

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 4 日現在

機関番号：12613

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2013～2014

課題番号：25885019

研究課題名(和文) 神経経済学の行動経済学への応用の研究

研究課題名(英文) Research on Neuroeconomics and Behavioral Economics

研究代表者

萱場 豊 (KAYABA, Yutaka)

一橋大学・社会科学高等研究院・特任講師

研究者番号：00708612

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：神経経済学の行動経済学への応用を意識した2つのプロジェクトを行った。(1)金融市場において急激な価格変化が生じる際、価格をどのように予測するのか、その予測の行動経済学的モデルを構築した。これをfMRIのデータと突き合わせることで、価格の急激な変化がファンダメンタルズの変化によるケースと単なるノイズによるケースで脳活動が異なることが明らかになった。(2)報酬が大きい場合と小さい場合でセールスマンの顧客への売り込みの行動がどのように違うのかを明らかにするフィールド実験を、セールスマンの緊張の度合いと相関する生理学的データ(脈波、声のトーン)を測定しながら行った。現在、データの解析を進めている。

研究成果の概要(英文)：This project investigates the following two issues on behavioral economic implications of neuroeconomic data. (1) I developed a behavioral decision making model to predict a future price movement when an extreme price change occurs in a financial market. With fMRI data, the model demonstrates that the human brain activity in the fMRI data differs between the situations where the extreme change occurs due to a fundamental change of the financial instrument, and where that occurs due to merely a noise. (2) I performed a field experiment to investigate how a salesperson behaves differently facing with a larger, performance-contingent reward in a real-world setting. I recorded physiological data (heart rate and tone of voice) during the experiment to obtain proxies for her stress. Detailed analysis is currently being processed.

研究分野：行動経済学

キーワード：行動経済学 神経経済学

## 1. 研究開始当初の背景

経済学の第一線の研究現場である米国における、行動経済学及び実験経済学の近年のひとつの大きな潮流は、神経経済学の発展である。今世紀になって行動経済学及び実験経済学の一分野として発生した神経経済学は、今は神経経済学に特化した学会 (Society for Neuroeconomics) をもち、また、経営学にも波及してニューロマーケティングという分野を興し、さらに全米経済学会においては神経経済学に特化したセッションを持つほどに発展し、基礎研究を中心として膨大な成果が蓄積されてきている。

とくに最近においては、今までの基礎研究の蓄積を生かし、神経経済学で得られるデータ (脳活動のデータや目の動き・瞳孔の変化のデータ等) を用いることで行動経済学的な意思決定モデルについての含意を得るような、経済学的に意義深い応用研究が行われる段階へと移行してきている。具体的には、そのような研究の一つであり、また、研究代表者の萱場が行った研究である Hu, Kayaba & Shum (2013) では、目の動きのデータを用いることで、従来の経済学では測定することのできなかった被験者の主観的な価値についての操作変数を得て、その主観的価値が被験者の試行錯誤の選択を通じてどのように動的に変化するのかを、行動経済学的な学習モデルを推定することで明らかにしている。神経経済学的データの存在が、従来は推定が難しいとされた行動経済学的モデルの推定を可能としている。

Hu, Kayaba & Shum (2013) のような、行動経済学への示唆に富む応用研究が芽吹いてきた一方で、これら行動経済学的応用研究の絶対的な数については限られている。従来の神経経済学の研究は、行動経済学について間接的な示唆に富む一方で、直接行動経済学に応用できる研究は極めて少ない。これは、これまでの神経経済学の研究は経済学者以外の者によってなされたものが多く、必ずしも行動経済学への直接的な応用を意識せず、経済学的意義にやや乏しい実験課題を設定してきたことや、行動経済学的モデルを分析の枠組みに組み込むと、解析が著しく複雑になること等による。

代表研究者である萱場が Hu, Kayaba & Shum (2013) の研究を行って痛感したことは、神経経済学的データを行動経済学に直接応用するためには、従来の神経経済学における成果と行動経済学との間のギャップを埋め、神経経済学的データを行動経済学に直接応用することを可能とするような「橋渡し」的な研究が必要であるということである。より具体的には、こうした神経経済学的な分析に有用な行動経済学的な意思決定モデルを構築すること、従来よりも行動経済学的に興味深い意思決定問題への応用可能性を踏まえ、それに応じた経済学的実験を設計し、その設計に即した神経経済学的データの性

