

令和元年6月14日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2014～2018

課題番号：26242028

研究課題名(和文) 本邦金融機関の資産・負債の特性と長期的な変動を考慮した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 by taking account of remarkable properties of assets and liabilities in financial institutions and long-term behaviors of financial environment in Japan

研究代表者

木島 正明(Kijima, Masaaki)

広島大学・情報科学部・教授

研究者番号：00186222

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,900,000円

研究成果の概要(和文)：本邦の金融機関の金融リスク管理に直接役立つ基礎研究を行うため、本邦金融機関の資産・負債ポートフォリオの中で大きな比率を占めるクラスおよび特徴的なクラスを幅広く取り上げて、それらのリスク特性を分析し、的確に表現できる確率モデルを提案した。具体的には、デリバティブ市場における原資産価格過程の変動性のモデリングと価格付け、債券市場の金利変動の実証分析、流動性預金額のモデリング、住宅ローンのリスク評価、企業の資金調達行動、などに関するテーマを扱った。また、超低金利環境に適した表現力のある金利リスク計測モデルなども提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

国際的な金融規制への対応も重要であるが、本邦金融機関の特性を反映した金融リスク管理に関する研究は今後の日本の金融機関と規制当局の双方にとって重要である。また、日本市場の独自性(超低金利、インフレ期待など)を踏まえた研究に先鞭をつけたことは学術的にも実務的にも大きな意義がある。研究開始から5年が経過した現在までの間に、超低金利環境は先進諸国間の共通の現象になり、また、ますます厳しくなる金融環境の中で金融機関はより精緻な資産・負債の統合リスク管理を求められるようになったため、本研究の意義はますます高まっている。

研究成果の概要(英文)：In order to conduct basic researches which can contribute directly to financial risk management for Japanese financial institutions, we selected many important classes and some characteristic classes in asset and liability portfolios of the institutions, analyzed the properties of their risks, and proposed stochastic models which can express their risks appropriately. Specifically, we discussed modeling underlying asset price processes, especially, volatility processes in the market and pricing derivatives under the models, empirical analysis of yield fluctuations in the bond market, modeling liquidities of non-maturity deposits, risk management of mortgage portfolios, some investing and funding behaviors of corporates, and so on. And we proposed some interest-rate risk evaluation models which are suitable and expressive in the extremely low interest-rate environment.

研究分野：金融工学

キーワード：ファイナンス 金融リスク管理 確率モデル

1. 研究開始当初の背景

2007 年頃に顕在化した米国のサブプライムローン問題に端を発した世界金融危機は多くの金融機関に甚大な打撃を与えたが、その影響は、本研究を開始した 2014 年頃までに留まらず、現在に至るまでさまざまな形で金融経済と実体経済に深く影を落としている。サブプライムローン問題が顕在化し始めた頃、国際業務を営む金融機関に対しては、これまでの規制よりも熟考されたバーゼル が適用され始めていたが、それでも世界金融危機を抑制することはおろか、予見することもできなかった。そこで、BIS は新たな規制(バーゼル 2.5, バーゼル)の策定を進めたが、それらはバーゼル に比べ、金融環境の変動性、特にクレジットと流動性の変動を重視して、より厳格な自己資本の充実と流動性の確保を金融機関に義務付けるものとなった。その後もバーゼル は市場の意見を反映しながら繰り返し検討が進められ、今は先進諸国の金融機関に段階的に適用されつつある。

国際的な金融規制とそれに基づく各国監督当局による金融規制は順次整備され、金融機関による実装も進められてきたが、もとなる国際金融規制には、典型的な日本の金融機関、特に邦銀の実態を鑑みると必ずしも尤もらしい規制であるとは言い難い面もあった。そのため研究当初において、本邦金融機関の特性を反映した金融リスク管理に関する研究は今後の日本の金融機関と規制当局の双方にとって重要と考えられた。また、日本市場の独自性(超低金利、インフレ期待など)を踏まえた収益・リスク管理は収益性向上のために必要不可欠であるものの、成果が乏しい分野であり、その先鞭をつけることは学術的にも実務的にも大きな意義があった。

研究開始からの 5 年間で金融環境は著しく変化した。日本を含む先進諸国の金利は一段と低下し、短期から中期部分でマイナス金利が常態化して、超低金利環境は日本固有の現象ではなくなった。融資の利鞘も縮小の一途をたどり、邦銀は新たなビジネスモデルの構築を迫られている。

