

IMES DISCUSSION PAPER SERIES

**FEワークショップの模様
リスク計量に関する新たな取り組み**

Discussion Paper No. 2000-J-2

IMES

**INSTITUTE FOR MONETARY AND ECONOMIC STUDIES
BANK OF JAPAN**

日本銀行金融研究所

〒103-8660 日本橋郵便局私書箱 30 号

備考： 日本銀行金融研究所ディスカッション・ペーパー・シリーズは、金融研究所スタッフおよび外部研究者による研究成果をとりまとめたもので、学界、研究機関等、関連する方々から幅広くコメントを頂戴することを意図している。ただし、論文の内容や意見は、日本銀行あるいは金融研究所の公式見解を示すものではない。

FEワークショップの様相 リスク計量に関する新たな取り組み

要 旨

日本銀行金融研究所は、本年1月14日から2月4日まで4回にわたって、「リスク計量に関する新たな取り組み」をテーマとする研究ワークショップを開催した。4回のワークショップでは、各々流動性リスクを考慮したVaR（バリュー・アット・リスク）計測、モデル・リスクとそれへの対応、信用リスク計量の簡便アプローチ、Extreme Value Theory（極値理論）を利用したリスク計量、に関する各論文が報告され、参加者でその報告の内容を中心に自由討議が行われた。

本稿では、各報告の要旨、参加者による自由討議の概要を紹介する。

キーワード：バリュー・アット・リスク（VaR）、流動性リスク、モデル・リスク、信用リスク、極値理論（Extreme Value Theory）

JEL classification: G20

(目次)

- 1 . はじめに _____ p. 1
- 2 . 流動性リスクを考慮した VaR 計測 _____ p. 3
- 3 . モデル・リスクとそれへの対応 _____ p.10
- 4 . 信用リスク計量の簡便アプローチ _____ p.16
- 5 . Extreme Value Theory を利用したリスク計量 _____ p.20

1. はじめに

日本銀行金融研究所は、本年1月14日から2月4日まで4回にわたって、「リスク計量に関する新たな取り組み」をテーマとする研究ワークショップを開催した。

現在、金融機関のリスク管理実務においては、近年のアジア危機やロシア危機の経験などもあり、トレーディング・ポジションの流動性リスクのほか、モデルを用いることに伴うリスク（モデル・リスク）といったこれまで相対的に注目度の低かったリスクが脚光を新たに浴びている。また、従来の市場リスクや信用リスクについても、リスク量の計測手法・技術や計測結果の金融機関実務への活用といった面で新たな進化が継続しているところである。

本ワークショップは、こうしたリスク計量に関する新たな取り組みについて、実務家と学者が活発に意見交換を行うことを目的として開催された。今回のワークショップでは、特に報告論文を踏まえて幅広い視点からの議論が十分に展開されることを狙い、毎回一つのテーマに限定し、報告・議論を行うとの形式とした。また、実務界、学界からの参加者については、テーマ毎に当該分野の専門家に参加して頂くというスタイルを採用した。

各回では、各々 流動性リスクを考慮した VaR（バリュー・アット・リスク）計測、 モデル・リスクとそれへの対応、 信用リスク計量の簡便アプローチ、 Extreme Value Theory（極値理論）を利用したリスク計量、に関する各論文が報告され、参加者間で報告内容を中心に自由討議が行われた（ワークショップの各回の参加者は別添参照）。全体のプログラムは以下のとおりである。

第1回「流動性リスクを考慮した VaR 計測」(平成12年1月14日)

- ・報告論文「流動性リスク評価方法の実用化に向けた研究」

| | | |
|-----|------------|-------|
| 司会 | 日本銀行 金融研究所 | 小田 信之 |
| 報告者 | 日本銀行 金融研究所 | 久田 祥史 |
| | 日本銀行 金融研究所 | 山井 康浩 |

第2回「モデル・リスクとそれへの対応」(平成12年1月21日)

- ・報告論文「モデル・リスクについて」

| | | |
|-----|-------------------------|--------|
| 司会 | 慶應義塾大学 総合政策学部 | 森平 爽一郎 |
| 報告者 | 日本銀行 金融研究所 ¹ | 加藤 敏康 |
| | 日本銀行 金融研究所 | 吉羽 要直 |

第3回「信用リスク計量の簡便アプローチ」(平成12年1月28日)

- ・報告論文「与信ポートフォリオにおける信用リスクの簡便な算出方法」

| | | |
|-----|------------|-------|
| 司会 | 日本銀行 金融研究所 | 山井 康浩 |
| 報告者 | 日本銀行 金融研究所 | 家田 明 |
| | 日本銀行 金融研究所 | 丸茂 幸平 |
| | 日本銀行 金融研究所 | 吉羽 要直 |

第4回「Extreme Value Theory を利用したリスク計量」

(平成12年2月4日)

- ・報告論文「市場リスクの予測について EVT と GARCH モデルを用いたバリュー・アット・リスク算定の比較分析」

| | | |
|-----|----------------|-------|
| 司会 | 日本銀行 金融研究所 | 家田 明 |
| 報告者 | 東京海上火災保険 財務企画部 | 森本 祐司 |

¹ 現・東京三菱銀行 市場リスク管理部

第1回では、久田および山井（敬称略、以下同様）より、金融商品の市場流動性を勘案した修正バリュースコア・リスク（以下、修正 VaR）を算出するための具体的な枠組みが提案された。自由討議では、修正 VaR の枠組みが適用可能な分野やバリュースコア・リスク（以下、VaR）の保有期間に対する考え方などについて議論がなされた。第2回では、加藤および吉羽より、モデル・リスクが顕現化した事例や数値計算例による分析に基づいてモデル・リスクへの実務的な対応について提案がなされた。自由討議では、モデル・リスクの定義、モデル・リスクの源泉およびモデル・リスクへの実務的な対応についての議論が行われた。第3回では、家田、丸茂および吉羽より、与信ポートフォリオの最大損失額を近似的に算出する簡便な手法が提案され、自由討議では、提示された手法の適用可能性や信用リスク計量におけるデフォルト相関の扱いなどが議論の対象となった。第4回では、森本より、本邦市場における実証分析結果から、極値理論（Extreme Value Theory、以下 EVT）による VaR 計測は推定精度や時間的な安定性の点で優れていることが示された。自由討議では、リスク計測手法としての EVT の有用性と問題点、EVT と従来型の VaR 計測手法との関係などについて議論が行われた。

以下では、各報告の要旨、参加者による自由討議の概要を紹介する（文責：日本銀行金融研究所）。今回のワークショップでは、参加者間で様々な視点から多くの議論が展開されたが、ここでは一つの発言の詳細および発言者名は明示せずに、議論のエッセンスを整理して紹介する。

なお、各報告論文は、各回での議論等を踏まえて加筆・修正し、日本銀行金融研究所ディスカッション・ペーパー・シリーズとして今後発刊する予定である。

2. 流動性リスクを考慮した VaR 計測（第1回の模様）

（1）久田・山井報告の要旨

久田および山井（敬称略、以下同様）は、従来型のバリュースコア・リスク（以下、VaR）の枠組みに拡張を加え、金融商品の市場流動性をも勘案した修正バリュースコア・リスク（以下、修正 VaR）を算出するための具体的な枠組みを提案した。さらに、そのリスク管理実務への応用可能性について数値計算例などを基に検討を加えた。その概要は以下のとおりである。

一般にトレーディング勘定の金融商品の市場リスクを VaR により計測する上では、金融商品の市場流動性は十分に考慮されない場合が多い。すなわち、従来の VaR の計測では、自己の取引が価格を変動させる可能性（マーケット・インパクト）を考慮しない、保有ポジションの流動化を短期間で行うことが可能である、ビッド・アスク・スプレッドの変動による影響を考慮しない、といった仮定が置かれるのが通常である。本研究では、こうした従来型の VaR の枠組みに拡張を加え、金融商品の市場流動性を考慮した修正 VaR を算出する枠組みを提示する。具体的には、まず、マーケット・インパクトを考慮して保有ポジションを全て流動化する上での最適な執行戦略を導出する。次に、この最適執行戦略に基づいて流動化を完了するまでの間に価格変動により被る可能性がある最大損失額、すなわち修正 VaR を算出する。

