

令和 5 年 6 月 6 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K03806

研究課題名(和文) 滑らかな曖昧性モデルとリアルオプション：理論と応用

研究課題名(英文) Smooth Ambiguity and Real Options

研究代表者

浅野 貴央 (Asano, Takao)

岡山大学・社会文化科学学域・教授

研究者番号：40423157

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は「滑らかな曖昧性モデルとリアルオプション：理論と応用」というタイトルで研究を行った。当初、3年間のプロジェクトだったが、新型コロナウイルスの影響を受けて、3年間延長し、計6年間のプロジェクトとして実施した。リスクとは異なる曖昧性が意思決定者の行動にどのような影響を与えるかに関して分析を行い、従来のリスクとは異なる研究成果を得た。本研究プロジェクトによって、リスクとは異なる曖昧性を分析する意義が一層明らかになったと考えている。本研究プロジェクト終了後も、曖昧性の研究を進展させ、意思決定における曖昧性の役割に関する研究を継続する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究プロジェクトはリスクとは異なる曖昧性という概念が意思決定者の行動にどのような影響を与えるかに関する理論・応用研究である。従来の経済学では、リスクの枠組みで意思決定問題が分析されてきたが、人々の行動を上手く説明できない結果が少なくなかった。本研究プロジェクトは、従来のリスクに関する研究を曖昧性の概念まで拡張することで、従来の枠組みでは解明できなかった意思決定者の行動を説明する結果を提示した。本研究プロジェクトの成果は曖昧性の重要性に光を当てると同時に、更なる研究の必要性を認識させ、今後の応用研究を進展することが期待される。

研究成果の概要(英文)：This study was titled "Smooth Ambiguity Models and Real Options: Theory and Applications". The project was initially intended to last three years, but due to the impact of Covid 19, it was extended for three years for a total of six years. Analysis was conducted on how ambiguity, which differs from risk, affects the behavior of decision-makers, and research results were obtained that differ from those of conventional risk. This research project has further clarified the significance of analyzing ambiguity as distinct from risk. After completing this research project, we will continue to advance research on ambiguity and the role of ambiguity in decision-making.

研究分野：ファイナンス

キーワード：曖昧性

## 1. 研究開始当初の背景

1990年代から21世紀初頭にかけて、ナイト流不確実性に関する理論研究・応用研究が進展した。ナイト流不確実性とは、将来起こり得る事象に対して確率で表現できない状況を表す概念であり、リスクとは、確率で捉えることが出来る状況を表す概念である。Schmeidler (1989)はナイト流不確実性下における意思決定者の行動を公理化し(非期待効用理論)、以来、非期待効用理論の理論研究・応用研究を通じて、意思決定者の合理的な行動を分析する上でリスクよりもより広い概念であるナイト流不確実性を考慮することの重要性が広く認識されるようになった。西村清彦日本銀行副総裁(当時、2008)が「金融市場においては世界的に不安定な状況が続いているほか、米国経済の下振れリスクが高まるなど、世界経済について不確実性が増大しているという認識です。」と述べているが、両者の概念を明確に区別し、従来の理論では捉えきれない不確実性の概念が意思決定者の行動に影響を与えるという考え方は、中央銀行の意思決定にも影響を与えていると考えられる。また、西村(2008)は「証券化商品の価値に対する信認が低下するに連れて、投資家は非常に慎重になり、取引を控えるようになりました。」と述べているが、非期待効用理論は、将来起こり得る事象を確率で捉えることが出来ない状況において最悪のシナリオを想定する悲観的な意思決定者の行動を捉えており、サブプライム問題に直面し、過度に株式を売却した投資家あるいは過度に投資を控えた投資家の投資行動を説明できると考えられる。しかし、上記の研究では、ナイト流不確実性の認識(perception)のみが分析可能であり、ナイト流不確実性への態度(attitude)は分離できなかった。Klibanoff et al. (2005)は、ナイト流不確実性の認識と態度を分離する滑らかな曖昧性モデル(smooth ambiguity model)を提唱した。Gollier (2011)は、曖昧性回避が最適投資行動に与える効果を分析したが、以来、曖昧性モデルの有用性は応用研究によっても明らかになってきた。研究代表者は、投稿には至っていないが、滑らかな曖昧性モデルに基づく最適投資問題、起業選択問題に関する論文をそれぞれ執筆しており、モデルの説明力の高さについて自らの研究を通じて認識するに至った。

投資から得られる収益に関するリスク、投資の先送り可能性、投資の不可逆性を考慮し、従来の正味現在価値理論のアプローチの欠陥を克服したリアルオプションの理論がPindyck (1988)により提唱された。リアルオプションの理論は、投資決定問題、環境政策等、重要な分野において新しい知見をもたらしたが、リスクの概念を分散で捉えているため、直観的に合わない結果が報告され、理論の更なる精緻化が必要であると認識するに至った。

