

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

|                   |                                                                                                                                                                                            |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 題目(和文)            |                                                                                                                                                                                            |
| Title(English)    | 意思決定における確率の取り扱いに関する理論的及び実証的研究                                                                                                                                                              |
| 著者(和文)            | 松森嘉織好                                                                                                                                                                                      |
| Author(English)   | Kaosu Matsumori                                                                                                                                                                            |
| 出典(和文)            | 学位:博士(理学),<br>学位授与機関:東京工業大学,<br>報告番号:甲第11221号,<br>授与年月日:2019年6月30日,<br>学位の種別:課程博士,<br>審査員:小池 康晴,伊東 利哉,中村 健太郎,金子 寛彦,吉村 奈津江                                                                  |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Science),<br>Conferring organization: Tokyo Institute of Technology,<br>Report number:甲第11221号,<br>Conferred date:2019/6/30,<br>Degree Type:Course doctor,<br>Examiner:,,,, |
| 学位種別(和文)          | 博士論文                                                                                                                                                                                       |
| Category(English) | Doctoral Thesis                                                                                                                                                                            |
| 種別(和文)            | 論文要旨                                                                                                                                                                                       |
| Type(English)     | Summary                                                                                                                                                                                    |

(論文博士)

## 論 文 要 旨 (和文2000字程度)

|      |       |     |        |
|------|-------|-----|--------|
| 報告番号 | 乙 第 号 | 氏 名 | 松森 嘉織好 |
|------|-------|-----|--------|

( 要 旨 )

この文章を読み続けるかどうかといった選択から、どのような仕事につくかといった人生の岐路における選択に至るまで、我々の日常生活は意思決定の連続である。望ましい意思決定とは何か、また実際にヒトやその他の動物がどのように意思決定しているかについて、工学、統計学、神経科学、経済学、経営学、心理学などさまざまな分野で研究されている。行動の結果が確率的に決まる環境において、確率をどのように考慮に入れて意思決定するかに関する基準として、期待効用最大化がもっともよく採用されている。これは、確率 $P$ と主観的価値 $U$ との積(期待効用 $P \times U$ )が最大になるような行動 $a$ を選択するというものである。確率 $P$ の学習に関しては、ベイズ推論がもっともよく採用されている。これは、外界から得られた新たな情報によって、これまでの確率 $P$ に関する信念をどの程度更新するかを記述するものである。期待効用理論と確率 $P$ に関するベイズ推論とを組み合わせることで、さまざまな分野で別々に行われてきた意思決定研究は統合的に再解釈することができ、近年では一つの研究分野と見なされるようになってきている。

本研究の第一部では、期待効用理論に基づく意思決定モデルに、期待効用理論とは別の流れの中で発展してきた社会心理学の概念を組み込んだ。ヘルスプロモーションなどの行動変容を実現するための主な理論として、社会的認知理論と計画的行動理論が知られている。社会的認知理論においては、行動の先行要因として、「結果予期」（ある行動をとったときにどういう結果が生じるかという予期）だけでなく、「効力予期」（ある行動をとることを決定したときに実際にその行動をとることについての予期）も重要であり、後者に伴う「自己効力感」が行動変容に本質的であるとされている。計画的行動理論においてはそれらに加え、「知覚された主観的規範」（どう行動すべきと他者から思われているかについての信念）も行動の先行要因になっているとされている。しかしこれらの理論の問題点として、（１）近い未来の小さな報酬と遠い未来の大きな報酬のいずれを取るかという異時点間意思決定をうまく扱うことができていないこと、（２）期待効用理論と整合的ではないということ、が挙げられる。そこで本研究では、脳内の意思決定機構の説明によく用いられるマルコフ決定過程の枠組みの中で「自己効力感」と「知覚された主観的規範」を導入し、主観的効用の期待値を最大化するように行動を決めるモデルを構築した。これにより、未来の報酬に対してはその主観的な価値が割り引かれるため、異時点間意思決定を扱うことが可能となるとともに、期待効用理論とも整合的となる。本研究の第一部では、期待効用理論に基づいた実験による定量的な検証が可能な新しい行動変容モデルを定式化した。マルコフ決定過程は意思決定の神経科学の研究においてよく使われているため、本研究で提案したモデルは、習慣や内分泌系等の生理現象の健康行動への影響をモデル化するうえでも有効であると考えられる。