本研究では、修正 VaR をシミュレーションを行わずに簡便に計算することが可能となる解析解を得るために次のような仮定を導入した。それらは、マーケット・インパクトはその効果が短期間に剥落する「一時的マーケット・インパクト」とその効果が少なくとも全ての売却が終了するまで持続する「恒久的マーケット・インパクト」とに分解可能である、マーケット・インパクトは売却量と線形の関係にある確定的な関数である、市場価格の変動はパラメータが時間に依存しない算術的ランダム・ウォークに従う、という仮定である。最適執行戦略については、「保有ポジションを全て流動化する際に掛るコスト（流動化コスト）を最小化する戦略」と定義する。流動化コストは、次の二つのコストの和として定式化される。まず、マーケット・インパクトを考慮した場合には、現在の価格と売却価格との差異から損失が発生し得る。第一のコストはこの損失とし、これを取引コストとする。次に、第二のコストは、流動化開始から完了までに保有ポジションの抱える市場リスクに割当てる資本の調達コストとする。最適執行戦略は、保有期間の長期化（短期化）による取引コストの減少（増加）と資本の調達コストの増加（減少）というトレードオフの関係から導出される。本研究は、こうした最適執行戦略により客観的な保有期間が決定できるという特徴を持つ。また保有ポジションの売却を連続時点で行えるとの仮定を置いた場合には、解析解を得られることが判明した。

次に、このモデルを使って修正 VaR の数値例を算出し、リスク管理実務への応用可能性の考察を行った。その結果、修正 VaR の枠組みでは、マーケット・インパクトの大小により算出されるリスク量も変化することから、市場流動性

を反映したリスク計測が可能となること、マーケット・インパクトが売却量に比例する(線形の関係にある)という仮定の下では、修正 VaR はマーケット・インパクトが多少変動しても相対的に安定していること、売却が連続時点で行えると仮定した場合と離散時点のみ行えると仮定した場合との差異は然程大きくなく、修正 VaR を解析的に算出できる連続時点での売却を離散時点での売却の近似として仮定しても大きな問題は生じないと考えられること、などが分かった。

続いて、上述の各種仮定を緩めて分析を行った。まず、マーケット・インパクトの定式化に不確実性を導入した。分析の結果では、マーケット・インパクトに不確実性を導入しても修正 VaR の水準には然程大きな影響を与えないことが判明した。次に、複数の金融資産からなるポートフォリオの修正 VaR を計算するためにモデルの拡張を試みた。この結果、ポートフォリオの修正 VaR の定式化は行うことができたが、実際に修正 VaR を算出するには非常に煩雑な計算が必要となることも同時に判明した。最後に、マーケット・インパクトと売却量との間に非線形関係を仮定して、修正 VaR を算出した。この結果、マーケット・インパクトの関数形の仮定により修正 VaR の水準が大きく変わり得ることが判明した。

以上を総括すると、修正 VaR の枠組みは、マーケット・インパクトの関数形の仮定に強く依存すること、ポートフォリオのリスク計測の際は計算負荷が大きいこと等の限界を有しているが、客観的な保有期間が設定できる点やマーケット・インパクトを織込んだ市場リスクの計測が可能となるという点で従来型の VaR の枠組みに比べ優れていると考えられる。今後、こうした限界を踏まえつつも、修正 VaR の枠組みをリスク管理実務へ導入していくことが望ましいと考えられる。

(2) 自由討議の要旨

報告の後に行われた自由討議においては、市場流動性リスク評価のあり方に関連して、修正 VaR の枠組みが適用可能な分野、VaR の保有期間に対する考え方、ストレス時への応用可能性、マーケット・インパクト定式化の可能性、モデルの仮定の拡張可能性、について議論がなされた。

(修正 VaR の枠組みの適用が可能な分野)

修正 VaR の枠組みの適用可能性に関しては、「個別商品毎の平常時におけるリスク管理に有用であるほか、従来型の VaR の枠組みを補完する流動性リスク管理のためのツールとしても有効である。ただし、統合的なリスク管理や全社ベースでの資本配分には適用が難しい」といった点で概ねコンセンサスが得られた。

まず、フロント・オフィスでトレーディング業務に携っている参加者からは、個別商品毎の平常時におけるリスク管理に応用可能であるとの意見が以下のように示された。

- ・マーケット・インパクト等の流動化に伴うコストをも考慮してリスク量を算出する修正 VaR の枠組みは、こうした点を常に意識しているフロントの実感に合う。
- ・通常、従来型の VaR をポートフォリオ全体のリスク管理に用いる際の枠組みでは、流動性の高低に拘わらず一律の保有期間を全ての商品に設定しているが、この点はトレーディングの実態とは乖離している。一方、修正 VaR の枠組みでは、流動性の高低に応じた保有期間設定がなされるため、より実態に近いリスク計測が可能となる。
- ・修正 VaR の枠組みは個別銘柄のポジションのリスク・リターン分析やパフォーマンス評価にも応用可能である。

このほか、従来型の VaR の枠組みを補完し、市場流動性リスクを勘案するためのツールとして修正 VaR の枠組みが有効であるとの考え方が以下のように示された。

- ・個別商品毎のポジション枠の設定は、市場流動性リスクを主観的に勘案する形で行われることが多いが、修正 VaR の枠組みを活用すればこれを客観的に行える可能性がある。
- ・大災害時等の突発的な資金需要に備える必要がある損害保険会社の場合には、流動性の高いポートフォリオを保有している。その流動性の管理という観点からは、修正 VaR の枠組みが有効なツールになり得る。
- ・売却に伴う損失の引当金を積むことを考える場合、その算定には、最適執行戦略の導出時に算出される取引コスト(コストの期待値)を用いることが考えられる。

一方、ミドル・オフィスで全社的なリスク管理業務に携っている参加者を中心に、修正 VaR の枠組みを統合的なリスク管理に活用することに対しては否定

的な意見が多くみられた。この背景として以下の点が指摘された。

- ・修正 VaR の枠組みでは、ポートフォリオのリスク量計測は極めて煩雑であることから、同枠組みを統合的なリスク管理に適用することは困難であると考えられる。
- ・従来型の VaR の枠組みでは、リスク量計算が容易であることや枠組みの理解がし易いことが、リスク管理上の大きなメリットとなっている。しかし、修正 VaR の枠組みでは、特にポートフォリオの場合のリスク量計算が煩雑であるなど、こうしたメリットが乏しい。
- ・修正 VaR の枠組みでは、流動性が高い銘柄は、流動性が低い銘柄に比べて、保有期間は短く計算される。このため、修正 VaR を基準に各銘柄のポジション枠を設定する場合には、高流動性銘柄のリスクが低目に評価されるため、結果的に同銘柄のポジションが積み上がる可能性がある。しかし、通常時には流動性が高くても、ストレス時にはそれが急激に低下する可能性があるため、大きなポジションを保有していると多額の損失が発生する恐れがある。したがって、ストレス時のリスクにも関心の高いミドル・オフィスとしては、修正 VaR のみでポジション枠を設定することには抵抗がある。
- ・修正 VaR の枠組みをポートフォリオに適用することが難しいことを考えると、こうした枠組みを自己資本比率規制上で使用することも難しいのではないか。

(VaR の保有期間に対する考え方)

この間、修正 VaR の枠組みではポジションの売却を前提としているが、その場合の保有期間の考え方について、以下のような問題提起がなされた。

- ・ VaR 算出においては、保有期間を売却に要する期間（売却期間）に一致させることが多く、修正 VaR においても同様の考え方が取られている。しかし実際にポジションを解消する場合には、ある程度の期間ネガティブなショックを認識したうえで売却を開始するのが一般的である。したがって、リスク計測の保有期間は「売却期間」だけではなく、売却を行うか否かの「判断期間」と「売却期間」の和と考えるべきではないか。

