

仕組み債のバリュー・アット・リスク算出について¹

山田雅章 御手洗孝子²

1. はじめに

仕組み債の意義は、デリバティブ取引を内包することによりテラーメイドの投資機会を投資家に提供していることにあります。ただし、その反面で、テラーメイドであるがゆえに流動性に乏しく、また、デリバティブ取引を内包しているがゆえに複雑なリスク特性を持つ、というリスク管理上の難しさがあります。

最近では、統合リスク管理の下でリスクの定量化が図られており、仕組み債の保有リスクの定量化もその例外ではありません。

V a R (Value at Risk, バリュー・アット・リスク) は市場レートの変動に伴う商品価値の下落リスク (市場リスク) の定量化方法として最も普及している指標の一つにあげられますが、複雑なリスク特性のために仕組み債の V a R 計算については手探り状

¹ 本稿における意見・見解は筆者の個人的なものであり、筆者が所属する機関の意見・見解を代表したものではありません。本稿は投資を勧誘するものではなく、本稿で示されたデータやグラフは投資成果の予想を示すものではありません。筆者は本稿の完全性、正当性を保証しません。また、本稿の全部または一部は予告せずに変更することがあります。

² 山田雅章 (Masaaki Yamada)、御手洗孝子 (Takako Mitarai) とともに東海東京証券投資銀行営業推進部研究開発グループ所属。本稿の内容に関するご質問等に関しましては、研究開発グループ山田雅章 (masaaki_yamada@tokaitokyo.co.jp) までお知らせください。

態にあると言えます。本稿では、P R D C を例に採り、投資家にとってふさわしい仕組み債 V a R 計算方法について、筆者の見解を示します。

2. V a R の計算要素

V a R はリスクの定量化方法として広く普及しています。しかし、V a R の算出に際しては、“リスクファクター”、“保有期間”、“計算方法”といった計算要素を特定する必要があります。その特定の仕方によっては V a R に大きな差異も生じてきます。特に、仕組み債は複雑なリスク特性を持つために、計算要素に関する理解は不可欠です。そこで、仕組み債の V a R 計算に入る前に、上記3つの計算要素について確認しておくことにしましょう。

(1) リスクファクター

固定利付国債であれば金利上昇リスク、15年変動利付国債であれば利回り曲線のフラット化リスク、というように金融商品のリスクはさまざまです。金融商品価格下落をもたらす原因となるリスクをリスクファクターと言います。

仕組み債の代表格である P R D C (Power Reverse Dual Currency、パワーリバースデュアルカレンシー) のリスクファクターを考えてみましょう。ドル円為替レート参照型 P R D C と仮定します。P R D C がさらされるリスクの主なものに、円金利上昇リスク、米金利上昇リスク、ドル円為替レート円高リスクがあります。従って、円金利、米金利、ドル円為替レートは P R D C のリスクファクターということになります。

この他にも、これら3つのそれぞれのボラティリティもリスクファクターであり、また、これら3つのリスクファクター相互間の相関係数もリスクファクターとなります。さらに、発行体の信用リスク、通貨需給によって生じる通貨ベースと呼ばれる金利差もリスクファクターに含めることができます。

このように、仕組み債のリスクファクターは数多く存在します。もちろん、すべてのリスクファクターを考慮すればVaRによるリスク定量化の精度は改善しますが、それと引き換えにVaR計算は複雑なものとなります。実務上は、相対的に仕組み債価格に影響の大きいリスクファクターを選ぶこととなります。本稿では、仕組み債の例としてPRDCを取り上げ、相対的影響度の観点から、円金利、米金利、ドル円為替レートの3つのリスクファクターを選択しています。

(2) 保有期間

VaRがリスクの定量化指標として登場した当初では、VaRはトレーディング勘定のリスク管理に導入されました。そのときのVaRは、ポジションを解消すると判断してからが解消されるまでに一定の確率（通常は99%）で生じるうる損失額を示した数値として解釈されました。ポジションを解消すると判断してから、実際にポジションが解消されるまでに要する期間を保有期間と言います。

その後、VaRはトレーディング勘定だけでなくバンキング勘定のポジションにも適用されるようになり、また、信用VaRが

開発されるに至り、かつてのように保有期間がポジションの解消を意味するとはなくなりました。

しかし、VaRの歴史を考えれば、保有期間を商品の流動性に沿って選択することは自然です。金融機関全体の金利リスク量を示したアウトライヤー基準では、預金、貸出等のバンキング勘定の保有期間は1年に設定されていることを参考にして、その他保有目的の国債等、流動性のある債券の保有期間は10営業日程度とし、流動性が乏しい仕組み債の保有期間は長めに1年間と設定するのは妥当な選択と筆者は考えています。