このような変化が進む中、本研究の意義はますます高まりつつある。投資収益性の悪化や融資利鞘の縮小のため、これまで以上に精緻な資産・負債の統合リスク管理が必要となり、資産・負債の特性分析やリスク計測モデルの提案はますます重要になった。また、金融機関がリスク軽減効果を狙って新たな負債(ハイブリッド債など)を発行するようになり、そのリスクを分析する理論モデルも必要になった。さらに、これまでのデリバティブの価格付けモデル、特に、非負性を前提とした金利デリバティブの評価モデルはマイナス金利環境に突入するとともに大幅な変更が必要となり、既に一通りの対応は済んだものの、未だに課題は残されている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、本邦金融機関が保有する資産・負債ポートフォリオの特徴と日本の投資家の行動特性を重視した、本邦金融機関の金融リスク管理に直接役立つ基礎研究の実施である。研究対象は資産と負債の中で大きな比率を占めるクラスおよび特徴的なクラスに限定し、それらに内在するリスク特性を分析して、リスクを的確に表現できるリスク管理モデルを提案する。特に、リスクの長期的変動や危機的事象の発生も表現可能な柔軟な確率モデルを構築し、そのような環境下でも資産の価格付けとリスク計測を統合的に行える理論の体系化を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、「A. 資産負債の主要クラスのリスクの特性分析とリスク評価のための動的確率モデルの提案」と「B. 将来の経済環境の変化を柔軟に表現できるポートフォリオのリスク評価モデルの開発」を二本柱として研究を進めた。

前者では、主要な資産・負債に内在するリスクを確率モデルで表現し、可能であればデータをもとに実証分析を行った。取り上げたテーマは、(1)資産価格のボラティリティのモデリングとデリバティブの価格付け、(2)債券市場における金利変動の実証分析、(3)流動性預金の金利リスク評価、(4)住宅ローンのリスク評価、(5)CoCo 債の価格付けと投資家へのリスク伝播、(6)企業の投資行動と資金調達との間の相互作用メカニズム、(7)金融機関の資本と負債に関する実務的な視点による研究、(8)マルチカーブ環境下のデリバティブの価格付け、などであった。

後者では、将来の金融環境をより柔軟に表現できる動的確率モデルを提案し、その下で資産の価格付けとリスク計測を統合的に行う方法について検討した。

4. 研究成果

本研究による主な成果を、3 で述べた「A. 資産負債の主要クラスのリスクの特性分析とリスク評価のための動的確率モデルの提案」と「B. 将来の経済環境の変化を柔軟に表現できるポートフォリオのリスク評価モデルの開発」の二分野に分け、(A-1)、(B-2)のように記述する。

(A-1) 金融市場を記述するうえで不可欠なボラティリティの変動とそのデリバティブの価格付けへの影響に関しては、木島が広範に検討を進めた。まず、Wiener-Ito-Chaos 展開を用いたヨーロッパタイプのデリバティブ価格の近似手法を開発し、高精度の近似を実現できることを

数値的に示した。次に、そ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など VWAP (volume weighted average price) に依存するキャッシュフローを持つオプションの価格を近似的に評価する一般的な手法として整理し、それが極めて精緻な近似法であることを示した。また、その手法を応用して、ボラティリティがフラクショナルブラウン運動に従う場合のオプション価格の近似手法を提案し、ボラティリティスマイルへの影響を評価した。また、木島は価格インパクトがオーダーフローが S 字形となる数理モデルを構築し、実証分析により説明力の高いモデルであることを示した。

(A-2) 内山は、金融機関の資産運用において重要な債券市場における金利変動の特性を実証的に解明した。まず本邦国債の金利の期間構造を対象に、その歪みの変動リスクを表す新たなファクター (キャリア・ロールダウン・ファクター) を定義し、実証分析を行った。このファクターはリスク資産 (クレジットや株式) との相関が負であるにもかかわらず、高いリスクプレミアムを持つ。さらに、既存の債券ファンドのパフォーマンス分析を行い、このファクターに実際に投資することにより債券運用を改善しうることも示した。この成果により 2016 年度の証券アナリストジャーナル賞を受賞した。また、この研究成果をグローバル債券市場に拡大して分析したところ、このファクターは世界 25 ヶ国を対象にした分析でも同様の効果を得ることができた。さらに、このファクターのプレミアムを実際のポートフォリオ構築において効率的に獲得する方法論も提示した。これらの成果は実務界からも注目を集めることになり、国内およびグローバルの債券運用において実際に活用されるようになった。