次に、リスク計測の対象となる業務によっては判断期間を考慮する必要はないとの意見が以下のように示された。

- ・ある程度の期間ポジションを保有し続けることが業務上多い場合は、売却を行うか否かの判断期間を考慮する必要があるかもしれない。しかし、個別ポジションが非常に速く変動し実質的に売却を行うか否かの判断期間はゼロと考えることができ

るような場合には、修正 VaR と同様に保有期間は売却期間に等しいとしてよいと考えられる。

これらの指摘を受け、売却を前提とする場合の保有期間としては、「ショックを認識し売却を開始するまでの期間（無視できる場合もあり得る）+ 売却に要する期間とするべき」とのコンセンサスが概ね得られた。

なお、ポジションの売却を前提としない VaR の捉え方として、次のような意見が示された。

- ・ 上記の保有期間の考え方は、実際にポジションを売却することを前提としている。これに対して、VaR を、売却を前提としないでポジションを一定の期間保有し続けたと仮定した際に発生し得る最大損失額と解釈することも可能である。この場合、仮定された「一定の期間」を「保有期間」と定義できる。

（ストレス時への応用可能性）

報告では、修正 VaR の枠組みはストレス時への応用可能性が低いとされていたが、この点についても議論が交わされた。議論の中では、修正 VaR のストレス時への応用可能性について、修正 VaR の枠組みだけではストレス時のメカニズムを捉えることは出来ないため、別途の枠組みが必要である、修正 VaR の仮定をより一般化することによって、ストレス時のリスク計量にも応用可能である、といった形で以下のように意見が分かれた。

「修正 VaR の枠組みだけでは、ストレス時のメカニズムを捉えることは出来ない」との立場

- ・ 修正 VaR の枠組みでは、リスクファクター間の相関関係の崩壊、ビッド・アスク・スプレッドの大幅な変動、分布のファット・テール性といったストレス時に重要な要因が十分には織込まれていない。

「修正 VaR の仮定をより一般化することによって、ストレス時のリスク計量にも応用可能である」との立場

- ・ 例えば、価格変動過程とマーケット・インパクト係数の変動過程の間に高い相関を仮定することで、ストレス時のリスク計量にも応用可能となると考えられる。

(マーケット・インパクト定式化の可能性)

さらに、修正 VaR の枠組みの実用化に向けての主要な課題の一つとして、マーケット・インパクト定式化について議論が交わされた。具体的には、データのアベイラビリティ、マーケット・インパクトの計測、マーケット・インパクトの関数形、の三点が問題となった。これらの点については、「修正 VaR 算出におけるマーケット・インパクト計測の正確性は、業務上求められるリスク計測の正確性に応じて決められるべき」との点でコンセンサスが得られた。しかし、マーケット・インパクト定式化の決定的方法が存在していないこともあり、具体的な計測方法については結論を得ることは出来なかった。

まず、の問題に関しては、「市場流動性が比較的高い商品であれば、自社データ等からかなり正確にマーケット・インパクトを計測することができる」との指摘がみられた。この一方で、「エマージング諸国通貨や OTC デリバティブなど市場流動性が低い商品の市場データは十分でないため、マーケット・インパクトの計測は極めて難しい」との指摘も聞かれた。

また、の問題については、「マーケット・インパクトを一時的マーケット・インパクトと恒久的マーケット・インパクトに分解して計測するのは実務的に困難」との指摘がみられたが、反対に「米国では、マーケット・インパクトを分解して計測を試みた実証研究²があり、本邦でも同様の枠組みでの計測は可能であると考えられる」との指摘もあった。

の問題については、「実務の感覚では、マーケット・インパクトはある売却量を境に急激に上昇することから、マーケット・インパクト関数は売却量についての非連続関数とするのが妥当ではないか」との指摘があった。

(モデルの仮定の拡張可能性)

提示されたモデルにおける仮定については、価格過程の定式化について以下のように拡張が可能であるとの意見があった。

- ・報告では、価格の変動過程について、ドリフトとボラティリティが時間に依らず一定という仮定をおいている。しかし、市場にインパクトを与えるほどの売却が継続

² Holthausen R. W., R. W. Leftwich, and D. Mayers, "The Effect of Large Block Transactions on Security Prices: A Cross-Sectional Analysis," *Journal of Financial Economics* 19, 1987, pp. 237-268.

的に起こっている場合、実際にはドリフトは低下しボラティリティは増大している筈である。したがって、これらをそれぞれ取引量と時間の関数として定式化するように拡張することが考えられる。

- ・売却がドリフトに与える影響は、恒久的マーケット・インパクトとして既にモデルに織り込まれていると解釈できる。一方、売却のボラティリティへの影響については、マーケット・インパクト係数の変動過程と価格の変動過程に相関を持たせる形で拡張できると考えられる。

3. モデル・リスクとそれへの対応（第2回の模様）

（1）加藤・吉羽報告の要旨

加藤および吉羽は、モデル・リスクが顕現化したと考えられる事例をとりあげたうえで、モデル・リスクをプライシング・モデルにおけるリスクとリスク計測モデルにおけるリスクに分けて定義し、3つの数値計算例で分析を行い、モデル・リスクへの実務的な対応について検討した。その概要は以下のとおりである。

まず、モデル・リスクが顕現化した事例として、インデックス・スワップ取引において市場で使用されるモデルの主流が変わったために損失が発生した例、マルク・キャップでボラティリティ・スキュー構造の見積もりを誤ったために損失が生じた例、LTCM (Long-Term Capital Management) によるクレジット・スプレッド取引で原資産価格の分布予測が精緻でなかったために保有するポジションのリスク量を過小評価してしまった例をとりあげた。

こうした事例を基に、モデル・リスクを、プライシング・モデルについては、「市場価格を的確に表現できないモデルを使うことによって、損失を被るリスク」、リスク計測モデルについては、「将来被る損失の可能性を誤って評価するリスク」と定義した。

プライシング・モデルのモデル・リスクを考察するための数値計算例として、まず、長期為替オプションをとりあげた。単純なブラック・ショールズ・モデル(以下、BSモデル)と金利の変動や為替との相関構造を織り込んだアミン・ジャロー・モデルとで数値計算例による比較を行い、金利と為替の相関が高い場合は、2つのモデルのオプション・プレミアムに2割程度の差が出ることが

判明した。次に、株式デリバティブをとりあげた。ボラティリティ・スキュー構造などを織り込むために、BSモデルではなく、インプライド・バイノミアル・ツリー・モデル（以下、IBTモデル）を用いた。ダウン・アウト・プット・オプションを例にプライシングを行うと、IBTモデルでは、価格が安定しなかったり、ポジション管理に使いにくいという問題があることが判明した。

一方、リスク計測モデルのモデル・リスクに対する数値計算例として、金利スラングル・ショート戦略におけるリスク量と実現損益との比較を行った。その結果、収益率分布に正規分布を仮定したシナリオ法や短期間のデータを用いたヒストリカル・シミュレーション法によるVaR計測では、リスクを捉えきれないことが判明した。

以上の例より、モデル・リスクの源泉としては、次のようなものが挙げられることがわかった。まず、プライシング・モデルでは、モデルの仮定の誤り、パラメータ推定の誤り、離散化等の近似手法から生じる誤差、市場データの誤差等が挙げられる。一方、リスク計測モデルでは、モデルで仮定されている原資産の収益率分布について、分布の形状の仮定の誤り、分布の定常性の仮定の誤り、分布を予測するための市場データの不適当な選択、が挙げられる。