## 2. 研究の目的

研究代表者は、過去の研究を通じて、ナイト流不確実性及びナイト流不確実性におけるリアルオプションの研究の重要性を認識したが、一方で、ナイト流不確実性に対する態度を厳密にモデル化できていない問題の重要性も認識するようになった。リスクの枠組みにおけるリアルオプションの研究分野でも、リスク回避性を考慮することの重要性が認識されていたが、解析的な解を導出することが困難であったため、その研究はEvans et al. (2008), Kyle et al. (2006)により始まったばかりである。以上の学術的背景に基づいて、リスク回避性およびナイト流不確実性回避性を同時に分析できる滑らかな曖昧性モデルをリアルオプションに拡張することによって、従来の枠組みでは説明できなかった経済問題が分析可能になるとの認識に至った。本研究プロジェクトでは、滑らかな曖昧性モデルを連続時間で分析するモデルを考案し、ナイト流不確実性下のリアルオプションで得たこれまでの研究成果を、滑らかな曖昧性モデル下のリアルオプションに拡張することを目指す。

## 3. 研究の方法

本研究プロジェクトは、Klibanoff et al. (2005, 2009)が基礎付けを行った滑らかな曖昧性モデルを連続時間の枠組みで分析できるモデルを考案し、滑らかな曖昧性モデルをリアルオプションの枠組みで構築する。そのモデルに基づいて、ナイト流不確実性下の投資家の最適投資問題を分析すると同時に、環境経済学をはじめ、これまでの枠組みでは議論できなかった経済事象について新たな知見を導出する。本研究プロジェクトを成功させるために、滑らかな曖昧性モデルに関する研究で多くの業績を出し続けている尾崎祐介氏(早稲田大学)をはじめ、意思決定理論と数理経済学に造詣の深い国内外の専門家と連絡を密に取る。上記の研究計画を遂行するために、国内外の研究機関、国際学会において研究報告を定期的実施する。

- ・西村清彦 (2008) : 『最近の金融経済情勢と金融政策運営』 2008年9月27日
- ・Evans, J., V. Henderson, and D. Hobson (2008): "Optimal Timing for an Indivisible Asset Sale," *Mathematical Finance* 18, 545-567.
- ・Gollier, C. (2011): "Portfolio Choice and Asset Prices: The Comparative Statics of Ambiguity Aversion," *Review of Economic Studies* 78, 1329-1344.
- ・Klibanoff, P., M. Marinacci, and S. Mukerji (2005): "A Smooth Model of Decision Making under Ambiguity," *Econometrica* 73, 1849-1892.
- ・Klibanoff, P., M. Marinacci, and S. Mukerji (2009): "Recursive Smooth Ambiguity Preferences," *Journal of Economic Theory* 144, 930-976.
- ・Kyle, A. S., H. Ou-Yang, and W. Xiong (2006): "Prospect Theory and Liquidation Decisions," *Journal of Economic Theory* 129, 273-288.
- ・Pindyck, R. (1988): "Irreversible Investment, Capacity Choice, and the Value of the Firm," *American Economic Review* 78, 969-985.
- ・Schmeidler, D. (1989): "Subjective Probability and Expected Utility without Additivity," *Econometrica* 57, 571-587.

#### 4. 研究成果

ナイト流不確実性の下での updating rule について、動学的整合性 (dynamic consistency) および帰結主義 (consequentialism) を踏まえて、Dempster-Shafer updating rule, Naive Bayes updating rule, Fagin-Halpern updating rule という三種類の updating rule を、同じ方法論で公理化する研究を進展させた。本研究は、国際的学術誌である *Economic Theory* に掲載された (業績 7)。

滑らかな曖昧性モデル (smooth ambiguity) において、曖昧性が意思決定者の最適投資行動にどのような影響を与えるかに関して分析を行った。risky asset と ambiguous asset の二つの資産への投資選択問題において、曖昧性の存在が、ambiguous asset への投資を減少させる十分条件を導出した。さらに、本研究によって、国際分散投資の問題において重要なパズルである、ホームバイアスパズルを説明できることを示した。本研究は、国際的学術誌である *Annals of Operations Research* に採択された (業績 4)。

