

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、内部モデル方式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) 参照先におけるデフォルトの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・分析した。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

.....
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。

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

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¹、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中心であるため、取引資産の発行体（または参照先）のデフォルトによる資産価格変動に比べ、取引価格の変動そのものによる損失の管理がより重要である。しかし、一部の債券など流動性が低い資産では、保有期間が想定よりも延長し、資産の売却を行う前に発行体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²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³。欧米の主要な金融機関の多くは内部モデル方式を採用しているが、本邦で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⁴、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つかの要件を定めてはいるものの、詳

.....
1 初版の Basel Committee on Banking Supervision (BCBS) [2012] が公表された後、改訂版として BCBS [2013c] および BCBS [2014b] が公表され、最終文書として BCBS [2016] が公表されている。

2 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、Committee on the Global Financial System (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。

3 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。

4 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。

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、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⁵。

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⁶ の要件に関して、主に本稿のモデル分析で扱うものを挙げると以下のとおりである。

イ. リスク指標

リスク指標はバリュー・アット・リスク (Value at Risk: VaR)、信頼区間は片側 99.9% である⁷。

ロ. 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

5 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。

6 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) を適用するよう定められている。

7 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。

の採用が求められている。この点、銀行勘定の信用リスク・アセット計算のように1ファクター・モデルの近似解析解⁸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〉方式は求められていない。

ハ. 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。ただし、株式のサブ・ポートフォリオについては金融機関の裁量により最短で60日とすることができる。FRTBでは「流動性ホライズン」という考え方が導入⁹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。

ニ. パラメータの推定（PD、LGD、相関）

デフォルト確率（Probability of Default: PD）、デフォルト時損失率（Loss Given Default: LGD）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定められている。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¹⁰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、推定方法は明確に示されていない。

- 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いけない。

8 近似解析解により大口集中リスクが過少評価される。

9 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。

10 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。取引種類およ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 モデルの要件を考慮して、デフォルトリスク評価モデルを具体的に検討する。なお、トレーディング取引のうちデフォルトリスクを内包する主な商品として、債券と株式（または同等のデフォルトリスクの性質をもつデリバティブ）があるが、金融機関のバランスシートにおけるシェアの高さから、債券を対象として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（共通ファクターが 1 つ）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。

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

ここで、 X は共通ファクター、 ε_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。 ρ_i は発行体 i に係る共通ファクターとの相関を表す。

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、一般的に

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

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。

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) 式で表される一般的な 2 ファクター・モデルを具体的に整理する。

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。

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

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、発行体ごとに定める ρ_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 ρ_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、(4)式～(6)式のように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）

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

- 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ごとに異なる）

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

- 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ごとに異なる）

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

$$\text{ただし、} w_{k,1}^2 + w_{k,2}^2 = 1.$$

ハ. 本稿で検討するモデル

(イ) 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は、FRTBの導入に関する定量的影響度調査（Quantitative Impact Studies: QIS）において、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における設定内容を調査しており、“産業（業種）”と“地域（国）”の2つをファクターとする先が多いことを明らかにしている（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・モデルを考察する。

2ファクター・モデルの表現方法には前述の2節(2)ロ.で示したように3タイプがあり、相関を推定する際には、株価またはクレジット・スプレッドから行うというFRTBの要件に従う。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、制約が強すぎる。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¹¹。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する¹²。

マルチファクター・モデルは、資産価値の変動が何らかのマクロ経済変数（GDP、株価収益率など）と関係があると考え、明示的に当該変数を説明変数とするモデル（explicit factor models）と、資産価値と経済変数との関係を具体的に想定せず、潜在変数を説明変数とするモデル（implicit factor models）がある¹³。FRTB の相関に係る要件のもと、(3) 式の ρ_i と (5) 式の w_k を明確に定め共通ファクターの意味付けを行うために、以下の2ファクターのマートン・モデル¹⁴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。

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

そのうえで、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。

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

(7) 式に (8) 式を代入することで、(9) 式の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_{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_{global} に連動しない部分
ε_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

