

平成 21 年 4 月 16 日現在

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2006～2008

課題番号：18310104

研究課題名 (和文) 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

研究課題名 (英文) Development of risk management system for large-scale portfolio

研究代表者

木島 正明 (Masaaki Kijima)

首都大学東京・大学院社会科学部・教授

研究者番号：00186222

研究成果の概要：本研究では、金融機関が保有する金融資産のポートフォリオに内在するリスクの計量化とその管理手法の開発を行った。具体的には、貸出債権ポートフォリオの構築モデル、VaRの精緻化、与信集中、企業倒産の連鎖および企業再生のモデル化と解析、保険商品の価格づけ、4つの観点から分析を行った。最も顕著な成果は、多変量Wang変換を明確な経済的意義を持つ測度変換のクラスにまで拡張かつ数学的性質を分析したことにある。その結果、裁定機会のない非完備市場の価格付け手法の選択肢が格段に広がった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	4,200,000	0	4,200,000
2007年度	4,300,000	1,290,000	5,590,000
2008年度	5,500,000	1,650,000	7,150,000
総計	14,000,000	2,940,000	16,940,000

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

1. 研究開始当初の背景

1990年は、本邦においては銀行等が担う金融の機能は麻痺していた。日本経済の回復を更に確固たるものにするには、金融機関による実態経済への資金の供給、すなわちリスクの適正な配分とそのコントロールが不可欠である。すなわち、経済の回復と相俟って予想される株価および金利の上昇は、資産配分によって異なる運用結果を金融機関および年金基金にもたらす。また、金融業界においては淘汰が進み少数の有力な機関のみがその業務を行っている。その意味で、金融機関のリスク管理の巧拙は単なる個々の金融機関の経営問題ではなく、年金基金の解散やマイクロなレベルの企業活動への資金供給減少という形で国民生活にも深く影響することは日本国民が学習してきた。したがって、金融機関のうち資

産規模が比較的大きい銀行と保険会社(生命保険および損害保険)の業態を想定して、債務者が特定業種等に偏在することによって生じる集中リスクの管理に関連する研究が求められていた。

2. 研究の目的

本研究は、金融機関が保有する金融資産のポートフォリオに内在するリスクの計量化とその管理手法の開発を目指すものである。具体的には、金融機関のうち資産規模が比較的大きい銀行と保険会社(生命保険および損害保険)の業態を想定して、債務者が特定業種等に偏在することによって生じる集中リスクの管理に関連する研究を進める。また、銀行に関しては、2007年に施行予定の「新バーゼル合意を受けた新しい自己資本比率規制」に関す

る提言や諸問題の解決を目指す。具体的な研究項目は次に掲げる4点である。

(1)貸出債権ポートフォリオの構築モデル：
本研究では、銀行に対する新しい自己資本比率規制における集中リスク排除の観点から、貸出債権ポートフォリオの構築および貸出し利率の設定を考察する。また、近年拡大しているクレジットデリバティブ商品の価格付けやその活用についても考察する。

(2) VaR の精緻化：

本研究では、工学的見地からリスク指標の精緻化を行い、金融機関の経営管理に資するよう実用化を目指す。1996年に市場リスクに対するBIS規制が合意されて以来、Value at Risk (VaR)を経営指標の一つとして導入する金融機関が増えている。しかしながら、金融機関は巨大なポートフォリオを保有しているといった理由により、VaRの正確な算出には克服しなければならない難題が山積している。さらには、監督当局の評価がバックテストに基づいているため、金融機関にはVaRを安定的に計測することが求められ、単に精緻な推定方法を追求するだけでは意味がない。本研究では、これらの条件下で、金融機関のリスク管理手法の精緻化について考察する。

(3)与信集中、企業倒産の連鎖および企業再生のモデル化と解析：

本研究では、産業全体のパフォーマンスの変化を一つのリスクファクターとして考えたリスク管理モデルに関して、与信集中、企業倒産の連鎖、再生の3つの観点から研究を行い、与信管理に役立てる。

①与信集中：

企業の格付け推移を表現し、特定の業種や格付けに貸出が集中する状態を表現するモデルを構築する。(1)における研究成果も適宜取り込みながら、与信集中リスクを分析し管理するための指標として機能するよう計量化する。