モデル・リスクへの実務的な対応としては、まず、管理体制（組織・権限・人材）など最低限の定性的な対応をとる必要性がある。さらに定量的な対応としては、プライシング・モデルでは、異なるモデルによるプライシングの格差を引当金（リザーブ）として計上することや、リスク計測モデルでは、リスク・ファクターの変動に様々なパターンを想定したシナリオ分析を行うこと等が考えられる。

（２）自由討議の要旨

自由討議においては、モデル・リスクの定義、モデル・リスクの源泉、モデル・リスクへの実務的な対応、について議論された。モデル・リスクに関しては先行研究も少なく、参加者の考え方や視点も区々であったため、報告で整理された内容に対して各参加者が意見・問題意識を提示する形で議論が進められた。

(モデル・リスクの定義)

モデル・リスクの定義については、報告の定義の妥当性を論ずる形で議論が行われた。報告におけるプライシング・モデルのモデル・リスクの定義 市場価格を的確に表現できないモデルを使うことによって、損失を被るリスク

に対しては、「市場価格が存在するか否かによって、モデル・リスクの定義は異なり得る」との意見が大勢を占めた。

まず、市場価格が存在する場合は、報告の定義が妥当であるという点でコンセンサスが得られた。また、この場合には、モデル・リスクは比較的限定されるという点でも認識の一致を見た。

- ・市場価格が存在する場合は、報告のモデル・リスクの定義に異論はない。この場合、モデル・リスクは、ヘッジのズレとして徐々に損失が蓄積する形で顕現化する。しかし、こうしたリスクは市場価格を眺めながらモデルを適宜修正することで対応が可能であり、大幅な損失に繋がることは少ない。
- ・内部モデルと市場価格との整合性が問題となり得るのは、マーケット・メイカーとして積極的に値付けを行っているような場合や、市場のミス・プライスを利用した裁定取引を行っているようなケースに限られる。

一方、市場価格が存在しない場合のモデル・リスクの定義については、「モデル間でプライシング結果が異なることによって発生する損失をリスクとして捉えることができる」との考え方が述べられた。また、「市場価格が存在しない場合は、内部モデル以外にプライシングを行う手段がないため、金融機関が晒されるモデル・リスクは市場価格が存在する場合に比べて大きい」との指摘がみられた。

- ・市場価格がない状況では、マーク・トゥ・マーケット (Mark to Market、内部評価を市場価格と一致させる)ではなく、マーク・トゥ・モデル (Mark to Model、内部評価を最も確からしいプライシング・モデルの計算値と一致させる)が重要となる。その時点で市場の主流となっている「最も確からしい」モデルを使用しないことが、モデル・リスクとして定義できると考えられる。
- ・市場価格が存在しない状況では、内部モデルの変更時やポジション解消時に、それまでに蓄積されていたモデルの誤差が全て顕現化する形で、大きな損失が発生する可能性がある。

リスク計測モデルのモデル・リスクについては、報告の定義 将来被る損失の可能性を誤って評価するリスク に対する大きな異論はなかった。その

一方で、「各種リスク量の計測における整合性が損なわれるリスクもモデル・リスクとして考えるべきではないか」との考えが示された。

- ・金融機関実務では、計測されたリスク量が経営資源配分やパフォーマンス評価に利用されることが多い。この場合、金融商品の各種のリスク（市場リスク、信用リスク等）計測が互いに整合的であることもリスク計測モデルに求められる。したがって、各種リスクが整合的に計測されず、経営資源配分やパフォーマンス評価が歪む可能性もモデル・リスクとして捉えられるべきではないかと思われる。

また、リスク指標として実務上最も一般的に活用されている VaR について、VaR の枠組みでは捉え切れないリスクが顕現化する可能性もモデル・リスクの一部として考えられるとの指摘がみられた。

- ・例えば、信頼区間 99% の VaR によりリスク管理を行う場合、信頼区間外で 1% の確率で発生する損失の規模は VaR では測定できない。これはリスク計測手法として VaR を用いることによる問題点として注意する必要がある。
- ・一般的な VaR の枠組みでは、保有期間中のポジション変化が織り込まれていないが、この点も VaR の問題点として認識する必要がある。

（モデル・リスクの源泉）

モデル・リスクの源泉については、報告で提示された枠組みを踏まえて議論がなされた。

まず、プライシング・モデルのモデル・リスクの源泉については、報告のとおり、モデルの仮定の誤り、パラメータ推定の誤り、離散化等の近似手法から生じる誤差、市場データの誤差、が考えられるとの点で異論はなかった。この中では、パラメータ推定を誤るリスクが最も重要であるとの指摘が複数の参加者からなされた。

- ・実務上は、パラメータの推定の誤りが損失の原因となるケースが多い。例えば、コリレーション・デリバティブにおける相関係数やクレジット・デリバティブにおけるデフォルト率などは、それぞれの誤差がプライスに与える影響が大きいにも拘わらず、その推定は非常に難しい。
- ・モデル・リスクが顕現化する例では、モデルの使い方を明らかに誤っているケースは稀であり、その多くはパラメータ推定の誤差に起因している。

このほか、市場の情勢変化により、従来正しかったモデルの仮定が妥当でなくなることに伴うリスクを指摘する意見も聞かれた。

- ・数年前、中南米諸国の国債ポジションを先物でデルタ・ヘッジしていたところ、その後の中南米危機発生により金利が急激に上昇、コンベクシティ効果が顕現化し、多額の損失が発生するという事例があった。

一方、リスク計測モデルのモデル・リスクの源泉に関しては、報告で示されたような原資産の収益率分布の仮定における問題点に加え、リスク・ファクターの設定や計算方法などのロジックに着目することも重要ではないかとの意見が示された。

- ・「将来被る損失の可能性を誤って評価するリスク」には、リスク・ファクターの設定や計算方法などのロジックに妥当性を欠くリスクも加えることが出来ると考えられる。

(モデル・リスクへの実務的な対応)

モデル・リスクへの実務的な対応に関しては、モデルの精緻化に対する考え方、引当金などの定量的な対応に対する考え方、具体的なモデル・リスクへの対応の一般論、についてそれぞれ意見が交わされた。

まず、モデルの精緻化に関しては、「一律にモデルの精緻化を目指すのではなく、取引の実情に応じてポジション・リミットや精緻なモデルの部分的活用で対応すべき」との意見と、「原則として、利用するモデル全体の精緻化を目指すべき」との意見に分かれた。前者の立場からは、モデルの精緻化が必ずしもモデル・リスクの軽減に繋がらないこと、ポジション・リミットの設定でも有効に機能すること、コストやスピードの観点からモデルの精緻化が難しいケースが存在すること、などが指摘された。

- ・モデルの精緻化・複雑化を進めることでパラメータ推定は困難化する。このため、精緻化を行っても推定誤差が殆ど改善しない場合も存在する。
- ・複雑な金融商品であっても、ポジション量が小さい場合はモデル・リスクも小さい。したがって、そのような場合は、モデルを精緻化するよりも、時価やリスクを保守的に見積もったり、厳格なポジション・リミットを設定する方がコスト面などからみて現実的である。
- ・新商品開発にはスピードが重要である。このため、新しく開発されたモデルには、簡単な審査を経て暫定的な小さめのポジション・リミットを設定し、その後精緻なモデル審査を経て正式なポジション・リミットを設定するという対応も場合によっては必要である。

- ・ 計算負荷やコストの問題を考えると、日々のリスク管理ではシンプルなモデルを使い、定期的により精緻なモデルでシンプルなモデルの有効性を検証するのが現実的であると考えられる。

これを受け、後者の立場からは、「当初はポジション・リミットで対応するとしても、実際には、精緻なモデル審査を行うことなくポジション拡大に応じてリミットが引き上げられる事例もあると思われる。したがって、ポジションがある程度拡大した際にはモデルの精緻化を行う必要がある」として、ポジション量の大きさに応じてモデルを高度化する必要性が指摘された。

