

# IMES DISCUSSION PAPER SERIES

## トレーディング取引のデフォルトリスク評価： 簡素な内部モデルの構築と考察

もりたによしひろ  
守谷嘉洋

Discussion Paper No. 2015-J-16

# IMES

INSTITUTE FOR MONETARY AND ECONOMIC STUDIES

BANK OF JAPAN

日本銀行金融研究所

〒103-8660 東京都中央区日本橋本石町 2-1-1

日本銀行金融研究所が刊行している論文等はホームページからダウンロードできます。

<http://www.imes.boj.or.jp>

無断での転載・複製はご遠慮下さい。

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、ディスカッション・ペーパーの内容や意見は、執筆者個人に属し、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。

## トレーディング取引のデフォルトリスク評価： 簡素な内部モデルの構築と考察

もりたに よしひろ  
守谷 嘉洋\*

### 要 旨

2012年5月にバーゼル銀行監督委員会から公表された市中協議文書「トレーディング勘定の抜本的見直し (Fundamental Review of the Trading Book ; FRTB)」では、トレーディング取引のリスクアセットの評価方法を包括的に見直している。現行規制では、内部モデルを採用している銀行であっても、デフォルトリスク評価について簡便な掛目方式 (標準的方式) の適用が認められているが、FRTB ではいくつかの要件を満たす内部モデルを構築することが求められる。その主な要件は、(1)2ファクターモデルを採用すること、(2)相関について株価あるいはクレジットスプレッドデータから推定すること、(3)流動性ホライズンは1年とすること等である。本稿では、デフォルトリスク評価に関するFRTBの要件やリスク管理の実務を踏まえたモデルを検討し、分析を行った。この際、バーゼル銀行監督委員会が複雑性を排除し、より簡素さを求めていることも考慮した。当該モデルを相関の観点から分析した結果、業種相関の推定に使用する株価データの選定が重要であることが示された。また、流動性ホライズンの観点からは、FRTBの要件と内部管理モデル上の流動性ホライズンの前提の違いが、金融機関の投資行動に影響を与えうるという示唆を得た。

キーワード：信用リスク、バーゼル規制、FRTB、トレーディング、内部モデル、デフォルト事象の相関、流動性ホライズン

JEL classification: G18、G21、G32、G33

\* 日本銀行金融研究所 (現 あずさ監査法人、E-mail: yoshihiro.moritani@jp.kpmg.com)

本稿の作成に当たり、青沼君明教授 (明治大学大学院)、酒井鑑氏 (野村ホールディングス) をはじめ、日本金融・証券計量・工学学会 (JAFEE) 第43回大会参加者および日本銀行スタッフ等から有益なコメントを頂いた。ここに記して感謝したい。ただし、本稿に示されている意見は、筆者個人に属し、日本銀行の公式見解を示すものではない。また、ありうべき誤りはすべて筆者個人に属する。

(目次)

1. はじめに.....	1
2. デフォルトリスクの評価モデル.....	2
(1) FRTB におけるモデルの要件.....	2
(2) FRTB の要件を考慮したモデル.....	4
(3) 比較対象とする内部管理モデル.....	10
3. 分析.....	13
(1) サンプルポートフォリオ.....	13
(2) パラメータの設定.....	15
(3) 分析結果.....	17
4. まとめ.....	23
補論 1. リスクファクターの選定.....	25
補論 2. ソブリンのデフォルトリスク.....	26
補論 3. 残差の相関に係る調整.....	27
補論 4. 2ファクターモデルの別の表現.....	28
補論 5. 業種相関に係る誤方向リスク.....	31
補論 6. 期中での売却・ヘッジを考慮するデフォルトリスク評価.....	32
補論 7. 分析に使用したパラメータ等.....	33
参考文献.....	36

## 1. はじめに

2007年のサブプライムローン問題に端を発する金融危機は、欧米の金融機関に巨額の損失を与え、実体経済にも大きな影響を与えた。この大きな要因として、欧米の金融機関において過度に積極的なトレーディング取引の存在が指摘され、トレーディング取引に関連する規制の見直しが進められてきた。その1つとして、2012年5月にバーゼル銀行監督委員会は市中協議文書「トレーディング勘定の抜本的見直し（Fundamental Review of the Trading Book ; FRTB）」を公表し<sup>1</sup>、トレーディング取引に係る所要自己資本の計算上のリスク評価方法を見直すことを求めている。

FRTBではトレーディング取引のリスク評価について、抜本的かつ包括的な見直しが行われているが、本稿では、デフォルトリスク評価に焦点を当てて議論を行う。トレーディング取引は短期売買が原則であるため、取引価格の変動による損失の管理が最も重要である。しかし、債券などで流動性が低い銘柄では、保有銘柄の売却を行う前に発行体（または参照先）がデフォルトする蓋然性があり、かつ昨今の債券市場の流動性の変化<sup>2</sup>を踏まえると、デフォルトリスクを適切に評価することの重要性が高まっていると考えられる。

現行規制では、デフォルトリスクについて、金融機関が自ら構築した評価モデルによって評価する方式（内部モデル方式）と当局が定める簡便な掛目方式（標準的方式）の2つから選択が可能である<sup>3</sup>。欧米の主要な金融機関は内部モデル方式を採用している場合が多いが、本邦においては内部モデル方式への移行が課題となっている金融機関が多い。このように現行規制ではデフォルトリスク評価の方式について選択適用が可能であるが、FRTBでは標準的方式を選択することは認められず<sup>4</sup>、当局が指定する要件を満たすリスク評価モデルを構築することが求められている。FRTBではデフォルトリスクの評価方法について幾

---

<sup>1</sup> 初版のBCBS [2012]が公表された後、改訂版としてBCBS [2013c]およびBCBS [2014c]が公表されている。

<sup>2</sup> 欧米では、国債等の一部の銘柄について取引が集中する一方で、社債等については流動性が低下しつつあり、短期売買が難しくなっていると言われている。例えば、CGFS [2014]では、金融危機以前に比べて、国債の取引が増加する一方で、社債の取引が減少していること、社債の回転率（＝総売買金額／総発行残高）が低下していること等が報告されている。

<sup>3</sup> 現行規制ではデフォルトリスクのほか格付遷移リスクも考慮されているが、FRTBではデフォルトリスクのみを考慮する。

<sup>4</sup> 正確には、FRTBではデフォルトリスクも含めてトレーディング取引全体のリスク評価方法として、内部モデル方式か標準的方式を選択する。内部モデル方式を採用する場合において、デフォルトリスクのみを標準的方式で評価することは認められない。

つかの要件を定めてはいるものの、詳細までは定めていない。本稿では、FRTBが定める要件を満たすリスク評価モデルを提案し、当該モデルの特性について考察する。

また、モデルの検討にあたっては、複雑性を抑えた簡素なモデルの構築を目指す。これは、バーゼル銀行監督委員会のリスクアセット評価に係る調査報告書（BCBS [2013a, d]）において、金融機関が内部モデルを高度化していく中で、モデルがより複雑なものとなり、各金融機関のリスク評価結果に一定水準以上のばらつきが生じ、各金融機関のリスクの比較が困難になっているとの懸念が示されていることを踏まえたものである<sup>5</sup>。

本稿の構成は以下のとおりである。まず、2節では、FRTBの要件を整理し、その要件に合うデフォルトリスク評価モデルを提案する。3節ではサンプルポートフォリオのデフォルトリスクを試算し、2節で提案するモデルの特性を考察する。最後に4節にて本稿をまとめる。

## 2. デフォルトリスクの評価モデル

### (1) FRTBにおけるモデルの要件

FRTBのデフォルトリスクの評価モデル<sup>6</sup>の要件に関して、主に本稿で必要となるものを挙げると以下のとおりである。

#### ■ リスク指標

リスク指標は VaR (Value at Risk)、信頼区間は片側 99.9%である<sup>7</sup>。

#### ■ 評価モデル

2ファクターモデル（システマティックファクターが2つのモデル）かつクレジットイベントとしてデフォルト事象のみを認識するデフォルトモード方式の採用が求められている（銀行勘定の信用リスクアセット計算のように1ファク

<sup>5</sup> BCBS [2013b]では、内部モデルの高度化によってリスク感応度 (risk sensitivity) が向上し、様々なメリットがもたらされると同時に、複雑性 (complexity) が増し、モデルリスクの増加などデメリットも生じたことから、今後は簡素さ (simplicity) も重要な要素として規制の枠組みを構築していくことが述べられている。

<sup>6</sup> FRTBでは、トレーディング勘定のデフォルトリスクを包含する全ての取引についてデフォルトリスクを評価するが、例外的に証券化商品については内部モデル方式の適用は認められず標準的方式（掛目方式）を適用する。

<sup>7</sup> FRTBではデフォルトリスク以外の市場リスクの評価において信頼区間 97.5%の ES (Expected Shortfall) が適用されている。

ターモデルの近似解析解<sup>8</sup>ではない。また、クレジットイベントとして発行体の格下げによる時価評価額の低下リスクも認識する MTM<Mark-to-Market>方式は求められない。

#### ■ 流動性ホライズン

デフォルトリスクに係る流動性ホライズンは1年である。FRTB では「流動性ホライズン」という考え方が導入<sup>9</sup>されているが、これは、ストレス時に、リスクを内包するポジションを、市場価格に大きな影響を与えることなく、解消またはヘッジするために要する期間と定義されており、現行規制の「保有期間」に市場流動性の違いを反映させたものである。

#### ■ パラメータの推定 (PD、LGD、相関)

PD (デフォルト確率 ; probability of default)、LGD (デフォルト時損失率 ; Loss Given Default) については、自己資本規制上の信用リスクアセット評価における採用手法によって決められている。内部格付手法 (Internal Rating-Based approach: IRB) の承認を受けた金融機関は当該 PD/LGD を使用する一方、IRB の承認を受けていない場合は特段の定め<sup>10</sup>のない限り IRB に準じて推計した PD/LGD を使用する。

相関 (評価対象ポートフォリオに含まれる参照先のデフォルトに関する相関) の主な要件は以下のとおりであり、推定方法について明確には示されていない。

- ・ 相関はクレジットスプレッドまたは株価から推定する。
- ・ 相関はストレス期間の変動を捉えたものとし、観測期間は10年以上とする。客観性を確保し、意図的に自らに有利となる相関を適用しては行けない。

<sup>8</sup> 近似解析解により大口集中リスクが過少評価される。

<sup>9</sup> 現行規制においても、トレーディング取引の追加的リスクについて流動性ホライズンの概念が適用されているが、FRTB では追加的リスクを含む全体に適用されている。