(A-3) 室町は、銀行内部に長期滞留する預金負債 (コア預金) の金利リスクの評価モデルについて検討した。預金残高の変動は金利に依存するものとして、金利をマルコフ的にレジーム遷移する確率過程として表現し、さらに金利に無裁定条件を課すことで、預金額変動が任意の期間の金利に依存しうるコア預金評価モデルを構築した。その結果、平均的には預金残高が現状の傾向を維持して上昇を続ける一方で、預金残高が数年間で激減するシナリオも低確率で出現するという、現状のパターンを維持しつつもリスク管理の議論にも役立つ結果が得られた。

(A-4) 木島は、住宅ローンに内在するリスク分析のモデリングを行い、(B-1) のリスク計測モデルに反映させた。室町は、プリペイメント (期限前償還) 率と金利の長期的な確率変動特性を考慮した RMBS (住宅ローン担保証券) の価格付けについて、観測データからのカリブレーションも含めて議論した。さらに、観測データから得られるリスクの期間構造を価格付けに直接反映できるモデルを提案した。

(A-5) 芝田は、コーポレートファイナンスの観点から企業の投資行動と資金調達との間の相互作用メカニズムを明らかにした。主要な成果は以下である。第 1 に、企業の投資資金の調達方法として、銀行借入または社債発行という負債選択モデルを構築した。第 2 に、企業は投資資金を借入する際、資金借入額が担保価値以下となるモデルを構築した。第 3 に、企業と債権者との間に情報の非対称性を仮定し、私的情報をもつ企業が債権者に自らの私的情報を開示する最適なシグナリング戦略を導出し、シグナリング戦略のメカニズムを明らかにした。第 4 に、企業の業績が悪化する場合、企業が資産売却により経営資金を確保するモデルを構築し、企業の最適な倒産や流動化戦略を導出した。第 5 に、企業の業績悪化により企業が流動化される場合、企業経営者が流動化価値を最大化することを考慮に入れた上で、企業の投資行動と資金調達との間の相互作用について明らかにした。従来の研究では、理論と実証との結果において流動化価値と投資行動との関係に非整合性が生じていたが、本研究では、企業経営者が流動化価値を最大化することをモデルに組み込むことにより、その非整合性は解消した。

(A-6) 鈴木は、金融機関の資本と負債に関して実務的な視点を取り入れた研究を進めた。一つは金融機関への資本注入問題で、もう一つは担保資産の不確実性と企業と債務者との負債再交渉を考慮した資産や負債価値の評価モデルの提案である。さらに、金融機関が債務を相互に保有しあうネットワーク問題においてデフォルトプットオプションの取り扱いを可能にするモデルを提案し、デフォルトプットオプションによる完全連結ネットワークではシステムリスクがより顕在化しやすい、という既存研究とは異なる結果を導いた。

(A-7) 木島と室町は、金融危機以降のデリバティブの担保差入の進展に伴う価格付け手法の変化、特に複数の異種の金利期間構造が共存するマルチカーブ環境下における金利デリバティブの価格付けモデルを再構築した。

(B-1) 木島は超低金利下における金利リスク管理モデルを開発し、住宅ローンポートフォリオの金利リスク管理に適用して、既存モデルに比べて精緻なリスク量を算出できることを示した。

(B-2) 木島と室町は、観測確率下の主成分分析モデルとリスク中立確率下の無裁定モデルを両立させる金利モデルを提案した。

(B-3) 木島と室町は、発行体である金融機関にとって大きなリスク軽減効果を持つ CoCo 債に関して、価格付けだけでなく、購入した投資家へのリスクの伝播も定量評価できる数理モデルについて検討した。この研究は現時点で未完であるが、新たな証券を導入する際には価格付けモデルだけでなく、投資家へのリスク伝播も評価するモデルも構築し、市場全体への影響を事前に評価することが望ましいことを指摘し、実践しようとした意欲的な研究である。

(B-4) 室町は、ポートフォリオのリスクを個別資産の寄与に分解する方法を提案した。また、与信集中リスクの指標としての HHI (Herfindahl-Hirschman Index) の問題点を示した。

なお室町は、資産・負債の主要クラスのリスク評価の研究成果をまとめた書籍を出版した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計41件)