この間、報告で提示された引当金などによる定量的対応については、個別商品のモデル・リスク管理には有用であるとの意見がみられた。

- ・ リスク管理セクションであるミドル・オフィスがフロント・オフィスで利用されている最先端のモデルを常にフォローするのは難しい。このため、モデル誤差による損失に備えて個別に引当金を積むことも有効である。

このほか、モデル・リスクへの実務的対応に関する一般論として、参加者から以下のような意見が示された。

- ・ モデル・リスクでは、複雑な商品のモデル・リスクが注目されることが多いが、実際には単純な商品であっても、ポジションが大きくなればそのリスクは大きなものとなる可能性がある。したがって、モデル・リスクへの対応を考える場合は、モデルの複雑さのみでなく、ポジション量の大小にも着目する必要がある。
- ・ 不適切なプライシング・モデルを組織的に誤って利用している場合、実際の取引価格等の情報を多く保有するトレーダーが、市場とプライシング・モデルの乖離を利用して取引を増加させるようなケースが多い。こうしたポジションが膨らむと、結果的に大きなモデル・リスクの顕現化に繋がってしまう惧れがある。こうした場合、リスク管理セクションでは、ポジション内容や取引内容のチェックを行うことで、モデル・リスクの顕現化を回避することが出来る。
- ・ 近年の金融技術革新の速さからミドル・オフィスとフロント・オフィスとの間は常に距離が開く傾向にあるため、フロント・オフィスの業務を熟知したフロント・オフィス経験者がミドル・オフィスでモデル審査を行うのが理想的である。

4. 信用リスク計量の簡便アプローチ（第3回の模様）

（1）家田・丸茂・吉羽報告の要旨

家田、丸茂および吉羽は、与信ポートフォリオについて、VaRの枠組みの下、最大損失額を近似的に算出する簡便な手法を提示し、その有用性について考察を行った。その概要は以下のとおりである。

与信ポートフォリオの信用リスク管理では、市場リスク管理の場合と同様、VaRの枠組みで、ポートフォリオから発生すると見込まれる最大損失額ないし予期しない損失額をモデルによって算出することが一般的となっている。その場合、最大損失額の算出はモンテカルロ・シミュレーションで行われることが多い。しかし、シミュレーションによる算出は、特にポートフォリオを構成するエクスポージャー数が多くなると計算負荷が高み、長時間を要するという問題を内包している。

本稿では、こうした問題意識から、シミュレーションを最低限に抑えつつ、与信ポートフォリオの最大損失額を近似的に算出する簡便な手法を提示した。

まず、全ての債務者にそれらの信用度に応じた格付（いわゆる内部格付）が付与されているとした上で、各格付毎のポートフォリオ（以下、サブポートフォリオと呼称）に着目した。各サブポートフォリオ内では、各エクスポージャーのデフォルト率を一定と仮定し得ると考えられる。さらに、損失の定義として、リスク評価期間（本稿では先行き1年間とした）内に債務者のデフォルトが生じる場合にのみ損失が発生するというデフォルト・モード方式を採用した。また、同一サブポートフォリオ内の任意の二つのエクスポージャーについて、デフォルト事象の相関係数が一定であるとの仮定も導入した。

こうした仮定の下、与信ポートフォリオの損失額分布の標準偏差を考える。サブポートフォリオに含まれるエクスポージャーの数と合計金額が一定であるとすると、損失額分布の標準偏差は、個々のエクスポージャーの金額が全て等しい場合に最小になることがわかる（このポートフォリオを均一ポートフォリオと呼称）。実際の格付毎のサブポートフォリオでは、各々のエクスポージャーの金額は通常不均一であり（これをリスク計測対象ポートフォリオと呼称）、このリスク計測対象ポートフォリオの損失額分布の標準偏差は、同一金額の均一ポートフォリオの損失額分布の標準偏差に比べて大きくなる。本稿では、この標準偏差の比率と最大損失額の比率が等しいとの仮定を置いた。この仮定があ

る程度成立するならば、任意のリスク計測対象ポートフォリオの最大損失額は、同一金額かつ同一エクスポージャー数の均一ポートフォリオの最大損失額を求めておくだけで、あとは簡単な演算で求められることになる。さらに、均一ポートフォリオの損失額分布は、シミュレーションに依らずに解析的な数値計算によって簡単に求めることができることから、リスク計測対象ポートフォリオの最大損失額は、シミュレーションを全く行うことなく、近似的に求められることになる。

上記の近似手法の有効性を確認するため、格付毎のサブポートフォリオについて、シミュレーションと近似手法の両方で最大損失額を算出し、比較検討した。その結果、極端な大口エクスポージャーが存在するような場合を除いて、近似手法でポートフォリオの最大損失額をある程度の精度（本稿の結果では平均10%未満の相対誤差）で算出し得ることが判明した。

さらに、格付毎のサブポートフォリオで算出した最大損失額から与信ポートフォリオ全体の最大損失額を近似的に算出する方法についても簡単な考察を行った。具体的には、与信ポートフォリオ全体の最大損失額と格付毎のサブポートフォリオの最大損失額合計の比率が短期間には変動しないと仮定できるのであれば、定期的なシミュレーションによってこの比率を算出しておくことによって、与信ポートフォリオの最大損失額を近似的に算出し得ると考えられる。

（2）自由討議の要旨

自由討議においては、提示された近似的な信用リスク量の計測手法を巡る議題のほか、信用リスク計量化に関する一般的な事項として、デフォルト相関の扱いや損失概念の扱いについても議論された。その概要は以下のとおりである。

（近似的な手法³の適用可能性）

与信ポートフォリオの信用リスク量の測定や与信管理等の業務において、本稿で示した手法のような近似的な手法が必要であるか否かについては、「適正自己資本の算出など経営上の目的で信用リスク量を算出する場合には、多少時

³ ここで、近似的な手法とは、シミュレーションを行うことなく解析的に信用リスク量を算出する方法一般を指す。本稿で示した手法は、与信ポートフォリオ全体のリスク量を算出する際にシミュレーションを援用するが、サブポートフォリオのリスク量は解析的に算出されるので、ここでいう近似的な手法に準ずるものとする。

間を要しても、シミュレーションで対応することに特段の支障はない」とのコンセンサスが得られた一方で、「個々の与信において貸出レート等の迅速なプライシングが必要となる場合や、経営陣や顧客へ説明を行う場合には、計算の枠組みやパラメータの持つ意味がわかり易いという面で、今回提示された手法のような近似的な手法のメリットが出てくる」、「シミュレーションでは、計算の結果がぶれるという問題があるが、近似的な手法ではそうした問題がないという点もメリットとなり得る」という点で意見の一致がみられた。

- ・与信ポートフォリオの構成は、トレーディング勘定と異なり、短期間には変動しない。このことから、与信ポートフォリオの信用リスク量の計測頻度は多くないのが実態である。したがって、シミュレーションで長時間を要すること自体は、業務上の大きな制約にはなっていない。
- ・個々の貸出のプライシングで、貸出コストに追加的な自己資本調達コストを加算する場合には、シミュレーションには時間的な制約があるため、近似的な手法を用いるということが考えられる。
- ・モンテカルロ・シミュレーションで問題となるのは、最大損失額のような損失額分布の裾の値を計算する場合、発生させる乱数の系列によって、計算結果にぶれが生じることである。

本稿で示された近似的な手法については、「監督当局サイド等が、個々の金融機関が抱える信用リスク量を把握するために使用できる可能性がある」との意見も示された。

- ・本稿で示された枠組みは、必要な情報が各銀行から開示されていれば、そこから各銀行の信用リスク量を同一尺度で推定する手法として活用することが考えられる。
- ・自己資本比率規制などにおいて、各銀行の必要自己資本額を監督当局が定める場合にこの枠組みを使える可能性がある。

また、本稿で示された近似的な手法を適用する前提条件として、金融機関の実際の与信ポートフォリオの集中度合いが問題となったが、「格付の水準によっては、一部にかなり集中が進んでいる場合もあり、その際には、今回示された近似的な手法の適用が困難になる」等の指摘があった。