質を調べることである。

## 2. 研究の目的

上記のような神経経済学の進展と行動経済学の関係を踏まえ、本プロジェクトでは、以下の2つの研究課題に取り組んだ。

### (1) 研究課題1 神経経済学的な分析有用な行動経済学的な意思決定モデルを構築する研究

より具体的には、金融市場において、行動ファイナンス的に重要性の高い問題である、急激な価格変化が生じる意思決定問題における行動経済学的モデルを構築した。これは、米国カリフォルニア工科大学の神経ファイナンスの研究室がこのような金融市場での応用を踏まえた実験課題を設定し、ヒトを被験者として行動データと fMRI のデータを取得しており、それを利用する機会を得たことがプロジェクトを始める契機となった。本課題の研究目的は、この実験に直面した被験者の行動を説明し、同時に fMRI データの分析を行うことが可能になる行動経済学的意思決定モデルを構築することである。

このカリフォルニア工科大学の実験課題では、被験者は金融資産の価格の変化を観察し、次に価格がどのように変化するかを予想することがタスクとして設定されている。その際、被験者は、しばしば金融資産の価格が急激に変化する場面に遭遇する。その背景には2つのケースがあり、それが金融資産の基礎的条件 (ファンダメンタルズ) の変化によって生じるケースと、一時的なノイズによって生じるケースである。既存研究は、人は大きな価格変動に直面すると、その背景に基礎的条件の変化の変化を想像してしまう性質があることが指摘されている一方で、実際の金融市場ではそれがただの一過性のノイズであることが多いことが指摘されており (タレブ (2008) 「ブラック・スワン」等を参照) そのような人の持つ認識の「癖」の背景にある神経基盤を明らかにすることが実験の目的であった。

本研究課題は、それぞれのケースにおいて、被験者が過去の金融資産の価格の変化から将来の水準を予測する行動経済学的モデルを、ベイジアン強化学習モデルとして導いた。このモデルは、被験者の予測のパターン (行動データ) から、被験者がの基礎的条件の変化が背景にあるものと考えているか、の単なるノイズによる変化を想定しているのかを識別することを可能にした。

さらに神経経済学との関係で重要なことは、モデルの枠組みに強化学習モデルを利用したことで fMRI データの解析に有効なモデルとなったことである。これは、当時、ヒトの脳の中で強化学習を遂行する神経基盤の研究の蓄積がなされてきていたことによる。本研究課題の行動経済学的モデルは、fMRI データをこの強化学習の神経基盤の文脈で解釈することを可能にした。

本研究課題で構築されたモデルは、この金融市場を模した、行動経済学的に興味深い実験課題において行動データとfMRIデータを結び付けることで、人々が金融市場で急激な価格変化に直面したときの意思決定の神経基盤を明らかにすることに貢献した。そして、人の金融市場における意思決定の神経基盤を明らかにすることは、ヒトの意思決定のもつ性質や癖などを明らかにすることに繋がり、金融市場での市場参加者の予測がもつ不安定性等例えば、人々は急激な変化があると、それをノイズのせいではなく、基礎的条件の変化のせいだと思いやすい等を明らかにすることに繋がることが期待される。

(2) 研究課題2 購買の場面における売り手の行動の報酬による違いを、神経経済学的(生理学的)データから明らかにする研究

近年行動経済学において関心が高まっている事象の一つは、高報酬が必ずしも被雇用者のパフォーマンスを向上させず、場合によっては低下させる事象である。これは、“choking under pressure”と呼ばれる現象で、高い報酬を課すことで、被雇用者がそのタスクの失敗を強く意識してしまうため、それが過度の緊張やストレス、プレッシャーを生み、却ってタスクの成功を妨げるものと考えられている。以前よりスポーツ科学の分野において多くの研究の蓄積が見られ、この現象の存在に学界の十分なコンセンサスがある一方、経済的な意思決定の文脈ではまだ十分な研究の蓄積がない。それにも関わらず、昨今のアメリカの金融危機などを背景に、高額な報酬を貰っていた金融機関の経営者のパフォーマンスがあまり高くなかったことなどから、それを説明する理論として経済学や経営学における関心も高まってきている。