11 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、因子の意味付けが必ずしも明確にならないという問題がある。

12 (3) 式の ρ_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。

13 マルチファクター・モデルの説明変数の意味付けについては Hamerle, Liebig, and Rosch [2003] を参照。

14 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。

$w_{\text{国}c}$: 国 c に係る相関
 ε_i 、 Y_{global} 、 $\hat{X}_{\text{国}c}$: 標準正規分布に従う確率変数

(ロ) モデルの解釈

a. 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¹⁵。

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。

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。

b. 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_{global} で説明するものである。 Y_{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_{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_{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_{global} 、発行体 i が属する国 c の平均的な資産価値のうち Y_{global} で説明できない部分 $\hat{X}_{\text{国}c}$ 、および発行体 i に固有の部分 ε_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

15 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、取引件数が少ないポートフォリオや、特定のグループへの投資を目的とするポートフォリオについては、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。

企業も多い。したがって、グローバル経済全体の影響を直接的に受ける企業が多いことに加え、その受け方も企業ごとに異なっていると考えられるため、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、全体としてのデフォルトリスクを評価するうえで相関は重要なパラメータである。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およ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¹⁶。

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 と標準正規分布関数の逆関数 $N^{-1}(\cdot)$ を用いて、(10)式のように表せる。

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

なお、デフォルト確率 PD_i はFRTBの要件（2節（1）を参照）に準じて推定された値を用いる。

また、発行体*i*がデフォルトすることによる損失 L_i は、 EAD_i ¹⁷と LGD_i から、

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

と表され、 N 社からなるポートフォリオの損失 L は、(11)式を用いて(12)式のように計算できる。

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

なお、(11)式中の $1_{\{Z_i < D_i\}}$ 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

.....
16 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、この理論に基づくと、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。

17 発行体*i*のデフォルト時エクスポージャー（Exposure at Default）。

0となる関数である（(13)式）。

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

シミュレーションの手順は以下のとおりである。

- Step 1 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代入し、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）。
- Step 2 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。
- Step 3 (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。
- Step 4 Step 1～Step 3を社数 N だけ繰り返す。
- Step 5 (12)式によりポートフォリオの損失額 L を計算する。
- Step 6 Step 1～Step 5を繰り返す。
- Step 7 Step 6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

本節(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ことが挙げられる。

トレーディング取引におけるデフォルトリスクを評価するうえで、規制対応モデルと内部管理モデルの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。3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

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

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¹⁸。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、3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、本節(2)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リスク量を試算するのではなく、格付投資情報センター [2013] 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。

(イ) 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(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)と同じである。

.....
 18 Düllmann, Kull, and Kunish [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。

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）

（ロ） 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。

（ハ） 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¹⁹が採用されている。前述の「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。

3 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。

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]²⁰とMorgan Stanley and Oliver Wyman [2015]を参考としている。

.....
19 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している。例えば、A 格付の債券を保有していると仮定し、シミュレーションした場合に、当該債券が BBB 格付となり、売却する際には、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、金融庁が示す告示では流動性期間を想定する方法も認めるという程度の表現にとどめている。

20 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] 同様、ト

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、流動性の低い銘柄は、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。

3. 分析

本節では、2 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（以下、ポート）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

各ポートのポジションの内訳は図表 3～図表 6 のとおりである。

イ. ポート 1 (図表 3)

ロング・ポジションのみで構成²¹。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 およびポート 3 についても同様である。

.....
 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となっている。

21 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る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。

図表3 ポート1のポジションの内訳

(百万円)

			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

図表4 ポート2のポジションの内訳

(百万円)

			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

ロ. ポート2 (図表4)

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4²²)。ロング・ポジションの内訳はポート1と同じ。

ハ. ポート3 (図表5、図表6)

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、およびロング・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・ポジションの合計および銘柄数の合計はポート1およびポート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およびポート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。

.....
 22 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 5 ポート 3 のポジションの内訳

