

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 1 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2011

課題番号：20510149

研究課題名（和文） リアルオプション・アプローチによる資源・環境政策の評価モデルの開発とその応用

研究課題名（英文） Developing Evaluation Models of Resource and Environmental Policy by using Real Options Approach and Their Applications

研究代表者

辻村 元男 (TSUJIMURA MOTOO)

同志社大学・商学部・准教授

研究者番号：40335328

研究成果の概要（和文）：リアルオプション・アプローチを用い、不確実性下における資源・環境政策について、以下の分析を行った。1) 汚染物質のストック量にも依存した資源・環境政策、2) 技術進歩を考慮した資源・環境政策、3) 複数回実施される資源・環境政策。これらの分析の結果、政策の意思決定モデルを開発し、不確実性、政策費用、技術進歩などが政策の意思決定に与える影響について明らかとした。

研究成果の概要（英文）：This study investigates resource and environmental policies by using real options approaches. Especially this study focuses on the following: 1) the impact of pollutant stock on pollutant reduction policy, 2) R&D investment project, 3) sequential pollutant reduction policies. These analyses reveal how the uncertainty, the cost of policy, technological progress impact on implementing policies.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009 年度	800,000	240,000	1,040,000
2010 年度	800,000	240,000	1,040,000
2011 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：ファイナンス

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学 社会システム工学・安全システム

キーワード：ファイナンス、リアルオプション、資源・環境政策

1. 研究開始当初の背景

(1) 研究の社会的背景

現代社会は、持続可能な経済的発展に対する制約である様々な資源・環境問題に直面している。これらの問題は、不確実性下での意思決定問題という特徴を有している。例えば、地球温暖化を考えれば、将来の温室効果ガスの排出は、人口成長率、経済活動の水準や技

術進歩の度合いなどに依存しており、不確かである。さらに温暖化から受ける影響についても同様に不確かである。したがって、資源・環境問題に対して取り組む政策について議論する際には、この不確実性を十分考慮する必要があり、不確実性下での資源・環境政策の評価モデルの必要性を示している。

(2) 研究の学術的背景

本研究は、Arrow and Fisher(1974), Henry(1974), Pindyck(2000)などらを発展させ、リアルオプション・アプローチを応用し、不確実性下における資源・環境政策について考察する。

資源・環境政策を評価する問題は、主体がいつ政策を実施するかという最適停止問題としてとらえることが可能である。したがって、アメリカ型オプションの価値評価モデルを応用し、政策の価値を評価することが可能となる。ただし、金融資産のように市場が存在するわけではなく、市場の非完備性に起因する未解決な問題点も多い。そこで、条件付き請求権に基づく分析ではなく、主体のリスク中立性を仮定して、主体の問題を動的計画法に基づく確率制御理論の問題として分析を試みる。オプション価値評価と並んで、数理ファイナンスの代表的な問題である消費・投資問題は、確率制御理論の、絶対連続制御、特異確率制御、確率インパルス制御問題として定式化される。最適な消費率は、絶対連続制御を用いて、ポートフォリオの組み替えは、特異確率制御と確率インパルス制御を用いてそれぞれ分析される。特異確率制御と確率インパルス制御をもちいる違いは、ポートフォリオの組み替え時にかかる取引費用として、組み替え量に依存する費用（比例費用）だけを考慮しているか、比例費用に加えて組み替え量に依存しない費用（固定費用）も考慮しているかの違いである。このように確率制御問題として定式化された消費・投資問題は、一度のみではなく、何度も実施されるような資源・環境政策の評価に適応可能である。環境政策の逐次的な実施問題、エネルギー産業における資源の切り替え問題などへの応用が期待される。

以上のような学術的な背景の下、研究代表者はこれまで、排出権の価格分析、ファイナンスと資源・環境の両分野におけるオプション価値の概観、天然資源の急減リスクを考慮した資源管理問題、ある主体の環境政策が他の主体に与える影響を考慮した戦略的な環境政策、技術進歩を考慮した戦略的な環境政策、代替的な政策が存在する場合の環境政策などについて研究を積み重ねてきた。

