

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01213

研究課題名(和文) 曖昧性下におけるリアルオプション評価法を用いた環境政策評価モデルの開発と応用

研究課題名(英文) Development of Evaluating Models for Environmental Policies by using Real Options Approach under Ambiguity and Their Applications

研究代表者

辻村 元男 (Tsujimura, Motoh)

同志社大学・商学部・教授

研究者番号：40335328

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：曖昧性が存在する下で、汚染物質を削減する環境政策や企業の資本投資を分析した。分析の結果、社会的厚生を最大化する最適な汚染物質を削減する資本への投資や、利潤を最大とする資本投資などを求めた。環境政策においては、曖昧性が大きくなると消費が抑制され、生産と汚染物質削減資本への投資が増加し、全体として社会的厚生が減少することなどが示された。企業の資本投資においては、投資に調整費用がかかる場合や、必要に応じて資本の拡張と縮小が繰り返される場合などを考察し、最適な投資戦略を求めた。分析の結果、企業の経営者がより曖昧性回避であれば、資本投資が遅れることなどが示された。

研究成果の概要(英文)：This research project investigates pollution reduction policies and firm's capital investment strategies under ambiguity. These researches show that the optimal pollution reduction policy which maximizes social welfare and the optimal capital investment strategy which maximizes the profit. In environmental policy, the ambiguity reduces consumption and encourages investment in production and pollutant reduction capitals. Overall, the ambiguity reduces social welfare. In firm's capital investment, this research project considers the quadratic adjustment cost and the case in which the capital is expanded and/or reduced as needed. The research finds the higher degree of ambiguity-aversion postpones the capital investment.

研究分野：ファイナンス

キーワード：リアルオプション 曖昧性 環境政策

### 1. 研究開始当初の背景

汚染物質の排出に起因する環境問題は、長年にわたる取り組みが必要とされるものが少なくない。そのため、将来に対する不確実性を充分考慮した考察が求められている。気候変動を例に挙げると、大気の大気メカニズムが極めて複雑であるため、代表的な温室効果ガスの二酸化炭素の濃度が上昇することによって、地表の温度がどれくらい上昇するかについては、推計に大きなばらつきがある。このように、将来の気候変動の程度とその影響については、大きな不確実性が伴っており、対象とする事象の確率分布を一意に定められない場合が、より現実的である。単一の確率分布を特定化できないような不確実性は曖昧性と呼ばれ、気候変動などのような長年にわたる環境政策を評価する場合は、曖昧性を前提とした環境政策の評価モデルが必要とされている。しかし、リアルオプション評価法を用いた環境政策の分析は、主に、確率分布を一意に特定化できるような不確実性(リスクと呼ぶ)の下で実施されてきた。曖昧性下におけるリアルオプション評価法を用いた環境政策の分析は、緒に就いたばかりであり、今後の学術的な発展が求められている。

### 2. 研究の目的

本研究課題の目的は、リアルオプション評価法を用い、汚染物質を削減する環境政策に対して、汚染物質を排出するアウトプットの需要・価格に関する曖昧性を考慮した新しい評価モデルを構築することにある。開発されたモデルを使い、現実の企業の意思決定や環境政策への示唆を明らかにする。取り分け、本研究課題で開発されたモデルを応用し、気候変動のような地球規模の環境政策に対する評価モデルを提示することが出来れば、社会の持続可能な発展に対して大きな貢献が可能だと考える。

### 3. 研究の方法

リアルオプション評価法を用いて、曖昧性下における汚染物質を削減する環境政策に対して、新たな評価モデルを開発する。具体的には、曖昧性下における汚染物質を削減する問題を、確率制御問題として定式化して分析する。また、開発された評価モデルを使い、汚染物質削減政策の定量的・定性的評価を行う。

### 4. 研究成果

まず、Tsujiura (2015)は、曖昧性下における資本投資の分析を行った Tsujiura (2014)に対して、生産活動による副産物として汚染物質が排出されることを考慮し、汚染物質を削減する投資プロジェクトの分析を、2 期間モデルを用いて行った。代表的な消費者と企業を仮定し、社会的厚生を最大化するように生産に関わる資本と汚染物質を削減する資本への投資を求める問題を考察した。最適な

両資本への投資を数値的に導き出し、主に以下の結果を得た。曖昧性が大きくなると、第 1 期の消費が抑制され、生産と汚染物質削減資本への投資が増加し、全体として社会的厚生が減少することがわかった。

次に、Tsujiura (2015)を連続・無限期間モデルへと拡張し、曖昧性下における企業の資本投資問題を分析した(Tsujiura, 2016)。本研究においては、将来のアウトプットの価格に曖昧性が存在し、資本と投資する際には 2 次の調整費用がかかる場合を考察している。分析の結果、最適な投資戦略を導く微分方程式を導出した。

