

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 10 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23330104

研究課題名(和文) 資産価格相関の行動学的分析とファイナンス工学への応用

研究課題名(英文) An behavior finance approach to asset price correlations and applications to financial engineering

研究代表者

江上 雅彦 (Egami, Masahiko)

京都大学・経済学研究科(研究院)・教授

研究者番号：40467395

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,100,000円、(間接経費) 4,530,000円

研究成果の概要(和文)：金融危機後の研究で報告されている「資産間の相関関係の高まり」という必ずしもリスク・リターン分析だけでは説明できない現象を2重マルコフ転換モデルによって捕捉することができた。この転換点は金融危機以前の2003年であったこと、景気変動の影響を排除したうえで(投資家行動の結果としての)相関関係の高まりを検出できたことが成果である。またクレジットデフォルトスワップ(CDS)市場における流動性の一つの目安であるbid-ask spreadの変化を、自己励起モデルを利用して市場参加者の行動から分析した。さらに投資家の資金を運用するファンドマネージャの最適行動原理についても分析を行った。

研究成果の概要(英文)：After the global financial crisis, a number of research papers on the U.S. stock market report a higher correlation among industries. This phenomenon may not be explained through the conventional risk-return analysis. We apply a Markov switching model that contains both reversible and irreversible chains and find that the structural change of the market seemed to occur in 2003, well before the crisis.

We also analyse bid-ask spreads, one of the liquidity measures, in the credit default swap (CDS) markets. These spreads are determined by the behaviors of the market participants. We successfully fit a self-exciting process combined with time-changed Brownian motion. Moreover, we investigate the fund manager's optimal stopping problem where the fund is leveraged.

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：経済学 財政学・金融論

キーワード：構造変化 資産価格相関 行動学的要因 流動性 ファンドマネージメント

## 1. 研究開始当初の背景

通常の資産価格理論では完全な情報を持った合理的な市場参加者による資産選択の結果として、株式、債券、オプションなどの価格付けが行われるとされる。この理論を適用するには複数資産の価格の相関関係が比較的安定していることが想定されている。しかし、現実には原証券価格の相関が急激に変化する場合がある。特に2008年9月のリーマンショック以降報告されている資産相関の高まりは通常の理論では説明が難しいため、アノマリー(例外現象)と受け止められていた。比較的相関が少ないと思われていた証券が急に同一方向に動き出すことは、ポートフォリオによる証券投資や派生証券の価格付け等に大きな課題となる。

また金融危機においては、証券市場での流動性の枯渇から資産価格の下落に拍車がかかった。これは市場参加者間の不信感が引き起こしたともいえるが、このように市場参加者による売りが更なる売りに拍車をかけるような状況を説明するモデルも重要と考えられる。

## 2. 研究の目的

金融危機の前後に生じた、上述のような心理的要因が関係すると考えられる現象を説明する行動学的アプローチは比較的新しい学問分野であるが、適切なモデルを構築し、その現象を捉え、さらにそのモデルを利用することで(心理的要因を含んで動いていると考えられる)市場において適切に対応するための方策を考案することを目的とする。

(1) 複数資産価格の相関関係の急激な変化を説明する理論モデルを構築し、実際にそのモデルを使うことで、2008年以降に報告されている資産価格相関の高まりを捕捉できるかを検証する。

(2) 金融危機に際しては資産市場において流動性の枯渇が投資家の逃避的行動に拍車をかけ、複数の市場で環境が急変した。この点も投資家行動の観点から分析を行う。特にクレジットマーケット(CDS)でこの現象が顕著に見られたことに注視する。

(3) 一方、資産相関の高まりという市場の構造変化が資産価格の短期間で大幅な下落をもたらすため、ジャンプ付の動学モデルの数理的研究を平行して行う必要がある。特に流動性の枯渇等をもたらした一因は銀行・運用ファンド等の高いレバレッジであるため、借入を含むファンドの最適化行動の分析を行う。

## 3. 研究の方法

まず分析の対象となる金融データベースを慎重に選択し、Thomson Reuters社のDatastreamを購入した。

上記の研究目的2-(1)に関しては、まず基本モデルとなる資産価格相関の高まりを捕捉するモデルの構築を行った。さらにそのモデルを利用することで証券投資のパフォーマンスを向上させる方策について検討した。(2)については金融危機時にCDS市場での流動性の枯渇によりBid-Ask Spreadが大幅に拡大したため、このスプレッドの変化を説明する(市場参加者の行動を織り込んだ)モデルを開発することとした。(3)については下方ジャンプ付のレヴィー過程を分析の対象とすることとし、特に銀行やヘッジファンドなどの市場参加者が価格下落に際しての最適化行動を分析した。