<sup>10</sup> PD については、①PD のフロアは0.03%、②リスク中立のデフォルト確率の使用は不可、③デフォルト実績データから推定し観測期間は最短でも5年間 (可能であれば市場で取引される証券を対象とした景気循環が反映されたデータを使用)、④1年のデフォルト頻度データから推定。PD 実績データから地理的スケール等の理論的に推定した PD を使用する。PD 推定においては理論的な調整 (地理条件を考慮した調整など) を行ってもよいが、その調整が過去のデフォルトから説明できなければならない。LGD については、①市場価格をベースとしてデフォルト後の市場価格に基づいて推定されたものを使用。取引種類及び返済順位を考慮しゼロ未満としてはならない、②頑健かつ正確な推計を行うのに十分な過去の実績データから推計する。PD、LGD とともに自らのポートフォリオに照らして適切であれば、外部ソースから取得したものを使用することも可能。

## (2) FRTBの要件を考慮したモデル

前項に示した FRTB のモデルの要件を考慮して、具体的なデフォルトリスク評価モデルを検討する。なお、株式及び株式デリバティブについては、デフォルトリスク評価の対象に含めることについて実務家からの異論<sup>11</sup>が多く、最終的な扱いが不確かであるため、本稿では債券（または債券と同等のデフォルトリスクの性質をもつクレジットデリバティブ）を中心としたデフォルトリスク評価について検討を行う。

### イ. モデルの基本概念

ポートフォリオのデフォルトリスクを評価する方法には幾つか種類があるが、トレーディング取引のリスク管理の実務では、マートンモデルをベースとした方法が採用されていることが多い。

マートンモデルは、評価対象の資産価値（正確には標準化された資産価値）が標準正規分布に従い、資産価値がある閾値を下回った時にデフォルトが発生すると仮定するモデルである。最もシンプルなタイプとして、1ファクターモデルがあり、発行体  $i$  の資産価値  $Z_i$  は、(1)式のとおり表現される。

$$Z_i = \rho_i \cdot X + \varepsilon_i \sqrt{1 - \rho_i^2} \quad (1)$$

ここで、 $X$  は共通ファクター、 $\varepsilon_i$  は発行体  $i$  に係る個別ファクターであり、互いに独立な標準正規分布に従う確率変数で表現する。 $\rho_i$  は発行体  $i$  に係る相関を表す。

さらに、FRTB の要件となっている2ファクターモデルの場合は一般的に

$$Z_i = \rho_{i,1} \cdot X_1 + \rho_{i,2} \cdot X_2 + \varepsilon_i \sqrt{1 - \rho_{i,1}^2 - \rho_{i,2}^2} \quad (2)$$

と表現され、2ファクター以上のマルチファクターモデルも広く用いられている。

---

<sup>11</sup> 例えば、ISDA, GFMA, and IIF [2015]では、株式のリスクは価格変動リスクで説明できること、債券等のクレジット関連取引よりも株式は流動性が高くなること、等の点を踏まえ、株式のデフォルトリスクを評価対象とすることについてトレーディングブック作業部会宛に否定的なコメントが示されている。



## ロ. 2ファクターモデルの表現

マルチファクターモデルは様々な評価式によって表現することができるが、Butenko [2014]はこれを3つのタイプに分類しており、これに基づいて2ファクターモデルの表現を整理する。

まず、発行体*i*の資産価値 $Z_i$ を(3)式の1ファクターモデルで表現する。

$$Z_i = \rho_i \cdot X_k + \varepsilon_i \sqrt{1 - \rho_i^2} \quad (3)$$

ここで、記号の定義は(1)式と同じであるが、共通ファクター $X_k$ については全ての発行体に共通のグローバルファクターとするのではなく、発行体*i*が属するセクター*k*に共通のファクターとする。また、発行体*i*の相関については、発行体毎に定める $\rho_i$ を適用する方法のほか、実務上は、セクター*k*ごとに定める $\rho_k$ を適用する方法もある。

さらに、共通ファクター $X_k$ をグローバルファクターとの関係式で表すことによって2ファクターモデルを表現できる。

- ・タイプ1 共通ファクター $X_k$ を1つのグローバルファクターで表現するモデル  
(グローバルファクターとの相関は一定)

$$X_k = w \cdot Y + \varepsilon_k \sqrt{1 - w^2} \quad (4)$$

- ・タイプ2 共通ファクター $X_k$ を1つのグローバルファクターで表現するモデル  
(グローバルファクターとの相関はセクター毎に異なる)

$$X_k = w_k \cdot Y + \varepsilon_k \sqrt{1 - w_k^2} \quad (5)$$

- ・タイプ3 共通ファクター $X_k$ を2つのグローバルファクターで表現するモデル  
(グローバルファクターとの相関はセクター毎に異なる)

$$X_k = w_{k,1} \cdot Y_1 + w_{k,2} \cdot Y_2 \quad (6)$$

ただし、 $w_{k,1}^2 + w_{k,2}^2 = 1$

## ハ. 本稿で検討するモデル

<モデルの構築>

FRTBでは2ファクターが要件となっていることを考慮すると、2つのファク

ターとしてどのような要素を採用すべきかが論点となる。バーゼル銀行監督委員会が FRTB の導入に関する定量的影響度調査 (Quantitative Impact Studies : QIS) の中で、各金融機関のデフォルトリスク評価モデルのファクターの設定内容を調査しており、その中では、“産業 (業種)” と “地域 (国)” の 2 つをファクターとする先が多い (補論 1 参照)。こうしたことから本稿では “産業 (業種)” と “地域 (国)” の要素を考慮した 2 ファクターモデルを考える。

2 ファクターモデルの表現方法には前述の 2 (2) ロ. の 3 タイプがあるが、相関を株価またはクレジットスプレッドから推定するという FRTB の要件を考慮する。タイプ 1 のモデルでは、“産業 (業種)” とグローバルファクターとの相関が一定となっており、制約が強い。一方、タイプ 3 のモデルについては、(6) 式のパラメータである  $w_{k,1}$  と  $w_{k,2}$  が明確には定まらない<sup>12</sup>。そこで、本稿では “産業 (業種)” と “地域 (国)” の 2 つの要素が考慮できるように、タイプ 2 のモデルをベースとして考える<sup>13</sup>。

マルチファクターモデルについては、資産価値の変動が何らかの経済変数 (GDP、株価収益率など) と関係があると考え、明示的に当該経済変数を説明変数とするモデル (explicit factor models) と、資産価値と具体的な経済変数との関係は想定せず、潜在変数を説明変数とするモデル (implicit factor models) がある<sup>14</sup>。FRTB の相関に係る要件のもと、(3)式の  $\rho_i$  と (5)式の  $w_k$  を明確に定めるため、本稿では共通ファクターの意味づけを行う方法で 2 ファクターのマートンモデル<sup>15</sup>を構築する。具体的には、発行体  $i$  が国  $c$  の業種  $g$  に属するとき、その資産価値  $Z_i$  は、国をファクターとする (7) 式の 1 ファクターモデルに従うとする。

$$Z_i = \rho_{\text{業種}g, \text{国}c} \cdot X_{\text{国}c} + \sqrt{1 - \rho_{\text{業種}g, \text{国}c}^2} \cdot \varepsilon_i \quad (7)$$

その上で、各国のファクター  $X_{\text{国}c}$  は、グローバルファクターを通じて互いに相関しているとする (8) 式の 1 ファクターモデルに従うとする。

<sup>12</sup> 補論 4 で述べるように因子分析の考え方を適用する方法はあるが、因子の意味づけが必ずしも明確にならないという問題がある。

<sup>13</sup> (3)式の  $\rho_i$  と (5)式の  $w_k$  によって 2 つの要素を反映する。Céspedes *et al.* [2006] ではタイプ 2 とタイプ 1 のモデル、北野 [2007] ではタイプ 1 のモデルをベースとした評価モデルが提案されているが、これらの研究では共通ファクターを潜在変数として相関を推定する方法が採用されている。

<sup>14</sup> マルチファクターモデルの説明変数の意味づけについては Hamerle *et al.* [2003] を参照。

<sup>15</sup> この 2 ファクターモデルは、共通ファクターのうち 1 つは全ての発行体に共通するものであるが、もう 1 つのファクターは発行体の属する国によって異なる。

$$X_{\text{国}c} = w_{\text{国}c} \cdot Y_{\text{global}} + \sqrt{1 - w_{\text{国}c}^2} \cdot \hat{X}_{\text{国}c} \quad (8)$$

(7)式に(8)式を代入することで、以下の2ファクターモデルが得られる。

$$Z_i = \rho_{\text{業種}g, \text{国}c} \cdot w_{\text{国}c} \cdot Y_{\text{global}} + \rho_{\text{業種}g, \text{国}c} \sqrt{1 - w_{\text{国}c}^2} \cdot \hat{X}_{\text{国}c} + \sqrt{1 - \rho_{\text{業種}g, \text{国}c}^2} \cdot \varepsilon_i \quad (9)$$

ここで、各ファクターと相関は以下のように整理される。

- $Y_{\text{global}}$  : 全ての発行体に共通のファクター
- $X_{\text{国}c}$  : 国  $c$  に属する発行体に共通のファクター
- $\hat{X}_{\text{国}c}$  : 国  $c$  に属する発行体に共通のファクターのうち、 $Y_{\text{global}}$  に連動しない部分
- $\varepsilon_i$  : 発行体  $i$  の個別ファクター
- $\rho_{\text{業種}g, \text{国}c}$  : 国  $c$  の業種  $g$  に係る相関
- $w_{\text{国}c}$  : 国  $c$  に係る相関
- $\varepsilon_i, Y_{\text{global}}, \hat{X}_{\text{国}c}$  : 標準正規分布に従う確率変数

<モデルの解釈>

#### ■ 業種要素

(7)式は“業種”の要素を考慮したものであり、発行体  $i$  の資産価値  $Z_i$  を、国  $c$  に属する発行体に共通のファクター  $X_{\text{国}c}$  で説明するものである。

共通ファクター  $X_{\text{国}c}$  は国  $c$  に属する企業の平均的な資産価値を表し、 $X_{\text{国}c}$  によって説明される度合い  $\rho_{\text{業種}g, \text{国}c}$  は、発行体  $i$  の（国  $c$  における）業種  $g$  によって異なるとする<sup>16</sup>。

共通ファクターを潜在変数とする方法もあるが、本モデルでは、国  $c$  に属する企業の平均的な資産価値  $X_{\text{国}c}$  を国  $c$  の代表的な株価インデックスで表す。これにより、 $\rho_{\text{業種}g, \text{国}c}$  は、この株価インデックスと、国  $c$  の業種  $g$  に属する企業の平均的な株価との相関係数として求めることができる。

<sup>16</sup> 本稿では、発行体をその業種・地域（国）にグルーピングしたうえで、各グループ間の相関をモデルのパラメータとしているが、取引件数が少ないブックや、特定のグループへの投資を目的とするブックについては、グループではなく個別企業間の相関をパラメータとすることも有効と考えられる。

