

氏 名 吉羽 要直

学位（専攻分野） 博士（統計科学）

学位記番号 総研大乙第 210 号

学位授与の日付 平成 23 年 3 月 24 日

学位授与の要件 学位規則第 6 条第 2 項該当

学位論文題目 金融リスクにおける確率分布の裾および変量間の依存関係
の影響と定量化

論文審査委員 主 査 教授 栗木 哲
准教授 山下 智志
准教授 川崎 能典
准教授 佐藤 整尚
准教授 西山 陽一
教授 室町 幸雄 首都大学東京

論文内容の要旨

本論文では、金融リスクの把握に際して、特に資産価格変動間の相関や依存構造に焦点を当てた定量化手法を与えて分析を行う。本論文で扱う金融リスクは、資産価格変動に伴う市場リスクや貸出先の信用力の変化や担保価値の変動に伴う信用リスクである。まず、そうしたリスクを捉えるリスク指標はどのような性質を持つべきかをまとめ、金融実務で使われているリスク指標はそれらを満たしているかという観点で比較分析を行う。そのうえで、リスクをもたらすファクターの周辺分布だけでなく、リスクファクター間の相関、裾での相互依存関係や状況の変化に応じた貸し手の行動がリスク指標や価値に及ぼす影響を定量化していく。

まず、金融実務でのリスク管理指標として標準的になってきたバリュー・アット・リスク (VaR) とそれに代わる指標として提唱されている期待ショートフォールなどを導入したうえで、リスク指標に望まれる観点として、(1)テイルリスクの排除、(2)期待効用最大化原理との整合性、(3)劣加法性 (凸性)、(4)推計値の安定性、の4つを挙げ、これらの観点で VaR と期待ショートフォールの比較分析を行う。さらに、リスク指標のテイルリスクに焦点を当て、市場がストレス状態になることを多変量極値理論で表現し、リスクファクターの周辺分布の裾の重さとともにリスクファクターとなる資産価格変動の相互依存関係を表すコピュラなどが VaR や期待ショートフォールのテイルリスクに及ぼす影響を考察する。

次に、リスクファクターの相互依存関係を表すコピュラについて、その推定方法や特定化したコピュラに従う乱数の発生方法など実務でコピュラを用いた分析を行う際に必要な統計的な理論・技術をまとめる。そのうえで具体例として株価変動のコピュラを推定し、VaR や期待ショートフォールを算出して市場リスクを捉える。また、信用ポートフォリオに含まれる複数の企業の資産価値変動にさまざまなコピュラを想定したシミュレーションを行い、各企業については負債額等で定められる一定の閾値を下回ったときに当該企業がデフォルトするとしてモデル化して、信用リスクを捉える。特に、2000年以降 2007~2008年の金融危機に至るまで信用ポートフォリオのデリバティブである CDO (collateralized debt obligation) のプライシングの標準的な手法となっていたコピュラ・アプローチについて、さまざまなコピュラを想定して比較分析することで裾での依存関係が CDO のプライシングやリスクに大きな影響を及ぼすことを示す。

上記の CDO のプライシングは、さまざまなコピュラを選択を除くと、対象企業のデフォルト確率だけに注目したものであり、デフォルトは資産価値がある閾値を下回ったときに生じると考える典型的な構造型の信用リスクモデルに基づくものである。しかし、信用リスクの把握においては、単に対象企業のデフォルト確率に注目するだけでは不十分であり、追加融資を行うことなどにより当該企業への貸出額が増大する可能性があることも考慮する必要がある。そこで、貸し手が期待損失を最小化するように合理的に追加融資を行うモデル化を行い、デフォルト確率や当該企業がデフォルトした際の回収率の変化を構造的に把握して、期待損失や VaR の個別融資寄与分に相当するストレス時期

待損失を解析的に定量化する。

また、典型的な構造型の信用リスクモデルでは、満期までの期間中に生じるデフォルトを捉えにくいことから、デフォルト確率や回収率は満期までの期間の景気等の状況に応じて連続的に変化することを直接的にモデル化したうえで、回収率との連続的な相関も考慮したモデル化を行う。デフォルト確率の連続的な変化を捉える信用リスクモデルはデフォルト強度型モデルと呼ばれ、構造型モデルと並んで代表的な信用リスクモデルであるが、回収率を固定とすることが多い。しかしながら、実際には景気後退期にデフォルト確率が上昇するとともに回収率が低下するという負の相関が観察されるという実証分析がある。そこで、担保付貸出を対象に、連続的に変化する非負のデフォルト強度過程とその強度と連続的に相関を持つ担保価値過程を想定し、担保付貸出の貸出価値を期待損失の形で解析的に評価するほか、損失の変動に関して標準偏差を含め、2次モーメントやより高次モーメントも解析的に評価する。