研究体制は、動学的モデルに関しては江上が、経済主体の意思決定・行動学的側面に関しては若井が主たる担当として研究を遂行した。実際の作業は両者による綿密な議論を踏まえて(特に(1))共同して行った。

## 4. 研究成果

(1) 市場の構造変化を統計的にとらえるため2重マルコフ転換モデルを活用した。具体的には、景気変動の市場への影響を捉えるための循環的(reversible)なマルコフ転換モデルに、構造変化を捉えるために非可逆的(irreversible)なマルコフ・チェーンを組み合わせた。このモデルの狙いは資産価格の変動に対する景気変動の影響を排除し、資産価格相関の高まりという構造変化のみを抽出することである。米国株式市場の業種別(10業種)のリターンデータに、上記モデルを適用した結果、2003年に資産価格相関の高まりが発生していたことを発見することができた。しかもこの状態はその後継続しており、不可逆的であったと推定される。つまり相関の上昇は金融危機の結果発生したのではなく、大平穏期(The Great Moderation)の時期にすでに起こっていたものと考えられる。ここまでの研究成果を論文(下記の論文)にまとめ、平成25年5月の日本ファイナンス学会にて報告した。

(2) 続いて、市場に構造変化が起こる場合にそれを捕捉して、リスクヘッジや運用パフォーマンスの向上を図るための方法についての研究を行った。構造変化があることを前提として資産配分を行えば、投資効率が上昇することが確認できたため、さらに進めてリアルタイムでデータを観測しつつ、構造変化が発生したことを正確に捕捉して、その新しい情報を利用して資産配分を変化させるというより現実的な状況を想定した。

この場合、構造変化を捉えた時点以降は新しいレジームのもとでの業種間の共分散行列の推計を（新たに）行う必要がある。その際、ある程度の期間のデータを蓄積することが必要となるが、このリードタイムの存在が運用パフォーマンスを低減させることが分かった。当初の研究計画にはなかった点であるが、より深いレベルで課題研究を遂行し、実務において有益な方法を提案するため、この点を改善した投資方法の開発に取り組んだ。上記の4 - (1) で得られた成果に本件を加えて査読付ジャーナルに投稿する予定である。

(3) 金融危機において見られた流動性の枯渇から市場環境が悪化した問題について研究を行った。具体的にはクレジットデフォルトスワップ(CDS)市場のBid-Ask スプレッドが(市場参加者行動の観点から)どのように形成されるかという問題に対して、動学モデルをフィットさせた。市場におけるクオート数が増加すると、その増加が更なるクオート数の増加を呼び、結果として需給バランスの崩れから bid-ask スプレッドが増大することに着目し、自己励起モデルの一つである Hawkes 過程を利用した。このモデルに基づく予測は、米国および日本のCDS市場において、実際のデータをうまく説明することができており、この成果を下記の論文にまとめ、日本ファイナンス学会で報告した。この論文についても査読付きジャーナルへの掲載を目指している。

(4) 投資家の資金を運用するファンド(ヘッジファンド、CDOなど)が市場に与える影響が近年急速に強くなっている。そこで、ファンドマネージャによる資産運用の最適ルールを研究することは重要であると考えられる。特にファンドが借入するなどして、レバレッジを高くしているケースで、短期間に大幅な価格下落がある場合にどのようなルールに基づく行動を取るかを考察した。より具体的に言うと、「どの程度までファンド全体の価値が下落すると運用を放棄するか(市場に混乱をもたらす要因となる) 反対にどの程度まで上昇すると、運用している資産をすべて売却して利益を確定するか」という最適停止問題を、まず下方ジャンプが現在のファンド価値の一定の比率で起こる場合に限定して解法した。そのうえで投資家が保険的な意味合いで(ファンド価値が)予め決められたレベルまで下落した場合には自動的に解約できるという limited protection を購入した場合、ファンドマネージャはそうでない場合より早く(=より低い価値で運用資産を売却し利益を確定する)ことが分かった。逆に言えば、投資家がプロテクションを購入するか・しないかを考察に入れることで、投資家の強気/弱気という心理的要因がファンドマネージャの行動、ひいては市場にど