本研究課題は、choking under pressureが生じると考えられる経済的な意思決定の場面をフィールド実験で再現し、被験者がタスクに成功すれば高額報酬を得る場合とそうでない場合で、パフォーマンスに差があるかどうかを調べ、その際、理論の期待通り、高額報酬でより緊張やストレス、プレッシャーを感じているか、生理学的データ(脈波と声のトーン)から分析し、さらに、そうした経済的な意思決定の場面での会話が、報酬が高額な場合とそうでない場合で特徴的な違いがあるかどうかを会話分析から明らかにすることを目指した。本研究は、生理学的データの扱いに熟知している、心理学分野の研究協力者と、会話の内容の分析を熟知している研究協力者の3名で協力して行った。

前述した通り経済学や経営学におけるchoking under pressureの研究は経済学的関心が高いにも関わらず研究蓄積が少なく、この分野におけるエビデンスを提供することは重要である。とりわけ、神経経済学とし

て生理学的データを同時に測定する研究は少なく、とくに既存の研究ではあまり着目されてこなかった声のトーンや会話の仕方、会話分析という枠組みで分析の対象としたことは我々の知る限り前例のない、本プロジェクト独特のアプローチである。

### 3. 研究の方法

#### (1) 研究課題1について

米国カリフォルニア工科大で設定された実験課題に基づき、価格の予測を行う行動経済学的モデルをベイジアン強化学習モデルとして構築した。金融資産の価格の急激な変化が金融資産の基礎的条件(ファンダメンタルズ)の変化によって生じるケースと、一時的なノイズによって生じるケースの2つのケースのそれぞれについてモデルを構築した。

どちらのケースでも、金融資産価格の変化は混合正規分布に従うものとされており、ケースでは、分散が大きな正規分布に従う変化が低い確率の下で生じる設定になっており、これが金融資産の基礎的条件の変化となる設定になっている。ケースでは同様に分散が大きな正規分布に従う変化が低い確率の下で生じる設定になっているが、これが単なるノイズとなる設定になっている。被験者は、価格の変化のうち、どの程度の割合が分散が大きな正規分布から生じる変化によるものなのか、分散が小さな正規分布から生じる変化になるものかを判断するモデルを、ベイジアン意思決定の枠組みで構築した。

通常、ベイジアン意思決定の枠組みで予測モデルを構築する場合、その事前信念と事後信念は共役の関係でないと解析解が得られない。そのため、今回設定されている混合正規分布では解析解を得ることが出来ないが、その部分を数値シミュレーションを利用する逐次モンテカルロ法を利用することで解決し、数値解を得る方法を選択した。

また、このベイジアン意思決定モデルは、前回の自分の予想と実際の価格変化の違いを予測誤差として次回の予測にフィードバックして組み込むという、強化学習モデルと呼ばれる枠組みに当てはめて解釈することができる。これを特にベイジアン強化学習モデルと呼ぶ。その際、重要な役割を果たすのは学習率と呼ばれるパラメータで、予測誤差がどの程度次回の予測にフィードバックさせるのかを制御するものである。この学習率に被験者の想定する価格プロセス(ケースであるかケースか)が心的なモデルとして反映されるため、学習率をデータから計算することで、被験者が想定している価格プロセスを識別することが出来るようになる。

#### (2) 研究課題2について

具体的に、陶芸品の販売を行っている方に被験者として協力してもらい、陶芸の販売における高額報酬の影響を調べるフィールド

実験を行った。陶芸品の販売を利用した背景は、陶芸品の値段の付け方はあまり原価に依存せず、利潤率の大きな商品と小さな商品が混在することから、一つの売り場において報酬の高低が自然に発生することにある。会話分析の信頼性を高めるには、状況は限りなく自然に近い必要があり、その観点から、我々が協力を得られそうな業界の中では陶芸が一番適切であるとの結論に至った。