なお、実務では、しばしばルートTルール（root T rule）を用いて保有期間を変換します。とても便利で簡単な変換方法なのでここで説明しておきましょう。

保有期間T日のVaRが得られている場合、(1)式に従って保有期間をS日としたときのVaRに換算することができます³。

$$S \text{ 日の VaR} = T \text{ 日の VaR} \times \sqrt{\frac{S}{T}} \quad (1)$$

(例) 保有期間250営業日のVaRが10億円るとき、保有期間10営業日のVaRは2億円となります。

$$10 \text{ 億円} \times \sqrt{\frac{10}{250}} = 10 \text{ 億円} \times \frac{1}{5} = 2 \text{ 億円}$$

(3) 計算方法

VaRの計算方法には、大きく分けて分散共分散法とヒストリカル・シミュレーショ

³ (1)式を適用する際に満足されるべき前提条件については、文献[1]を参照ください。

ン法があります。

分散共分散法はリスクファクターを統計分析し、分析から得られる統計量を使用してV a Rを計算する方法です。

これに対して、ヒストリカル・シミュレーション法は、過去に実際に実現したリスクファクターの変化率をV a R計算時点のリスクファクターに適用することにより、過去に起きたのと同様なショックをV a R計算の対象である金融商品に与え、金融商品価格への影響を計測することにより、V a Rを求める方法です。

リスクファクターが複数に亘るケースや、リスクファクターの変化にジャンプが見られるケースでは、統計量を用いた方法では発見できないリスクが潜んでいる可能性があるため、最近では、ヒストリカル・シミュレーション法を採用する投資家が増えているようです。

一見すると、ヒストリカル・シミュレーション法に優位性があるようですが、利点ばかりではありません。欠点の一つには、ヒストリカル・シミュレーション法では、過去の市場データを用いるため、シミュレーションに使用できるリスクファクターの変化率データ（サンプル）の数に限度があることです。特に、保有期間1年のヒストリカル・シミュレーションを行うとなると、1年に1つしかサンプルが取れないこととなります。

もう一つの欠点としては、相場の連続性（因果関係）を考慮していないことです。ポジションは、相場や投資家周囲の投資環境の連続性の上に成り立つのに対して、リスクシナリオは連続性を考慮していません。連続性の問題はヒストリカル・シミュレーシ

ョン法に限ったことではなく、分散共分散法においても同様な問題点があります。相場の連続性を織り込んだV a R計算方法については後述します。

3. V a R計算の前提条件

本稿では代表的な仕組み債であるPRDCを例にとり、V a R計算を行います。本稿で想定するPRDCは次のようなものです。

<PRDC>

最長30年債

年1回利払い

利払い毎に発行体によるコール条項付

利率は

$$14\% \times \frac{\text{利払い時点為替レート} - 110}{110} - 10\%$$

キャップ8%、フロア0%

為替レートはドル円為替レート

前述したように、本稿ではPRDCのリスクファクターとして、“円金利”、“米ドル金利”、“ドル円為替レート”の3種類を仮定します。また、V a R算出時点の市場条件として、円金利2%、米ドル金利5%、ドル円為替レート115円を仮定しました⁴。

PRDCの計算方法は、二項モデルを使用しています。なお、本稿ではV a Rは保有期間10営業日、確率99%（もしくは1%）

⁴ 技術的困難さを緩和するために、利回り曲線はフラット（平坦）、つまり、年限にかかわらず利回りは一定値をとると仮定しました。また、ボラティリティ（リスクファクターの変化率の変動性）は、為替11%、円金利37%、米ドル金利18%と置いて理論価格を計算しています。

で起こる最大期待損失額で計算しています。

4. 分散共分散法によるVaR

1995年1月6日から2007年10月12日までの日次終値データにおいて、隔週で週末日を選び、2週間のレート変化率を計算しました。それ保有期間10営業日のリスクとみなしました。表1にリスクファクターの統計量を示します。

表1. 統計量

	為替	円金利	米金利
個数	333	333	333
平均値	0.04%	-0.30%	-0.16%
標準偏差	2.23%	7.39%	3.60%
歪み度	-1.24	1.99	0.69
尖り度	6.77	10.83	1.73
0.99	3.93%	29.89%	11.24%
0.9	2.56%	7.02%	4.27%
0.5	0.27%	-0.80%	-0.46%
0.1	-2.74%	-6.85%	-4.05%
0.01	-5.43%	-16.71%	-6.31%
相関係数		2.26%	13.91%
			26.52%