1. Shibata, T. and Wong, K. P., "Investment under uncertainty with variable costly reversibility," *International Review of Economics and Finance*, 59 (C), 14-28, 2019, 査読有。
2. 水門善之, 内山朋規, "金融市場が織り込む消費税率引上げの実施確率", *証券アナリストジャーナル*, 57 (6), 2019, 査読有。
3. Nishihara, M. and Shibata, T., "Dynamic bankruptcy procedure with asymmetric information between insiders and outsiders," *Journal of Economic Dynamics and Control*, 90, 118-137, 2018, DOI: 10.1016/j.jedc.2018.02.006, 査読有。
4. Shibata, T. and Nishihara, M., "Investment timing, reversibility, and financing constraints," *Journal of Corporate Finance*, 48, 771-796, 2018, DOI: 10.1016/j.jcorpfin.2017.12.024, 査読有。
5. Funahashi, H. and Kijima, M., "A solution to the time-scale fractional puzzle in the implied volatility," *Fractal and Fractional*, 1, 1-17, 2017, DOI: 10.3390/fractalfract1010014, 査読有。
6. Funahashi, H. and Kijima, M., "A unified approach for the pricing of options relating to averages," *Review of Derivatives Research*, 20, 203-229, 2017, DOI: 10.1007/s11147-017-9128-4, 査読有。
7. Funahashi, H. and Kijima, M., "Does the Hurst index matter for option prices under fractional volatility?" *Annals of Finance*, 13, 55-74, 2017, DOI: 10.1007/s10436-016-0289-1, 査読有。
8. Funahashi, H., and Kijima, M., "An analytical approximation for VWAP options," *Quantitative Finance*, 17, 1119-1133, 2017, DOI:10.1080/14697688.2016.1260758, 査読有。
9. Nishihara, M. and Shibata, T., "Default and liquidation timing under asymmetric information," *European Journal of Operational Research*, 263, 321-336, 2017, DOI: 10.1016/j.ejor.2017.05.038, 査読有。
10. 黄文峰, 岸田則生, 室町幸雄, "プリペイメント率と金利の長期的な変動特性を考慮した RMBSの価格付け," *日本保険・年金リスク学会誌*, 8, 1-30, 2017, 査読有。
11. 菊川匡, 内山朋規, 本廣守, 西内翔, "国内債券アクティブ運用のパフォーマンスとスマートベータ戦略," *証券アナリストジャーナル*, 55(2), 69-80, 2017, 査読有。
12. Nishihara, M. and Shibata, T., "Asset sale, debt restructuring, and liquidation," *Journal of Economic Dynamics and Control*, 67, 73-92, 2016, DOI:10.1016/j.jedc.2016.03.011, 査読有。
13. Shibata, T., "Strategic entry in a triopoly market of firms with asymmetric cost structures," *European Journal of Operational Research*, 249, 728-739, 2016, DOI:10.1016/j.ejor.2015.08.063, 査読有。
14. Funahashi, H., and Kijima, M., "A chaos expansion approach for the pricing of contingent claims," *Journal of Computational Finance*, 18, 1-31, 2015, 査読有。
15. Muromachi, Y., "Improved estimation methods for VaR, Expected Shortfall and the risk contributions with high precisions," *Journal of Risk*, 17, 1-27, 2015, 査読有。
16. Shibata, T., and Nishihara, M., "Investment-based financing constraints and debt renegotiation," *Journal of Banking and Finance*, 51, 79-92, 2015, DOI:10.1016/j.jbankfin.2014.11.005, 査読有。
17. Goto, M., and Suzuki, T., "Optimal default and liquidation with tangible assets and debt renegotiation," *Review of Financial Economics*, 26, 16-27, 2015, DOI:10.1016/j.rfe.2015.07.001, 査読有。
18. Kijima, M., Suzui, Y., and Tamba, Y., "Risk evaluation of mortgage-loan portfolios under low interest rate environment," *Journal of Risk*, 16, 3-37, 2014, 査読有。
19. Kijima, M., and Muromachi, Y., "On the risk evaluation method based on the market

model,” *Nonlinear Economic Dynamics and Financial Modeling*, 253-273, 2014, DOI:10.1007/978-3-319-07470-2, 査読有 .

20. Nishihara, M., and Shibata, T., “Preemption, leverage, and financial constraints,” *Review of Financial Economics*, 23, 75-89, 2014, DOI:10.1016/j.rfe.2013.10.001, 査読有 .

