

平成22年6月9日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19310095
 研究課題名（和文） 統合管理のためのリスク・モデリングとシミュレーション手法に関する研究
 研究課題名（英文） Modeling and Simulation Methods for Integrated Risk Management
 研究代表者
 藤井 真理子（FUJII MARIKO）
 東京大学・先端科学技術研究センター・教授
 研究者番号：90323550

研究成果の概要（和文）：本課題においては、金利や信用リスクの変動に関する基礎的研究やシミュレーションの計算技法に関する研究を進め、金利の期間構造とマクロ経済の関係や中小企業の信用リスクの推定、信用リスク間の相互依存関係やマクロ経済との関係などを中心に、最近までの日本のデータによる実証分析の結果とシミュレーションによる分析の結果をまとめた。計算技法については、数値解法や関数近似に関する成果を得た。これらの研究成果は論文等の形で発表した。

研究成果の概要（英文）：We obtained the following major results through this project; most of them have been published in academic journals, and some of them, in book chapters. First, we empirically investigated the relationship between the term structure of interest rates and macroeconomic variables. Second, the default risk of Japanese SMEs has been estimated, using the large-scale financial data. Third, we used a simulation technique to analyze default correlation embedded in securitization and its dependency on systematic risk. Fourth, we developed numerical solvers and function approximation methods for numerical simulation techniques.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	6,500,000	1,950,000	8,450,000
2008年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
年度			
年度			
総計	10,400,000	3,120,000	13,520,000

研究分野：ファイナンス、経済工学

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、リスク管理、最適化、シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

(1) 不確実性を「リスク」と捉え、科学的な分析の対象とするアカデミックな取り組みは、社会科学の分野では Markowitz が 1950 年代に提示したポートフォリオ選択理論における分析に始まる。こうした研究はフ

ファイナンスの分野を中心に展開されてきた。その後、価格理論の発展や派生資産取引の拡大、計算技術の高度化などを背景に確率過程をモデル化した金利や金利などの資産価格決定モデルが提案され、同時にそれらを前提としたポートフォリオの価格変動リスクを

把握する研究やこれに必要なシミュレーション手法の研究などが行われている。

(2) 一方、実務においては金融機関を中心に、派生資産取引の増大や不良債権の発生などに対処するため、適切な自己資本の確保を目的としたリスク管理の基準が国際決済銀行(BIS)の規制枠組みとして設定されてきた。2007年春以降実施されているバーゼルIIとよばれるBISの規制は、近年のファイナンス理論の発展や先進的銀行で採用されているリスク管理の仕組みを反映したものとなっている。

(3) こうしたリスク管理を支えるこれまでの研究は、基本的にリスクの種類ごとに展開してきた。すなわち、特定のリスク要素を取り上げ、その一定期間の変動に基づく損失等の推定値を基礎にリスクが管理されてきた。また、そのための計算やシミュレーション、必要なパラメータ推定の方法論等が研究されてきている。

(4) しかし、理論的にも、組織管理上も金融機関や企業などの組織が直面するすべてのリスクを一体として管理したいとのニーズは高く、統合型のリスク管理システムの構築が喫緊の課題となってきた。この背景には、そうした大規模な管理が技術的にも一定のコストの下で可能となってきたという情報処理や計算技術の著しい進展という事情もある。

(5) 本研究では、こうした背景の下でリスクの統合的管理に資する基礎研究を進めることを目指し、そのための分析枠組みの設定や計算手法の開発につながるテーマを課題とした。具体的には、大量データの特色を数理的に抽出し、モデルを適用するために次数を下げたり、あるいは、目的に応じた乱数の選択により現実が求める精度を合理的な時間内に達成したりすることにより、現実の要請に応える方法論を生み出そうとする数理工学的な課題、金融市場のさまざまなリスクの関連付けに対する実証分析などをテーマとして研究計画を立てた。

2. 研究の目的

(1) 本研究は、異なる種類のリスクに直面する経済主体が「統合型」のリスク管理を行う場合に必要となる基本的なモデリングとシミュレーションの問題に対し、その解決に資する手法を提示するとともに、複数のリスク間の関係を実証的に明らかにし、それらの依存関係を考慮したモデリングを進めるための基礎的な成果を得ることを目的とした。

(2) また、全体の定量化を異なるリスク、部門に共通の時間視野と整合的なパラメータ推定の下で行うには、どのようなアプローチによることが全体として最適な意思決定につながるリスク管理の枠組みを構成するかについても問題意識を有していた。具体的には、

①大規模なデータを対象としたシミュレーションにおける多段階アプローチの方法論の体系化：乱数選択と関数近似による精度の向上

②リスクの相互作用を考慮したモデリングを進めるため、相関、相互作用を取り込んだモデルの開発、特に信用リスクや金利リスクを例とした具体的なモデルの提案や基礎的実証分析の提示