15人、買い手の被験者を募集し、それぞれについて、売り手に陶芸品の販売を行ってもらった。その前後で売り手の脈波を測定し、販売を行っている最中は両者の間で行われる会話を収録した。以上の手続きは、全て、売り手、買い手双方の被験者の同意を得て行っている。

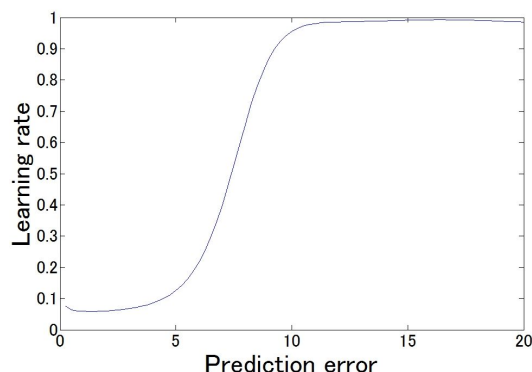
#### 4. 研究成果

##### (1) 研究課題1について

ベイジアン強化学習モデルを、2つの実験設定の下で別々に求めた。

金融資産の価格の急激な変化が基礎的条件によると考えているケース

このケースにおけるベイジアン強化学習モデルを構築し、学習率をプロットした(グラフ1)。この学習率は、価格の変化のうち、どの程度の割合を基礎的条件の変化と見做すべきかを示している。

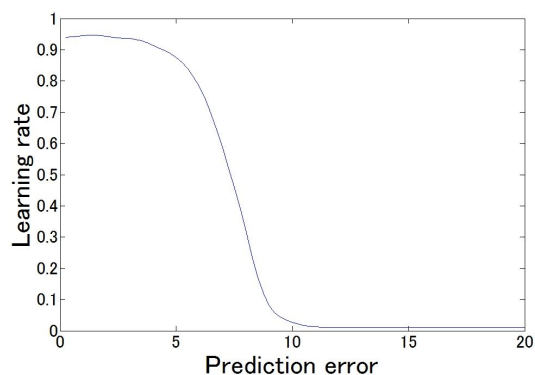


グラフ1：ケース1の学習率

グラフ1が示す通り、価格の変化が小さい場合、それはほとんどがノイズによるものと見做すこと、逆に、価格の変化が大きい場合、そのほとんどを基礎的条件の変化と見做すことが明らかになった。

金融資産の価格の急激な変化がノイズによると考えているケース

同様に、このケースにおけるベイジアン強化学習モデルも構築し、学習率をプロットした(グラフ2)。



グラフ2：ケース2の学習率

グラフ2が示す通り、価格の変化が小さい場合、それはほとんどが基礎的条件の変化によるものと見做すこと、逆に、価格の変化が大きい場合、そのほとんどをノイズと見做すことが明らかになった。

このベイジアン強化学習モデルを構築したことにより、被験者の行動データ(金融資産の価格の近い将来の予測)から学習率を計算することで、被験者が考えている価格過程を識別することが可能になった。

Bossaerts, Kayaba & d'Acromont (2013, 5.の「主な発表論文等」を参照)は、このベイジアン強化学習モデルを利用して被験者が背景に想定している価格プロセス(価格の急激な変化が基礎的条件の変化によるプロセスと、ノイズにすぎないプロセス)を識別し、価格プロセスの違いを認識する神経基盤を明らかにした。前島や下前頭回が、ノイズが急激な変化を引き起こす際により活動的になることが明らかになった。

##### (2) 課題2について

データの一次的な解析を行ったところ、データのノイズが事前の想定よりも大きく、想定していた解析方法と異なるアプローチが必要である可能性が明らかになった。現在、様々な分析手法を検討しながら、データの解析を進めているところである。

データの解析及び解釈がある程度進んだ時点で、研究会等で研究成果を発表することを考えている。

#### 5. 主な発表論文等

[学会発表](計1件)

Bossaerts P. (with Kayaba Y. and d'Acromont M.) "Neural Control of Sensory Signals To Outliers In the Human Brain," Society for Neuroeconomics Annual Meeting 2013, September 29 2013, Lausanne (Switzerland)

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

萱場 豊 (KAYABA, Yutaka)

一橋大学・社会科学高等研究院・特任講師

研究者番号：00708612