- ・実際の与信ポートフォリオに含まれるエクスポージャーは、大多数が小額のものであるが、極端な大口エクスポージャーも少数含まれている。このように大口エクスポージャーが含まれるサブポートフォリオには、本稿で示された近似的な手法の適用が難しくなると考えられる。

- ・ 格付毎の集中度合いについては、確かに現在の景気低迷等の影響から高格付先が少なく、高格付のサブポートフォリオの与信集中度が高くなっている。しかし、バブル崩壊の煽りを受けて、当時高格付が付与されていた大口エクスポージャーが現在低格付となっている例も少なからずあることから、低格付のサブポートフォリオでも与信集中が進んでいる場合がある。

(デフォルト相関について)

信用リスク計量に当たっての重要なファクターであるデフォルト事象の相関係数については、「計算負荷が制約とならないのであれば、全てのエクスポージャーのペア毎に相関係数を設定することも考えられる」との意見も示されたが、「相関係数の推定が難しく、実務上全てのペア毎の相関係数を客観的に設定するのは困難」との見方が大勢を占めた。こうした中で、「簡便な方法として、場合によっては格付毎に一定の相関係数を設定することも実務上は許容され得るのではないか」との意見もみられた。

- ・ 計算時間の制約がないのであれば、全てのエクスポージャーのペア毎の相関係数を推定の上、モデルのパラメータとして使用することが可能である。
- ・ 与信先全先について各々のペアのデフォルト事象の相関係数を推定することは、株価データを用いた推定手法では、中小企業の株価データがとれない場合が多いなど、データの制約面から非常に困難であると考えられる。
- ・ 与信ポートフォリオのリスク量を把握するという目的には、無理にエクスポージャーのペア毎に相関係数を与えるよりも、保守的な一律の相関係数を与えることが考えられる。

また、関連会社の連鎖倒産についても「リスク量に与える影響が大きい」との問題意識が共有された。ただし、具体的なモデルへの取込み方については明確な結論は得られなかった。

- ・ 連鎖倒産が与信ポートフォリオのリスク量に与える影響は大きい。例えば、「親会社が倒産すれば、必ず関連会社も倒産する」と仮定すると、そうでない場合に比べてリスク量は2倍程度になる。
- ・ 連鎖倒産のリスクを客観的に計量することは困難であることから、連鎖倒産についてはシナリオ的なアプローチで把握するしかないのではないかと考えられる。

(損失概念の定義について)

損失概念の定義として、デフォルト・モード方式と MTM 方式のどちらを採用

すべきかという点が議論の対象となり、デフォルト・モード方式と MTM 方式のいずれにも得失があることが述べられたが、明確な結論は得られなかった。

- ・ MTM 方式では、特に貸出等のようにセカンダリー市場が狭隘で市場から時価が取得できないような商品の場合には、時価算出のために、多くの仮定を置く必要があるという問題点がある。
- ・ 時価の算出が困難であることは事実であるが、あるエクスポージャーの格付の低下は市場価値の低下を意味しており、リスク量の把握、あるいは必要自己資本額の算出という観点からは MTM 方式で評価するのが望ましいと思われる。
- ・ 両方式には得失があり、この方式でなければいけないということはないと思われる。結局、どちらの方式で損失を定義するかは、経営サイドの哲学の問題であると考えられる。

5. Extreme Value Theory を利用したリスク計量（第 4 回の模様）

（ 1 ）ダニエルソン・森本報告の要旨⁴

ダニエルソンおよび森本は、一般化条件付き分散不均一モデル（Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity Model、以下 GARCH モデル）による手法と極値理論（Extreme Value Theory、以下 EVT）による手法の双方により、VaR の計測を本邦金融市場データを対象に行った。その結果、EVT による計測は推定の精度や時間的な安定性の点で優れており、本邦市場においてリスク計測を行う際は EVT を用いることが望ましいとの結論を得た。その概要は以下のとおりである。

リスク計測モデルの選択に影響を与える金融データの収益率分布の特性とし

⁴ 本報告の内容は、森本が日本銀行金融研究所に在籍していた時に、当時金融研究所の海外客員研究員であったジョン・ダニエルソン（現・ロンドン・スクール・オブ・エコノミクス）と共同で執筆を進めた、Danielsson, J. and Y. Morimoto, “Forecasting Extreme Financial Risk: A Critical Analysis of Practical Methods for the Japanese Market”の preliminary version に基づいている。なお、ワークショップにおける報告は、ダニエルソンの承諾を得て森本が単独で行った。

では、ファット・テール性（収益率分布は、それと等しい平均と分散を持つ正規分布に比べて裾が厚い）、ボラティリティのクラスタリング（収益率の分散が不均一で分散が大きい時期と小さい時期がある）、極値のクラスタリング（収益率の極値、例えば上位 1%といった値の発生にムラが存在する）、分布の非対称性（収益率分布の左裾と右裾の厚さが異なる）の 4 点が挙げられる。

ここでは、こうした収益率分布の特性を踏まえ、リスク計測モデルとして GARCH モデルおよび EVT による計測手法を採用し、それぞれのリスク計測におけるパフォーマンスを比較した。GARCH モデルによる手法はボラティリティのクラスタリングを取入れることができ、さらに残差に t-分布を仮定した GARCH-t モデルによりファット・テール性を取入れることができる。一方、EVT は、裾に関連したデータのみを用いて分布の裾の形状をモデル化することで、ファット・テール性と非対称性を取入れることができる。

EVT による計測手法では、以下の方法により VaR を計測することができる。まず、EVT の理論的成果によると、全体のデータ数を n 、閾値を下回るデータ数を m 、閾値を下回る（または等しい）最小の観測データを X_{m+1} とすると、裾の厚い分布においてこの閾値を下回る部分（分布の左裾部分）の分布関数 $F(x)$ は、

$$F(x) \cong \frac{m}{n} \left(\frac{x}{X_{m+1}} \right)^{-\alpha}$$

としてパレート型の分布関数で表わされる。ここで、 α は分布の形状を表わすパラメータであり、 m はパラメータの推定誤差が最小となるよう選択される。本稿では、 m の選択をブートストラップ法を用いた手法によって行った。これによって推定された左裾の分布関数のパーセンタイル点をとることで、VaR が算出される。

実際に EVT をリスク量の計測に応用する際の問題点としては、多くのサンプル数を必要とすること（最低 1,000 以上のサンプルが必要）、多次元のリスクファクターへの応用が現状困難なこと、EVT はデータが IID（Independently and Identically Distributed、独立かつ同一の分布に従う）であることを仮定しているが、実際の収益率は必ずしも IID でないこと、が挙げられる。

東証株価指数（TOPIX）、東証 2 部株価指数、ドル・円の為替レート、米国の株価指数（S&P500）、原油インデックス（WTI）のそれぞれの収益率データを用いて、GARCH モデルおよび GARCH-t モデル（以下、両 GARCH モデルと

呼称)による手法⁵、および EVT による手法により VaR を算出しそれらのパフォーマンス比較を行った。この結果、バイオレーションの頻度⁶をみると、GARCH モデルの推定精度は低く、GARCH-t モデルと EVT の推定精度が高いこと、両 GARCH モデルでは、分布の裾の形状に対称性を仮定しているため右裾と左裾のバイオレーション頻度が大きく異なるという形で推定精度に顕著な非対称性が表れている一方、EVT ではこうした非対称性はみられないこと、両 GARCH モデルでは VaR が時間を通じて大きく変動する一方、EVT では VaR が相対的に安定していること、EVT ではバイオレーションのクラスタリング⁷が発生している一方、両 GARCH モデルではクラスタリングの度合いが少ないこと、両 GARCH モデルでは収益率の大幅な変動に対し VaR が過剰反応する傾向があるのに対し、EVT ではこうした傾向がみられないこと、などが判明した。この結果、本邦市場においてリスク計測を行う際は、推定の精度や時間的な安定性から EVT を用いることが望ましいと考えられる。

