

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 6 月 4 日現在

機関番号：33917

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20330068

研究課題名（和文） 金融資産の評価モデルの構築とその応用に関する研究

研究課題名（英文） Studies on the Valuation of Financial Assets and its applications

研究代表者

澤木 勝茂（SAWAKI KATSUSHIGE）

南山大学・大学院ビジネス研究科・教授

研究者番号：80065482

研究成果の概要（和文）：

本研究成果の概要は次の 4 点まとめることができる。

- (1) 投資家と発行体の双方に償還ならびに権利行使のオプションが付与された条件付請求権の評価を 2 つの境界条件をもつ最適停止問題として定式化し、最適な償還政策と最適な権利行使政策の定性的な性質の分析を行った。
- (2) 従来の在庫管理モデルにスポット市場での商品調達を導入し、ファイナンスと在庫管理モデルとの架橋を試みる研究を行った。最適ポートフォリオと企業の格付け理論についての研究会を実施した。
- (3) リアル・オプションによる企業評価モデルへの応用および実物資産に対するリアル・オプションによる評価（担当：竹澤・尾崎・八木）—リアル・オプションの接近法によるサハリン・プロジェクト 2 の共同開発協定の財務的評価について研究した。
- (4) レジューム・シフトによる資産価格過程のモデル化をおこない、従来のモデルでは説明できなかった資産評価モデルに「レジューム・シフト」を導入することによって投資家の行動と資産価格を説明するモデルの構築を行った。サプライチェーンマネジメントと資産評価モデルとの架橋を試みた。

研究成果の概要（英文）：

This research survey can be summarized as follows;

- (1) We consider contingent claims which enable both their buyer (investor) and seller (issuer) to exercise their rights at any time, that is, the buyer can exercise the right to buy or to sell a specific security for certain price. Analytical properties are investigated. This model can be applied to the valuation of the investment project and capital structures.
- (2) A continuous-time inventory model incorporated with the spot market is considered. This model is to dedicate the development of the bridge between inventory control and finance theory. The firm can purchase the product based on not only the long-term contract but also from the spot market. We show that there exists an optimal procurement policy.
- (3) This research argues that foreign direct investment effectively writes a real option for the host government. A rational host government will exercise its option by expropriating when the value of holding/controlling the investment's assets and cash flow is greater than the value of keeping the option alive. We model a gas/oil production sharing agreement as an American call option on an asset. The model has empirical implications for the strategic behavior of foreign investors.
- (4) We consider a model of valuing callable securities when the underlying asset price dynamic is modeled by regime switching process. We show that such model can be formulated an optimal stopping game with two boundaries. We provide analytical results of optimal stopping rules of the issuer and the investor under general payoff functions defined on the underlying asset price and the state of the economy.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2009年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2010年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2011年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
年度			
総計	13,500,000	4,050,000	17,550,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：経済学・ 財政学・金融論

キーワード：ファイナンス、金融工学、経営財務、最適停止、最適償還政策

1. 研究開始当初の背景

数理ファイナンスは、ブラック・ショールズのオプション評価理論に代表されるように投資家のリスクとリターンに関する多様なニーズに対応して新しい金融派生証券の開発とその評価に多大の貢献をしてきた。しかし、資本市場における情報構造上の非効率性と非完備性によって金融資産の評価は、閉じた型の解析解を導出できる場合は稀である。数理ファイナンスに依拠する研究者はより数値計算や計量分析に重点を置き、一方の金融経済学の研究者が行動ファイナンスを指向する最近の研究動向は、このような理論的障壁と現実の市場との乖離に対する学術的背景として見做すことができる。本研究の学問的背景は、従来の金融資産評価モデルが想定した金融市場の枠組みを見直すことにより新しい金融商品（例えば、償還条項付のアメリカン・オプション、変動型転換社債、種々の仕組債、リアル・オプションなど）の「公平な価格」を導出するための評価モデルの構築とその応用に数理ファイナンスの立場から取り組むことである。

2. 研究の目的

資産価格の確率過程を幾何ブラウン運動と仮定し、キャッシュ・フローが満期で発生するならば、裁定理論との結合によって、資産価格は比較的容易に導出できるが、本研究では、満期までの途中でのキャッシュ・フローがあり、且つ信用リスクや資産価格の不連続性を含む Lévy 過程の下での資産価格モデルの定式化を行う。このような資産価格の解析解の導出は不可能と考えられるので、単に定性的性質を明らかにするばかりでなく、有限差分法やシミュレーションによって数値実験のための計算アルゴリズムを開発・実装することを目指した。資産価格の数値実験は、日本における資本市場の効率性を検証する上で重要なデータを提供することになる。

