

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 29 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2009～2013

課題番号：21241040

研究課題名(和文)代替投資を含むポートフォリオの金融リスク管理に関する研究

研究課題名(英文) Research on the financial risk management of a portfolio including alternative investments

研究代表者

木島 正明(Kijima, Masaaki)

首都大学東京・社会(科)学研究科・教授

研究者番号：00186222

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,800,000円、(間接経費) 10,740,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、株式や債券などの伝統的資産クラスだけでなく、より幅広い資産クラスへの投資を想定したポートフォリオの金融リスク管理に関する基礎研究を行った。具体的な成果としては、確率ボラティリティモデルによるデリバティブ価格の高精度近似手法の開発、金利デリバティブ評価のためのマルチカーブモデル、CDOやRMBSなどの証券化商品の価格付けモデル、企業の投資行動や情報の非対称性を考慮した企業価値評価モデル、ポートフォリオの金利リスク・信用リスクの新たな評価モデルの提案や、マーケットマイクロストラクチャー分析のための基礎理論の構築、日本のマクロ経済・金利の動学モデルによる実証分析などが挙げられる。

研究成果の概要(英文)：In this project we studied various kinds of basic researches for financial risk management of a portfolio consisting of not only traditional asset classes but also alternative classes. We obtain many results for each asset class. Some of them are development of a highly precise approximation method for pricing derivatives under stochastic volatility models, a tractable multi-curve model for pricing interest-rate derivatives, new pricing models for securitizations such as CDO and RMBS, and various kinds of firm value models considering firm's investment actions and asymmetric information. And we propose new risk evaluation models of a portfolio; an interest-rate risk evaluation model under low interest-rate environment and a credit risk evaluation model including market-implied stress events. We also obtain some important results for analysing the market micro-structure, and some implications for Japanese market from the empirical analyses by dynamic macroeconomic models.

研究分野：複合新領域

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 金融リスク管理 代替投資 ポートフォリオ効果 市場分析

1. 研究開始当初の背景

世界金融危機が起こるまでの金融市場の拡大は極めて顕著であり、株式や債券などの伝統的資産以外の新しい資産クラスの市場規模とその影響力は短期間で急成長した。それら新資産クラスへの投資は代替（オルタナティブ）投資と呼ばれ、「不動産」「商品（コモディティ）」「証券化商品」「ヘッジファンド」「非上場株」「ベンチャーキャピタル投資」「M&A」などが該当する。代替資産の収益率は伝統的資産との相関が低いため、分散投資先として年金基金など多くの投資家に注目されてきたが、当時は世界の巨大な投資マネーの受入先の一つとして金融市場全体、さらには実体経済にも影響を与えうる規模へと成長しつつあった。しかし、これらの資産がサブプライムローン問題の発生やその後の被害の拡大に深く関与したことからわかるように、リスク管理についてはほとんど議論されていなかったばかりか、個々の資産クラスの基本的な特性も知られておらず、適切な評価モデルもなかった。

これまで我々は「大規模ポートフォリオにおける集中リスクの管理手法の開発」（平成18～20年度科研費基盤研究B，課題番号18310104）などを通して、金融資産ポートフォリオに内在する金融リスクの計量化の研究を進めてきた。そこで得られた多くの成果は論文として発表し、国際会議への参加や開催を通して世界に情報発信してきた。しかし、我々の研究は与信ポートフォリオを対象とした限定的なもので、基礎的・普遍的な理論を提案してきたものの、その技術をCDO（債務担保証券）などの証券化商品に適用したり、金融リスク管理への応用を議論するには至らなかった。企業金融の分野でも新たな成果を挙げてきたが、実務上重要ないくつかの現象の分析には未着手であった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、株式や債券などの伝統的資

産クラスだけでなく、より幅広い資産クラスへの投資を想定したポートフォリオの金融リスク管理に役立つ基礎研究を行なうことである。具体的には以下を目標とした。

- (1) 各資産クラスで観測されるデータや現象を理論モデルを用いて分析し、個々の特性と相互依存性に関する理解を深める。
- (2) ポートフォリオに含まれる金融資産相互の依存性のモデリングに関して検討し、(1)と(2)の成果を統合して、各資産の特性と相互依存性を踏まえた代替資産を含むポートフォリオの金融リスク管理のフレームワークを提案する。
- (3) 金融政策や制度について理論的に評価・考察を加えることにより、金融リスク管理を効率的に機能させるためのメカニズムデザインを提言する。

