

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24510194

研究課題名(和文) 金融リスク計測における統計学的モデルとストレステストの融合に関する研究

研究課題名(英文) Research on uniting the statistical financial risk evaluation models and stress tests

研究代表者

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：70514719

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：Hull and White(2006)のimplied copula modelとKijima and Muromachi (2000)の時価評価型リスク計測フレームワークを理論的に結合した、新たなリスク計測モデルを構築し、その成果を論文にまとめて学会等で発表した。モデルは予想通りの機能を持ち、価格に織り込まれた巨大損失の発生確率を反映したリスク量を算出した。モデルの結果によると、発生する巨大損失の大半は証券化商品の市場価格の大幅下落に起因し、デフォルトの発生による損失はそれほど大きくなかったが、これは金融危機時の実際の状況と整合的であった。また、関連研究でも多くの成果が得られた。

研究成果の概要(英文)：Connecting the implied copula model proposed by Hull and White(2006) and the framework for market-value based risk evaluation models theoretically, we proposed a new risk evaluation model including huge loss events with small probabilities implied from market prices. As is expected, the calculated risk measures reflected the huge losses with small probabilities, and the most of the huge losses are derived from drastic falls of the CDO prices, not from the actual default losses. Such a tendency is seen in the actual losses at the last financial crisis period.

研究分野：金融リスク管理

キーワード：金融リスク管理 ファイナンス リスク計測 統計学的モデル ストレステスト

1. 研究開始当初の背景

米国のサブプライムローン問題に端を発する世界金融危機以降、金融機関のリスク管理に関してさまざまな議論が展開されてきた。それまで世界中の金融機関が使ってきた既存の金融リスク計測モデルは、この金融危機を予見できなかったことから厳しい批判に晒され、中には、小難しいモデルなど役に立たないので今後は不要であるという意見もあった。しかし、この意見は既存モデルで予見できなかった理由について何ら検討しておらず、少々短絡的である。既存モデルが金融危機を予見できなかった本質的な原因は、過去データの分析に基づく統計学的モデルであったからである。金融危機の引き金となった証券化商品市場は比較的新しい、近年急速に拡大した市場で、これまで暴落した経験がなかった。そのため、いくら過去データを詳しく分析しても、未経験の暴落を予見できるとは考えられない。

Frank Knight は不確実性を 1) 確率的事象である予測可能なもの(リスク)、2) 確率的事象でない予測不可能なもの(ナイトの不確実性)に分類したが、データの上から言えば今回の金融危機は2)に属し、理論的・経験的な確率の議論の外にあると解釈できる。しかし、それを理由にリスク評価から除外して済むわけではない。2)に属するいわゆる想定外の事象は、観測期間が長くなるほど増加する一方、経験の蓄積や理論・技術の進展により1)へと移行する。我々は「ナイトの不確実性」に属する事象を「リスク」として扱うための理論・技術を開発し、より多くの不確実性を金融リスク管理に反映させるための努力を進めるべきである。

2. 研究の目的

これまでの金融リスク管理におけるナイトの不確実性への対応策はストレステストの実施であった。銀行などの金融機関は自社のポートフォリオ価値に多大な影響を及ぼすさまざまな将来シナリオ(ストレスシナリオ)を独自に設定し、その発生時に被る損失額を見積もる作業をほぼ毎月繰り返しているが、その結果はリスク管理に生かされているとは言い難い。その理由は、ストレスシナリオから得られる損失額が膨大過ぎる点と、何よりも、ストレスシナリオには発生確率の情報が付与されていないため、得られた損失額の重要性を客観的に認識しがたい点にある。金融危機発生以後、業界ではストレステスト、特に forward-looking なシナリオによるテストの重要性が指摘されるようになったが、前述の問題は解決し難く、未だに有効な提案は出されていない。このまま既存の統計学的モデルとストレステストを別々に実施する状態を続けていくはリスク計測への信頼は回復できず、算出したリスク量に基づくリスク管理や資本配賦というフレームワークも説得力が薄れ、さらには金融機関への信頼感にも悪影響を及

ぼすことになりかねない。

ところで、デリバティブの価格付け理論によると、金融商品の価格は市場参加者が感じる将来の不確実性を反映して決まるので、価格から不確実性に関する情報を読み出すことができる。例えば、証券化商品の一つである CDO(債務担保証券)市場では、サブプライムローン問題顕在化より遥か以前から、市場が壊滅するほど巨額の損失発生の可能性を考えなければ取引価格を合理的に説明できないことが指摘されていた。つまり、取引価格の暴落を経験したことがない市場であるにもかかわらず、価格情報には暴落に関する情報が織り込まれていたことになる。このことは程度の差こそあれ他の市場でも同様なので、さまざまな価格情報から具体的なストレス事象とその発生確率を読み出すことができれば、それらを市場価格が示唆するストレスシナリオ(market-implied stress scenario)として使えるだけでなく、理論的に適切な方法で既存の統計学的モデルと結合させることにより、経験したことがないようなストレス的な事象の発生を考慮した金融リスク計測を行うことができると考えられる。