このモデルは、リスク管理の実務においても採用されているものであるが、本稿では“業種”の要素のほかに、“地域”の要素を反映するために(8)式を組み込んでいる。

#### ■ 地域要素

(8)式は“地域”の要素を考慮したものであり、国  $c$  に属する企業の平均的な資産価値  $X_{\text{国}c}$  を、グローバルレベルの共通のファクター  $Y_{\text{global}}$  で説明するものである。 $Y_{\text{global}}$  はグローバルレベルでの企業の平均的な資産価値を表すものとし、 $Y_{\text{global}}$  によって説明される度合い  $w_{\text{国}c}$  は、発行体  $i$  の属する国  $c$  によって異なるとする。

ここでは、 $Y_{\text{global}}$  をグローバルレベルの代表的な株価インデックスで表す。これにより、 $w_{\text{国}c}$  は、この株価インデックスと、国  $c$  の代表的な株価インデックスとの相関係数として求めることができる。

以上をまとめると、本モデルは(9)式のとおり、発行体  $i$  の資産価値を、グローバルレベルでの企業の平均的な資産価値  $Y_{\text{global}}$ 、発行体  $i$  が属する国  $c$  の平均的な資産価値のうち  $Y_{\text{global}}$  で説明できない部分  $\hat{X}_{\text{国}c}$  及び発行体  $i$  に固有の部分  $\varepsilon_i$  で表すものである。トレーディング取引のポートフォリオの構成銘柄は上場企業または資産規模が一定水準以上の企業が中心となり、グローバルに活動を行っている企業も多い。このような企業については、グローバルレベルの経済状態の影響を受け、それと同時に国内の経済状態の影響も受けることから、本モデルの資産価値の表現方法は一定の合理性があると考えられる。

なお、デフォルトリスクを評価するうえで相関は特に重要なパラメータであるが、FRTB では市場価格（株価またはクレジットスプレッド）から相関を推定することが要件となっているものの、その具体的な計算方法及びパラメータとしてどのようにモデリングするのかは定められていない。本稿では、株価に基づく相関がクレジットスプレッドに基づく相関よりも推定の計算方法が簡素であることを考慮し、株価に基づく相関を採用し、それに合うモデルを採用した<sup>17</sup>。

このほか、トレーディング取引で最もボリュームの大きい各国国債（ソブリ

---

<sup>17</sup> Merton[1974]は、株式は資産を原資産、負債を行使価格とするコールオプションとして評価できることを示しており、この理論に基づく、資産価値と株価は非線形の関係にある。そのため、資産価値と株価の線形性を仮定する本稿のモデルは、厳密には説明変数と残差の無相関性の検討が必要となるが、実務での扱い易さを考慮して、線形性を仮定している。

ン)についても本モデルでデフォルトリスクを評価することができる(補論2)。

## 二. シミュレーション

マートンモデルに従い、(9)式で表される発行体  $i$  の資産価値  $Z_i$  がある閾値  $D_i$  を下回ったときにデフォルトが発生すると仮定する。その閾値はデフォルト確率  $PD_i$  を用いて、

$$D_i = N^{-1}[PD_i] \quad (10)$$

と表せる ( $N^{-1}[\ ]$  は標準正規分布関数の逆関数)。なお、デフォルト確率  $PD_i$  は FRTB の要件 (2 (1) を参照) に準じて推定された値を用いる。

また、発行体  $i$  の損失  $L_i$  は、エクスポージャー  $EAD_i$  と  $LGD_i$  から、

$$L_i = EAD_i \cdot LGD_i \cdot 1_{\{Z_i < D_i\}} \quad (11)$$

となり、 $N$  社からなるポートフォリオの損失  $L$  は、

$$L = \sum_{i=1}^N L_i \quad (12)$$

として計算できる。なお、 $1_{\{Z_i < D_i\}}$  は定義関数であり、発行体  $i$  の資産価値  $Z_i$  が閾値  $D_i$  を下回った時、即ちデフォルトした場合に 1、それ以外の場合(存続していた場合)は 0 を返す(13)式の関数である。

$$1_{\{Z_i < D_i\}} = \begin{cases} 1, & Z_i < D_i \\ 0, & Z_i \geq D_i \end{cases} \quad (13)$$

シミュレーションの手順は以下のとおりである。

- Step1 標準正規乱数を生成し、(9)式の共通ファクターと個別ファクターに入力し、発行体  $i$  の資産価値  $Z_i$  を計算する(説明変数と残差の相関が無視できない場合は、補論3のとおり相関に係る調整を行う)。
- Step2 発行体  $i$  の資産価値  $Z_i$  と閾値  $D_i$  を比較し、デフォルトを判定する。
- Step3 (11)式により発行体  $i$  のデフォルトによる損失額  $L_i$  を計算する。
- Step4 Step1~Step3 を社数  $N$  だけ繰り返す。
- Step5 (12)式によりポートフォリオの損失額  $L$  を計算する。

Step6 Step1～Step5 を繰り返す。

Step7 Step6 により、シミュレーション回数分の損失額の分布を得るので、リスク量の信頼区間に相当する分位点を求める。

### (3) 比較対象とする内部管理モデル

前項(2)のデフォルトリスク評価モデルは FRTB に対応するモデル、つまり規制対応上のモデル(以下、「規制対応モデル」という)であるが、金融機関の実務では規制対応上のモデルとリスク管理において使用されているモデル(以下、「内部管理モデル」という)は必ずしも一致しない。この理由としては、例えば規制対応モデルによって評価されるリスク量が、リスク管理において想定される水準よりも保守的な場合があること、規制対応モデルの前提が金融機関の実務と乖離する場合があるためである。

トレーディング取引のデフォルトリスクの評価上、規制対応モデルと内部管理モデルの特に重要な相違点として想定されるのは、①相関、②流動性ホライズンの2つの観点である。そこで以下では、内部管理モデルで広く用いられている相関と流動性ホライズンの設定について説明する。次節では、こうした観点から、規制対応モデルと内部管理モデルとを比較する。

#### イ. 相関

デフォルトリスクの相関を推定する方法には、デフォルト実績(含む格付遷移)から推定する方法と、株価等の市場価格から推定する方法がある。既存研究等では市場価格から推定される相関は、当該企業の資産価値とは関連がない要素も反映されており、デフォルト実績から推定される相関よりも高くなる傾向にある<sup>18</sup>。このため、リスク管理の実務においては市場価格から相関を推定する方法以外に、デフォルト実績から相関を推定する方法も広く用いられている。

そこで、次節では、デフォルト実績から推定する相関を用いたリスク量を内部管理モデルでのリスク量として、前項で提案したモデルでのリスク量と比較する。ただし、ここでは(9)式をもとにデフォルト実績から相関を推定のうえり

<sup>18</sup> Dullmann *et al.* [2008]によると、ポートフォリオの構成によるものの、既存研究から

・デフォルト実績からの資産相関は 0.5%～3.5%、1%～14%

・株価からの資産相関は 10%～26%

であり、株価から推定する資産相関がデフォルト実績からの推定値よりも高いことが示されている。

スク量を試算するのではなく、格付投資情報センター[2013]のレポートを参考に  
して、デフォルト実績に基づくリスク量を試算する（補論7を参照）。

## ロ. 流動性ホライズン

トレーディング取引は基本的に短期売買の取引であるため、銀行勘定の貸出  
取引のようにリスク評価の期間においてポジションを維持するという考え方の  
ほかに、期中での売却・ヘッジを考慮することも合理性がある。FRTB では評価  
期間 1 年におけるポジションは一定とする前提、つまり流動性ホライズンを 1  
年としているが、リスク管理の実務においては図表 1 のような考え方もある。

図表 1 トレーディング取引の流動性ホライズンの考え方

	流動性ホ ライズン	期中売却・ ヘッジ	売却後の再 投資	備考
持ち切り型	1 年	なし	なし	FRTB 及び銀行勘定の信用リ スク評価の考え方
売却・ヘッ ジ型	10 日～1 年	あり	なし	トレーディング取引の実務に 近い考え方
リバランス 型	1 年	あり	あり	現行規制上の内部モデル方式 の考え方

### ■ 持ち切り型

FRTB では期間中にポジションが一定としてデフォルトリスクを評価するが、  
これは自己資本規制上の銀行勘定の信用リスクアセット評価の考え方と同じで  
ある。（保有期間中に返済期日を迎えるポジションについては、ロールオーバー  
してポジションを維持する考え方。）

### ■ 売却・ヘッジ型

実際のトレーディング取引では短期間で売却・ヘッジすることを基本として  
おり、ポジションを 1 年間保有することは少ない。ストレス時において、売却  
（またはヘッジ）が困難となる局面においては、取引の流動性に応じて段階的  
に売却・ヘッジを行い、エクスポージャーを削減していくことがより実務的な  
対応と考えられる。

Brockmann and Kalkbrener [2010]は、評価上の期間を幾つかに分割し、分割し  
た期間の数だけロールオーバーを繰り返すが、ある期間の市場リスクによる損  
失が一定値を超えると、次の期間からはポジションを減らすと仮定するリスク  
評価方法を提案している。

## ■ リバランス型

現行の自己資本規制上、トレーディング取引のデフォルトリスク（正確には格付遷移リスクも含む）を内部モデル方式で評価するときには、対象取引の流動性を考慮して一定期間で売却して、その直後に再投資を行うという考え方<sup>19</sup>が採用されている。上述の「持ち切り型」において、FRTB ではポジションを保有期間中に一定とする考え方は、リバランス型から発展したものである。

次節では、流動性ホライズンの前提に「売却・ヘッジ型」を用いたリスク量を比較対象として示す。具体的な流動性ホライズンは取引の流動性を考慮して、図表 2 のとおりとする。

図表 2 内部管理上のモデルの流動性ホライズン

発行体の分類	流動性ホライズンの考え方
国内・投資適格	3 か月でポジション全額売却（1 か月ごとに 1/3 売却）
国内・非投資適格	6 か月でポジション全額売却（1 か月ごとに 1/6 売却）
海外・投資適格	同上
海外・非投資適格	12 か月でポジション全額売却（1 か月ごとに 1/12 売却）

実務上、流動性ホライズンとして想定される期間は、金融機関の投資方針、フロントの取引スタイルによって異なるため明確ではないが、図表 2 の前提は Dunn [2008]<sup>20</sup>と Morgan Stanley and Oliver Wyman [2015]を参考としている。

Dunn [2008]はトレーディング取引のデフォルトリスクを分析するにあたり、流動性ホライズンの種類として、2 週間、1 か月、3 か月、6 か月、1 年を設定して、流動性ホライズンの違いによるリスク量への影響を分析している。