こうした分析を通じて、資産価格変動や信用の変動などさまざまなファクター間の相関や依存構造を捉え、それらが金融リスクに与える影響を定量的に把握する手法を与え、実証分析や数値分析を行った。実証分析や数値例により、テイルリスクに関しては標準的な VaR よりも期待ショートフォールの方がリスク指標として頑健であり、ファクターの同時分布がリスクに与える影響については、各ファクターの周辺分布の裾の重さだけでなく、ファクター間の依存構造を表すコピュラがプライシングやリスク指標に及ぼす影響を無視できないことが示された。特に、下側裾依存性の強いコピュラが金融リスクに及ぼす影響は大きく、CDO のプライシングに際しては同じ順位相関を持つコピュラでも下側裾依存性の強いコピュラでは優先順位の高いトランシェについて期待損失が保守的に見積もられることとなり、該当する格付けも異なってくることを示された。貸出額の変化や回収率とデフォルト強度の相関を考慮した信用リスクのモデルでは、数値例により、デフォルト事象の相関のみならず、貸出額の変化や回収率とデフォルト強度の相関も信用リスクに大きな影響を及ぼすことが示された。貸出額の変化については期待損失を抑えるように追加融資することができても VaR については増加してしまうことが定量的に示された。回収率とデフォルト強度の相関については、デフォルト強度の中心回帰の速度が遅い場合には負の相関の強さが期待損失の増加幅に与える影響が大きいことなどが定量的に示された。

金融リスクを統計学的にきちんと把握し、必要な資本の算出や各ビジネスへの割当てにつなげていくことは、金融機関経営の本質であり、その精緻化が望まれる。本論文で考察した定量化手法とそれらを用いた実証分析・数値分析はその精緻化の一助になるものと思われる。

博士論文の審査結果の要旨

吉羽要直氏の博士論文審査を1月26日の午前10時から約2時間にわたって、本人と6名の委員全員の出席のもとに行い、論文発表会および審査のための会議を行った。その結果以下の理由により、博士論文審査委員会は、申請者の学位請求論文が博士（統計科学）の学位を授与するに十分であると全員一致で判定した。

本論文の概要は次のようなものである。序章および4つの章の構成で164ページからなり、日本語で書かれている。論文の主題は、金融リスクの把握に際して資産価格変動間の相関や依存構造に焦点を当て定量的分析を行うというものである。最初にリスクを捉えるリスク指標はどのような性質を持つべきかをまとめ、金融実務で使われているリスク指標はそれらを満たしているかという観点で比較分析を行っている。そのうえで、リスクをもたらすファクターの周辺分布だけでなく、リスクファクター間の相関、裾での相互依存関係や状況の変化に応じた貸し手の行動がリスク指標や価値に及ぼす影響を定量化している。

第1章では、バリュー・アット・リスク (VaR) とそれに代わる指標として提唱されている期待ショートフォールなどを紹介したうえで、両者がリスク指標として持つべき性質を満たしているか比較分析を行っている。市場がストレス状態になることを多変量極値理論で表現し、リスクファクターの周辺分布の裾の重さとともにリスクファクターとなる資産価格変動の相互依存関係を表すコピュラの選択などが VaR や期待ショートフォールのテイルリスクに及ぼす影響を定量的に考察している。

第2章では、コピュラについて、シミュレーション分析に必要な乱数発生方法について実用的な手順を示している。具体的な分析例として株価変動のコピュラを推定し、VaR や期待ショートフォールを算出して市場リスクを捉えている。特に、2000年以降2007～2008年の金融危機に至るまで信用ポートフォリオのデリバティブである CDO (collateralized debt obligation) のプライシングの標準的な手法となったコピュラ・アプローチについて、さまざまなコピュラを想定して比較分析することで裾での依存関係がリスクに大きな影響を及ぼすことを示している。

第3章では、銀行が期待損失を軽減する目的で企業に追加融資した場合に、企業のデフォルト確率や当該企業がデフォルトした場合の回収率を捉え、一定の期間での期待損失と VaR を解析的に評価している。

第4章では、担保付貸出を対象に、連続的に変化する非負のデフォルト強度過程とその強度と連続的に相関を持つ担保価値過程を想定し、担保付貸出の貸出価値を期待損失の形で解析的に評価したほか、損失の変動に関して標準偏差と高次モーメントも解析的に評価している。

本論文は次のような観点でとくに高く評価される。まず、ファクターの同時分布がリスクに与える影響については、各ファクターの周辺分布の裾の重さだけでなく、ファクター間の依存構造を表すコピュラがプライシングやリスク指標に及ぼす影響を無視できないことを示している。また、追加融資や担保といった現実の問題に対する解決策を提示している。金融リスクを統計学的にきちんと把握し、資本の割り当てなどにつなげ

ていくことは、金融機関経営の本来あるべき姿、本質であり、その精緻化が望まれる課題であった。本論文で考察した定量化手法とそれらを用いた実証分析・数値分析はその精緻化の一助になるものと思われる。

なお論文誌への投稿状況は次のとおりである。第1章は Journal of the Operations Research Society of Japan および Monetary and Economic Studies, Journal of Banking & Finance にて公表された別の論文をまとめたものである。Journal of Banking & Finance はファイナンス系の主要誌のひとつで、当該論文は引用件数も多い。第2章および第3章は「金融研究」にて公開された複数の論文をまとめたものである。第4章は統計数理に採択された論文と Journal of Credit Risk に投稿中の論文を合わせたものである。