている。研究開始当時、既にマクロ・ファイナンス分野の研究者がこうした要因を考慮した新しい資産価格理論を提案していたが、必ずしもコンセンサスが得られている訳ではなかった。こうしたなか、ファイナンスの標準理論の修正、もしくは新しい理論の構築、ならびにそれらに基づく実証分析が待望されていた。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、金融市場は経済で観測される突発的変動やボラティリティの確率的変動といった非正規変動を考慮し、標準的なファイナンス理論を書き換えることにあった。手がかりとなるのはデリバティブ分野で大きな発展を遂げたジャンプや確率ボラティリティに関する確率解析や数値計算の手法であり、これらをマクロ・ファイナンスの研究領域に応用し、金融実務に沿った新しい理論的枠組みを構築することで、金融市場のメカニズムや過去の金融危機の解明の一助となることを目指した。それと同時に、行動ファイナンスの枠組みを導入することで、投資家の心理的バイアスが資産価格の決定メカニズムにどのような影響を与えるかを分析することも重要な目的であった。

### 3. 研究の方法

本研究では、金融市場や経済の変動因子に確率ボラティリティやジャンプを導入し、その上で資産価格と経済変動の関係を表現できるマクロ・ファイナンスの理論モデルを提案することが目的なので、理論モデルを数理的に解析することで、マクロ・ファイナンスの分野に新しい示唆や知見を与えるような定理・命題・公式を導くこと(以下、これを「理論研究」とよぶ)、理論研究で導いた結果をコンピュータで計算できるように実装し、数値実験によってマクロ・ファイナンスに関する考察を行うこと(以下、これを「計算研究」とよぶ)の2つによって研究を進めた。また状況に応じて、株価インデックスやそのオプション、総消費や物価指数の金融・経済データを用いた実証分析を行い、新しく提案した理論モデルの妥当性を検証した。

本研究は、研究代表者個人による単独研究が主であったが、同分野に関心を持つ他の研究者の協力を得ながら状況に応じて共同研究の形をとり、共著論文を執筆した。研究協力者としては、関西大学政策創造学部の吉川大介准教授(理論研究の協力者)と東京大学大学院経済学研究科の白谷健一郎准教授(計算研究の協力者)の2人である。また、東京大学大学院の学生からもプログラミングの実装に関して多大なる支援を受けた。

### 4. 研究成果

研究成果は次にあげる6つであり、それぞれの研究成果は論文もしくはワーキング・ペーパーとして公開している。

(1) 消費ベースの資産価格モデル(consumption-based asset pricing model)によってU字型プライシング・カーネルを再現する理論研究と計算研究を行った。標準的な資産価格モデルにおいては、プライシング・カーネルは市場ポートフォリオの水準に対して単調減少となることが知られている。ところが実証研究では、プライシング・カーネルの形状は株価指数のリターンに対してU字を描くことが示され、標準理論との矛盾が問題となっている。そこでこの研究では、U字型のプライシング・カーネルを描ける資産価格の理論モデルを提案し、それによって実確率分布とリスク中立確率分布の差異やコール・オプションのアブノーマル・リターンの再現を試みた。ここでは、レヴィ過程の拡張である時間変更レヴィ過程を株価指数の変動因子として採用しており、なかでも、確率ボラティリティの一般化である「確率的時間変更」がU字型プライシング・カーネルの生成に非常に重要な役割を果たすことを証明した。また、投資家が消費過程のボラティリティを嫌うと仮定することで、ディープ・アウト・オブ・ザ・マネーのコール・オプションの期待収益率がマイナスになり得ることを示した。コール・オプションの負の平均リターンが観測されるのは資産価格パズルの一つと考えられており、それに対する理論的な説明を与えたことになる。研究結果をまとめた論文は国際学術雑誌 Quantitative Finance に掲載された。さらに慶應義塾大学で開催された計量経済セミナーで研究成果の口頭発表を行った。

(2) 消費ベースの資産価格モデルに投資家の主観確率バイアスと個別企業の倒産リスクを導入した理論モデルの開発に取り組んだ。この拡張モデルの理論的な性質および特徴を調べ、複数の資産価格パズルをこのモデル一つで説明することに挑戦した。この研究では、1900年から現在までの超長期間のマクロ経済データを活用した実証分析を実施し、提案した拡張モデルがエクイティ・プレミアム・パズルを合理的に説明できることを示したほか、先行研究のほとんどない倒産危機に直面した株式に関するパズル(distressed stock puzzle)の理論的な説明も与えた。倒産危機の株式は実際の株式市場で割高に評価される傾向があるが、拡張モデルでは宝くじ

を買うかのごとく、リスク回避的な投資家が倒産危機の株式を積極的に購入する可能性があることを示した。また、倒産危機の株式は市場ポートフォリオとの相関が低下する一方で、倒産危機の株式同士の相関は高いままであることも、オプション理論の応用によって説明可能であることを示した。研究成果をまとめた論文は国際学術誌 Quantitative Finance に掲載された。さらに一橋大学で開催された金融研究会で研究成果の口頭発表を行った。