また、新しい金融商品には償還条項や権利行使条項に関する種々の制約条項が付与されている。これらの制約条項の付与によって、資産価格が過大・過少に評価されることは広く認識されているが、本研究ではどれ程高いか又は低いかを定量的に計算できる評価式を導出した。新しい金融商品の公正な価格が、既知の伝統的商品の価格と付帯条件のプレミアム（又は割引額）等に分離できることを明らかにする。具体的には（1）償還条項付新株予約権および転換社債と仕組債の評価、（2）付帯条項付オプションの評価と数値解法の開発、（3）リアル・オプションによる企業評価モデルへの応用および実物資産に対するリアル・オプションによる評価、（4）行動ファイナンスによる資産価格過程のモデル化、の4つのモデルを研究対象とし、数理ファイナンスと確率解析による種々の最適化手法とその計算アルゴリズムの実装化を試みた。

3. 研究の方法

我が国における数理ファイナンスの研究状況は、「伊藤の定理」に代表されるように確率解析による数理ファイナンスへの応用において日本人研究者は多大の貢献をしてきた。しかし、永年に亘る護送船団方式による金融政策の影響もあって、欧米と比べて研究者の数が絶対的に不足している。さらに、研究代表者の勤務する中部地区は、ビジネスセンターから離れた地域にあるが、数理ファイナンスについては、ファイナンス学会や日本金融・証券計量・工学学会（JAFEE）が発足するはるか以前よりワークショップや国際会議を開催してきた実績をもつ。この実績をふまえて、研究代表者を中心に中部地区に経営学・経済学および工学にまたがる学際的な研究組織を立ち上げることの必要性と地理的妥当性は高い。日本のみならず海外との情報交換および研究成果の発信のため国

内・外国旅費を必要とする理由はここにある。研究代表者（澤木）は、平成14年以降、連携研究者（八木）と研究協力者（鈴木）と共同で学会発表および論文作成を行ってきた。特に、数値実験や計算アルゴリズムのパソコン上での実装のためには、彼らのもつソフトウェア作成技術が必要である。本研究組織全体で情報交換を行ない、連携研究者（八木）と研究協力者（鈴木）から数値計算のためのソフトウェア作成技術の提供を受けた。

#### 4. 研究成果

- (1) 種々の条項が付与された新しい金融商品の価格と既存の金融商品の価格との関係を明らかに、新しい金融商品の価格が既に知られている金融商品の価格と計算可能なプレミアムおよびディスカウントとの和に分解できることを示した。具体的には、2の研究目的で述べた償還条項付新株予約権および転換社債と仕組債の評価において、既存株主を第三者のプレーヤーとしてモデル化すれば、投資家および企業は既存株主の支持を得るための提携・協力の観点から企業価値を高める戦略に向かうインセンティブを持つことになることを論じた。投資家、企業および既存株主の3者からなる協力ゲームとして定式化し、提携にある種の条件を付与することにより、2人非協力ゲームに退化することを示した。これは、従来の金融経済学が見落としていた観点であり、日本の企業文化により適合した資産評価モデルの構築に本研究が貢献できる可能性がある。
- (2) 研究目的の(1)で述べた仕組債の評価については近年の超低金利政策の下で実に様々な仕組債等が発行されていて、そのファンドも急速に伸びているが、仲介人たる金融機関はその「公平な価格」に関する情報を投資家に対して十分に開示していたとは言い難い。本研究による数理モデルから導出された価格が広く社会に浸透すれば、このような新しい金融商品のリスクとリターンについての、より客観的な価格情報が投資家に提供されることになり、資本市場の効率性と投資家保護の観点から社会的有意義があると考える。
- (3) 本研究によって種々の付帯条項があるオプションの価格メカニズムが明らかになれば、対象たる元の資産（すなわち企業発行体の価値）の評価も可能となり信用リスクの計算およびリスク管理手法への応用に道が拓けることが期待される。特に、様々な付帯条項付金融資産の評価を、付帯条項の権利・義務に対応して分解して評価する手法を論証した。