3. 研究の方法

「2. 研究の目的」で述べた(1)各資産クラスの特性分析、(2)ポートフォリオの金融リスク評価、(3)政策および制度と金融リスク管理、の3つを研究の柱として、それぞれに属する個々の研究テーマを進めながら、関連する成果を統合させることにより、ポートフォリオの金融リスク管理の新たなフレームワークと、金融リスク管理を効率的に機能させるメカニズムデザインの提案を目指した。

(1) 各資産クラスの特性分析

適切な評価手法の提案が喫緊の課題とされた証券化商品（CDO など）に関しては、多変量ワンプランス変換を用いた価格付けモデルを検討した。また、企業の投資行動、企業再生とM&Aに関しては理論モデルによる分析を行なった。具体的には、既存研究に実務上重要な経営者対債権者、株主対経営者、債権者間の利害対立を加味して、リアルオプションアプローチによる投資戦略モデル、企業再生を考慮した株式・負債評価モデルなどを検討した。

(2) ポートフォリオの金融リスク評価

金利リスクと信用リスクを中心とする金融

リスクの相互依存性に関するモデリングの研究とともに、ポートフォリオの金融リスク計測と集中リスク分析の研究を進めた。集中リスクの分析では、与信先へのリスク集中度を定量的に示す指標（リスク寄与度）の高精度推定手法を検討した。

(3) 政策および制度と金融リスク管理

証券取引に関しては、ゲーム理論とオークション理論を援用してマーケットマイクロストラクチャの解明にあたった。特に、証券取引におけるオークションと、完全な価格受容者とは言えずマーケットに影響を及ぼす機関投資家の戦略的行動とその情報に対する効果を考察した。また、重要な虚偽記載というリスクの発生可能性という視点から、業務プロセスの内部統制に関して検討した。金融資本市場に関しては、近年マクロ構造モデルを革新的に進化させた手法を日本経済に適用し、リスク要因の実証分析と政策当局の最適政策の算出を行なった。

4. 研究成果

本研究で得られた主な結果を以下に挙げる。

(1) 各資産クラスの特徴分析

伝統的資産のデリバティブ市場

従来のブラック・ショールズモデルでは理論価格と市場価格の差が大きいため、近年では複雑な確率ボラティリティモデルが提案されてきたが、実務で利用するには時間的な制約のためデリバティブの近似解が必要であった。そこでFunahashi and Kijima(2013)はWiener-Ito Chaos展開を用いたヨーロッパアンタイプのデリバティブ価格の近似手法を開発し、既存手法よりも高精度の結果が得られることを示した。さらにFunahashi and Kijima(2014)は、この手法をアベレージオプションやバスケットオプションに適用した。

金利デリバティブに関しては、Kijima, Tanaka and Wong(2009)が信用リスクや流動性

リスクを表すイールドスプレッド・オプションの実務的な価格付けを行った。この研究は現在のデリバティブ評価の実務で主流のマルチカーブモデルの先駆けとなった。また、Kijima and Tamura(2012)は取引コストを考慮した均衡価格について考察し、従来の理論を拡張した。

また、Nagashima, Chung and Tanaka(2013)は複数の因子を持つ確率ボラティリティモデルにおけるオプション価格を漸近展開を用いて導出した。

証券化市場

Kijima, Motomiya and Suzuki(2010)はCD0の市場標準モデルの経済学的意義を明らかにし、リスク回避係数を導入して市場価格と統合的な新しい価格付けモデルを提案した。岸田・高山・室町(2013)は期限前償還の金利依存性や期間構造特性を考慮したRMBSの価格付けモデルを提案した。

情報、企業行動と企業価値

Shibata and Nishihara(2010)は株主と経営者間の情報の非対称性を考慮した投資プロジェクト評価法を提示した。Shibata and Nishihara(2011)では経営者による投資戦略と経営努力水準とのトレードオフに関するメカニズムを明らかにし、企業が内部資金制約に直面したときの投資行動と内部資金調達との間における相互作用メカニズムについて考察した。また、Nishihara and Shibata(2013)は企業と債権者の情報の非対称性や複数銀行による戦略的債権回収が信用スプレッドや倒産確率に及ぼす影響を考慮した企業の負債価値評価式を提示した。中岡(2011)は不確実性下のキャッシュフローとマネジメント能力を状態変数として企業価値をモデル化し、企業の経営価値創造力やM&Aによる統合効果を考察した。さらに市場データをもとにM&Aの評価、東日本大震災の影響、優秀企業の価値創造力に関して実証分析した。中岡・鈴木(2013)は出版ビジネスにおける再販制下の返品権・増