(3) この研究では、「主観確率の累積分布関数」、「リスク中立確率の累積分布関数」、「プライシング・カーネル」という、ファイナンスにおける3つの重要な概念を結び付ける一般的な方程式を導出した。また、プライシング・カーネルの逆数の静的複製を考えることで、主観的割引率や最適消費問題を經由せず、プライシング・カーネルの市場ポートフォリオへの射影関数を完全に特定できることを示した。この方程式の応用として、プライシング・カーネルの形状の推定、投資家の主観的な期待値などの主観確率に基づく基本統計量の推計、の二つを提案した。では、従来のプライシング・カーネルの推定方法と提案した手法を比較するために、数値シミュレーションを用いて妥当性および手法の優劣を検証した。については、米国のオプション取引所であるCBOE(Chicago Board Option Exchange)からS&P500インデックスのオプションのヒストリカル・データを購入し、そこから推定される2007年1月から2019年5月までのS&P500インデックスの日次の主観確率分布および主観的なエクイティ・リスク・プレミアム(subjective equity risk premium)、主観的なバリエーション・リスク・プレミアム(subjective variance risk premium)を計測した。実証分析の結果、主観確率分布は実現リターンを予測することはできない一方で、主観的なエクイティ・リスク・プレミアムは標準的な資産価格理論が示唆する結果に概ね一致することがわかった。さらには、主観的なバリエーション・リスク・プレミアムは事後的なバリエーション・リスク・プレミアムと同じ統計的性質を持つことが示された。研究成果はワーキング・ペーパーとして公開し、国際論文誌に投稿した(現在、査読中)。

(4) 東京大学大学院の白谷健一郎准教授及び大学院生との共同研究として、レヴィ過程によって原資産価格が変動する場合のエキゾティック・オプションの効率的なプライシング手法の研究を行った。既存研究の手法と比較しても非常に計算効率がよく、汎用的な分散減少法(制御変量法)を提案した。この分散減少法を連続および離散観測型のバリア・オプション、ルックバック・オプション、アベレージ・オプションの価格評価に適用し、その効果を確認した。研究成果をまとめた論文は国際学術誌 European Journal of Operational Research に掲載された。

(5) ブラック・ショールズ・モデルを確率的時間変更によって拡張した株価変動モデルの一般的な性質をまとめ、シミュレーションにより視覚的にモデルの差異を説明するサーベイ論文を執筆し、法政大学経営学部紀要『経営志林』に掲載した。この論文はこれまでの自身の研究をまとめたものであり、複雑な研究成果を平易に説明したユーザーズ・ガイドとの位置付けで公開した。

(6) 関西大学の吉川大介准教授との共同研究として、証券の取引コストを考慮したマーケットメイカー(証券供給者)と投資家(証券需要者)の同時最適化による均衡証券価格に関する研究を行った。研究成果をワーキング・ペーパーとして公開した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yamazaki Akira	4. 巻 18
2. 論文標題 A dynamic equilibrium model for U-shaped pricing kernels	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Quantitative Finance	6. 最初と最後の頁 851～875
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/14697688.2017.1388535	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 山崎 輝	4. 巻 56
2. 論文標題 ブラック・ショールズ・モデルの拡張と確率的時間変更	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 経営志林	6. 最初と最後の頁 33～47
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yamazaki Akira	4. 巻 20
2. 論文標題 Probability weighting and default risk: a possible explanation for distressed stock puzzles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Quantitative Finance	6. 最初と最後の頁 745～767
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/14697688.2019.1698057	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Shiraya Kenichiro, Uenishi Hiroki, Yamazaki Akira	4. 巻 284
2. 論文標題 A general control variate method for Levy models in finance	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Journal of Operational Research	6. 最初と最後の頁 1190～1200
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） doi.org/10.1016/j.ejor.2020.01.043	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山崎 輝
2. 発表標題 Probability weighting and default risk: a solution for asset pricing puzzles
3. 学会等名 一橋大学 金融研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山崎 輝
2. 発表標題 A dynamic equilibrium model for U-shaped pricing kernels
3. 学会等名 慶應義塾大学 計量経済セミナー（招待講演）
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>法政大学 経営学部 山崎 輝 研究室ホームページ  <a href="http://akira2yamazaki.com/">http://akira2yamazaki.com/</a></p>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	白谷 健一郎  (Shiraya Kenichiro)	東京大学・大学院経済学研究科・准教授  (12601)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	上西 洋生  (Uenishi Hiroki)	東京大学・大学院経済学研究科・大学院生（修士課程）  (12601)	
研究協力者	吉川 大介  (Yoshikawa Daisuke)	関西大学・政策創造学部・准教授  (34416)	