②企業倒産の連鎖：

企業間の信用リスクや倒産の連鎖のメカニズムを解明し、大規模ポートフォリオ選択問題における信用評価モデルに応用することが本研究の目的である。

③企業再生：

企業が倒産した後に再生する際の経営者および債権者の意思決定を分析し、企業再生を考慮した負債評価モデルを構築する。本研究では、日本の企業再生スキームにおける経営者および債権者の意思決定を分析し日本企業の

負債評価モデルを構築する。

(4)保険商品の価格付け：

保険商品の価格付けは、信用リスクと同様に、非完備市場における価格付けの問題の一つであるので、保険商品を無裁定の枠組みで価格付けするためにはそのリスク特性を理解する必要がある。

Wang (2003)は損害保険商品の価格付けにおいて利用されているWang変換がリスクの純粋交換経済における均衡価格から導かれることを証明した。ところが、Wang変換は、価格の線形性を満たしていないので裁定機会を排除できない、1期間における価格モデルに過ぎない、という欠点を持っている。これらの欠点を克服するために、測度変換の理論を使ってWang変換を多変量に拡張するとともに多期間Wang変換を構築する。

一方、生命保険においては変額年金保険などの新商品のリスク管理手法の開発が急務である。これらの新商品はペイオフが市場インデックスに連動するという特徴を持っており、このため、(2)の性質を勘案した価格付けモデルとリスク管理手法の開発が重要である。一般のregime switching下における保険商品の価格付けモデル、正の金利やインフレーションを考慮した超長期の金利モデルに基づく保険商品の価格付けや運用モデルの研究を行う。

3. 研究の方法

平成18年度では、4点の研究項目のうち(1)から(3)について分担して研究に着手した。学術研究の方向と実務上の整合性を整理確認する必要があるので、BIS等の国際機関や本邦における関係機関への訪問、聞き取り調査を行った。さらに国内の研究者を招いて実務家や監督官庁職員等を対象にワークショップを数回開催し、学術結果の還元と実務上の問題点に関する議論を行った。

平成19年度においては、保険商品の価格付けの研究に着手した。また、他の研究においても前年度までに行ったモデル等の精緻化をさらに進めるとともに、実務担当者へ聞き取り調査や意見交換会を行ってより良いモデルの方向性を探った。特に、市場データを用いたバックテストなど、モデルの実務応用を最重点項目として研究を進めた。構築したモデルについては国際会議や学術会議において成果発表し、議論を通じてモデルのさらなる改善に努めた。

平成20年度では、研究全体のモデルの整合性などを考慮しながら最終的なモデルを完成させた。完成させたモデルについては、実際の市場データなどとの比較を行いながら、

金融機関をはじめとする実務担当者などへの提案を行った。同時に、本モデルを用いることでポートフォリオ管理においてどのような相違点があるのかなど、モデルから得られる示唆についても言及した。そして、最終的な成果を発表するために内外の研究者や実務家を招いて国際会議を開催した。当該会議で研究者の交流を図るとともに、リスク管理において金融機関が抱える諸問題についての最終的提言を行い、本研究「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」の最終成果とした。

4. 研究成果

本研究プロジェクトで得られた結果は次の通りである。

(1)貸出債権ポートフォリオの構築モデル：
Tanaka (2006)および田中・山田・渡部 (2006)では様々な金融商品価格の効率的な計算方法を示した。また、Kijima et al. (2009)が長期運用に係る超長期のゾーンを含む金利の期間構造のモデル化と金利デリバティブの価格付けを進展させた。すなわち、金利スワップ、国債、ベシススワップの価格を同時に考慮できるモデルを開発した。スワップスプレッドやベシススワップなどのように、同じ満期であっても複数の債券が異なるイールドを示唆するイールドスプレッドが観察される。このようなイールドスプレッドを原資産とするオプション価格を計算する枠組みを提示した。さらに金利が正值を取ることが保証された超長期の金利モデルとして保険会社の資産負債管理にも応用できる。

(2)VaRの精緻化：
Kawata and Kijima (2007)では、長期の金融資産のリスク評価のためのレジームスイッチモデルを提案した。また、内田の研究により、解析解を持たない場合のオプション価格を数値的に計算する場合、計算量が大きくなることが多いが、漸近展開法を用いた近似公式を制御変数としたモンテカルロ法を用いることで、計算コストを大幅に削減することに成功した。計算例として、貸出債券のポートフォリオのリスク指標 (VaR) 算出の高速化に繋がるバスケット・オプションの価格計算を行った。