参考文献

- Hull, J., and White, A., "Valuing credit derivatives using an implied copula approach," *Journal of Derivatives*, 14(2), (2006).
- Kijima, M., and Muromachi, Y., "Evaluation of credit risk of a portfolio with stochastic interest rate and default processes," *Journal of Risk*, 3(1), (2000).

3. 研究の方法

Hull and White(2006)が提案した implied copula model は、CDS(クレジットデフォルトスワップ)を参照資産とするシンセティック CDO(合成債務担保証券)の価格付けのために提案されたモデルである。彼らはこのモデルを用いて投資家が想定する CDS のデフォルト確率の分布をノンパラメトリックに推定し、デフォルト確率が極端に高くなる確率がわずかに存在すると考えれば、同じ参照資産をもつ複数の CDO トランシェの価格を整合的に説明できることを示した。

この手法を応用すれば、市場価格からデフォルト確率の分布の情報、ひいては市場参加者が想定しているストレスシナリオに関する情報を抽出できる。ただし、市場価格から得られる情報はリスク中立確率など価格付けのための確率測度下のもので、現実の確率測度下の情報ではない。そのため、リスク計測モデルに組み込むには測度変換を考慮した補正が必要になるが、そこには Kijima and Muromachi (2000) が提案した時価評価型リスク計測モデル構築のためのフレームワークを適用できる。

本研究では、上述のアイデアを用いて新

たなりリスク計測モデルを構築する。当初は単純で実務で使いやすい一期間モデルとして定式化するが、後に多期間化や連続時間化を行い、広く一般化されたなりリスク計測モデルとして提案することを目指す。

4. 研究成果

まず、Hull and White(2006)の implied copula model と Kijima and Muromachi (2000)の時価評価型なりリスク計測のフレームワークを結合した、たなりリスク計測モデルを構築し、論文にまとめ、幾つかの学会で発表することができた。モデルは予想通りの機能を持ち、価格に織り込まれた巨大損失の発生確率を反映したなりリスク量を弾き出した。また、モデルの結果は金融危機時に観察された実際の損失とも整合的な特徴を示した。具体的には、モデルによると、巨大損失の大半は証券化商品の市場価格の暴落が原因で、実際のデフォルト発生による損失はあまり大きくなかったが、このことは金融危機時の証券化市場で実際に観察されたことである。このような特徴は、現実の確率測度と価格付けの確率測度を明確に分離して取り扱ったことにより生じたものである。

国際会議で行った本モデルの発表はさまざまな研究者から関心を持たれたので、本研究には十分な魅力があると思われるが、残念ながら研究期間中に査読付き雑誌に学術論文として掲載されるには至らなかった。その主な原因は、研究代表者の遅筆と論文執筆における表現力の欠如であると考えられる。実際に、論文中の表現が理解しにくいことを理由に採択されなかった雑誌もあり、その査読レポートには明らかな誤読に基づく否定的なコメントが含まれていた。専門家に誤読されてしまうのは筆者の表現能力の欠如が原因である。現在は、再投稿に向けて一期間モデルの原稿を改訂中である。連続時間モデルに関しては初稿を執筆中である。

一方、本研究課題のテーマそのものではないが、関連する研究はよく進んだ。

本研究課題の一方の核となる implied copula は、デフォルトを条件付独立として扱うモデリング手法に分類される。そこで、取引相手の信用リスクを条件付独立として扱うモデルにおいて、取引相手と自社の信用リスクの相関関係だけでなく、デフォルト確率と損失額の相関関係 (Right/Wrong-Way Risk と呼ばれる) の影響についても検討し、その成果をエネルギーデリバティブの価格付けモデルとして論文にまとめたところ、査読付きの学術雑誌に掲載された()。

さらに、CDOと並んで巨大な市場を持つRMBS (住宅ローン債権担保証券)の価格付けモデルも提案した。RMBSのリスク評価では期限前償還の影響が重要なので、特に期限前償還率が金利に依存して確率的に変動することの価格への影響に着目した。具体的に使用したのは Quadratic Gaussian++モデルという将来の