(百万円)

			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

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)

			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（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、三菱 UFJ 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

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。
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

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

2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）から推定した相関係数とする。相関を推定するために用いた株価データは、図表7のとおりである。

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によってリターン計算をすることが想定されているためである。

(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²³⁾）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。

- モデル 1 2 節 (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)
- モデル 2 2 節 (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 (Standardised Approach)
- 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。

上記の試算結果から、モデル 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わかる。これはモデル 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。モデル 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、モデル 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。

図表 8 ポート 1 の VaR (ロングのみ)

		(百万円)						
		モデル 1	モデル 2	SA	IRB			
		業種別 インデックス	デフォルト 実績	-	M = 2.5	M = 5	M = 10	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	
合計		2,342	311	528	459	648	1,026	

.....
23 乱数は、メルセンヌ・ツイスター (Mersenne Twister) 法を用いた。

図表 9 ポート 2 の VaR (ロング+ショート)

(百万円)

		モデル 1	モデル 2	SA
関連の 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
合計		803	277	317

図表 10 ポート 3 の VaR (ロング+ショート、大口あり)

(百万円)

		モデル 1	モデル 2	SA
関連の 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
合計		844	406	317

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

ここで、モデル 1 の関連のうち (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図表 11 で示す各業種に属する個社の株価を用いてみる²⁴。

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ムービング・ウィンドウ法²⁵ (Moving Window、以下、「MW

24 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・ネームのクレジット・デフォルト・スワップ取引が行われている銘柄を選定した。

25 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。

図表 12 相関（日本：対 TOPIX）

		MW	BC	MW - BC			MW	BC	MW - BC
金融	ORIX	0.901	0.713	0.188	TOPIX金融		0.939	0.903	0.036
	アイフル	0.825	0.693	0.132		TOPIX非金融		0.997	0.995
非金融	三井化学	0.720	0.486	0.233					
	日本板硝子	0.675	0.654	0.021					

図表 13 相関（米国：対 S&P500）

		MW	BC	MW - BC			MW	BC	MW - BC
金融	AMEX	0.924	0.728	0.196	S&P500金融		0.964	0.873	0.092
	Leucadia National	0.701	0.769	-0.067		S&P500非金融		0.993	0.988
非金融	Microsoft	0.820	0.607	0.213					
	BEST BUY	0.465	0.472	-0.007					

法」という)、ボックス・カー法²⁶ (Box Car、以下、「BC 法」という) によって計算した結果を表している。

この相関（各業種に属する 2 銘柄の相関の平均値）を用いてモデル 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。

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、モデル 1 のリスク量は減少し、モデル 2 のリスク量と同等の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。なお、相関については誤方向リスクが問題となる場合もあるが、その具体的な内容は補論 5 にて解説する。

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本節（3）イ. と同じとす

.....
26 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)

(百万円)

相関の 推定方法	業種に属する 個社の株価	モデル 1	モデル 1	モデル 1	モデル 2	SA	IRB		
		(MW)	(BC)	(MW)	デフォルト 実績		M = 2.5	M = 5	M = 10
				業種別 インデックス		-	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
合計		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)

(百万円)

相関の 推定方法	業種に属する 個社の株価	モデル 1	モデル 1	モデル 1	モデル 2	SA
		(MW)	(BC)	(MW)	デフォルト 実績	
				業種別 インデックス		-
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
合計		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)

(百万円)

相関の 推定方法	業種に属する 個社の株価	モデル 1	モデル 1	モデル 1	モデル 2	SA
		(MW)	(BC)	(MW)	デフォルト 実績	
				業種別 インデックス		-
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
合計		562	498	844	406	317

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。なお、モデル 2 では、多期間のデフォルト判定（補論 6 を参照）による方法によりデフォルトリスクを評価する。

- モデル 1 2 節 (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)

- モデル2 モデル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。

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年と仮定するモデル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モデル2の