(2) 自由討議の要旨

自由討議においては、主に、リスク計測手法としての EVT の有用性と問題点、および、EVT と従来型の VaR 計測手法との関係について議論が行われた。

(リスク計測手法としての EVT の有用性)

まず、EVT の理論的枠組みの有用性に関しては、「収益率分布のファット・テール性を織込んだリスク量計測という難しい問題に、確率論および統計学の理論に基づく明確な回答を与えた」と評価する意見が相次いだ。

- ・従来、金融機関のリスク管理では、VaR の算出など収益率分布の裾の分析が課題のひとつとなっている。こうした中で、分布の裾のみを取出して統計的推計を行うという EVT の発想は、実務上大きな前進であるといえる。
- ・全体の分布形状にかかわらず、裾の厚い分布では裾部分がパレート型の分布に収斂

⁵ ここでは、GARCH モデルとは、残差に正規分布を仮定した正規 GARCH(1,1)モデルを指し、GARCH-t モデルとは、残差に t-分布を仮定した GARCH-t(1,1)モデルを指すものとする。

⁶ 実際の収益率が VaR を超過する頻度。

⁷ バイオレーションが頻発する時期とそうでない時期とが存在すること。

するという EVT の結果は、客観性という点で、経営陣等に対する説明力が高い。

- ・これまで、ファット・テール性をリスク管理上織込む方法としては、バーゼル銀行監督委のマーケット・リスク規制で行われたように VaR を 3~4 倍するといったやや主観的な方法が一般的である。EVT はこうした手法に代わり、ファット・テール性を客観的に導入する方法を示している。

この間、報告で EVT の利点の一つとされた VaR の時間的な安定性が、実際に VaR の性質として望ましいか否かについて意見が交わされた。ここでは測定される VaR の市場への追従性と時間的な安定性との間のトレード・オフが問題となったが、いずれが望ましいかについては参加者の間で見解が分かれた。

- ・ポジション枠配分やパフォーマンス評価に VaR を用いる場合、VaR の水準が大きく変動すると実務上の対応が困難となる。したがって、時間的に安定した VaR を算出する EVT は実務上望ましい性質を有しているといえる。
- ・収益率のボラティリティにクラスタリングが発生している事実を踏まえると、市場実勢如何に拘わらず VaR が変動しないというのは問題がある。仮に市場実勢を反映したリスク計測を重視するならば、EVT よりも GARCH の方が望ましいといえる。
- ・VaR の時間的な安定性が望ましいか否かは、収益率分布をどうみるかに依存するのではないかと考える。収益率分布が市場の状況に応じて短期的に変化していると考えられるのであれば、VaR もこれに応じて変化すべきであるが、収益率分布が長期的にみれば安定した同一の分布に従っていると考えるならば、VaR も安定している方が望ましい。

(リスク計測手法としての EVT の問題点)

一方、EVT の実用化においては、多次元の確率変数への応用が困難であること、推計には多数のデータ・サンプルが必要なこと、の 2 点が大きな問題となることが指摘された。まず、EVT の多次元への応用に関し、「正規分布を仮定した従来型の VaR 計測と同様、EVT も分散・共分散法を用いて多次元の確率変数に応用することが可能なのではないかと」の問題提起がなされた。これに対しては、分布の正規性を前提とした分散・共分散法を EVT に用いることは理論的には矛盾しているとの見方が大勢を占めたが、一方で簡便な手法として実務上用いることも可能性として考えられるとの意見も示された。

- ・ VaR 算出における分散・共分散法は、分布の正規性の仮定に強く依存している⁸。しかし、EVT では一般的に分布の非正規性を仮定しているため、分散・共分散法を用いることは出来ない。
- ・ EVT によるリスク計測では裾の厚い分布が前提とされているが、裾の厚い分布では2次モーメントが存在しないケースが存在し、2次モーメントの存在を前提とした分散・共分散法を EVT に用いることは理論的に無理がある。
- ・ 個別のリスク・ファクターに対して算出した EVT による VaR を、分散・共分散行列を使って合算することにより、EVT を用いた近似的なポートフォリオの VaR を算出することができるのではないか。

このほか、理論に整合的な形で EVT を多次元に応用する手法の一つとして Copula (コピュラ)⁹が注目されているとの指摘があった。しかし、Copula の理論的・実証的研究は現状では十分には進んでおらず、実用化のためには今後の研究進展を待つ必要があるとの見方が示された。

このほか、確率変数が一次元の場合には理論に整合的な形で EVT の応用が可能であるとして、以下の意見が表明された。

- ・ 株式個別銘柄のリスク測定や、株式ポートフォリオのシステムティック・リスク(一般市場リスク)の測定など、単一のリスク・ファクターに対するリスク量の測定に応用可能である。
- ・ ヒストリカルあるいはモンテカルロ・シミュレーションを用いてリスク量の計算を行う際に、シミュレーションから生成した収益率分布の裾は一般にスムーズにならず、リスク量が振れるという問題がある。そこで、この裾の部分に EVT を適用し、スムージングを行うことが考えられる。

一方、データ数の制約に関しては、報告で示された「最低 1,000 以上のデータ数が必要」との指摘に対して、「必要となるデータが多いため、リスク管理業務全般に適用することは難しい」との意見が寄せられた。これに対しては、

⁸ 正規分布を仮定した VaR 算出における分散・共分散法は、理論的には分散・共分散行列のみから同時確率分布が特定されるという多変量正規分布の性質に依存している。

⁹ Copula とは、多変量確率変数の同時分布関数を各変数の周辺分布関数の関数として表わし、確率変数間の相互依存関係を分析しようとするものである。

Copula の詳細は、例えば、“Pitfalls and alternatives” P. Embrechts, A. McNeil, and D. Straumann, *Risk* Vol.12/No.5, May 1999, pp. 69-71 を参照。

「1,000 というデータ数は、報告において閾値選択のためにブートストラップ法を用いる際に必要とされたものであり、EVT には他の推計手法も考案されていることから、他の手法を使うことで、より少ないデータ数で計測が行える可能性もある」として、報告以外の手法では必要なデータ数が減少する可能性がある点が指摘された。

(従来型の VaR 計測手法との関係)

次に、正規性を仮定した従来型の VaR¹⁰と EVT による VaR との関係を実務上どう位置付けるかについて議論された。その結果、「EVT による VaR は、簡便性などの面で必ずしも従来型の VaR が果している役割を代替するものではなく、ストレス・テストへの応用など従来型の VaR を補完する形で活用するべきである」といった意見が大勢を占めた。

- ・分散・共分散法による従来型の VaR は、計算の簡便性のほか、ポートフォリオの特性について広範な情報を提供するというメリットがある。EVT による VaR には、こうしたメリットがないことから、従来型の VaR の役割の代替手法にはならない。
- ・EVT は、分散・共分散法による従来型の VaR では捉え切れていないファット・テール性に対するストレス・テストとして補完的に利用することが出来ると考えられる。
- ・ストレス・テストは、イベントの想定、市場価格変動のストレス・シナリオの作成、シナリオにおけるポートフォリオの最大損失額の計算、といったステップを踏んで行われる。このうち、は、リスク管理担当者の主観で決定しているのが実情である。EVT を活用することより、のストレス・シナリオの作成をより客観的に行えるようになる可能性がある。

以上

¹⁰ ここでは、従来型の VaR 計測手法として、正規分布を仮定した分散・共分散法を念頭において議論がなされた。

(別添)

(敬称略、五十音順)