金利が負にならず、しかも現在の金利期間構造を再現できる確率金利モデルであり、期限前償還率は金利の一次関数で、償還率の金利依存度は時刻とともに確定的に変化しようとした。この設定のもとでRMBS価格の解析解を導出し、価格の金利依存特性(ネガティブコンベキシティ)について議論した。この論文は査読付きの学術雑誌に掲載された()。さらに、期限前償還率が負にならないモデルについても検討したところ、価格がこれまでのモデルに比べて現実に近い金利依存性を示すことがわかったので、論文にまとめ()、査読付き学術雑誌に投稿中である。

また、観測確率のもとでは主成分分析型で、リスク中立確率のもとではマーケットモデルに従うという実務で扱いやすいリスク管理向け金利モデルについて理論的に検討し、ある条件下では存在することを示した。これも査読付論文として掲載された()。

さらに、ポートフォリオ全体のリスクを個々の資産あるいは部分ポートフォリオからの寄与に分解する方法を提案し、その高精度推定手法を示した論文が査読付学術雑誌に掲載されることになった()。この成果は、ポートフォリオのなりリスク計測後に行う実務的分析において有益である。

学会やコンファレンスでの発表は10回におよび、また、他の第一線の研究者や国内の実務家と共同で金融リスク管理に関するテキストを執筆し、2014年に刊行した(図書)。

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6件)

Muromachi, Y., Improved estimation methods for value-at-risk, expected shortfall and risk contributions with high precision, Journal of Risk, 査読有, 2015, 印刷中。

Kijima, M., and Muromachi, Y., On the risk evaluation method based on the market model, in Nonlinear Economic Dynamics and Financial Modelling, 査読有, 2014, pp.253-273.

黄文峰, 岸田則生, 室町幸雄, 超長期の金利と期限前償還率の変動特性を考慮したRMBSの価格付け, 日本保険・年期なりリスク学会第12回研究発表大会予稿集, 査読無, 2014, pp.1-15.

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, 査読有, 2013, 56, pp.53-75.

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, 査読有, 2013, 23(4), pp.563-584.

Muromachi, Y., Risk evaluation of a portfolio including forward-looking stress events with probabilities, 首都大学東京経営学専攻 Research Paper Series, 査読無, 2013, 119, pp.1-41.

〔学会発表〕(計 10 件)

Muromachi, Y., Pricing interest-rate sensitive securities by quadratic Gaussian model, Winter Workshop on Operational Research, Finance and Mathematics 2015, February 17, 2015, Yubari Mt. Racey, Yubari, Hokkaido.

室町幸雄, 超長期の金利と期限前償還率の変動特性を考慮した RMBS の価格付け, 日本保険・年金リスク学会第 12 回研究発表大会, 2014 年 11 月 1 日, 東京大学(駒場), 東京.

Muromachi, Y., A new portfolio risk evaluation model including huge loss events derived from market prices: continuous-time version, 20th Conference of the International Federation of Operational Research Societies, July 14, 2014, Barcelona, Spain.

Muromachi, Y., On the risk evaluation method based on the market model, Fourth IMS-FPS workshop 2014, July 5, 2014, Sydney, Australia.

Muromachi, Y., Analytical RMBS pricing formulas consistent with observed term structures of interest rates and prepayment rates, 8th World Congress Bachelier Finance Society, June 5, 2014, Brussels, Belgium.

Muromachi, Y., Pricing Residential Mortgage-Backed Securities with term structures and interest-rate sensitivities of prepayment rates, Quantitative Methods in Finance Conference, December 19, 2013, Sydney, Australia.

Muromachi, Y., Pricing commodity derivatives with counterparty credit risk, Winter Workshop on Finance 2013, February 19, 2013, Hokkaido University, Sapporo, Hokkaido.

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, 日本保険・年金リスク学会第 10 回研究発表大会, 2012 年 11 月 10 日, 東京大学(駒場), 東京.

Muromachi, Y., Statistical risk evaluation of a portfolio including forward-looking stress events, Workshop Copulae in Mathematical and Quantitative Finance, July 10, 2012, Krakow, Poland.

Muromachi, Y., Risk evaluation of a portfolio including forward-looking stress events with probabilities, 7th

World Congress Bachelier Finance Society, June 21, 2012, Sydney, Australia.

〔図書〕(計 1 件)

室町幸雄編著, 朝倉書店, 金融リスクモデリング - 理論と重要課題へのアプローチ -, 2014, 総 198 ページ(分担執筆 1-45 ページ)

〔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:
出願年月日:
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

室町 幸雄 (MUROMACHI, YUKIO)

首都大学東京・社会科学部研究科・教授

研究者番号: 70514719

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: