

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 4月18日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21530313

研究課題名（和文） 投資意思決定モデルの開発及びそれと市場価格形成との関係の解明

研究課題名（英文） Refining Human Decision-Making Models with Biological Data and Financial Markets

研究代表者

下川 哲矢（SHIMOKAWA TETSUYA）

東京理科大学・経営学部・准教授

研究者番号：30366447

研究成果の概要（和文）：

近年、限定合理性をモデル化しようとする研究が進展している。本研究では、このような研究成果をさらに発展させ、意思決定モデルと市場価格形成との関係を明らかにする。具体的には、金融資産収益に関してよく知られたいくつかの事実と我々の意思決定モデルを組み込んだ均衡モデルとの整合性を多角的に検証した。これは、限定合理的な意思決定を扱う「学習理論」と市場価格の性質を扱う「ファイナンス統計学」を結びつける貢献であるとともに、リスク下の意思決定モデルをさらに精緻化する試みである。

研究成果の概要（英文）：Recent development of neuroscience has spurred revision of models of decision-making under risk, as have been used thus far in economics, based on assumptions of axiomatically defined rationality and prompted the construction of new, more realistic models of bounded rationality decision-making. This study tries to refine decision-making models by using biological data and provide a market foundation for the decision-making model observed in financial markets.

First, we conducted experiments and described a trade behavior which refines existing learning-models. Next, we conducted an agent-based simulation using an artificial market model with selection pressures in order to check whether the observed bounded rationality could have an evolutionary basis.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

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：ファイナンス、ニューロエコノミクス、意思決定、fNIRS、人工市場

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 金融資産の収益率分布に共通する一連の統計的な性質は Financial stylized facts (以下 FSF) と呼ばれ、現在、ファイナンス研究における重要なベンチマークとなっている。80年代以降、このような統計的事実が相次いで報告され、その流れを受けて、近年の金融均衡理論研究の一つの中心は、発見された FSF をできるだけ多くを包含するような、より洗練されたモデルの構築にあるといえる。

(2) 特に、これまでの伝統的な理論モデルで採用されてきた「合理的な」投資家という強い仮定を緩め、「投資家の限定合理性」といったより現実的な要因を均衡モデルに組み込んだ場合に、そこから導き出される市場収益率がどのような統計的な性質を持つのかを明らかにすることは、今後、大きなチャレンジになると予想される。

(3) これまで、我々の研究室では、金融市場において観測される資産価格形成に関する統計的性質について研究を行ってきた。特に、意思決定バイアスの一つである「ロス回避性」と市場価格形成の関係に着目し、これら統計的性質がどのように形成されるのかを追及してきた。

さらに、市場参加者の意思決定そのものをより深く理解すべく、150人規模の行動実験や、脳神経科学の視点から functional Near-Infrared Spectroscopy (以下 fNIRS) を用いた投資実験を行い、学習理論の文脈で採用されてきた従来の意思決定モデルを拡張、精度の向上を実現した。

### 2. 研究の目的

(1) 本研究課題では、このような限定合理性に関する研究の進展に立って、「限定合理的な意思決定と市場価格形成の関係」を明らかにしたい。具体的には、これまで得られた我々の研究成果を統合し、さらに2つの方向に発展させたい。

第1の発展は、我々の意思決定モデルと市場で観測される FSF との整合性の分析である。ある意思決定モデルが、多くの FSF と整合性を持つことを分析することは、当該意思決定モデルの妥当性を間接的に検証することを意味する。

(2) 第2の発展は、意思決定モデルの精緻化である。近年、脳神経科学の目覚ましい進展に伴いリスク下における多くの事実が解明されている。本研究においても脳神経科学の観点から、意思決定モデルの更なる精緻化をはかる。

### 3. 研究の方法

(1) 先の「研究目的」において言及したように、これまで得られた成果を意思決定モデルと市場で観測される FSF との整合性の分析と意思決定モデルの精緻化の2つの方向に発展させる。

意思決定モデルと市場で観測される FSF との整合性の分析では、代表的な FSF との整合性の検証および、短期及び中長期の資産収益率の予測可能性との整合性の検証を行う。分析手法は、実験から得られた意思決定モデルを組み込んだエージェントベース型の市場シミュレーションによる。

(2) また、意思決定モデルの精緻化では、fNIRS による脳神経情報デコーディング技術の向上、意思決定バイアスの脳神経科学の観点からの特定、情動反応を誘発しやすい市場状況の特定を行う。さらに行動経済学における学習理論で典型的に用いられる意思決定モデルを生体情報を含めた形で拡張する。

#### 4. 研究成果

(1) 意思決定モデルの精緻化 1 : fNIRS による脳神経情報デコーディング技術の向上を目指し、以下の改良および実験を行った。

①前頭前野外側部のように、これまで注目してきた脳部位以外の酸化ヘモグロビン濃度変化についても検討した、その結果、右眼窩部や腹内側部も被験者によっては重要情報を持つことが分かった。②観測された生体データに含まれるノイズを除去するために、Savitzky-Golay フィルタのほか、各種フーリエフィルタを併用し、最適なものを自動で選択できるようにシステムを改良した。③ 投資意思決定予測モデルについて、ベイジアン・ニューラル・ネットワークモデルを、時間ラグも捉えることができるように改良するとともに、サポートベクターマシン (SVM) との併用もできるようにした。これらの改良は意思決定モデルの予測精度を大幅に向上させることを発見した。これらの結果は *Neuroscience* や *人工知能学会論文誌* に掲載された。

(2) 意思決定モデルの精緻化 2 : より現実の市場環境に近い環境を人工市場型 Brain Computer Interface (BCI) を用いて作成し、その環境において、さらに進んだ投資意思決定と脳活動との関係を追及した。具体的には、意思決定分析プラットフォームとして、4 人が市場に参加し、同時に脳情報を計測、リアルタイムに処理可能な BCI を作成し、最も頻

繁に観測される意思決定バイアスの一つである資産効果について検証した。人工市場型の実験プラットフォームは、より現実に近いという意味で重要であるが、これまでの神経経済学研究では用いられてこなかったものである。これらの結果について、人工知能学会論文誌や情報処理学会において発表した。

(3) 意思決定モデルの精緻化 3 : 人工市場型 Brain Computer Interface をさらに発展させ、戦略的状況下における意思決定分析 (Game 理論をベースとした分析) も可能とするとともに、これらのプラットフォームを用いて意思決定と生体反応の関係を分析した。具体的には以下のような結果を得た。

① 戦略的意思決定モデルについても、生体情報を用いたモデル化を行い、従来モデルの予測精度を改善できることを示した。これについては *Economic Bulletin* 誌に発表した。

② 投資意思決定予測モデルについても、更なる多様化を図り、有望と思われるすべての候補についても比較検討を行った。

③ また、意思決定における個人差を詳しく検証についても分析を行った。②③については人工知能学会および電気学会において発表した。

(4) 金融市場における定式化された事実 (FSF) と意思決定モデルとの整合性 1 : これまで、我々はプロスペクト理論に基づくロス回避性を持つ投資家をモデル化し、均衡モデルのエージェントベース・シミュレーションにより、多くの FSF との整合性を示してきた。しかしながら、そこで採用したロス回避モデルは理論モデルを単に修正したものであり、実証的な根拠を持たなかった。今回の分析では、この弱点を改善し、実際に投資実験から観測した意思決定モデルを使用し、市

場全体のふるまいとの関係を検証した。すなわち、我々の意思決定モデルを組み込んだ均衡モデルから生成される価格列が、実際に観測される FSF を再現可能かどうかを検証し、収益率分散の強い正の自己相関や収益率分布の大尖度、レアな変動に対する過度の反応について、整合性を確認した。この研究は、実証的に導かれた意思決定モデルを、人工市場研究に持ち込んだという意味で新規性があると思われる。

(5) 金融市場における定式化された事実 (FSF) と意思決定モデルとの整合性 2: 効率市場仮説に対するアノマリーの一つとして学術上も実務上も常に大きな関心を集めてきた、短期における正の自己相関の存在と、中長期における負の自己相関の存在について、我々の意思決定モデルとの関係を分析し、我々の限定合理性を加味した意思決定モデルが、これらのアノマリーを再現可能であることを示した。この結果については the IEEE transactions on Evolutionary Computation 誌に発表される。

#### 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 8 件)

① Evolutionary Foundation of Bounded Rationality in a Financial Market, Kanta Kinoshita, Kyoko Suzuki, Tetsuya Shimokawa, 2012, *the IEEE transactions on Evolutionary Computation. Forthcoming*

② The role of the orbitofrontal cortex in human adaptive learning under strategic environments, Kazuhiro Miyagawa, Tadanobu Misawa, Tetsuya Shimokawa, 2011. 8, *Economics Bulletin*, Volume 31, Issue 3,

EB-11-V31-I3-P207 査読有

③ An agent-based approach to test the usefulness of the behavioral finance in real financial markets, 査読有, *International Journal of Computational Science*, Volume 4(2), pp199-217, 2010. 3, Tetsuya Shimokawa, Kyoko Suzuki and Satoru Takahashi

④ Brain Computer Interface を用いた投資行動分析, 査読有, 人工知能学会論文誌, Vol. 25, No. 1, pp183-195, 2010. 1, 鈴木 恭子, 木下 寛大, 宮川 和夫, 塩見 真一, 参沢 匡将, 下川 哲矢

⑤ Predicting Investment Behavior: an Augmented Reinforcement Learning Model, 査読有, *Neurocomputing*, Volume 72, Issues 16-18, pp3447-3461, 2009. 7, Tetsuya Shimokawa, Tadanobu Misawa and Kyoko Suzuki

⑥ Predictability of Investment Behavior from Brain Information Measured by Functional Near-Infrared Spectroscopy: A Bayesian Neural Network Model, 査読有, *Neuroscience*, 161, pp347-358, 2009. 3, Tetsuya Shimokawa, Kyoko Suzuki, Tadanobu Misawa, Kazuhiro Miyagawa

⑦ An Agent-based Approach to Option Pricing Anomalies, 査読有, *the IEEE transactions on Evolutionary Computation*, 13(1), pp19-32, 2009. 2, Kyoko Suzuki, Tadanobu Misawa, Tetsuya Shimokawa

[学会発表] (計 10 件)

① 脳情報のマイニングによる経済意思決定

モデルの精緻化, 査読無, 2011年度人工知能学会全国大会(第25回) 論文集, 2C2-0S2b-1, 2011.6, 下川哲矢, 木下寛大, 宮川和夫, 参沢匡将

②Neuroeconomics の知見を応用した自律的 Brain Computer Interface System の作成と評価, 査読無, 2011年度人工知能学会全国大会(第25回) 論文集, 2C2-0S2b-2, 2010.6, 木下寛大, 宮川和夫, 荒山泰祐, 酒谷拓孝, 参沢匡将, 下川哲矢

③Intelligent Market: 市場安定化のためのマーケットメイカー型ブレイン・コンピュータ・インターフェイスの作成, 査読無, 情報処理学会 第73回全国大会 論文集 2F-3, 2011.3, 下川哲矢, 木下寛大, 宮川和夫, 参沢匡将

④インターネットを介した自律的なニューロ・マーケティング・システムの構築, 査読無, 情報処理学会 第73回全国大会 論文集 5P-1, 2011.3, 宮川和夫, 木下寛大, 参沢匡将, 下川哲矢

⑤生体情報のマイニングによる投資意思決定モデルの精緻化, 査読無, 情報処理学会 第73回全国大会 論文集 5P-2, 2011.3, 荒山泰祐, 下川哲矢

⑥人工市場における神経経済学的分析: 意思決定バイアスとマーケットイベントを中心に, 査読無, プロシーディングス, 情報処理学会 第73回全国大会 論文集 5P-3, 2011.3, 酒谷拓孝, 下川哲矢

⑦Neuro データのマイニングによる投資意思決定モデルの精緻化, 査読無, 人工知能学会

ファイナンス研究会 (SIG-FIN 第6回) 発表論文集 006-07, 2011.1, 下川哲矢, 木下寛大, 宮川和夫

⑧SmartMarket: NeuroFinance の知見を応用したマーケットメイカー型 Brain Computer Interface の作成と評価, 査読無, 人工知能学会 ファイナンス研究会 (SIG-FIN 第6回) 発表論文集 006-08, 2011.1, 宮川和夫, 下川哲矢

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計2件)

名称: 金融資産表示データ生成装置、及びプログラム

発明者: 下川哲矢, 参沢匡将, 鈴木恭子, 木下寛大, 宮川和夫

権利者: 東京理科大学

種類: 特許

番号: 特許出願番号: 特願 2009-230901

出願年月日: 2009年10月

国内外の別: 国内

名称: 投資行動に寄与する投資情報を提供する投資行動補助サーバ及びその方法

発明者: 下川哲矢, 参沢匡将, 鈴木恭子, 木下寛大, 宮川和夫

権利者: 東京理科大学

種類: 特許

番号: 特許出願番号: 特願 2009-21661

出願年月日: 2009年9月

国内外の別: 国内

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.ms.kuki.tus.ac.jp/outline/faculty/profile/shimokawa.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

下川 哲矢 (SHIMOKAWA TETSUYA)

東京理科大学・経営学部・准教授

研究者番号: 30366447

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者  
( )

研究者番号：