(3)与信集中、企業倒産の連鎖および企業再生のモデル化と解析：
Nishide and Nomi (2007)では、企業の与信集中と関連した研究として、リアルオプションの手法を用いて企業の投資戦略についてのモデル

を提示した。また、Nishide (2006)では、企業倒産の連鎖に関連する研究として、非対称情報市場における証券価格形成のモデルを提示した。さらに、Shibata and Tian (2008)では、日本の企業再生スキームを考慮した企業の株式および負債価値モデルを構築し、株式や価値の評価式を提示した。

(4)保険商品の価格付け：

Kijima (2006)はエッシャー変換およびワン変換による保険商品の価格付けを行った。また、Fujiwara and Kijima (2007)およびKabanov, Kijima, and Rinaz (2007)では保険商品のリスク管理のために必要となる正の金利モデルとモンテカルロシミュレーションの開発を行った。

また、Kijima and Muromachi (2008)では、多変量Wang変換を、明確な経済的意義を持つ測度変換のクラスにまで拡張し、その数学的性質を分析した。これにより、裁定機会のない非完備市場の価格付け手法の選択肢が格段に広がった。与信集中リスクの大きさを示す尺度として、各資産が期待ショートフォールに及ぼす寄与 (リスク寄与度) について考察した。リスク寄与度はモンテカルロ法では推定が難しいので、解析的近似式を用いた高精度推定手法を提案した。

さらに、原の研究では、保険商品の価格付けでしばしば用いられるリスクの純粋交換経済において、保険会社や投資家などの経済主体間のリスク許容度・主観的時間割引率・確率的信念の異質性が、均衡価格にいかなる影響を及ぼすかを仔細に分析した。特に、主観的時間割引率の異質性が存在する場合、長期金利は短期金利よりも低い傾向にあることを示した。また、主観的時間割引率に異質性がない場合でも、確率的信念の異質性があれば、代表的経済主体の時間割引率は双曲的に変化しうることも示した。

本研究プロジェクトでは、2007年8月、2008年8月に国際会議を開催し、研究成果の報告を行った。詳細はホームページを参照されたい。なお、研究成果の一部は、2009年6月に洋書として刊行される予定である。

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 18 件)

① Kijima, M., Suzuki, T., and Tanaka, K., A Latent Process Model for the Pricing of Corporate Securities, *Mathematical Methods of Operations Research*,

forthcoming, 査読有.

② Kijima, M., and Muromachi, Y., An extension of the Wang transform derived from Bühlmann's economic premium principle for insurance risk. *Insurance: Mathematics and Economics*, 42, 887-896, 2008, 査読有.

③ Hara, C., Shinotsuka, T., Suzumura, K., and Xu, Y., Continuity and egalitarianism in the evaluation of infinite utility streams, *Social Choice and Welfare*, 31, 179-191, 2008, 査読有.

④ Hara, C., Complete monotonicity of the representative consumer's discount factor, *Journal of Mathematical Economics*, 44, 1321-1331, 2008, 査読有.

⑤ Shibata, T., The impacts of uncertainties in a real options model under incomplete information, *European Journal of Operational Research*, 187, 1368-1379, 2008, 査読有.

⑥ Nishihara, M., Shibata, T., The agency problem between the owner and the manager in real investment: The bonus-audit relationship. *Operations Research Letter*, 36, 291-296, 2008, 査読有.

⑦ Shibata, T., and Tian, Y., Reorganization strategies and securities valuation under asymmetric information, working paper, Kyoto University, 2008, 査読無

⑧ Kawata, R. and Kijima, M., Value-at-Risk in a market subject to regime switching, *Quantitative Finance*, 7, 609-619, 2007, 査読有.

⑨ Kijima, M., and Wong, T., Pricing of ratchet equity-indexed annuities under stochastic interest rates, *Insurance: Mathematics and Economics*, 41, 317-338, 2007, 査読有.

⑩ Fujiwara, H. and Kijima, M., Pricing of path-dependent American options by Monte Carlo simulation, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 31, 3478-3502, 2007, 査読有.

⑪ Kabanov, Y., Kijima, M., and Rinaz, S., A

positive interest rate model with sticky barrier, *Quantitative Finance*, 7, 269-284, 2007, 査読有..

⑫ Kijima, M., and Suzuki, T., The pricing of options with stochastic boundaries in a Gaussian economy, *Journal of the Operations Research Society of Japan*, 50, 137-150, 2007, 査読有.