2. 研究の目的

経済活動に伴って排出される汚染物質から損害を被っている主体を仮定し、その主体が経済活動から得られる便益と、汚染物質から被る損害の差として定義される正味の便益の現在価値を最大とするように、汚染物質を削減する環境政策を実施する。この研究を現実の資源・環境政策への適応を視野に入れ、様々な方向に拡張する。定数として与えられていた政策実施費用を削減量に依存した構

造に一般化した問題の考察、所与として与えられていた汚染物質の最適な削減量を求める問題の考察、化石燃料を燃焼させることによって発生する汚染物質からの損害の影響を考慮したエネルギー資源の選択問題の考察、技術進歩の影響を考慮した問題の考察、確定的に与えられていた経済活動の水準を主体の問題として求める問題の考察、一度しか汚染物質を削減しない政策から、複数回削減する政策の考察、単一の主体の問題から、2主体が資源・環境政策を実施し、それが相互に影響する環境下で問題の考察などを考える。これらの問題に対して、解析的な解を導き出すことはほとんど不可能であり、数値計算によって解を導出する。その結果、求めた最適な資源・環境政策に対して、経済学的に意味のあるパラメータに対し比較静学を行ない、資源・環境政策実施への示唆を明らかとする。また、分析で求めた評価モデルに実際のデータを用い、特定の資源・環境問題に対する政策について評価を試み、実際の政策実施への示唆を併せて行なう。

3. 研究の方法

リアルオプション・アプローチを用い、不確実性下における資源・環境政策の評価モデルを開発する。特に、代替的な政策が存在する場合について、次の内容について研究を進める。

- (1) 汚染物質のストック量にも依存した資源・環境政策の分析
- (2) 汚染物質の削減量を内製化させた資源・環境政策の分析
- (3) エネルギー政策の分析
- (4) 技術進歩を考慮した資源・環境政策の分析
- (5) 複数回実施される資源・環境政策の分析

国内外の学会・国際会議・セミナーにおいて随時研究成果を発表し、他の研究者との意見交換を通じて、研究を深めると共に研究の発展を促す。

4. 研究成果

平成20-23年度の4年間に7件の雑誌論文（うち査読付き論文3件）および9件の学会・国際会議発表を行った。得られた研究成果は、以下のようにまとめることが出来る。

- (1) 汚染物質から被る将来の損害に関して不確実性が存在し、汚染物質の削減には、2次形式でかかる削減量に比例した費用と、削減量とは独立に定まる費用がかかる。さらに、削減量が異なる代替的な削減政策を政策の選択肢として所有しているとする。このような場合の汚染物質削減政策について考察をした。分析の結果、汚染物質のストック量に

依存した汚染物質削減政策の実施タイミングに関わる意思決定を明らかにした。代替的な政策が存在するため、一方の政策（削減量の小さな政策）の実施だけを見合わせている領域と、両方の政策の実施を見合わせている領域が存在する。パラメータに関する比較静学から得られた主な結果として、不確実性が大きくなると両方の政策を遅らせることが示された。

(2) 汚染物質の削減量を内生化する分析の一環として、(4)の技術進歩の研究で、R&D投資の最適な投資額を内生的に求めた。

(3) エネルギー政策の分析の一環として、(4)の技術進歩の研究で、エネルギー効率が高まるような技術開発を想定したR&D投資について分析を行った。

(4) 生産性の違いとそのコストの違いで特徴付けられる代替的なR&D投資プロジェクトを対象に、各R&D投資プロジェクトの成功はポアソン分布に従い、R&D投資が成功した場合に得られるキャッシュフローにも不確実性が存在する場合について考察を行った。内生的に最適な投資額を求めると共に、プロジェクト選択について分析を行った。分析の結果、R&D投資の成功確率が高まるにつれ、当該プロジェクトへの投資が容易になることを示した。更に、R&D投資が成功した場合に得られるキャッシュフローの不確実性が大きくなると、プロジェクトへの投資が遅れる、という結果が得られた。