図表17 ポート1のVaR（ロングのみ）

		(百万円)		
		モデル1 (MW)	モデル2 (MW)	比率 モデル1/モデル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
合計		830	456	1.8

図表18 ポート2のVaR（ロング+ショート）

		(百万円)		
		モデル1 (MW)	モデル2 (MW)	比率 モデル1/モデル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
合計		459	263	1.7

図表19 ポート3のVaR（ロング+ショート、大口あり）

		(百万円)		
		モデル1 (MW)	モデル2 (MW)	比率 モデル1/モデル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	365	61	6.0
付	日本・非投資適格	274	165	1.7
区	米国・投資適格	365	91	4.0
分	米国・非投資適格	323	227	1.4
合計		562	322	1.7

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

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（=モデル1／モデル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（モデル2）によるリスク量よりも規制対応モデル（モデル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。

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。ただし、計算の仮定によって結果は変わりうることと、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も考えられる。しかしながら、内部管理モデルと規制対応モデルの違い²⁷によって、規制上意図しない影響²⁸を与えうることについては、留意していく必要がある。

27 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。

28 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）。

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付けられるが、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に基づく考察を行った。

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ことが示唆される。

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うる可能性が示唆される²⁹。

なお、FRTB は2016年1月に最終文書が公表されており、今後各国にて関連する国内規制の見直しが行われる。国内規制については、各国の金融機関の実態を考慮するため、ある程度各国当局の裁量が認められていることから、本稿で示した要件と異なる場合がある。

今後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。

.....
29 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。

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～」、金融研究所ディスカッション・ペーパー、No. 2015-J-13、日本銀行金融研究所、2015 年
- 格付投資情報センター、「R&I Tranche Pad Version 1.0 Technical Document」、格付投資情報センター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)
- みずほフィナンシャルグループ、「2015 統合報告書 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、「2015 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、「MUFG レポート 2015 ディスクロージャー誌」、2015 年
- Basel Committee on Banking Supervision (BCBS), “Fundamental Review of the Trading Book,” Bank for International Settlements, May 2012.
- , “Regulatory Consistency Assessment Programme (RCAP)—Analysis of Risk-weighted Assets for Market Risk,” January 2013a (rev February 2013).
- , “The Regulatory Framework: Balancing Risk Sensitivity, Simplicity and Comparability,” July 2013b.
- , “Fundamental Review of the Trading Book: A Revised Market Risk Framework,” October 2013c.
- , “Regulatory Consistency Assessment Programme (RCAP)—Second Report on Risk-weighted Assets for Market Risk in the Trading Book,” December 2013d.
- , “Analysis of the Trading Book Hypothetical Portfolio Exercise,” September 2014a.
- , “Fundamental Review of the Trading Book: Outstanding Issues,” December 2014b.
- , “The Basel Committee’s work Programme for 2015 and 2016,” January 2015.
- , “Minimum Capital Requirements for Market Risk,” January 2016.
- Brockmann, Michael, and Michael Kalkbrener, “On the Aggregation of Risk,” *Journal of*

- Risk*, 12(3), 2010, pp. 45–68.
- Butenko, Timurs, “Portfolio Credit Risk Modelling. A Review of Two Approaches,” Master Thesis at ETH Zurich, July 2014 (available at https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/mtec/chair-of-entrepreneurial-risks-dam/documents/dissertation/master%20thesis/MAS_Butenko.pdf).
- Cespedes, 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.
- Düllmann, Klaus, Jonathan Küll, and Michael Kunisch, “Estimating Asset Correlations from Stock Prices or Default Rates—Which Method is Superior?,” Discussion Paper, Series 2: Banking and Financial Studies, No 04/2008, Deutsche Bundesbank, 2008.
- Dunn, Gary, Michael Gibson, Gloria Ikosi, Jonathan Jones, Charles Monet, and Michael Sullivan, “Assessing Alternative Assumptions on Default Risk Capital in the Trading Book,” International Swaps and Derivatives Association, 12 December 2006 (available at 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, Financial Services Authority, August 2008.
- 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, Deutsche Bundesbank, 2003.
- 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,” Blue Paper, March 19 2015 (available at http://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/global/en/2015/mar/2015_Wholesale_Investment_Banking_Outlook.pdf).
- Wilkins, Sascha, and Mirela Predescu, “Default Risk Charge (DRC): Modeling Framework for the ‘Basel’ Risk Measure,” May 2016 (available at SSRN, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2638415>).