また、Morgan Stanley and Oliver Wyman [2015]は市場の流動性の変化に関する調査を行っており、その中で米国の社債について、流動性の高い銘柄は 1 か月で 70%程度、3 か月で 90%近く取引が成立しており、低流動性銘柄は、1 か月で 20%程度、3 か月で 30%、6 か月で 40%程度の取引が成立していることを報告している。

<sup>19</sup> さらに補足すると、再投資を行う対象は当初投資対象と同等のものとする。例えば、A 格付の債券を持っていると仮定して、シミュレーション上、売却時に BBB 格付に低下する場合は、再投資対象は A 格付の債券とする。このリバランスの考え方は、バーゼル銀行監督委員会が提示した基準上のものであり、日本基準上は流動性期間を想定する方法も認めるといふ程度の表現にとどめている。

<sup>20</sup> Dunn [2008]は FRTB ではなく現行規制を対象とする研究を行っており、Dunn *et al.* [2006]も含めて、トレーディング取引のデフォルトリスクに関する代表的な研究を行っている。



### 3. 分析

本節では、前節で提案したモデルについて、サンプルポートフォリオのリスクを試算し、その特性を分析する。

#### (1) サンプルポートフォリオ

サンプルポートフォリオには次の3つを用いる。

- ・ポート1 ロングポジションのみ
- ・ポート2 ロングポジション+ショートポジション
- ・ポート3 大口を含むロングポジション+ショートポジション

各ポートの内容は以下のとおりである。

#### ■ ポート1

ロングポジションのみで構成<sup>21</sup>。ポートフォリオは4つの業種（①日本の金融業、②日本の非金融業、③米国の金融業、④米国の非金融業）と2段階の信用力（投資適格と非投資適格の2種類）で構成する。なお、この分類はポート2及びポート3についても同様である。

図表3 ポート1のポジションの内訳（百万円単位）

			ロングポジション			ショートポジション		
			時価(単価)	企業数	時価(計)	時価(単価)	企業数	時価(計)
日本	金融	投資適格	210	9	1,890	0	0	0
		非投資適格	135	6	810	0	0	0
	非金融	投資適格	210	9	1,890	0	0	0
		非投資適格	135	6	810	0	0	0
米国	金融	投資適格	210	9	1,890	0	0	0
		非投資適格	135	6	810	0	0	0
	非金融	投資適格	210	9	1,890	0	0	0
		非投資適格	135	6	810	0	0	0
合計			—	60	10,800	—	0	0

<sup>21</sup> 実際のトレーディング取引では、ロングポジションとショートポジションを組み合わせてポートフォリオを構成することが多い。本稿ではモデルの特性を分析するために、最もシンプルなポートフォリオのケースとして、ロングポジションのみのポートフォリオを設定している。

## ■ ポート 2

ロングポジションとショートポジションで構成（比率は 6 対 4<sup>22</sup>）。ロングポジションの内訳はポート 1 と同じ。

図表 4 ポート 2 のポジションの内訳（百万円単位）

			ロングポジション			ショートポジション		
			時価(単価)	企業数	時価(計)	時価(単価)	企業数	時価(計)
日本	金融	投資適格	210	9	1,890	-210	6	-1,260
		非投資適格	135	6	810	-135	4	-540
	非金融	投資適格	210	9	1,890	-210	6	-1,260
		非投資適格	135	6	810	-135	4	-540
米国	金融	投資適格	210	9	1,890	-210	6	-1,260
		非投資適格	135	6	810	-135	4	-540
	非金融	投資適格	210	9	1,890	-210	6	-1,260
		非投資適格	135	6	810	-135	4	-540
合計			—	60	10,800	—	40	-7,200

## ■ ポート 3

ロングポジションとショートポジションで構成。ショートポジションの内訳はポート 2 と同じ。ロングポジション合計とショートポジション合計の比率はポート 2 と同じ。ロングポジションの合計及び銘柄数の合計はポート 1 及びポート 2 と同じであるが、1 取引あたりの金額が異なる。具体的には、ポート 3 ではポート 1 及びポート 2 と異なり、他の銘柄よりもポジションがより大きな大口取引を含んでいる。

図表 5 ポート 3 のポジションの内訳（百万円単位）

			ロングポジション			ショートポジション		
			時価(単価)	企業数	時価(計)	時価(単価)	企業数	時価(計)
日本	金融	投資適格	—	9	1,890	-210	6	-1,260
		非投資適格	—	6	810	-135	4	-540
	非金融	投資適格	—	9	1,890	-210	6	-1,260
		非投資適格	—	6	810	-135	4	-540
米国	金融	投資適格	—	9	1,890	-210	6	-1,260
		非投資適格	—	6	810	-135	4	-540
	非金融	投資適格	—	9	1,890	-210	6	-1,260
		非投資適格	—	6	810	-135	4	-540
合計			—	60	10,800	—	40	-7,200

<sup>22</sup> Dunn et al. [2006]によると、欧米の主要な金融機関のトレーディング取引におけるロングポジションとショートポジションの比率として 6 対 4 が妥当な水準として説明されている。

図表 6 ポート 3 のロングポジションの内訳(大口ポジションとそれ以外、百万円単位)

			大口を除いたポジション			大口ポジション		
			時価(単価)	企業数	時価(計)	時価(単価)	企業数	時価(計)
日本	金融	投資適格	135	8	1,080	810	1	810
		非投資適格	93	5	463	347	1	347
	非金融	投資適格	135	8	1,080	810	1	810
		非投資適格	93	5	463	347	1	347
米国	金融	投資適格	135	8	1,080	810	1	810
		非投資適格	93	5	463	347	1	347
	非金融	投資適格	135	8	1,080	810	1	810
		非投資適格	93	5	463	347	1	347
合計			—	52	6,171	—	8	4,629

## (2) パラメータの設定

### イ. PD

FRTB の要件では IRB 上の PD を適用できることから、本稿でも IRB 上の PD を用いる。具体的な内容は以下のとおりである。

- ・ IRB 上の PD として公表計数の中から取得可能なメガバンクグループ 3 社（三菱 UFJ フィナンシャルグループ、みずほフィナンシャルグループ、三井住友フィナンシャルグループ）のディスクロージャー誌の自己資本の充実度に関する事項のうち、信用リスクに関する事項として開示されている IRB 上の債務者格付別 PD データを取得する。（データの基準日は 2015 年 3 月 31 日）
- ・ 次に、サンプルポートフォリオの区分（国×業種×信用度）と合うエクスポージャーを、3 社それぞれについて、ディスクロージャーに開示されているエクスポージャーのデータから求める。開示データは、国別、業種別、信用度別のデータとなっており、国×業種×信用度の区分のデータは開示されていないため、簡便的にエクスポージャーの国別の比率、業種別の比率、信用度別の比率は一定であるとみなして、サンプルポートフォリオの区分別にエクスポージャーを求める。なお、国別の比率については、米国単体でのエクスポージャーは開示されていないため、海外エクスポージャー全額を米国エクスポージャーとみなす。
- ・ 3 社の PD を上記エクスポージャーによって加重平均した PD を計算する。

## ロ. LGD

FRTB の要件では IRB 上の LGD を適用できることから、本稿でも IRB 上の PD を用いる。IRB には当局が定める LGD を適用する基礎的内部格付手法と金融機関が自ら推計した LGD を適用する先進的内部格付手法があるが、本稿では基礎的内部格付手法上の LGD（信用リスク削減効果勘案前）である 45%を用いる。

## ハ. 相関

前節で説明したとおり、相関は株価のヒストリカルデータ（対数収益率）から相関係数で推定する。相関を推定するために必要な株価データの種類とデータは、図表 7 のとおりである。

図表 7 使用する株価データ

No	株価データの種類	設定内容
1.	日本の株価インデックス	TOPIX
2.	日本の金融業の平均的な株価	TOPIX の業種別インデックスを金融業と非金融業に分けてそれぞれで平均をとる。
3.	日本の非金融業の平均的な株価	
4.	米国の株価インデックス	S&P500
5.	米国の金融業の平均的な株価	S&P500 業種別インデックスを金融業と非金融業に分けてそれぞれで平均をとる。
6.	米国の非金融業の平均的な株価	
7.	グローバルレベルの株価インデックス	MSCI インデックス

図表 7 の株価データについて、2015 年 3 月末を基準として過去 10 年間の日次のヒストリカルデータから相関を推定する。

なお、相関係数には、① $n$  日間のリターン（データ頻度は日次）の相関と② $n$  日間のリターン（データ頻度は  $n$  日）の相関が考えられる。デフォルトリスク評価の既存研究等では②の相関を適用していることが多いが、本稿では①を用いる。その理由としては、FRTB では金利リスク、株式リスク等について、①によるリターン計算をすることが想定されるため、本稿においても①の方法を採用している。

### (3) 分析結果

#### イ. 相関の影響

FRTB の要件を考慮して株価から推定した相関を用いて評価したリスク量と、デフォルト実績から推定した相関を用いて評価したリスク量（信頼区間 99.9%、シミュレーション回数 50 万回＜乱数は Mersenne Twister＞）を比較し考察する。各サンプルポートフォリオのリスク量は次の 4 種類の方法で評価する。

- ・ Model 1 前節 2（2）にて説明した FRTB の要件を考慮したモデル（株価インデックスから推定した相関を用いるモデル）
- ・ Model 2 前節 2（3）にて説明した比較対象の内部管理モデル（デフォルト実績から推定した相関を用いるモデル）
- ・ SA FRTB の標準的方式（掛目方式）
- ・ IRB 銀行勘定の信用リスク評価の基礎的内部格付手法（ポート 1 のみ。満期 M を 2.5 年、5 年、10 年の 3 種類設定。）

各サンプルポートフォリオのリスク量の試算結果は図表 8～図表 10 のとおりである。（金額は百万円単位で表示。）

図表 8 ポート 1 の VaR（ロングのみ）

		Model 1	Model 2	SA	IRB		
					M = 2.5	M = 5	M = 10
相関の推定方法		業種別 インデックス	デフォルト 実績	-	当局が指定する関数		
業 種	日本・金融	554	155	132	104	151	244
	日本・非金融	554	182	132	114	160	253
	米国・金融	648	155	132	108	156	251
	米国・非金融	743	216	132	133	181	278
total		2,342	311	528	459	648	1,026

図表 9 ポート 2 の VaR (ロング+ショート)

		Model 1	Model 2	SA
相関の 推定方法	業種別 インデックス	デフォルト 実績	-	-
業 種	日本・金融	277	155	79
	日本・非金融	243	155	79
	米国・金融	304	155	79
	米国・非金融	311	182	79
total		803	277	317

図表 10 ポート 3 の VaR (ロング+ショート、大口あり)