Klibanoff et al. (2005, *Econometrica*) のモデルに基づき、曖昧性への態度が、意思決定者の投資行動にどのような影響を与えるかについて分析を行った。曖昧性が投資行動に与える効果は、確率優位だけで決定されるわけではなく、投資関数が補完的か代替的かによって異なることを証明した。具体的には、技術ショックが確率優位の概念の一つである MLRD で順序づけされているとき、生産関数が代替的であるとき (補完的であるとき) 曖昧性回避性が高まったとき資本への投資を増やす (減らす) ことを証明した。この結果は、生産関数の形状によっては、曖昧性回避性が増大したとき、資本投資を増やすという直観に反する結果が導出できることを示している。また、2つの企業がリスク回避的であり、1つの企業が曖昧性回避的、1つの企業が曖昧性中立的である状況を想定しても、同様の結果が得られることを証明した。さらに、確率優位の概念として、MLRD よりも弱い概念である第一級確率的優位 (first-order stochastic dominance, FSD) に置き換え、かつ、2つの企業がリスク中立的であることを仮定しても同様の結果が成立することを証明した。本研究は、*European Journal of Operational Research* に採択された (業績 3)。

Klibanoff et al. (2005, *Econometrica*) のモデルに基づき、曖昧性への態度が、意思決定者の投資行動にどのような影響を与えるかについて分析を行った。二つの確率変数を効用関数の変数としてモデルに取り込んだ上で、二つの確率変数に相関がある場合、相関の存在が人々の予備的貯蓄にどのような影響を与えるかについて、曖昧性のもとで分析を行った。さらに、確率優位の概念をモデルに取り込み、予備的貯蓄に与える影響を分析した。本研究は、国際的学術誌に投稿・審査中である。

1. "Middle-Income Traps and Complexity in Economic Development," (with Akihisa Shibata and Masanori Yokoo), forthcoming in *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*
2. "Quasi-Periodic Motions in a Two-Class Economy with Technology Choice: An Extreme Case," (with Akihisa Shibata and Masanori Yokoo), *Nonlinear Dynamics* 110 (2022), 945-961.

3. "Optimal Investment under Ambiguous Technology Shocks," (with Yusuke Osaki), *European Journal of Operational Research* 293 (2021), 304-311.
4. "Portfolio Allocation Problems between Risky and Ambiguous Assets," (with Yusuke Osaki), *Annals of Operations Research* 284 (2020), 63-79.
5. "Optimal Initial Capital Induced by the Optimized Certainty Equivalent," (with Takuji Arai and Katsumasa Nishide), *Insurance: Mathematics and Economics* 85 (2019), 115-125.
6. "Chaotic Dynamics of a Piecewise Linear Model of Credit Cycles," (with Masanori Yokoo), *Journal of Mathematical Economics* 80 (2019), 9-21.
7. "Consequentialism and Dynamic Consistency in Updating Ambiguous Beliefs," (with Hiroyuki Kojima), *Economic Theory* 68 (2019), 223-250.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7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 Asano Takao, Shibata Akihisa, Yokoo Masanori	4. 巻 0
2. 論文標題 Middle-income traps and complexity in economic development	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics	6. 最初と最後の頁 forthcoming
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1515/snde-2021-0100	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 Asano Takao, Shibata Akihisa, Yokoo Masanori	4. 巻 110
2. 論文標題 Quasi-periodic motions in a two-class economy with technology choice: an extreme case	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nonlinear Dynamics	6. 最初と最後の頁 945 ~ 961
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11071-022-07643-9	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 Asano Takao, Osaki Yusuke	4. 巻 293
2. 論文標題 Optimal investment under ambiguous technology shocks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Operational Research	6. 最初と最後の頁 304 ~ 311
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ejor.2020.11.047	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 Takao Asano and Yusuke Osaki	4. 巻 284
2. 論文標題 Portfolio Allocation Problems between Risky and Ambiguous Assets	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Annals of Operations Research	6. 最初と最後の頁 63-79
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10479-019-03206-1	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 Takao Asano and Hiroyuki Kojima	4. 巻 68
2. 論文標題 Consequentialism and Dynamic Consistency in Updating Ambiguous Beliefs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Economic Theory	6. 最初と最後の頁 223-250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00199-018-1121-0	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 Takuji Arai, Takao Asano, and Katsumasa Nishide	4. 巻 85
2. 論文標題 Optimal Initial Capital Induced by the Optimized Certainty Equivalent	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Insurance: Mathematics and Economics	6. 最初と最後の頁 115-125
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.insmatheco.2019.01.006	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 Takao Asano and Masanori Yokoo	4. 巻 80
2. 論文標題 Chaotic Dynamics of a Piecewise Linear Model of Credit Cycles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Mathematical Economics	6. 最初と最後の頁 9-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmateco.2018.11.001	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0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

https://sites.google.com/site/takaoasano73/  
https://sites.google.com/site/takaoasano73/home  
https://sites.google.com/site/takaoasano73/

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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------