③Support Vector Machineの適用による企業価値(倒産確率)推定のための産業分類手法の開発などリスク・モデリングのためのツールの構築などを課題とし、リスク・モデリングとシミュレーション手法に関する実証的な研究を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 金融機関における代表的なリスク類型である市場リスク、特に金利リスクと信用リスクを対象として研究を進めた。主たる研究の方法は、文献調査、データの解析、モデルの実装、これを進めるためのプログラミングなどである。

(2) 初年度においては、実証分析に必要なデータベースの構築を進めた。大規模データの処理を的確に進めるとの課題とも関連する中小企業財務データについては、日本最大のデータベースの利用許諾を申請し、数十万件を超える財務データを整備して、基礎的統計量に基づくデータ特性の把握等を行った。併行して、上場企業の財務データや格付けデータについても時系列分析が可能となるよう、データベースを作成した。

金利関係については、これまでのデータの更新およびゼロイールド推定のプログラムを作成し、日次系列による20年以上のサンプルを240カ月までの満期について整備する作業を行った。合わせてマクロ経済変数等についても整理した。

(3) 年度ごとの研究計画に沿って具体化、細分化したテーマを設定し、金利リスクに影響する要因の把握や信用リスクとマクロ経済の関係、信用リスク間の依存関係などの実証分析を行い、論文にまとめていった。同時に、2008年秋より世界的な金融危機が発生し、リスク管理に対しても多くの疑問が提起されるようになった。このため、当初の目的を踏まえつつ、よりの確に課題を遂行するためのテ

一マ設定についても検討した。

(4) 金融分野における実証分析の結果については、現実の問題との対応関係を維持するため、研究の節目で民間のリスク管理関係者らと意見交換を行い、有益なコメントを得た。

(5) 大規模なデータを対象としたシミュレーション技術の開発(分布関数近似シミュレーション・アルゴリズムの開発、乱数選択の問題、大規模行列用アルゴリズムの開発)については、アルゴリズムの選択に大きな幅があるが、わが国で研究が盛んなもの、特に、DE-Sinc関数近似法、Haselgrove法(准モンテカルロ法的一种)、dqds法(特異値計算法の一种)、クリロフ部分空間反復法(大規模連立一次方程式の数値解法の一族)に的を絞って研究を進めた。

4. 研究成果

(1) 市場リスクの解析に関しては、第1に金利の期間構造を決める要素がどのようなマクロ経済の動きから決まってくるかについて、日本に関する実証分析を行い、論文を発表した。さらに、金利からマクロ経済が予測できるかについて分析を進め、学会発表した。ここでは、金利の期間構造を3ファクターで把握するモデルを展開し、個々のファクターとマクロ経済の具体的な変数との共変関係を抽出した。

(2) 信用リスクについては、

①方法論の面では、SVM(support vector machine)が財務データによる格付け判別などの経済問題に適用できるかどうかの実証分析を進めた。その結果、上場企業の格付けについて、財務データによる一定精度の判別評価が可能であることが示唆された。

②シミュレーションによる依存関係の分析では、2007~08年金融危機において大きな問題となった証券化商品に対して、信用リスク間の依存をコンピュータを用いてモデル化する手法により、実物面での資産価格下落がもたらす相関の高まりを通じた資産担保証券市場崩壊のメカニズムを明らかにした。この結果については、「証券化と金融危機-ABS CDOのリスク特性とその評価」と題する論文として公刊するとともに、要旨を日刊紙に掲載するなどを通じて広く発表した。

③大規模データの的確な処理という面では、日本最大の中小企業財務データベース(CRD)を利用してデフォルトリスクの分析を行った。ここでは、2000年代前半を対象として多期間ロジットモデルを用いることにより、情報のより効率的な活用によるリスク推計を実証した。これによりデフォルト予測に有用な説明変数を産業別に明らかにするとともに、マク

ロ経済を介した倒産リスク間の相関はあまり大きくないと結果を得た。また、倒産確率の期間構造についても推定を行い、ダイナミックなリスク管理に資する検証結果を示した。

(3) 市場リスクに関する分析はいずれもマクロ経済変数を共通の変数として用いているが、信用リスクについては予想したほどのマクロ経済の影響が捉えられない産業が多く、このため、当初想定した金利と信用リスクの関係については、デフレーションが続いているという日本経済の状況もあり、有効な検証には至らなかった。

(4) シミュレーションのための要素技術の開発については、シミュレーションにおける乱数選択の研究、高速特異値計算法、大規模スパース線形方程式系の数値解法の開発を行い、後者2つについては国際会議で発表を行った。また、関数近似に関して、わが国で開発されたDE-Sinc関数近似による近似公式についての研究を行った。