本研究の第二部では、期待効用理論と確率 $P$ に関するベイズ推論とを組み合わせたモデルから人間の意思決定が逸脱する場合について取り扱った。よく知られた逸脱として、人間の確率推論にバイアスが

あることが知られている。このバイアスを定量的に記述する指数型バイアス付きベイズ推論モデルを扱った。ベイズ推定の二つの構成要素である尤度と事前確率に関する指数バイアスをそれぞれ考え、二種類のバイアスの強さに基づく「バイアス平面」を考えることができることを示すとともに、バイアス平面上に最尤推定、ベイズ推定、MAP推定を位置づけることができることを明らかにした。また、さまざまな人間の推論バイアスもバイアス平面上に位置づけられることを示した。更に、既存のベイズ推論の神経モデルである「確率的ポピュレーションコーディングモデル」におけるシナプス入力ゲインを変更することが、指数型バイアスを掛けることに対応していることを明らかにした。これにより、知覚的意思決定を説明する神経モデルをベイズ推論の立場から解釈することに成功した。最後に、認知制御が指数バイアスの強さを調整するメカニズムとして機能している可能性について考察した。本研究の第二部では、ベイズ推論のバイアスを定量的に表現するモデルを検討し、期待効用理論からの逸脱と見なされてきた現象を、指数型バイアス付きベイズ推定を含めるように拡張された期待効用理論によって説明できることを示した。

本研究の結果、期待効用理論とは別の流れの中で発展してきた社会心理学の概念も、期待効用理論からの逸脱と見なされてきた現象も、期待効用理論あるいはその指数型バイアスによる拡張によって記述できることを示した。

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(論文博士)

## 論文要旨 (英文)

(300語程度)

(Summary)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |   |     |        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---|-----|--------|
| 報告番号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 乙 第 | 号 | 氏 名 | 松森 嘉織好 |
| <p>( 要 旨 )</p> <p>We need to make decision in our daily life. Many researchers have studied to make descriptive model of human decision-making in various fields such as engineering, statistics, neuroscience, economics, business science, psychology. The most prevailing criteria of decision-making under risk is expected utility maximization. A expected utility maximizer choose the action that has the largest product of probability of outcome and subjective utility of outcome. Bayesian inference is the most often-used method of inference about probability of outcome.</p> <p>In the first part of my study, I made a behavior change model which incorporate the concepts of social psychology such as self-efficacy and subjective norm with expected utility theory. This model could treat inter-temporal choice because proposed model based on decision theoretic approach.</p> <p>In the second part of my study, I discuss about deviation from optimal Bayesian inference in human behavior. Although classical decision-making studies have assumed that subjects behave in a Bayes-optimal way, the sub-optimality that causes biases in decision-making is currently under debate. I propose a synthesis based on exponentially-biased Bayesian inference, including various decision-making and probability judgments with different bias levels. We arrange three major parameter estimation methods in a two-dimensional bias parameter space (prior and likelihood), of the biased Bayesian inference. Then, we discuss a neural implementation of the biased Bayesian inference on the basis of changes in weights in neural connections, which we regarded as a combination of leaky/unstable neural integrator and probabilistic population coding. Next, I discuss mechanisms of cognitive control which may regulate the bias levels. Finally, I evaluated the robustness of the biases by learning in auction.</p> <p>My result indicates that the deviation from expected utility theory can be treated in my extended expected utility theory.</p> |     |   |     |        |

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).