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、モデルにおけるファクターのタイプ別に採用している金融機関数を示している³⁰。

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うえ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。

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

.....
³⁰ 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、図表 A-1 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ソブリン（各国国債）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 $\rho_{業種g, 国c}$ 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、(A-1) 式のように

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

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³¹、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³²。

.....
31 BCBS [2015] 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。

32 例えば、FRTB の要件では、PD のフロアは 3 bps 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 3 bps が適切な水準にあるかは検討の余地がある。なお、金融庁 [2006] では、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 3 bps と定められているが、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

本論で提案する 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。

- Step 1 確率変数 ε_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。
- Step 2 (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。
- Step 3 \mathbf{X} と $\boldsymbol{\varepsilon}$ の相関係数 λ を計算する。
- Step 4 $\boldsymbol{\varepsilon}$ から \mathbf{X} との相関 λ を除いた標準正規乱数ベクトル $\boldsymbol{\delta}$ を (A-2) 式から得る。

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

- Step 5 $\boldsymbol{\delta}$ 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 節 (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、本論では 2 節（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、（1）重回帰式を直接用いる方法と（2）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 節（2）のモデルを提案した。

（1）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³³、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が多重共線性の問題を引き起こしていないか検証する必要がある。具体的には、説明変数間の相関行列の対角要素の逆数で定義されるトレランスを用いて多重共線性の分析を行い、一定値よりも小さいトレランスの説明変数は採用しないようにする必要がある。

.....
 33 Wilkens and Predescu [2016] 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。

(2) 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、 ε_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。 β_i 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、(A-4) 式のように国 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。

$X_{\text{国}c}$ の分散が 1 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 ε_i で調整されるため、最終的には、(A-7) 式のようなモデル式となる。

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

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。因子負荷量に相当するパラメータを推定して、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えないが、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・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

本論で提案するモデル（2 節（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推定している。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）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 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わかる。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。

図表 A-2 業種別相関の推移

相関の種類	長期 2005～2015年	市況別		
		信用不安期 2007～2009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（BC法）。

図表 A-3 業種別リスク量の推移

相関の種類	長期 2005～2015年	市況別 (百万円)		
		信用不安期 2007～2009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 節（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 節（2）の日本の非金融セクターに係る値を適用した。

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、本補論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。この多期間のデフォルト判定は以下のように行う。

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 τ_i を表現すると、累積デフォルト確率の逆関数を $F^{-1}(\cdot)$ として、(A-8) 式のとおりとなる。

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

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 (A-9) 式で求める。

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

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、(A-10) 式

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

が成り立つ。この閾値と資産価値 Z_i とを (A-11) 式で比較し、

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

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

(1) FRTB の要件を考慮したモデル

3 節 (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~図表 A-7)。

(2) 比較対象とする内部管理モデル

3 節 (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]³⁴ 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。

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

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、 ε_i は発行体 i に係る個別ファクターとする。 $X_{\text{国}c}$ 、 $X_{\text{業種}g}$ 、 ε_i は

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 $w_{\text{国}c}$)

MW 法

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

BC 法

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

.....
34 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。

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

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
			日本板硝子	0.67509
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

図表 A-7 業種に係る BC 法による相関 ((9) 式の $\rho_{\text{業種}g, \text{国}c}$)

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

互いに独立な標準正規分布に従う確率変数とする。相関 $\rho_{\text{国}c}$ 、 $\rho_{\text{業種}g}$ はグローバル業種、ローカル業種いずれも 10% と設定する。

3 節 (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。