のような影響を与えるかを分析できた。この結果は論文として刊行した。次にジャンプがより一般的な分布をもつケースについて同様な問題の研究を行い、結果を論文として刊行した。

(5)(4)の課題をさらに進めて、レバレッジ比率を明示的にモデルに組み込んだうえで、負債を持ったファンド(CDOが代表的)の意思決定問題を考察した。具体的にはレバレッジを掛けて資産を増やす運用主体を考え、時点tまでの最高価値 $S(t)$ と、時点tにおける $X(t)$ の乖離幅 $S(t)-X(t)$ を使って時点tにおけるレバレッジ比率を表すモデルを構築した。本件は尾立唯生氏(京都大学経済学研究科博士課程との共同研究であるが、このモデルを用いて最適停止問題を解法した研究を学会にて報告した)。鍵となる最高点 running maximum からの乖離(excursion)の取り扱いについての理解を深めることができたので、さらに投資家の心理的要因を含んだ意思決定も反映できるようなモデルに拡張することを視野に入れている。

(6) 上記の研究(特に(1))に関し、投資行動の変化を誘発する心理学的・行動学的基礎を「曖昧性回避(不確実性を避ける傾向)」という観点から考察した。特に、一期間モデルにおいて、「曖昧性回避」に基づく投資を通常の「主観的確率」に基づく投資から識別できる環境を理論的に導出し、結果を論文として発表した(掲載決定済)

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 5 件)

K. Wakai, "Observational equivalence and nonequivalence of subjective and robust mean-variance preferences", *Economics Letters* 査読有, accepted on May 21, 2014.  
DOI 10.1016/j.econlet.2014.05.019

M. Egami, Y. Shigeta, and K. Wakai, "The change of correlation structure across industries: An analysis in the regime switching framework", 京都大学経済学部ディスカッションペーパー、査読無、2014  
<http://www.econ.kyoto-u.ac.jp/projectcenter/Paper/e-14-002.pdf>

M. Egami and K. Yamazaki, "On the continuous and smooth fit principle for optimal stopping problem in spectrally negative Levy models",

Advances in Applied Probability 査読有、46(1)139-167, 2014.  
DOI:10.1239/aap/1396360107.

M.Egami, Y.Kato, and T.Sawaki, "An analysis of CDS market liquidity by the Hawkes process", 京都大学経済学部ディスカッションペーパー、査読無、2013  
<http://www.econ.kyoto-u.ac.jp/projectcenter/Paper/e-13-001.pdf>

S.Dayanik and M. Egami, "Optimal stopping problems for asset management", Advances in Applied Probability 査読有、44 (3)655-677, 2012. DOI:10.1239/aap/1346955259.

〔学会発表〕(計 5 件)

江上雅彦(発表者) 尾立唯生, "An excursion-theoretic approach to leveraged finance", International conference on portfolio selection and asset pricing in financial markets, 2014年3月28~29日、京都大学経済研究所

江上雅彦(発表者) 尾立唯生, "An excursion-theoretic approach to financial decisions" ワークショップ「金融工学・数理計量ファイナンスの諸問題 2013」2013年12月5~6日、大阪大学

江上雅彦(発表者) 尾立唯生, "An excursion-theoretic approach to financial decisions" 横浜国大・南山大学共同ファイナンスワークショップ、2013年11月16~17日、横浜国立大学

江上雅彦、重田雄樹(発表者、論文の共著者)、若井克俊 "The change of correlation structure across industries" 日本ファイナンス学会第21回大会、2013年6月1日~2日、武蔵大学

江上雅彦、加藤康之、澤木智史(発表者、論文の共著者) "An analysis of CDS market liquidity by the Hawkes process" 日本ファイナンス学会第21回大会、2013年6月1日~2日、武蔵大学

〔その他〕

ホームページ:

<http://www.econ.kyoto-u.ac.jp/~egami/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

江上 雅彦 (EGAMI, Masahiko)  
京都大学大学院経済学研究科・教授  
研究者番号: 40467395

(2) 研究分担者

若井 克俊 (WAKAI, Katsutoshi)  
京都大学大学院経済学研究科・准教授  
研究者番号: 80455708