		Model 1	Model 2	SA
相関の 推定方法	業種別 インデックス	デフォルト 実績	-	-
業 種	日本・金融	281	217	79
	日本・非金融	240	240	79
	米国・金融	284	259	79
	米国・非金融	317	304	79
total		844	406	317

上記の試算結果から、Model 1 は他の評価方法よりもリスクを過大に評価する傾向があることが分かる。これは Model 1 のパラメータである相関が高いため、同時デフォルトの確率が高くなり、リスク量が過大に評価されているためと考えられる。このことは、ポート 1 とポート 2 のリスク量の比率にも表れている。Model 2 のポート 2 のポート 1 に対するリスク量の比率は 80%程度であるが、Model 1 については 30%程度となりショートポジションによるリスクの低減効果が高くなっている。

ここで、Model 1 の相関のうち(7)式の業種相関について考察を行う。上記の試算では、業種相関として TOPIX (または S&P500) と TOPIX (または S&P500) の業種別インデックスの相関を用いているが、業種別インデックスに代えて各業種に属する下記の個社の株価を用いてみる (下記の銘柄を保有していると仮定する。なお、これらの銘柄は TOPIX または S&P500 の構成銘柄から抽出したものであり、トレーディング取引の対象ということを踏まえて、アイフルと Leucadia National を除いて、同企業を参照するシングルネーム CDS 取引が行われている銘柄を選定した)。

図表 11 各業種に属する銘柄

		投資適格	非投資適格
日 本	金融	ORIX	アイフル
	非金融	三井化学	日本板硝子
米 国	金融	AMEX	Leucadia National
	非金融	Microsoft	BEST BUY

相関の推定結果は図表 12 と図表 13 のとおりであり、個社の株価による相関は業種別インデックスによる相関よりも小さくなった。なお、表の「MW」、「BC」は、それぞれ株価リターンを Moving Window 法<sup>23</sup>（以下、「MW 法」という）、Box Car 法<sup>24</sup>（以下、「BC 法」という）によって計算した結果を表している。

図表 12 相関（対 TOPIX）

		MW	BC	MW - BC
金融	ORIX	0.901	0.713	0.188
	アイフル	0.825	0.693	0.132
非金融	三井化学	0.720	0.486	0.233
	日本板硝子	0.675	0.654	0.021

	MW	BC	MW - BC
TOPIX金融	0.939	0.903	0.036
TOPIX非金融	0.997	0.995	0.002

図表 13 相関（対 S&P500）

		MW	BC	MW - BC
金融	AMEX	0.924	0.728	0.196
	Leucadia National	0.701	0.769	-0.067
非金融	Microsoft	0.820	0.607	0.213
	BEST BUY	0.465	0.472	-0.007

	MW	BC	MW - BC
S&P500金融	0.964	0.873	0.092
S&P500非金融	0.993	0.988	0.005

この相関（各業種に属する 2 銘柄の相関の平均値）を用いて Model 1 のリスク量を再評価すると図表 14～図表 16 のとおりとなる。なお、個社の株価の MW 法と BC 法の相関の差異は十分に小さいとは言えないため、両者の相関によるリスク量を示す。

<sup>23</sup> 日次のヒストリカルデータからデータのオーバーラップを許して期間を 1 年としてリターンを求めたもの。

<sup>24</sup> 2 週間ごとのヒストリカルデータからリターンを求めたもの。

図表 14 ポート 1 の VaR (ロングのみ)

相関の 推定方法		Model 1	Model 1	Model 1	Model 2	SA	IRB		
		(MW)	(BC)	(MW)			M = 2.5	M = 5	M = 10
業種に属する個社の株価		業種別インデックス		デフォルト実績	-	当局が指定する関数			
業種	日本・金融	155	155	554	155	132	104	151	244
	日本・非金融	338	277	554	182	132	114	160	253
	米国・金融	338	216	648	155	132	108	156	251
	米国・非金融	338	243	743	216	132	133	181	278
total		830	581	2,342	311	528	459	648	1,026

図表 15 ポート 2 の VaR (ロング+ショート)

相関の 推定方法		Model 1	Model 1	Model 1	Model 2	SA
		(MW)	(BC)	(MW)		
業種に属する個社の株価		業種別インデックス		デフォルト実績	-	-
業種	日本・金融	155	155	277	155	79
	日本・非金融	243	216	243	155	79
	米国・金融	216	182	304	155	79
	米国・非金融	243	216	311	182	79
total		459	371	803	277	317

図表 16 ポート 3 の VaR (ロング+ショート、大口あり)

相関の 推定方法		Model 1	Model 1	Model 1	Model 2	SA
		(MW)	(BC)	(MW)		
業種に属する個社の株価		業種別インデックス		デフォルト実績	-	-
業種	日本・金融	217	217	281	217	79
	日本・非金融	281	281	240	240	79
	米国・金融	285	281	284	259	79
	米国・非金融	304	304	317	304	79
total		562	498	844	406	317

図表 14～図表 16 のとおり、MW 法と BC 法のいずれにおいても、個社の株価による相関を適用することによって、Model 1 のリスク量は減少し、Model 2 のリスク量と対比で現実的な水準にあると考えられる。

銀行勘定の貸出取引等であれば、当該金融機関の活動地域全体（大手行については全国）の企業を対象として与信を行うため、ポートフォリオの業種相関をインデックスの業種相関で表すことに一定の合理性はある。これに対して、トレーディング取引の対象は上場企業などある程度限定された企業を対象となるため、業種別インデックスよりもポートフォリオ構成銘柄の株価による相関



(各銘柄の相関の加重平均値など) を業種相関に適用する方が合理的であり、上記の試算結果からもそのことが確認できる。

## ロ. 流動性ホライズンの影響

FRTB の要件を考慮して流動性ホライズンを 1 年として評価したリスク量と、取引の流動性に応じて流動性ホライズンを 3 か月から 1 年 (かつポジションは段階的に減少する前提) として評価したリスク量を比較し考察する。

各サンプルポートフォリオのリスク量の計算条件は (3) イ. と同じとする。また、各サンプルポートフォリオのリスク量は次の 2 種類の方法で試算する。

- ・ Model 1 前節 2 (2) にて説明した FRTB の要件を考慮したモデル (業種に属する個社の株価から推定した相関を適用するモデル)
- ・ Model 2 Model 1 と同じ。但し、流動性ホライズンは 3 か月から 1 年。

各サンプルポートフォリオのリスク量の試算結果は図表 17～図表 19 のとおりである。

図表 17 ポート 1 の VaR (ロングのみ)

		Model 1 (MW)	Model 2 (MW)	比率 Model 1/Model 2
流動性ホライズン		1年	3か月～1年 (ポジションは段階的に減少)	-
格	日本・投資適格	189	95	2.0
付	日本・非投資適格	304	172	1.8
区	米国・投資適格	189	95	2.0
分	米国・非投資適格	425	294	1.4
total		830	456	1.8

図表 18 ポート 2 の VaR (ロング+ショート)

		Model 1 (MW)	Model 2 (MW)	比率 Model 1/Model 2
流動性ホライズン		1年	3か月～1年 (ポジションは段階的に減少)	-
格	日本・投資適格	189	95	2.0
付	日本・非投資適格	243	122	2.0
区	米国・投資適格	189	95	2.0
分	米国・非投資適格	304	192	1.6
total		459	263	1.7

図表 19 ポート 3 の VaR (ロング+ショート、大口あり)

		Model 1 (MW)	Model 2 (MW)	比率 Model 1/Model 2
流動性ホライズン		1年	3か月～1年 (ポジションは段階的に減少)	-
格 付 区 分	日本・投資適格	365	61	6.0
	日本・非投資適格	274	165	1.7
	米国・投資適格	365	91	4.0
	米国・非投資適格	323	227	1.4
total		562	322	1.7

上記の試算結果から、全ての取引の流動性ホライズンを1年と仮定する Model 1 によるリスク量は、取引の流動性に応じて流動性ホライズンを設定する Model 2 のリスク量の2倍程度あることがわかる。また、信用力別にリスク量の比率(= Model 1/Model 2) をみると、投資適格の方が非投資適格よりも大きい。

つまり、リスク管理において使用する内部管理モデル (Model 2) によるリスク量よりも規制対応モデル (Model 1) のリスク量が大きくなり、かつ投資適格銘柄の取引の方がその度合いは大きいことを示している。

このことから、例えば、以下のようなケースが起こりうると考えられる。

- ・ 2つのポートについて、ポート A は投資適格銘柄を中心とした低リスク型のスタイル、ポート B は非投資適格銘柄も積極的に取引を行う高リスク型のスタイルとする。
- ・ 各ポートの内部管理モデルによるリスク量は図表 20 の「内部管理モデル」の欄の値となっているとする。
- ・ 上記試算結果をもとに、規制対応モデルのリスク量の内部管理モデル対比の比率を投資適格は2、非投資適格は1.5とする。
- ・ 損失は正規分布に従うと仮定し、投資適格と非投資適格の相関は0.3とする。

このとき、各ポートの規制対応モデルによるリスク量は図表 20 の「規制対応モデル」の欄の値となり、内部管理モデルではポート B のリスクはポート A よりも大きいですが、規制対応モデルではポート B とポート A のリスクは同じになってしまう。

図表 20 試算例（内部管理モデル vs 規制対応モデル）

	内部管理モデル		規制対応モデル	
	ポートA	ポートB	ポートA	ポートB
投資適格	101	81	201	161
非投資適格	10	59	15	89
合計	104	113	206	206

この結果を単純に捉えれば、金融機関に非投資適格銘柄の取引に対するインセンティブが働くことになるが、計算の仮定によって結果は変わりうることに、実際の取引ではデフォルトリスクのほか価格変動リスク等も考慮されるため、金融機関の取引方針に直接的な影響はないと考えられる。しかしながら、内部管理モデルと規制対応モデルの違い<sup>25</sup>によって、規制上意図しない影響<sup>26</sup>を与えることについては、留意していく必要がある。

#### 4. まとめ

本稿では、FRTB の要件を考慮したデフォルトリスク評価モデルを提案した。できるだけ複雑な計算は排除しており、簡素さを重視したモデルとしている。また、当該モデルは自己資本規制に対応する規制対応モデルと位置づけられるが、金融機関のリスク管理の実務において使用される内部管理モデルとの主な相違点として考えられる相関と流動性ホライズンに焦点を当てて数値分析と考察を行った。

まず、相関の観点からの分析では、本稿の提案するモデルが業種相関の影響を強く受けることが示された。具体的には、業種相関の推定に使用する株価データの種類により、業種相関が大きく異なり、結果としてリスク量も大きく変動しうることが数値分析の結果から得られた。このことから、本稿の提案するモデルを適用する際には、業種相関の推定に使用する株価データが金融機関の実際のポートフォリオと整合的であることが、リスク評価結果の客観性を確保するうえで重要となる。