刷制度をオプションとしてモデル化し、需要の不確実性の市場特性を分析して出版社の意思決定最適化の方法を導いた。

また、Tanaka(2014)は経済環境の状態がレジームスイッチする状況における意思決定問題の解法を精緻化した。

環境取引

Kijima, Nishide and Ohyama(2010)は環境経済学において重要な仮説である環境クズネット曲線の形成をリアルオプションアプローチを用いて説明した。また、Kijima, Nishide and Ohyama(2011)は排出権取引市場における市場設計の効果を分析した。

商品（コモディティ）市場

坂本・室町(2013)は取引相手と自分自身の信用リスクを考慮したエネルギーデリバティブの価格付けモデルを提案した。

統計分析手法

Ogata and Taniguchi(2010)は幅広い金融データ分析に適用できる CHARN モデルに対して、推定関数法・経験尤度法・シミュレーションベースの分位点法によるパラメータ推定を提案した。

(2) ポートフォリオの金融リスク評価

Kijima, Suzuki and Tamba(2014)は昨今の超低金利下における金利リスク管理モデルを開発して住宅ローンポートフォリオの金利リスク管理に適用し、既存モデルと比べて精緻なリスク量を算出できることを示した。

Muromachi(2012)は証券化商品(CDO)の価格付けモデルを応用して、市場価格から推定される大損害を織り込むことのできるリスク計測モデルを提案した。

リスク尺度に関しては、Muromachi(2011)は期待ショートフォールとそのリスク寄与度の鞍点法による高精度推定手法を提案した。

(3) 政策および制度と金融リスク管理

Watanabe(2009)はマーケット・マイクロスト

ラクチャ分析に応用可能性が高い優モジュラマルコフゲームを研究し、均衡点存在の十分条件を示した。Watanabe(2012)では不確実性下の投資競争における「シグナリング」と呼ばれる情報の戦略的顕示の効果について研究した。Iimura and Watanabe(2014)は利得が離散凹関数の場合の対称ゲームにおけるナッシュ均衡の存在を示した。

Noguchi and Batiz-Lazo(2010)は、英住宅金融組合における内部統制の企業行動への影響を考察し、特に中小住宅金融組合で内部統制の確立が融資方針に大きく影響したことを示した。

市川・飯星(2011)はアフィンモデルを用いて日本の金利期間構造とマクロ経済、特に景気循環との関係を分析し、金利スプレッドが長期的な景気変動予測に有用であることを示した。松前・飯星・難波・西山(2012)はマクロ動学モデルに金融・銀行部門の情報非対称性のエージェンシー・コストを取り込み、金融政策の効果およびリーマンショックが景気後退に及ぼす金融的・実物的要因の寄与度を推定した。Iiboshi(2014)はゼロ金利制約下で金融政策ルールがレジームスイッチする場合のGDPやインフレの影響を計算した。

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 61 件)

Kijima, M., Suzuki, Y. and Tamba, Y., Risk Evaluation of Mortgage-Loan Portfolios under Low Interest-Rate Environment, Journal of Risk, 印刷中, 2014, 査読有。

Funahashi, H. and Kijima, M., An extension of the chaos expansion approximation for the pricing of exotic basket options, Applied Mathematical Finance, 21 (2), 109-139, 2014, 査読有, 10.1080/1350486X.2013.812855.

Iimura, T. and Watanabe, T., Existence of a pure strategy equilibrium in finite symmetric games where payoff functions are integrally concave, Discrete Applied Mathematics, 166 (31), 26-33, 2014, 査読

有.

Nishihara, M. and Shibata, T., The effects of external financing costs on investment timing and sizing decisions, *Journal of Banking and Finance*, 37 (4), 1160-1175, 2013, 査読有, 10.1016/j.jbankfin.2012.11.014.

坂本秀和, 室町幸雄, カウンターパーティーリスクを考慮したエネルギーデリバティブの価格付け, *日本応用数理学会論文誌*, 23 (4), 563-584, 2013, 査読有.