収集されたリスクの個数は333個。標準偏差は、10営業日間でリスクファクターが変動する大きさを示しています（変化率であることに注意してください）。歪み度、尖り度は正規分布を基準に、確率分布の形状を示した統計量です。正規分布と比較して、為替は円高方向に分布の裾を厚くし（歪み度マイナス）、かつ、全体的にも両方の裾を厚く（尖り度プラス）した形状であることが表1から見てとれます。

0.99から0.01までの数値はパーセントイル点を意味しています。たとえば為替レートの場合、1%の確率で5.43%円高方向に動くのに対して、円安方向には

3.93%と変化率が小さくなっています。この数値は、歪み度と尖り度からみた確率分布形状と整合性があります。

さて、分散共分散法のVaRは、表1の統計量のうち、標準偏差と相関係数を使用して求められます。本稿では、表1の数値に従って、10000組の乱数を発生させ、VaR算出時点の市場条件を変化させました。変化した各市場条件の下でPRDCの理論価格を計算し、10000個の理論価格の低い方から100番目の数値を求めます。その数値と、VaR算出時点のPRDC理論価格との乖離額が分散共分散法のVaRとなります。6.67円と計算されました。

5. ヒストリカル・シミュレーション法によるVaR

ヒストリカル・シミュレーション法は、過去に実際に実現したリスクファクターの変化率を用いてVaRを算出します。分散共分散法との違いは、リスクファクターの変化率に、過去の実績値を用いるか、乱数を用いるか、の違いだけです。

表1の個数にあるように、333組の変化率からVaRを計算しました。つまり、変化した各市場条件の下でPRDCの理論価格を計算し、333個の理論価格の低い方から3.3番目の数値を3番目と4番目から按分して求めます。その数値と、VaR算出時点のPRDC理論価格との乖離額がヒストリカル・シミュレーション法のVaRとなります。9.59円と計算されました。

ヒストリカル・シミュレーション法のVaR

Rが大きくなったのは、分散共分散法が暗黙のうちに仮定しているリスクファクターの変化率の確率分布（正規分布）と実際に過去において実現したリスクファクターの変化率の確率分布が異なるためです。平たく言えば、過去に想定を超えたストレスがかかった期間をリスクシナリオとして織り込むのがヒストリカル・シミュレーション法であり、統計的に想定された範囲でリスクシナリオを描くのが分散共分散法と言えます。

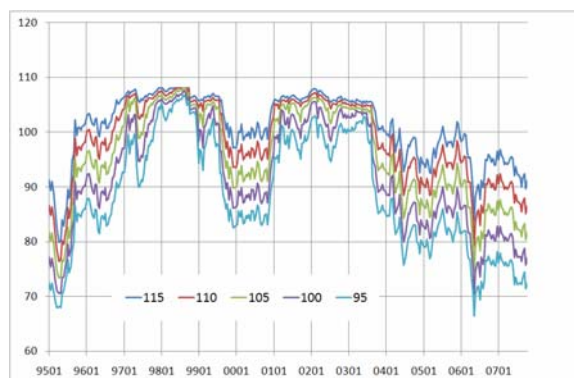
6. 結びに代えて

分散共分散法やヒストリカル・シミュレーション法は、相場の連続性（因果関係）を織り込むことなくVaRを算出します。一方、ポジションは、相場や投資家周囲の投資環境の連続性の上に成り立つと考えられます。リスクシナリオとポジションの整合性は保たれているのでしょうか？

この疑問に対しては、PRDCのトラックレコード（価格履歴）を用いたVaR計算方法を示し、回答と代えたいと思います。VaR計算時点のリスクファクターを出発点として、過去に起きたリスクファクターの変化率を再現していきます。これによりPRDCのトラックレコードを作成することができます。

図1では、VaR計算時点の為替レートを変化させてトラックレコードを作成しました。為替レート水準によってPRDC価格の変化率の標準偏差は異なりますが、図1の設定の下では、1.4%~2.0%の範囲でした。これをVaRに換算すると3円~4円ということになります。

図1. PRDCのトラックレコード



このPRDCのトラックレコードを用いる方法は、実際の動き（Behavioral⁵）に迫ったものであり、筆者は引き続いて研究を進めていく所存です。

リスク管理にい取り組まれている実務家諸氏が、本稿を通じて日常業務に資する部分を見出していただければ、筆者にとってこれにまさる喜びはありません。

文献

- [1] 碓井茂樹、“市場リスクの計測手法”、日本銀行金融高度化センター、2007年9月、34ページ。
- [2] バーゼル銀行監督委員会、“金利リスクの管理と監督のための諸原則”、日本銀行仮訳、2003年9月、34ページ。

⁵ 文献[2]を参照ください。