(5) 本研究を本格化した2007年秋以降、世界的な金融危機が生じた。その過程でリスク管理手法に対する問題点に加え、なぜこのような危機が生じたのかを明らかにする研究に取り組むことも不可欠となった。特に、金融危機による市場の混乱との関係で流動性リスクが大きな問題となったため、欧米市場におけるデータ等に基づき事例分析を進めた。具体的にはイギリスを対象に金融危機の背景、展開、政策を調査・分析し、論考をまとめた。

(6) 全体として、金利リスクや信用リスク、それらとマクロ経済との関係、信用リスク間の相互依存関係などを中心に、リスクの性質や依存関係に関する実証的な分析、シミュレーションによるメカニズムの検証および要素技術である乱数選択や数値解法などにおいて一定の成果が得られた。また、大規模なデータに対する取り組みに関しても具体的な結果を得た。

他方、統合的な分析については金融危機の発生に伴う研究の見直しの必要などもあり、一部は今後の課題となった。特に、当初の研究においてあまり想定していなかった流動性の問題が市場の機能に大きく影響を与えている現実直面し、今後、さらに基礎的な研究が必要であることが明らかとなった。

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 8 件)

- ① 藤井真理子、竹本遼太、中小企業のデフォルトリスクとその期間構造：大規模財務データによる実証分析、FSA リサーチ・レビュー、査読有、Vol. 6、2010、pp. 242-268
- ② K. Aishima, T. Matsuo, K. Murota, M. Sugihara, A survey on convergence theorems of the dqds algorithm for computing singular values, Journal of Math-for-Industry、査読有、Vol. 2、2010、pp. 1-11
- ③ T. Sogabe, M. Sugihara, S.-L. Zhang, An extension of the conjugate residual method to nonsymmetric linear systems、査読有、226、2009、pp. 103-113
- ④ 藤井真理子、竹本遼太、証券化と金融危機—ABS CDO のリスク特性とその評価、FSA リサーチ・レビュー、査読有、第 5 号、2009、pp. 215-245
- ⑤ K. Aishima, T. Matsuo, K. Murota, and M. Sugihara, On Convergence of the dqds Algorithm for Singular Value Computation, SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications、査読有、Vol. 30、2008、pp. 522-537
- ⑥ 相島 健助、松尾 宇泰、室田 一雄、杉原 正顕、特異値計算アルゴリズム dqds 法の理論保証付き超 2 次収束シフト戦略、日本応用数学会論文誌、査読有、Vol. 18、2008、pp. 285-302
- ⑦ 藤井真理子、高岡慎、金利の期間構造とマクロ経済：Nelson-Siegel モデルを用いた実証分析、FSA リサーチ・レビュー 2007、査読有、第 4 号、2008、pp. 219-248
- ⑧ H. Hirai, K. Murota, and M. Rikitoku, Electric network classifiers for semi-supervised learning on graphs, Journal of Operations Research Society of Japan、査読有、Vol. 50, No. 3、2007、pp. 218-231

[学会発表] (計 3 件)

- ① M. Sugihara, M. Tanio, GIDR(s, 1): IDR (s) with Higher-Degree Stabilization Polynomials, SIAM Conference on Applied Linear Algebra、2009 年 10 月 28 日、Monterey, California (USA)
- ② K. Aishima, T. Matsuo, K. Murota and M. Sugihara, A shift strategy for superquadratic convergence in the dqds algorithm for singular values, 14th International Congress on Computational and Applied Mathematics (ICCAM 2009)、2009 年 9 月 29 日、Antalya (Turkey)

- ③ 室田一雄、離散凸解析の概要、京都大学数理解析研究所研究集会「非加法性の数理解析と情報：凸解析との接点」、2009 年 8 月 6 日、京都大学 (京都府)

[図書] (計 3 件)

- ① 藤井真理子、金融財政事情研究会、第 3 章「イギリスにおける金融危機の展開と教訓」(『収斂する金融破綻処理』(予定)所収)、2010 年、総ページ数未定
- ② 杉原正顕、室田一雄、岩波書店、『線形計算の数理解析』、2009 年、377 ページ
- ③ 室田一雄、共立出版、『離散凸解析の考えかた---最適化における離散と連続の数理解析』、2007 年、252 ページ

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤井 真理子 (FUJII MARIKO)
東京大学・先端科学技術研究センター・教授
研究者番号：90323550

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

杉原 正顕 (SUGIHARA MASA AKI)
東京大学・情報理工学系研究科・教授
研究者番号：80154483

(H19：研究分担者)

室田 一雄 (MURATA KAZUO)
東京大学・情報理工学系研究科・教授
研究者番号：50134466

(H19：研究分担者)

高岡 慎 (TAKAOKA MAKOTO)
琉球大学・法文学部・講師
研究者番号：60376663

(H19：研究分担者)