岸田則生, 高山靖敏, 室町幸雄, 期限前償還リスクの期間構造と金利依存性を考慮したRMBSの価格付け, *日本オペレーションズ・リサーチ学会和文論文誌*, 56, 53-75, 2013, 査読有.

Funahashi, H. and Kijima, M., A chaos expansion approach for the pricing of contingent claims, *Journal of Computational Finance*, 2013, 印刷中, 査読有.

中岡英隆, 鈴木映, 出版ビジネスにおける利益マネジメントの最適化, *リアルオプション研究*, 6 (1), 1-15, 2013, 査読有.

Nagashima, K., Chung, Tsz-Kin and Tanaka, K., Asymptotic Expansion Formula of Option Price under Multifactor Heston Model, 首都大学東京 経営学専攻 Research paper Series, 121, 1-39, 2013, 査読無.

松前龍宜, 飯星博邦, 難波了一, 西山慎一, 観測誤差を伴うDSGEモデルの推定における複合MCMC法およびシミュレーションスモーザの適用, *日本統計学会誌*, 41, 88-121, 2011, 査読有.

Kijima, M., Nishide, K. and Ohyama, A., EKC-type transitions and environmental policy under pollutant uncertainty and cost irreversibility, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 35, 746 - 763, 2011, 査読有, 10.1016/j.jedc.2011.01.005.

中岡英隆, マネジメントの価値創造力とM&Aの評価, *ジャフイージャーナル*, 114-133, 2011, 査読有.

Shibata, T. and Nishihara, M., Interaction between investment timing and management effort under asymmetric information: Costs and benefits of privatized firms, *European Journal of Operational Research*, 215, 688-696, 2011, 査読有, 10.1016/j.ejor.2011.06.025.

市川達夫, 飯星博邦, 金利の期間構造モデルによる景気一致指数の予測 アフィン型マクロ・ファイナンスモデルによる接近, *日本統計学会誌*, 40, 111-145, 2011, 査読有.

Muromachi, Y., Improved estimation method for VaR, Expected Shortfall and the risk contributions with high precisions, 首都大学東京 経営学専攻 Research paper Series, 93, 1-29, 2011, 査読無.

Kijima, M., Motomiya, S. and Suzuki, Y., Pricing of CDOs based on the multivariate Wang transform, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 34(11), 2245-2258, 2010, 査読有.

Kijima, M., Nishide, K. and Ohyama, A., Economic models for the environmental Kuznets curve: A survey, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 34(7), 1187-1201, 2010, 査読有.

Shibata, T. and Nishihara, M., Dynamic investment and capital structure under manager-shareholder conflict, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 34, 157-178, 2010, 査読有.

Ogata, H. and Taniguchi, M., An empirical likelihood approach for non-Gaussian vector stationary processes and its application to minimum contrast estimation, *Australian & New Zealand Journal of Statistics*, 52, 451-468, 2010, 査読有.

Shibata, T. and Nishihara, M., Dynamic investment and capital structure under manager-shareholder, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 34, 158-178, 2010, 査読有.

①Noguchi, M. and Bátiz-Lazo, B., Reforming the form of the Auditors' Report: The case of building societies, 1956-1960, *Accounting Business and Financial History*, 20, 41-66, 2010, 査読有.

②Shibata, T., Investment timing, asymmetric information, and audit structure: A real options framework, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 33, 903-921, 2009, 査読有.

③Kijima, M., Tanaka, K. and Wong, T., Yield Spread Options under the DLG model, in *Modelling Interest Rates*(eds. F. Mercurio), RISK books, 2009, 査読無.

〔学会発表〕(計 88 件)

liboshi, H., Monetary Policy Shifts Under the Zero Lower Bound, 内閣府 ESRI-CEPREMAP joint workshop, 2014年2月10日, 東京.

Tanaka, K., Bond Pricing under Regime Switching Among Several Short Rate Models, JAFEE 2013 冬季大会, 2014年1月11日, 慶應義塾大学, 東京

Watanabe, T., Real Options and Signaling in Strategic Investment Games, GAMES2012 (第4回ゲーム理論国際学会), 2012年7月26日, イスタンブール, トルコ.

Funahashi, H. and Kijima, M., A Chaos Expansion Approach for the Pricing of Contingent Claims, Winter Workshop on Finance 2012 (招待講演), 2012年2月13日,

北海道大学, 北海道.