(5) 汚染物質を削減する環境政策が複数回実施される場合について考察を行った。特に、政策の実施に関わる費用構造が、汚染物質の削減量に比例する費用のみの政策と、削減量に比例する費用に加え削減量とは独立な費用を考慮した政策について考察した。このような費用構造の違いによって、政策実施主体の問題は、それぞれ特異確率制御問題、確率インパルス制御問題として定式化され、それぞれの場合について分析を行い、最適な政策実施タイミングや汚染物質削減量を明らかにした。

(6) 規模の拡張・縮小が機動的になされるような比較的小規模な資本への投資プロジェクトについての考察を行った。企業の問題は、利潤の期待現在価値を最大とするように、資本への投資戦略を決めることである。本研究では、この企業の問題を、特異確率制御問題として定式化し、変分不等式を用いて最適な投資戦略を求めた。分析の結果、資本ストックと需要がそれぞれある水準に到達すると資本を拡張・縮小するという最適戦略を示

した。

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5件)

- ① 辻村元男, 不確実下における企業の投資プロジェクトの評価について、計測と制御, 50, 2011, 987-992, 査読無し.
- ② Goto, M., R. Takashima and M. Tsujimura, "Real Options in a Duopoly Setting: Investment on the Project with Operational Options and Fixed Costs," Journal of Applied Operational Research, 2, 22-32, 2010, 査読有り.
- ③ Goto, M., R. Takashima and M. Tsujimura, "Choice of Alternative Environmental Policies with Quadratic Costs under Uncertainty," 数理解析研究所講究録, 1675, 2010, 248-260, 査読無し.
- ④ 辻村元男, 不確実性下における調整費用を考慮した設備投資, オペレーションズ・リサーチ, 53, 2008, 603-607, 査読無し.
- ⑤ Ohyama and M. Tsujimura, Induced Effects and Technological Innovation with Strategic Environmental Policy, European Journal of Operational Research, 190, 834-854, 2008, 査読有り.

[学会発表] (計6件)

- ① Tsujimura, M., Pollution Reduction Policies under Uncertainty and Their Costs, The Quantitative Methods in Finance - 2011 Conference, 2011年12月15日, Hilton Sydney Hotel, Sydney, Australia.
- ② Tsujimura, M., "Assessing Alternative R&D Investment Projects under Uncertainty," INFORMS Annual Meeting 2010, 2010年11月9日, Hilton Austin, Texas, USA.
- ③ Tsujimura, M., "Assessing Alternative R&D Investment Projects under Uncertainty," The 14th Annual International Conference on Real Options, 2010年6月18日, Lusiss Business School, Italy
- ④ M. Goto, R. Takashima and M. Tsujimura, "Choice of Alternative Environmental Policies with Quadratic Costs under Uncertainty," 13th Annual International Conference on Real Options, 2009年6月19日,

- University of Minho, Portugal.
- ⑤ M. Goto , R. Takashima and M. Tsujimura, "Choice of Alternative Environmental Policies with Quadratic Costs under Uncertainty," 23rd European Conference on Operational Research, 2009年7月7日, Gustav-Stresemann-Institute, Germany.
 - ⑥ M. Goto, R. Takashima and M. Tsujimura, "Choice of Three Investment Projects with Fixed and Quadratic Adjustment Costs under Uncertainty," Bachelier Finance Society Fifth World Congress, 2008年7月16日, Imperial College, UK.

[その他]

ホームページ等

<http://mtsujimu.doshisha.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

辻村 元男 (TSUJIMURA MOTOO)

同志社大学・商学部・准教授

研究者番号：40335328