次に、流動性ホライズンの観点からの分析では、流動性ホライズンの前提の違いによってリスク評価結果が大きく異なることが示された。本稿の数値分析では、流動性ホライズンを一律に 1 年とする規制対応モデルと、取引の流動性

<sup>25</sup> 流動性ホライズンの前提、相関係数など、内部管理モデルと規制対応モデルには相違する部分が生じうるが、金融機関によっては実務上の煩雑さを考慮して、内部管理モデルを規制対応モデルに合わせる対応も行われるであろう。

<sup>26</sup> 金融機関のリスク管理の実務と規制上の取り扱いの違いが金融機関の投資行動に影響を与える他の例としては、CVA ヘッジの問題がある（安達 [2015]を参照）。

を考慮して流動性ホライズンを3か月から1年の間に設定した内部管理モデルとを比較すると、規制対応モデルのリスク量が内部管理モデルの2倍程度となった。その乖離は投資適格銘柄の方が非投資適格銘柄よりも大きくなり、投資適格銘柄よりも非投資適格銘柄の取引を選好するインセンティブを与えうる。つまり、規制上のリスク評価の保守的かつ画一的な要件が、金融機関の投資行動に規制上意図しない影響をもたらしていることが示唆される<sup>27</sup>。

なお、FRTBは2015年内の最終化が計画されており（BCBS[2014b]）、最終的な要件はデフォルトリスク以外のFRTBの要件との整合性、銀行勘定の信用リスク評価との整合性に係る論点を含め、欧米の金融機関を中心とした世界の主要金融機関等からの意見を総合的に勘案して決められる。そのため本稿で示した要件が見直される場合がある。

本稿の課題としてはソブリンリスクの評価がある。本稿で提案したモデルによりソブリンのデフォルトリスクを機械的に評価することは可能であるが（補論2を参照）、ソブリンのデフォルトリスク評価対象の範囲、デフォルト確率、回収率の考え方など、十分な検討が必要であり、バーゼル銀行監督委員会での議論の進捗が待たれる。

---

<sup>27</sup> 現行規制の流動性ホライズンは1年であるため、ここで議論されている投資行動に係る影響が既に生じているとも考えられる。ただし、現行規制では流動性ホライズンを考慮しない簡便的な取り扱い（標準的方式）が認められているが、FRTBではその取り扱いが認められないため、FRTBでは影響が及ぶ金融機関が増加すると思われる。

## 補論 1. リスクファクターの選定

図表 A-1 はバーゼル銀行監督委員会が FRTB の導入に関する定量的影響度調査（Quantitative Impact Studies : QIS）の中で、各金融機関のデフォルトリスク評価モデルのファクターの設定内容を調査したものであり、モデルのファクターの設定別に採用している金融機関数を示している<sup>28</sup>。

図表 A-1 デフォルトモデルのファクターの設定状況

ファクターのタイプ	回答数
Only idiosyncratic	6
Idiosyncratic & global	5
Idiosyncratic & industrial	2
Idiosyncratic & region	0
Idiosyncratic & additional	1
Idiosyncratic & two others amongst the global industry and region	5
Idiosyncratic & two others (one amongst the global industry and region and one amongst the additional)	1
Idiosyncratic & two others amongst the global industry and region plus one amongst the additional	0
Idiosyncratic & global industry and region	6
Idiosyncratic & global industry and region and additional	1

図表 A-1 から、金融機関によって様々なファクターの設定がなされていることがわかる。（網掛部分がいわゆる“2ファクターモデル”に該当する。）

また、ファクターの設定は様々であるが、“産業 (industry)”と“地域 (region)”をモデルに考慮している金融機関が多く、この2つの要素がデフォルトリスクを評価する上で重要であることもわかる。

本稿では、このことを踏まえ“産業”と“地域”の2つの要素を考慮したモデルを検討している。

<sup>28</sup> BCBS [2014a]から抜粋。全世界で41社の金融機関がQISに参加したが、上表は該当の質問への回答を得られた金融機関の結果が示されている。

## 補論 2. ソブリンのデフォルトリスク

トレーディング取引で最もボリュームの大きい各国国債（ソブリン）についても本モデルでデフォルトリスクを評価することができる。具体的には、ソブリンは業種要素がなくなるため、本文(7)式の $\rho_{業種g, \text{国}c}$ を1とすればよい。つまり、ソブリンのデフォルトリスクについては、

$$Z_i = w_{\text{国}c} \cdot Y_{global} + \sqrt{1 - w_{\text{国}c}^2} \cdot \hat{X}_{\text{国}c} \quad (\text{A-1})$$

の1ファクターモデルで評価することになる。

ただし、バーゼル銀行監督委員会はソブリンリスクの取り扱いについて、FRTB の範疇を超えた枠組みで見直しの検討を進めていることから<sup>29</sup>、より詳細なソブリンリスク評価の検討は今後の課題とする<sup>30</sup>。

---

<sup>29</sup> 「The Basel Committee's work programme for 2015 and 2016」の中で述べられているが、具体的な見直し内容は示されていない ([http://www.bis.org/bcbs/about/work\\_programme.htm](http://www.bis.org/bcbs/about/work_programme.htm))。

<sup>30</sup> 例えば、FRTB の要件では、PD のフロアは 3bps であるが、高格付のソブリンのデフォルト実績を踏まえると 3bps が適切な水準にあるかは検討の余地がある。なお、信用リスクアセットの計算においては、事業法人等向けエクスポージャーのフロアが 3bps と定められている（金融庁告示第 20 号第 133 条）が、ソブリンについてはフロアが定められていない。

### 補論 3. 残差の相関に係る調整

本稿で提案する 2 ファクターモデルの(9)式は 2 つの共通ファクターを説明変数とする重回帰式となっているが、この式は 2 つの単回帰式 ((7)式と(8)式) を統合したものであることから、説明変数と残差の無相関性が担保されていない。このため、シミュレーションにおいては、説明変数と残差の相関を除く調整が必要となる。具体的には、以下の手順のとおりである。

Step1 確率変数 $\varepsilon_i$ 、 $Y_{global}$ 、 $\hat{X}_{\text{国}c}$ として(9)式に入力する互いに独立な標準正規乱数をシミュレーション回数 ( $N$ 回) だけ発生させる。これによって、各確率変数について標準正規乱数のベクトル、 $\boldsymbol{\varepsilon}(\varepsilon_i^1, \dots, \varepsilon_i^N)$ 、 $\mathbf{Y}(Y_{global}^1, \dots, Y_{global}^N)$ 、 $\hat{\mathbf{X}}(\hat{X}_{\text{国}c}^1, \dots, \hat{X}_{\text{国}c}^N)$ を得る。

Step2 (8)式に $\mathbf{Y}$ と $\hat{\mathbf{X}}$ を入力して、 $\mathbf{X}(X_{\text{国}c}^1, \dots, X_{\text{国}c}^N)$ を得る。

Step3  $\mathbf{X}$ と $\boldsymbol{\varepsilon}$ の相関係数 $\lambda$ を計算する。

Step4  $\boldsymbol{\varepsilon}$ から $\mathbf{X}$ との相関 $\lambda$ を除いた標準正規乱数ベクトル $\boldsymbol{\delta}$ を(A-2)式から得る。

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \lambda\mathbf{X} + \sqrt{1 - \lambda^2}\boldsymbol{\delta} \quad (\text{A-2})$$

Step5  $\boldsymbol{\delta}$ を $\boldsymbol{\varepsilon}$ に代えて(9)式に入力することで説明変数と残差の相関を除いた資産価値 $\mathbf{Z}$ を計算することができる。

なお、3 (3) で実施した分析では、残差と説明変数間の相関係数の大きさおよび無相関に係る検定結果が、無相関と仮定しても問題のない水準であったことから、上記の調整は適用していない。

## 補論 4. 2ファクターモデルの別の表現

FRTB では、デフォルトリスクを2ファクターモデルで評価し、株価（またはクレジットスプレッド）から推定した相関を用いることが要件となっていることを考慮して、本稿では2（2）に示したモデルを提案した。このモデルは、業種の要素を考慮する1ファクターモデルと地域（国）の要素を考慮する1ファクターモデルを組み合わせたものであり、株価から推定した相関を用いている。このモデルのほかに FRTB の要件を満たすモデルとして、以下の重回帰式を直接用いる方法と因子分析を用いる方法も考えられ、現状の実務でも利用されることがある。ただし、同モデルによって規制資本に対応するには、重回帰式の場合は多重共線性、因子分析の場合はファクターの解釈などについて十分な分析が求められるため、本稿ではモデルの考え方および計算の簡素さを考慮して2（2）のモデルを提案した。

### 重回帰式の直接的な利用

本稿で提案するモデルは、2つの1ファクターモデルを前提として、その2つのモデルを統合することによって、重回帰式の形式で2ファクターモデルを表現しているが<sup>31</sup>、重回帰を前提として直接的に2ファクターモデルを表す方法も考えられる。この場合、説明変数に設定する指標によっては多重共線性の問題が生じることになるため、トレランスを用いて共線性の分析を行う必要がある。

### 共通ファクターを因子で表す2ファクターモデル

国  $c$  および業種  $g$  に属する発行体  $i$  の資産価値  $Z_i$  は(A-3)式のとおり表現される。

$$Z_i = \beta_i \cdot X_{\text{国}c} + \sqrt{1 - \beta_i^2} \cdot \varepsilon_i \quad (\text{A-3})$$

ここで、 $X_{\text{国}c}$  は国  $c$  に属する発行体に共通したファクターであり、 $\varepsilon_i$  は発行体  $i$  に係る個別ファクターであり、互いに独立な標準正規分布に従うものとする。 $\beta_i$

---

<sup>31</sup> Wilkens and Predescu [2015]も FRTB のデフォルトリスク評価モデルとして、重回帰式の形式のモデルを以下のように提案している。まず、主要なインデックス構成銘柄を国と業種の組み合わせで区分し、各国の株価リターンを被説明変数、グローバルの株価リターン（構成銘柄全社の株価リターン）を説明変数として回帰分析を行う。同様に各業種の株価リターンを被説明変数、グローバルの株価リターンを説明変数として回帰分析を行う。次に、個社の株価リターンを被説明変数、同社の属する国および業種に基づき、前述の各回帰分析の残差とグローバルの株価リターンを説明変数として重回帰分析を行う方法を採用している。



は、発行体ごとに設定されるパラメータであるが、実務を踏まえて、国  $c$  の業種  $g$  ごとに設定されるとする。

$$\beta_i = \beta_{\text{業種}g, \text{国}c} \quad (\text{A-4})$$

このパラメータ  $\beta_{\text{業種}g, \text{国}c}$  は、日本においては TOPIX と業種別 TOPIX の相関を用いるように、国  $c$  の代表的な株価インデックスと業種別株価インデックスの相関係数として求めることができる。