Muromachi, Y., Risk Evaluation of a Portfolio Including Forward-Looking Stress Events with Probabilities, Winter Workshop on Finance 2012, 2012年2月13日, 北海道大学, 北海道.

Kijima, M. and Tamura, A., Equilibrium Price and Allocation in the Presence of Transaction Costs, The Sixth Bachelier Colloquium (招待講演), 2012年1月18日, Metabief, France.

Ogata, H., Empirical likelihood estimation for multivariate stable distribution(招待講演), Conference on Latest Developments in Heavy-Tailed Distributions, 2010年3月27日, ブリュッセル, ベルギー.

Kijima, M., Equilibrium pricing of contingent claims in tradable permit markets (招待講演), The Third Bachelier Colloquium, 2010年1月25日, Metabief, France.

Kijima, M., On the Environmental Kuznets Curve: A Real Options Approach(招待講演), 15th International Conference on Computing in Economics and Finance, 2009年7月17日, Sydney, Australia.

Watanabe, T., Existence of equilibria in Markov games with strategic complementarities for finite actions, 2009 the 5th Spain, Italy, Netherlands Meeting on Game Theory (SING5), 2009年7月3日, アムステルダム, オランダ.

〔図書〕(計 13 件)

(Editors) Takahashi, A., Shibata, T. and Muromachi, Y., World Scientific Publishing Co., Recent Advances in Financial Engineering 2012, 2014, 総 198 ページ.

木島正明, 鈴木輝好, 後藤允, 朝倉書店, ファイナンス理論入門 -- 金融工学へのプロローグ, 2012, 総 198 ページ.

Kijima, M. and Tanaka, K. (eds. N. Balakrishnan), JOHN WILEY & SONS, Methods and Applications of Statistics in Business, Finance, and Management Science (1.Alternatives to Black-Scholes Formulation in Finance を執筆), 2010, 総 696 ページ(分担 22 ページ).

Kijima, M. and Muromachi, Y. (eds. N. Balakrishnan), JOHN WILEY & SONS, Methods and Applications of Statistics in Business, Finance, and Management Science (53.The Black-Scholes Formula and Its Applications in Finance を執筆), 2010, 総 696 ページ(分担 20 ページ).

木島正明監訳, 朝倉書店, 金融工学ハンドブック(翻訳), 2009, 総 1028 ページ.

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.comp.tmu.ac.jp/finance/Groupweb/workshop/2011/index.html> (2011年8月のワークショップ)

6 . 研究組織

(1)研究代表者

木島 正明 (KIJIMA, Masaaki)
首都大学東京・社会(科)学研究科・教授
研究者番号: 0 0 1 8 6 2 2 2

(2)研究分担者

田中 敬一 (TANAKA, Keiichi)
首都大学東京・社会(科)学研究科・教授
研究者番号: 0 0 3 8 1 4 4 2
平成 21-25 年度

中岡 英隆 (NAKAOKA, Hidetaka)
首都大学東京・社会(科)学研究科・教授
研究者番号: 2 0 5 1 6 0 2 5
平成 21-24 年度

山下 英明 (YAMASHITA, Hideaki)
首都大学東京・社会(科)学研究科・教授
研究者番号: 3 0 2 0 0 6 8 7
平成 21-25 年度

渡辺 隆裕 (WATANABE, Takahiro)
首都大学東京・社会(科)学研究科・教授
研究者番号: 7 0 2 2 0 8 9 5
平成 21-25 年度

野口 昌良 (NOGUCHI, Masayoshi)
神戸大学・経済経営研究所・教授
研究者番号: 7 0 2 3 7 8 3 2
平成 21-22 年度

芝田 隆志 (SHIBATA, Takashi)
首都大学東京・社会(科)学研究科・教授
研究者番号: 7 0 3 7 2 5 9 7
平成 21-25 年度

室町 幸雄 (MUROMACHI, Yukio)
首都大学東京・社会(科)学研究科・教授
研究者番号: 7 0 5 1 4 7 1 9
平成 21-25 年度

飯星 博邦 (IIBOSHI, Hirokuni)
首都大学東京・社会(科)学研究科・教授
研究者番号: 9 0 3 8 1 4 4 1
平成 21-25 年度

小方 浩明 (OGATA, Hiroaki)
早稲田大学・国際教養学院・助教
研究者番号: 3 0 4 5 4 0 8 6
平成 21-23 年度