〔学会発表〕(計 78 件)

1. Kijima, M., “A Solution to the Time-Scale Fractional Puzzle in the Implied Volatility,” *Advanced Methods in Mathematical Finance* (招待講演), 2018.
2. Kijima, M., “Regulatory Policy to Mitigate Potential Risks Arising from Contingent Convertibles,” *EURO2018*, 2018.
3. Shibata, T., “Financing and investment strategies under information asymmetry,” 29th European Conference on Operational Research (EURO 2018), 2018.
4. Uchiyama, T., “Return predictability and machine learning: dangers of data-mining,” International Workshop “Digital Innovation in Finance”, 2018.
5. 室町幸雄, “複数の転換トリガーを考慮した CoCo 債の価格付けとリスク低減のための規制のあり方,” 第 30 回 RAMP シンポジウム, 2018.
6. Kijima, M., “A model of price impact function,” *Quantitative Methods in Finance* (招待講演), 2017.
7. Muromachi, Y., “Margin valuation adjustments made simpler,” 2nd International Conference on Computational Finance (ICCF2017), 2017.
8. 内山朋規, “クオリティファクターの有効性とアクティブファンドのパフォーマンス,” 第 18 回 SAAJ-日本ファイナンス学会共同セミナー (招待講演), 2017.
9. Kijima, M., “On the Ross Recovery under the Hull-White model,” *STS2016 Conference* (招待講演), 2016.
10. Shibata, T., “Investment timing under financing constraints based on collateral,” *INFORMS International Conference 2016*, 2016.
11. Suzuki, T., and Yagi, K., “Debt-equity swap and strategic debt service with firms’ cross-holdings of debts,” *Quantitative Methods in Finance 2016 Conference*, 2016.
12. 内山朋規, “ファクター投資 - 背景・意義・課題・展望 -,” 第 268 回 MPT フォーラム講演会 (招待講演), 2016 .
13. Kijima, M., “An analytical approximation for VWAP options,” *AMMF2015 Workshop*, 2015.
14. Kijima, M., “Analytical pricing of barrier options under local volatility models,” *CEF2015*, 2015.
15. Shibata, T., “Investment, collateral, and financial constraints,” *Advanced Methods in Mathematical Finance Conference (AMMF2015)*, 2015.
16. Suzuki, T., “The pricing model of credit default swaps under systemic risk,” *金融工学・数理計量ファイナンスの諸問題 2015*, 2015 .
17. Kijima, M., “A unified approach for the pricing of generalized Asian options,” *Stochastic Calculus, Martingale and Financial Modeling*, 2014.
18. Kijima, M., “On the risk evaluation method based on the market model,” *Dynamic Models in Economics and Finance*, 2014.
19. Kijima, M., “Analytical pricing of barrier options and its applications,” *Quantitative Methods in Finance 2014* (招待講演), 2014.

〔図書〕(計 3 件)

1. 室町幸雄 (部分執筆), 「証券事典 (証券経済学会, 日本証券経済研究所編)」, 981 ページ (部分執筆部分は 6 ページ). *金融財政事情研究会*, 2017 .
2. Kijima, M., Muromachi, Y., and Shibata, T. (eds.), *Recent Advances in Financial Engineering 2014*, World Scientific Publishing Co., 226 ページ, 2016.
3. 室町幸雄 (編著), 「金融リスクモデリング - 理論と重要課題へのアプローチ -」, 202 ページ, 朝倉書店, 2014 .

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)
なし

取得状況 (計 0 件)
なし

〔その他〕

ホームページ等

(1)研究分担者

研究分担者氏名：内山 朋規
ローマ字氏名：(UCHIYAMA, tomonori)
所属研究機関名：首都大学東京
部局名：経営学研究科
職名：教授
研究者番号(8桁)：50772125

研究分担者氏名：芝田 隆志
ローマ字氏名：(SHIBATA, takashi)
所属研究機関名：首都大学東京
部局名：経営学研究科
職名：教授
研究者番号(8桁)：70372597

研究分担者氏名：鈴木 輝好
ローマ字氏名：(SUZUKI, teruyoshi)
所属研究機関名：北海道大学
部局名：経済学研究科
職名：教授
研究者番号(8桁)：90360891

研究分担者氏名：室町 幸雄
ローマ字氏名：(MUROMACHI, yukio)
所属研究機関名：首都大学東京
部局名：経営学研究科
職名：教授
研究者番号(8桁)：70514719

研究分担者氏名：山下 英明
ローマ字氏名：(YAMASHITA, hideaki)
所属研究機関名：首都大学東京
部局名：経営学研究科
職名：教授
研究者番号(8桁)：30200687

(2)研究協力者

研究協力者氏名：内田 善彦
ローマ字氏名：(UCHIDA, yoshihiko)

研究協力者氏名：丹波 靖博
ローマ字氏名：(TAMBA, yasuhiko)

研究協力者氏名：西出 勝正
ローマ字氏名：(NISHIDE, katsumasa)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。