⑬ 川上高志, 木島正明, 湯前祥二, 年金リスクを内包した企業の最適資本構成モデル, リスクと保険, 3, 43-65, 2007, 査読有..

⑭ Hara, C., Huang, J., and Kuzmics, C., Representative consumer's risk aversion and efficient risk-sharing rules, *Journal of Economic Theory*, 137, 652-672, 2007, 査読有.

⑮ Nishide, K., Nomi, E.K., Regime Uncertainty and Investment Strategy, CAEA Discussion Paper #131, Kyoto University, 2007, 査読無.

⑯ Takahashi, A., Uchida, Y., New Acceleration Schemes with the Asymptotic Expansion in Monte Carlo Simulation, *Advanced Mathematical Economics*, 8, 411-431, 2006, 査読有.

⑰ Kijima, M., A multivariate extension of equilibrium pricing transforms: The multivariate Esscher and Wang transforms for pricing financial and insurance risks, *ASTIN Bulletin*, 36, 269-283, 2006, 査読有.

⑱ Nishide, K., Insider Trading with Imperfectly Competitive Market Makers, Discussion Paper #85, Faculty of Economics, Kyoto University, 2006, 査読無.

[学会発表] (計 32 件)

① Muromachi, Y., Decomposing Expected Shortfall of a Portfolio into the Contributions of Individual Assets and its Robust Estimation Method, The 2009 Applied Business Research Conference. 2009年1月5-8日, Honolulu, USA.

② Shibata, T., Dynamic investment and capital structure under agency conflicts, *Quantitative Methods in Finance 2008*. 2008年12月17-20日, Sydney, Australia.

- ③ Hara, C., 経済理論における確率解析, 伊藤清先生文化勲章受賞記念講演会, 2008年12月9日, 京都大学数理解析研究所.
- ④ Hara, C., Heterogeneous impatience in a continuous-time model, The International Symposium on Choice Rationality and Intergenerational Equity, 2008年9月9日, 早稲田大学.
- ⑤ Hara, C., Aggregation of state-dependent utilities, The Workshop on "Finance and Related Mathematical and Statistical Issues, 2008年9月5日, 京都リサーチパーク.
- ⑥ Hara, C., Aggregation of state-dependent utilities, The Summer Workshop on Economic Theory, 2008年8月22日, 北海道大学.
- ⑦ Hara, C., Pareto improvement and agenda control of sequential financial innovations, The Fifth Asia Workshop on General Equilibrium Theory, 2008年8月5日, 廈門大学, 中華人民共和国・廈門.
- ⑧ Tanaka, K., A Multi-Quality Model of Interest Rates, Bachelier Finance Society 2008, 2008年7月15-19日, London, U.K.
- ⑨ Shibata, T., Agency problem with auditing in a real options model, Bachelier Finance Society 2008, 2008年7月15-19日, London, U.K.
- ⑩ Muromachi, Y., Extensions of the Wang Transform for the pricing of insurance and financial risks, 38th ASTIN Colloquium. 2008年7月13-16日, Manchester, UK
- ⑪ Tanaka, K., A Multi-Quality Model of Interest Rates, International Workshop on Applied Probability, 2008年7月7-10日, Compiègne, France.
- ⑫ Shibata, T., Agency problem with auditing in a real options model, International Workshop on Applied Probability, 2008年7月7-10日, Compiègne, France.
- ⑬ Tanaka, K., A Multi-Quality Model of Interest Rates, 14th International Conference on Computing in Economics and Finance, 2008年6月25-27日, Paris, France.
- ⑭ Shibata, T., Dynamic investment and capital structure under agency conflicts, 14th International Conference on Computing in Economics and Finance, 2008年6月25-27日, Paris, France.
- ⑮ Nishide, K., Insider Trading with Correlation between Liquidity Trading and a Public Signal, 横浜国立大学・南山大学共同ファイナンス・ワークショップ, 2008年2月16-17日, 横浜国立大学.
- ⑯ Hara, C., Heterogeneous impatience in a continuous-time model, The Ajou-KAIST-POSTECH International Conference in Finance and Mathematics, 2008年1月, 浦項工科大学, 大韓民国・Pohang.
- ⑰ Hara, C., Heterogeneous impatience in a continuous-time model, The Workshop on Risk: Individual and Collective Decision Making, 2007年12月19日, Paris, France.
- ⑱ Nishide, K., Regime Uncertainty and Investment Strategy, Quantitative Methods in Finance Conference 2007, 2007年12月12-15日, Sydney, Australia.
- ⑲ Kijima, M., A multi-quality model of interest rates, Quantitative Methods in Finance Conference 2007. 2007年12月12-15日, Sydney, Australia.
- ⑳ Hara, C., Heterogeneous impatience in a continuous-time model, The Workshop by the Research Center of Mathematical Economics, 2007年10月27日, 慶應大学.
- ㉑ Nishide, K., Timing an Environmental Policy Optimally under Economic Considerations, 2007年日本OR学会秋季研究発表会, 2007年9月27-28日, 政策大学院.
- ㉒ Hara, C., Heterogeneous impatience in a continuous-time model, The Fourth Asia Workshop on General Equilibrium Theory, 2007年8月19日, Singapore, Singapore.
- ㉓ Nishide, K., Insider Trading with Imperfectly Competitive Market Makers, 日本ファイナンス学会第15回大会, 2007年7