一方で、異なる国  $c$  と  $c'$  の各共通ファクター  $X_{\text{国}c}$ 、 $X_{\text{国}c'}$  には、日本の TOPIX と米国の S&P500 のように、相関が存在することから、 $X_{\text{国}c}$  と  $X_{\text{国}c'}$  ( $c \neq c'$ ) の相関を考慮する。

まず、共通ファクター  $X_{\text{国}c}$  を(A-5)式のとおり表現する。

$$X_{\text{国}c} = \alpha_{\text{国}c,1} \cdot Y_1 + \alpha_{\text{国}c,2} \cdot Y_2 \quad (\text{A-5})$$

ここで、 $Y_1$  と  $Y_2$  は互いに独立な標準正規分布に従う確率変数である。

$X_{\text{国}c}$  が標準正規分布に従う確率変数になるためには、パラメータ  $\alpha_{\text{国}c,1}$  と  $\alpha_{\text{国}c,2}$  が(A-6)式を満たす必要がある。

$$\alpha_{\text{国}c,1}^2 + \alpha_{\text{国}c,2}^2 = 1 \quad (\text{A-6})$$

国ごとに決まるパラメータ  $\alpha_{\text{国}c,1}$  と  $\alpha_{\text{国}c,2}$  は、国  $c$  同士の相関係数行列（国  $c$  を代表する株価インデックスから推定される相関係数行列）を再現するようなパラメータが求められる。したがって、 $X_{\text{国}c}$  のデータ群（日本であれば TOPIX、米国であれば S&P500）に対して、因子分析を行い、因子負荷量として  $\alpha_{\text{国}c,1}$  と  $\alpha_{\text{国}c,2}$  を推定する。ただし、因子分析では、(A-6)式が満たされないこともあり、その場合は、個別ファクター  $\varepsilon_i$  で調整される。したがって、最終的には、以下のようなモデル式となる。

$$\begin{aligned} Z_i = & \beta_{\text{業種}g, \text{国}c} \left( \alpha_{\text{国}c,1} \cdot Y_1 + \alpha_{\text{国}c,2} \cdot Y_2 \right) \\ & + \sqrt{1 - \beta_{\text{業種}g, \text{国}c}^2} \left( \alpha_{\text{国}c,1}^2 + \alpha_{\text{国}c,2}^2 \right) \cdot \varepsilon_i \end{aligned} \quad (\text{A-7})$$

このモデルにおいて、ソブリン・エクスポージャーについては、 $\beta_{\text{業種}g, \text{国}c} = 1$  として表現することができる。

2つの共通因子  $Y_1$  と  $Y_2$  について、因子分析では、その因子を具体的な市場データと紐付けることはできない。パラメータ（因子負荷量）を推定して、国ごと

に推定されたパラメータの水準や違い等から類推せざるを得ないが、リスク量計算では、それらの因子に独立な標準正規乱数を発生させればよい。必ずしも共通因子の特定を行う必要はない。ただし、例えば、ポートフォリオでのリスク量ヘッジを考える場合は、特定した方がよい場合もある。

なお、パラメータ推定に関する注意点として、相関係数を推定する際や、因子分析法を行う際に用いるデータ（各国の代表株価指数データや業種別の指数データ）については、モデル上、共通ファクターは標準正規分布に従うと仮定しているため、データの基準化を行う必要がある。正規分布に従う仮定については、株価データから変動率のデータに変換する等、正規分布に近いデータを使うとともに、トレンドの除去や基準化データの正規性の検定を行うことが望ましい。

## 補論 5. 業種相関に係る誤方向リスク

本稿で提案するモデル（2（2）参照）は発行体の資産価値に係る相関を、FRTB の要件を考慮して、株価の対数収益率の相関により表現している。業種に係る相関は、発行体の属する国の代表的な株価インデックス（TOPIX 等）と、リスク計測対象ポート（業種セクター）の平均的な株価（業種別株価インデックスまたは個社の株価の平均等）の相関係数として推定する。この業種相関の市況の変化に伴う挙動は業種によって異なり、不況時に相関が高くなる（いわゆる誤方向リスクが存在する）業種もある。

図表 A-2 と図表 A-3 は、TOPIX の 4 業種（不動産、建設、電気・ガス、陸運）について業種相関とリスク量の状況を、長期および市況別に示したものである。

図表 A-2 業種別相関の推移

相関の種類	長期 2005年～2015年	市況別		
		信用不安期 2007年～2009年	停滞期 ～2012年	回復期 ～2015年
TOPIX不動産 vs TOPIX	0.83	0.86	0.82	0.77
TOPIX建設 vs TOPIX	0.86	0.89	0.75	0.84
TOPIX電気・ガス vs TOPIX	0.42	0.30	0.33	0.62
TOPIX陸運 vs TOPIX	0.69	0.55	0.68	0.81

備考：相関係数は、各観測期間において週次の株価対数収益率から推定した。（Box Car 法）

図表 A-3 業種別リスク量の推移

相関の種類	長期 2005年～2015年	市況別		
		信用不安期 2007年～2009年	停滞期 ～2012年	回復期 ～2015年
TOPIX不動産 vs TOPIX	432	493	432	371
TOPIX建設 vs TOPIX	459	527	338	459
TOPIX電気・ガス vs TOPIX	182	155	155	250
TOPIX陸運 vs TOPIX	304	216	311	398

備考：3（1）のサンプルポート 1 を対象にリスク量を計算した。（上段は 99.9%VaR、下段は 99.9%ES）。PD は 3（2）の日本の非金融セクターに係る値を適用した。

図表 A-2 と図表 A-3 から、電気・ガスおよび陸運の 2 業種については、不況時（表の「信用不安期」）には、好況時（表の「回復期」）よりも業種相関が低下する一方、不動産業および建設業については不況時に相関が上昇し、リスク量も増加することが分かる。このことから、ストレス時を意識してより保守的にリスク量を見積もる場合や、ストレステストを行う場合については、このような業種相関に係る誤方向リスクを考慮することが有効と考えられる。

## 補論 6. 期中での売却・ヘッジを考慮するデフォルトリスク評価

2 節 (3) ロ. では、期中の売却・ヘッジを考慮してポジションを段階的に削減するデフォルトリスク評価の考え方を示したが、ここではその具体的な計算方法を説明する。

FRTB の要件のとおり期中でポジションを一定とする場合は、評価期間 1 年でのデフォルトの有無を判定するが、期中でポジションを段階的に削減していく場合は、ポジションを削減する区間ごとにデフォルトの有無の判定が必要となる。

### 多期間のデフォルト判定

2 節 (2) では、資産価値  $z_i$  (標準正規分布に従う確率変数) の変動を表現するマートンモデルを示したが、正規コピュラにより発行体  $i$  のデフォルト時刻  $\tau_i$  を表現すると、以下のとおりとなる。

$$\tau_i = F^{-1}[N(z_i)] \quad (\text{A-8})$$

ここで、 $F$  は累積デフォルト確率の関数、 $N(\cdot)$  は標準正規分布関数を表す。

したがって、累積デフォルト確率の関数を与えれば、デフォルト時刻を求めることができるが、実務上は累積デフォルト確率には一定期間ごとに推計された離散データが用いられることが多く、デフォルト時刻は以下の方法で求める。

まず、評価期間を  $M$  個に分け、各区間の終了時点 ( $t = 1, 2, \dots, M$ ) の累積デフォルト確率  $F_{i,t}$  から次の閾値  $d_{i,t}$  を求める。

$$d_{i,t} = N^{-1}[F_{i,t}] \quad (\text{A-9})$$

累積デフォルト確率  $F_{i,t}$  は時刻  $t$  に関して単調増加であることから、

$$d_{i,1} < d_{i,2} < \dots < d_{i,M} \quad (\text{A-10})$$

が成り立つ。この閾値と資産価値  $z_i$  とを比較し、

$$d_{i,k-1} < z_i < d_{i,k} \quad (\text{A-11})$$

となる  $k$  番目の区間においてデフォルトが発生すると判断できる。

デフォルトが発生する区間が特定できると、同区間におけるエクスポージャーと回収率から損失金額を求めることができる。

## 補論 7. 分析に使用したパラメータ等

<FRTB の要件を考慮したモデル>

3 (3) において、FRTB の要件を考慮したモデルのリスク量の計算に使用したパラメータは、以下のとおりである。

図表 A-4 PD (年率)

日本	金融	投資適格	0.0873%
		非投資適格	0.9293%
	非金融	投資適格	0.0789%
		非投資適格	1.5405%
米国	金融	投資適格	0.0929%
		非投資適格	1.0472%
	非金融	投資適格	0.1023%
		非投資適格	2.3781%

図表 A-5 地域 (国) に係る相関 ((9)式の $w_{\text{国}c}$ )

Moving Window 法

日本	TOPIX vs MSCI	0.78993
米国	S&P500 vs MSCI	0.97492

Box Car 法

日本	TOPIX vs MSCI	0.68565
米国	S&P500 vs MSCI	0.93744

図表 A-6 業種に係る相関 ((9)式の $\rho_{\text{業種}g, \text{国}c}$ )

Moving Window 法

日本	金融	TOPIX金融 vs TOPIX	0.93891
	非金融	TOPIX非金融 vs TOPIX	0.99749
米国	金融	S&P500金融 vs S&P500	0.96429
	非金融	S&P500非金融 vs S&P500	0.99328

日本	金融	個社株(金融) vs TOPIX	ORIX	0.90127
			アイフル	0.82490
	非金融	個社株(非金融) vs TOPIX	三井化学	0.71954
米国	金融	S&P500金融 vs S&P500	AMEX	0.92429
			Leucadia National	0.70117
	非金融	S&P500非金融 vs S&P500	Microsoft	0.81997
		BEST BUY	0.46491	

Box Car 法

日本	金融	TOPIX金融 vs TOPIX	0.90281
	非金融	TOPIX非金融 vs TOPIX	0.99506
米国	金融	S&P500金融 vs S&P500	0.87259
	非金融	S&P500非金融 vs S&P500	0.98809

日本	金融	個社株(金融) vs TOPIX	ORIX アイフル	0.71350 0.69326
	非金融	個社株(非金融) vs TOPIX	三井化学 日本板硝子	0.48615 0.65409
米国	金融	S&P500金融 vs S&P500	AMEX Leucadia National	0.72787 0.76860
	非金融	S&P500非金融 vs S&P500	Microsoft BEST BUY	0.60709 0.47172