それぞれがプレミアムやディスカウントとして計量的に分解することに成功した。

- (4) レジームシフトのある償還条項付資産評価モデルを定式化し、最適な償還領域が各時点において1点からなり、それが経済の状態に依存することを明らかにした。最適な権利行使領域は残存時間に関して単調な増加関数であり、下にconvexであることを明らかにした。もしこの金融資産が罰金付きのコールまたプットならば、投資家および発行人の最適権利行使領域および最適償還領域は経済の状態に対してある種の包含関係が成立するための条件を明示した。さらに、コールとプットの解析的な性質をレジームシフトがある場合まで拡張した。

#### 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25件）

- ① Kimitoshi Sato, Katsushige Sawaki, Dynamic Pricing of High-speed Rail with Transport Competition, *Journal of Revenue and Pricing Management*, 査読有、Vol.14、2011年10月、pp.1-12
- ② L.Jin, T.Dohi, S. Osaki, Continuous Software Reliability Models -How Good Are They?-, *Proceedings of 2011 ICQRRMSE*, 査読有、2011年、pp.418-423
- ③ Kyoko Yagi, Katsushige Sawaki, The Pricing and Optimal Strategies of Callable Warrants, *European Journal of Operational Research*, 査読有、Vol.206、2010年10月、pp.123-130
- ④ Kimitoshi Sato, Katsushige Sawaki, A Continuous Review Inventory Model with Stochastic Price Procured in the Spot Market, *Journal of the Operations Research Society of Japan*, 査読有、Vol.53、2010年6月、pp.136-148
- ⑤ Yoshio Tabata, Hiroyasu Akakabe, Valuation of Derivative on Asset with Network Price Externality Effects, *Lecture Notes in Operations Research*, Vol.12, *Operations Research and Its Applications*, 査読有、2010年、pp.68-74

〔学会発表〕（計42件）

- ① Naoya Takezawa, Option Valuation of the value of signaling to be a Socially Responsible Corporation, *INFORMS Annual Meeting*, 2011年11月、

- Charlotte Carolina, U.S.A.
- ② Kimitoshi Sato, Katsushige Sawaki, Effects of Dynamic Pricing on the Expected Revenue under Air-Rail Competition, Academy of International Business 2011 Annual Meeting, 2011年6月、Nagoya, Japan
- ③ Katsushige Sawaki, Kimitoshi Sato, Hiroyuki Wakinaga, Optimal Stopping Rules of Discrete-Time Callable Financial Commodities with Two Stopping Boundaries, 9th International Symposium on Operations Research and Its Applications, Chengdu-Jiuzhaigou, 2010年8月、China
- ④ Kimitoshi Sato, Katsushige Sawaki, Dynamic Pricing of High Speed Rail with Transport Competition, Substitutable and Overbooking, 24nd European Conference on Operational Research, 2010年7月、Lisbon, Portugal
- ⑤ Katsushige Sawaki, Naoya Takezawa, Marc Bremer, Foreign Direct Investment, Real Options and Expropriation under Incomplete Information: Theory and Example, JAROS2009 研究発表大会、JAROS、2009年12月、信州大学（上田キャンパス）

〔図書〕（計3件）

- ① 澤木勝茂、共著（八木恭子）、ミネルヴァ書房、証券投資理論、2012年（予定）
- ② 澤木勝茂、共著（鈴木淳生）、ミネルヴァ書房、コーポレート・ファイナンス、2011年、pp.190
- ③ T.Dohi, S.Osaki and K.Sawaki, Stochastic Operations Research, World Scientific, 2008, pp.300

〔産業財産権〕

○出願状況（計 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◇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〕  
 ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

澤木 勝茂 (SAWAKI KATSUSHIGE)  
 南山大学・大学院ビジネス研究科・教授  
 研究者番号：80065482

##### (2) 研究分担者

尾崎 俊治 (OSAKI SYUNJI)  
 南山大学・情報理工学部・教授  
 研究者番号：10034399

##### (3) 研究分担者

田畑 吉雄 (TABATA YOSHIO)  
 南山大学・大学院ビジネス研究科・教授  
 研究者番号：30028047

##### (4) 研究分担者

竹澤 直哉 (TAKEZAWA NAOYA)  
 南山大学・大学院ビジネス研究科・教授  
 研究者番号：70329332

##### (5) 連携研究者

八木 恭子 (YAGI KYOKO)  
 秋田県立大学・システム科学技術学部・助教  
 研究者番号：80451847

##### (6) 連携研究者

佐藤公俊 (SATO KIMITOSHI)  
 早稲田大学・大学院ファイナンス研究科・助教  
 研究者番号：60609527