月 16-17 日, 慶應義塾大学.

⑳ Nishide, K., Regime Uncertainty and Investment Strategy, 22nd European Conference on Operational Research, 2007 年 7 月 8-11 日, Prague, Czech.

㉑ Shibata, T. On the bonus-auditing relationship in a real options model under asymmetric information, 22nd European Conference on Operational Research, 2007 年 7 月 8-11 日, Prague, Czech.

㉒ Hara, C., Efficient risk-sharing rules in the cases of identical risk attitudes and of multiple goods, The SAET Conference, 2007 年 6 月 18 日, ギリシア・コス島.

㉓ Nishide, K., Insider Trading with Imperfectly Competitive Market Makers, 2007 年日本 OR 学会春季研究発表会, 2007 年 3 月 28-29 日, 鳥取大学.

㉔ Nishide, K., On the Pricing of Contingent Claims in Emission Permit Markets, 2008 年日本 OR 学会春季研究発表会, 2007 年 3 月 25-26 日, 京都コンピュータ学院.

㉕ Nishide, K., Alliance Strategies in a Real Options Framework, 2008 年日本 OR 学会春季研究発表会, 2007 年 3 月 25-26 日, 2007, 京都コンピュータ学院.

㉖ Nishide, K., Regime Uncertainty and Investment Strategy, Stanford-Tsukuba WCQF, 2007 年 3 月 8-10 日, Stanford, USA.

㉗ Nishide, K. On the Pricing of Contingent Claims in Pollution Permit Markets, Daiwa Young Researchers' Workshop on Finance, 2007 年 3 月 3-4 日, 京都大学.

㉘ Tanaka, K., Credit derivatives with recovery of market value for multiple firms, Quantitative Methods in Finance 2006, 2006 年 12 月 13-16 日, Sydney, Australia.

〔図書〕(計 2 件)

① 木島正明, 中岡英隆, 芝田隆志, リアルオプションと投資戦略, 2008, 朝倉書店. 総 176 ページ.

② 木島正明, 田中敬一, 資産の価格付けと測度変換, 2007, 朝倉書店. 総 204 ページ.

〔産業財産権〕
○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.comp.tmu.ac.jp/kijimam/03/index.html>

6. 研究組織
(1)研究代表者

木島正明 (KIJIMA, Masaaki)
首都大学東京 大学院社会科学研究所 教授
研究者番号: 00186222

(2)研究分担者

田中敬一 (TANAKA, Keiichi)
首都大学東京 大学院社会科学研究所 准教授
研究者番号: 00381442

内田善彦 (Uchida, Yoshihiko)
平成 18 年度
大阪大学 大学院経済学研究科 准教授
現在 日本銀行 金融機構局
研究者番号: 10403023

西出勝正 (NISHIDE, Katsumasa)
平成 18 年度
京都大学大学院経済学研究科 助教授
平成 19 年度
横浜国立大学学際プロジェクトセンター助教
研究者番号: 40410683

原千秋 (HARA, Chiaki)
平成 19-20 年度
京都大学 経済研究所教授
研究者番号: 90314468

室町幸雄 (MUROMACHI, Yukio)
首都大学東京 大学院社会科学研究所 教授
研究者番号: 70514719

芝田隆志 (SHIBATA, Takashi)
平成 18 年度
京都大学 経営管理大学院 助教授
平成 19-20 年度
首都大学東京 大学院社会科学研究所 准教授
研究者番号: 70372597

(3)連携研究者
なし