<比較対象とする内部管理モデル>

3 (3) イ. では、デフォルト実績から相関を推定する場合のリスク量を、FRTB の要件を考慮したモデルのリスク量と比較しているが、ここでは、格付投資情報センター [2013]のレポート<sup>32</sup>を参考にして、以下のとおりにリスク量を試算した。

発行体  $i$  の資産価値  $Z_i$  について(A-12)式のモデルを採用する。

$$Z_i = \sqrt{\rho_{\text{国}c}} \cdot X_{\text{国}c} + \sqrt{\rho_{\text{業種}g}} \cdot X_{\text{業種}g} + \varepsilon_i \sqrt{1 - \rho_{\text{国}c} - \rho_{\text{業種}g}} \quad (\text{A-12})$$

ここで2つの共通ファクター  $X_{\text{国}c}$ 、 $X_{\text{業種}g}$  はそれぞれ国籍を表す潜在変数、業種を表す潜在変数とし、 $\varepsilon_i$  は発行体  $i$  に係る個別ファクターとする。 $X_{\text{国}c}$ 、 $X_{\text{業種}g}$ 、 $\varepsilon_i$  は互いに独立な標準正規分布に従う確率変数とする。相関  $\rho_{\text{国}c}$ 、 $\rho_{\text{業種}g}$  は図表 A-7 のように設定する。

図表 A-7 パラメータ

	$\rho_{\text{国}c}$	$\rho_{\text{業種}g}$
事業会社 (ローカル業種)	10 %	10 %
事業会社 (グローバル業種)	10 %	10 %

<sup>32</sup> 相関は 1978 年度から 2005 年度の発行体格付の格付遷移から推定されたものである。本稿では相関の数値と共通ファクターの設定の基本的な考え方について当レポートを参照したが、レポートではより詳細に算定方法について説明されている。

3 (3) イ. の分析で用いるサンプルポートフォリオは、“金融”と“非金融”の 2 種類の業種を設定しており、それぞれ上表のグローバル業種とローカル業種に対応させる。

また、共通ファクター $X_{\text{国}c}$ 、 $X_{\text{業種}g}$  は、それぞれ発行体の国と業種の分類によって決まる。例外として、ローカル業種の場合は、同じローカル業種であっても国が異なる発行体については異なる $X_{\text{業種}g}$ を用いる。

## 参考文献

安達 哲也、「金融危機後の OTC デリバティブ価値評価 ～ 公正価値測定にかか  
る諸問題を中心に ～」、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、2015-J-13、2015 年

<http://www.imes.boj.or.jp/research/papers/japanese/15-J-13.pdf>

格付投資情報センター (R&I)、「Tranche Pad Version 1.0 Technical Document」、ス  
トラクチャードファイナンス本部、2013 年 10 月 1 日

<https://www.r-i.co.jp/jpn/sf/about/methodology/products02.pdf>

北野 利幸、「デフォルト実績データによるデフォルト依存関係の推定—2 ファク  
ターモデルによるアセット相関の最尤推定—」、『日本オペレーションズ・リ  
サーチ学会和文論文誌』、第 50 巻、2007 年、42～67 頁

金融庁、「銀行法第 52 条の 25 の規定に基づき、銀行持株会社が銀行持株会社及  
びその子会社の保有する資産等に照らしそれらの自己資本の充実の状況が  
適当であるかどうかを判断するための基準」、平成 18 年金融庁告示第 20 号、  
2006 年

[http://www.fsa.go.jp/policy/basel\\_ii/mochikabu1-01.pdf](http://www.fsa.go.jp/policy/basel_ii/mochikabu1-01.pdf)

クリスチャン・ブルーム、ロジャー・オーバーベック、クリストフ・ワグナー  
ー（監訳：森平爽一郎、訳：菅原周一、鈴木隆之、佐藤秀晶）、『クレジット  
リスクモデリング入門』、シグマベイスキャピタル、2007 年

みずほフィナンシャルグループ、ディスクロージャー誌、2015 年

三井住友フィナンシャルグループ、ディスクロージャー誌、2015 年

三菱 UFJ フィナンシャルグループ、ディスクロージャー誌、2015 年

Basel Committee on Banking Supervision (BCBS), “Guidelines for computing capital  
for incremental risk in the trading book,” July 2009.

<http://www.bis.org/publ/bcbs159.pdf>

Basel Committee on Banking Supervision (BCBS), “Fundamental review of the trading  
book,” May 2012.

<http://www.bis.org/publ/bcbs219.pdf>

Basel Committee on Banking Supervision (BCBS), “Regulatory consistency assessment  
programme (RCAP) – analysis of risk-weighted assets for market risk,” January  
2013a (rev February 2013).

<http://www.bis.org/publ/bcbs240.pdf>



- Basel Committee on Banking Supervision (BCBS), “The regulatory framework: balancing risk sensitivity, simplicity and comparability,” July 2013b.  
<http://www.bis.org/publ/bcbs258.pdf>
- Basel Committee on Banking Supervision (BCBS), “Fundamental review of the trading book: A revised market risk framework,” October 2013c.  
<http://www.bis.org/publ/bcbs265.pdf>
- Basel Committee on Banking Supervision (BCBS), “Regulatory consistency assessment programme (RCAP) – second report on risk-weighted assets for market risk in the trading book,” December 2013d.  
<http://www.bis.org/publ/bcbs267.pdf>
- Basel Committee on Banking Supervision (BCBS), “Analysis of the trading book hypothetical portfolio exercise,” September 2014a.  
<http://www.bis.org/publ/bcbs288.pdf>
- Basel Committee on Banking Supervision (BCBS), “Reducing excessive variability in banks’ regulatory capital ratios: A report to the G20,” November 2014b.  
<http://www.bis.org/bcbs/publ/d298.pdf>
- Basel Committee on Banking Supervision (BCBS), “Fundamental review of the trading book: outstanding issues,” December 2014c.  
<http://www.bis.org/bcbs/publ/d305.pdf>
- Basel Committee on Banking Supervision (BCBS), “Instructions: Impact study on the proposed frameworks for market risk and CVA risk,” July 2015.  
[https://www.bis.org/bcbs/qis/instr\\_impact\\_study\\_jul15.pdf](https://www.bis.org/bcbs/qis/instr_impact_study_jul15.pdf)
- Brockmann, Michael and Michael Kalkbrener, “On the aggregation of risk,” *Journal of Risk*, **12**(3), 2010, pp.45–68.
- Butenko, Timurs, “Portfolio Credit Risk Modeling. A Review of Two Approaches,” July 2014.  
[https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/mtec/chair-of-entrepreneurial-risks-dam/documents/dissertation/master%20thesis/MAS\\_Butenko.pdf](https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/mtec/chair-of-entrepreneurial-risks-dam/documents/dissertation/master%20thesis/MAS_Butenko.pdf)
- Céspedes, Juan Carlos Garcia, Juan Antonio de Juan Herrero, Alex Kreinin, and Dan Rosen, “A simple multifactor “factor adjustment” for the treatment of credit capital diversification,” *Journal of Credit Risk*, **2**(3), 2006, pp.57–85.
- Committee on the Global Financial System (CGFS), “Market-making and proprietary trading: industry trends, drivers and policy implications,” November 2014.

<http://www.bis.org/publ/cgfs52.pdf>

Dullmann, Klaus, Jonathan Kull and Michael Kunisch, “Estimating Asset Correlations from Stock Prices or Default Rates — Which Method is Superior?,” Deutsche Bundesbank Discussion Paper, Series 2: Banking and Financial Studies, No 04/2008.  
[http://econstor.eu/bitstream/10419/19781/1/200804dkp\\_b\\_.pdf](http://econstor.eu/bitstream/10419/19781/1/200804dkp_b_.pdf)

Dunn, Gary, Michael Gibson, Gloria Ikosi, Jonathan Jones, Charles Monet and Michael Sullivan, “Assessing Alternative Assumptions on Default Risk Capital in the Trading Book,” 12 December 2006.  
[www.isda.org/c\\_and\\_a/ppt/Default-Risk-Capital-Alternative-Assumptions.doc](http://www.isda.org/c_and_a/ppt/Default-Risk-Capital-Alternative-Assumptions.doc)

Dunn, Gary, “A Multiple Period Gaussian Jump to Default Risk Model,” FSA Occasional Paper Series 29, August 2008.  
<http://www.fsa.gov.uk/pubs/occpapers/op29.pdf>

Global Financial Markets Association (GFMA), The Institute of International Finance (IIF) and International Swaps and Derivatives Association (ISDA), “Joint associations' letters on the fundamental review of the trading book (FRTB),” 20 February 2015.  
<https://www.iif.com/publication/regulatory-comment-letter/joint-associations-letters-fundamental-review-trading-book>

Hamerle, Alfred, Thilo Liebig and Daniel Rosch “Credit Risk Factor Modeling and the Basel II IRB Approach,” Discussion Paper Series 2: Banking and Financial Supervision, No 02/2003.  
[https://www.bundesbank.de/Redaktion/EN/Downloads/Publications/Discussion\\_Paper\\_2/2003/2003\\_11\\_01\\_dkp\\_02.pdf?\\_blob=publicationFile](https://www.bundesbank.de/Redaktion/EN/Downloads/Publications/Discussion_Paper_2/2003/2003_11_01_dkp_02.pdf?_blob=publicationFile)

Löffler, Gunter and Peter N. Posch, *Credit risk modeling using Excel and VBA, 2nd Edition*, Wiley, 2011.

Merton, Robert, “On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates,” *Journal of Finance*, **29**(2), 1974, pp.449–470.

Morgan Stanley and Oliver Wyman, “Wholesale & Investment Banking Outlook, Liquidity Conundrum: Shifting risks, what it means,” 19 March 2015.  
[http://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/global/en/2015/mar/2015\\_Wholesale\\_Investment\\_Banking\\_Outlook.pdf](http://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/global/en/2015/mar/2015_Wholesale_Investment_Banking_Outlook.pdf)

Wilkens, Sascha and Mirela Predescu, “Incremental Default Risk (IDR): Modeling Framework for the "Basel4" Risk Measure,” 31 July 2015.

[http://www.researchgate.net/profile/Sascha\\_Wilkens/publication/280599127\\_Incremental\\_Default\\_Risk\\_%28IDR%29\\_Modeling\\_Framework\\_for\\_the\\_Basel\\_4\\_Risk\\_Measure/links/55bcdcd508aec0e5f44453c8.pdf?inViewer=true&disableCoverPage=true&origin=publication\\_detail](http://www.researchgate.net/profile/Sascha_Wilkens/publication/280599127_Incremental_Default_Risk_%28IDR%29_Modeling_Framework_for_the_Basel_4_Risk_Measure/links/55bcdcd508aec0e5f44453c8.pdf?inViewer=true&disableCoverPage=true&origin=publication_detail)