平成12年1月14日(金) 15:00~17:00

第1回「流動性リスク」

日本銀行本店 南分館 10階 1001会議室

| | |
|--------------------------|--------|
| 司会： 日本銀行 金融研究所 調査役 | 小田 信之 |
| 報告者： 日本銀行 金融研究所 | 久田 祥史 |
| 日本銀行 金融研究所 | 山井 康浩 |
| IQファイナンシャルシステムズ 代表取締役副会長 | 薄葉 真哉 |
| 日本オプティマーク・システムズ 取締役企画部長 | 宇野 淳 |
| 日本興業銀行 統合リスク管理部 副調査役 | 江口 昌宏 |
| 東京三菱証券 エクイティ部 課長 | 小西 秀 |
| 横浜国立大学 経済学部 教授 | 小林 正人 |
| 青山学院大学 経済学部 助教授 | 芹田 敏夫 |
| さくら銀行 リスク統括部 次長 | 西口 健二 |
| 住友銀行 市場管理部 上席部長代理 | 堀川 義弘 |
| ニッセイ基礎研究所 金融研究部門 副主任研究員 | 室町 幸雄 |
| 慶應義塾大学 総合政策学部 教授 | 森平 爽一郎 |
| 富士証券 エクイティトレーディング部 次長 | 森本 敏喜 |
| 東京海上火災保険 財務企画部 副参事 | 森本 祐司 |
| 三和銀行 与信企画部 部長代理 | 山本 佳史 |
| 東京三菱銀行 市場リスク管理部 調査役 | 吉藤 茂 |
| 日本銀行 金融研究所長 | 翁 邦雄 |
| 日本銀行 金融研究所 研究第1課長 | 内田 真人 |
| 日本銀行 金融市場局 調査役 | 米谷 達哉 |
| 日本銀行 金融研究所 調査役 | 小高 新吾 |
| 日本銀行 金融研究所 調査役 | 家田 明 |
| 日本銀行 金融研究所 | 加藤 敏康 |
| 日本銀行 金融研究所 | 吉羽 要直 |
| 日本銀行 金融研究所 | 丸茂 幸平 |

(敬称略、五十音順)

平成12年1月21日(金) 15:00~17:00

第2回「モデル・リスク」

日本銀行本店 南分館 10階 1001会議室

| | |
|--------------------------|--------|
| 司会： 慶應義塾大学 総合政策学部 教授 | 森平 爽一郎 |
| 報告者： 日本銀行 金融研究所 | 加藤 敏康 |
| 日本銀行 金融研究所 | 吉羽 要直 |
| 日本興業銀行 統合リスク管理部 副部長 | 池森 俊文 |
| 東京三菱銀行 企画部 調査役 | 石本 哲哉 |
| ニッセイ基礎研究所 金融研究部門 副主任研究員 | 乾 孝治 |
| IQファイナンシャルシステムズ 代表取締役副会長 | 薄葉 真哉 |
| 住友銀行 市場管理部 部長代理 | 近江 義行 |
| 三和銀行 与信企画部 部長代理 | 加治木 基之 |
| 富士証券 デリバティブ業務開発部長 | 我部山 伸男 |
| 東京三菱証券 エクイティ部 部長 | 亀澤 宏規 |
| 横浜国立大学 経済学部 教授 | 小林 正人 |
| 東京三菱銀行 為替資金部 調査役 | 田中 久充 |
| さくら銀行 リスク統括部 次長 | 西口 健二 |
| 興銀証券 企画管理グループ 業務管理部 課長 | 松岡 秀樹 |
| 東京海上火災保険 財務企画部 副参事 | 森本 祐司 |
| 東京三菱銀行 市場リスク管理部 調査役 | 吉藤 茂 |
| 日本銀行 金融研究所 研究第1課長 | 内田 真人 |
| 日本銀行 金融研究所 調査役 | 小高 新吾 |
| 日本銀行 金融研究所 調査役 | 家田 明 |
| 日本銀行 金融研究所 調査役 | 小田 信之 |
| 日本銀行 金融研究所 | 山井 康浩 |
| 日本銀行 金融研究所 | 丸茂 幸平 |
| 日本銀行 金融研究所 | 久田 祥史 |

(敬称略、五十音順)

平成12年1月28日(金) 15:00~17:00

第3回「信用リスク計量の簡便アプローチ」

日本銀行本店 南分館 10階 1001会議室

| | | |
|------|----------------|-------|
| 司会： | 日本銀行 金融研究所 | 山井 康浩 |
| 報告者： | 日本銀行 金融研究所 調査役 | 家田 明 |
| | 日本銀行 金融研究所 | 丸茂 幸平 |
| | 日本銀行 金融研究所 | 吉羽 要直 |

| | |
|--------------------------|-------|
| 日本興業銀行 統合リスク管理部 副部長 | 池森 俊文 |
| 東京三菱銀行 企画部 調査役 | 石本 哲哉 |
| 東京三菱証券 エクイティ部 部長 | 亀澤 宏規 |
| 横浜国立大学 経済学部 教授 | 小林 正人 |
| 住友銀行 融資企画部 上席部長代理 | 清水 仁 |
| ニッセイ基礎研究所 金融研究部門 主席研究員 | 田中 周二 |
| 東海銀行 融資企画部 調査役 | 中口 秀忠 |
| さくら銀行 リスク統括部 次長 | 西口 健二 |
| 東京海上火災保険 財務企画部 副参事 | 森本 祐司 |
| IQファイナンシャルシステムズ チーフアナリスト | 山下 司 |
| 三和銀行 与信企画部 部長代理 | 山本 佳史 |
| 東京三菱銀行 市場リスク管理部 調査役 | 吉藤 茂 |

| | |
|-------------------|--------|
| 日本銀行 金融研究所 研究第1課長 | 内田 真人 |
| 日本銀行 金融市場局 調査役 | 荒木 光二郎 |
| 日本銀行 金融研究所 調査役 | 小高 新吾 |
| 日本銀行 金融研究所 調査役 | 小田 信之 |
| 日本銀行 金融研究所 | 加藤 敏康 |
| 日本銀行 信用機構室 | 米山 正夫 |
| 日本銀行 金融研究所 | 久田 祥史 |

(敬称略、五十音順)

平成12年2月4日(金) 15:00~17:00

第4回「Extreme Value Theory を利用したリスク計量」

日本銀行本店 南分館 10階 1001会議室

| | |
|---|-------|
| 司会： 日本銀行 金融研究所 調査役 | 家田 明 |
| 報告者： 東京海上火災保険 財務企画部 副参事 | 森本 祐司 |
| 東京海上火災保険 財務企画部 副主任 | 朝香 智雄 |
| 東京三菱銀行 企画部 調査役 | 石本 哲哉 |
| 住友銀行 市場管理部 部長代理 | 近江 義行 |
| 東京三菱銀行 市場リスク管理部 調査役 | 加藤 敏康 |
| 東京大学 経済学部 教授 | 國友 直人 |
| 東京三菱証券 エクイティ部 課長 | 小西 秀 |
| 横浜国立大学 経済学部 教授 | 小林 正人 |
| さくら銀行 リスク統括部 次長 | 西口 健二 |
| 興銀第一フィナンシャル・テクノロジーズ 金融保険工学部 シニアフィナンシャルエンジニア | 深谷 竜司 |
| 三和銀行 与信企画部 部長代理 | 馬見塚 隆 |
| IQファイナンシャルシステムズ チーフアナリスト | 山下 司 |
| ニッセイ基礎研究所 金融研究部門 副主任研究員 | 湯前 祥二 |
| 東京三菱銀行 市場リスク管理部 調査役 | 吉藤 茂 |
| 日本銀行 金融研究所長 | 翁 邦雄 |
| 日本銀行 金融研究所 研究第1課長 | 内田 真人 |
| 日本銀行 金融研究所 調査役 | 小高 新吾 |
| 日本銀行 金融研究所 調査役 | 小田 信之 |
| 日本銀行 金融研究所 | 山井 康浩 |
| 日本銀行 金融研究所 | 吉羽 要直 |
| 日本銀行 金融研究所 | 安藤 啓 |
| 日本銀行 金融研究所 | 丸茂 幸平 |
| 日本銀行 金融研究所 | 久田 祥史 |