次に、将来の収益に対して曖昧性が存在するプロジェクトへの投資タイミングについて考察を行った(辻村, 2017)。分析に際しては、離散 2 期間モデルと連続無限期間モデルを用いた。離散 2 期間モデルでは、簡単化のため、収益は良い場合と悪い場合しかなく、その確率を一意には決められない状況を想定した。収益が良い場合の確率に摂動を仮定し、収益が最も悪い場合にプロジェクトの価値が最大となるように投資判断をする場合と、収益が最も良い場合と最も悪い場合の加重平均を考える場合の今期と来期でいつ投資をするのが望ましいのかを分析した。連続無限期間モデルでは、将来の収益フローに対しての信念の集合を考え分析を行った。分析の結果、リスクの下での投資に対する閾値と、曖昧性下での投資に対する各閾値を対比し、曖昧性が企業の投資判断にどのように影響を与えるかを明らかにした。

次に、代表的消費者と企業からなる経済を考え、企業の生産活動から副産物として生まれる汚染物質を削減する投資問題を考察した(Tsujiura, 2017)。分析に際しては、汚染物質を削減する技術進歩を考慮し、社会的厚生が最大となるように、最適な消費、生産資本と汚染物質削減投資を求めた。

最後に、辻村(2017)を拡張し、資本の拡張と縮小が必要に応じて繰り返される場合について考察した。資本が作り出すアウトプットの需要に曖昧性があり、その曖昧性をショケブラウン運動によって表現した。ショケブラウン運動を用いることで、アウトプットの需要の曖昧性がドリフト項に加え拡散項にも影響を与える場合を考察した。分析に際しては、企業の問題を特異確率制御問題として定式化し、資本の拡張・縮小のタイミングとその規模を求めた。分析の結果、最適な資本の拡張・縮小のタイミングを定める閾値を数値的に求めた。さらに、いくつかの重要なパラメータについては、企業の意思決定に対して示唆を与えるため、感度分析を行った。アウトプットの需要のボラティリティが大きい程、資本投資が遅れること、企業の経営者がより曖昧性回避であれば、資本投資が遅れることが示された。

### 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 6 件)

Tsujimura, M., Partially Reversible Capital Investment under Demand Ambiguity, 『数理解析研究所講究録』, 掲載確定, 2018, 査読無.

Tsujimura, M., An Abatement Investment Strategy with Stochastic Abatement Technology, 『数理解析研究所講究録』, 2029, 1-5, 2017, 査読無.  
辻村元男, 曖昧性を考慮したプロジェクトへの投資タイミングの決定, 『リアルオプションと戦略』, 9, 56-61, 2017, 査読無.

Tsujimura, M., Assessing Capital Investment Strategy with Quadratic Adjustment Cost under Ambiguity, 『数理解析研究所講究録』, 1983, 1-7, 2016, 査読無.

Goto, M., R. Takashima, and M. Tsujimura, Pollution Thresholds under Uncertainty in Asymmetric Duopoly, 『数理解析研究所講究録』, 1983, 27-40, 2016, 査読無.

Tsujimura, M., Pollutant Abatement Investment under Ambiguity in a Two-Period Model, *International Journal of Real Options and Strategy*, 3, 13-26, 2015, 査読有.

[学会発表](計 7 件)

Tsujimura, M., Partially Reversible Capital Investment under Demand Ambiguity, JAROS 2017 年研究発表大会, 2017 年 11 月 26 日, 金沢大学.

Maeda, A. and M. Tsujimura, Pollutant Abatement Investment under Technological Uncertainty, 1st AIEE Energy Symposium, 2016 年 12 月 1 日, University Bicocca, Italy.

Imai, J. and M. Tsujimura, Assessing Capital Investment Strategy with Convex Adjustment Cost under Ambiguity, JAROS2016 研究発表大会, 2016 年 11 月 20 日, 中央大学.

Imai, J. and M. Tsujimura, Assessing Capital Investment Strategy with Convex Adjustment Cost under Ambiguity, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2016 年秋季研究発表会, 2016 年 9 月 15 日, 山形大学.

Tsujimura, M., Pollutant Abatement Investment under Ambiguity in a Two-Period Model, 19th Annual International Conference on Real Options, 2015 年 6 月 19 日, Monemvasia, Greece.

Tsujimura, M., Pollutant Abatement

Investment under Ambiguity in a Two-Period Model, Energy Finance Conference 2015, 2015 年 9 月 10 日, CASS Business School, London, UK.

Tsujimura, M., Assessing Capital Investment Strategy with Quadratic Adjustment Cost under Ambiguity, 2015 INFORMS Annual Meeting, 2015 年 11 月 4 日, Philadelphia, USA.

[図書](計 1 件)

辻村元男・前田章 『確率制御の基礎と応用』朝倉書店, 2016, 160.

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

[その他]

ホームページ:  
<http://mtsujimu.doshisha.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

辻村 元男 (TSUJIMURA, Motoh)  
同志社大学・商学部・教授  
研究者番号: 40335328

(2) 研究分担者

( )

研究者番号:

(3) 連携研究者

( )

研究者番号:

(4) 研究協力者

( )

