

2012年8月31日掲載版

Faculty of Actuaries

Institute of Actuaries

2010年度試験

解答見本

Subject ST9—エンタープライズリスクマネジメント

©Faculty of Actuaries

© Institute of Actuaries

1 (i) 金利リスクは、金利の変動から生じるリスクであり、顧客行動の変化や財務的影響などが含まれる。豊富な過去データが利用可能であり、さまざまな予測モデルが将来の金利を占う有益な判断材料となっている。これは、このリスクが比較的、定量化可能であることを意味している。

為替リスクは、為替レートの動きによって生じるリスクである。豊富な過去データが利用可能であり、さまざまな予測モデルが将来の為替レートを占う有用な指標となっている。これはつまり、リスクが比較的、定量化可能であることを意味している。

信用リスクは、契約の相手方が契約に基づき支払うべき債務を支払うことができないまたは支払おうとしないリスクをいう。また、原債務者の信用力に関する認識の変化による資産価値の変動も含まれる。支払能力の欠如については、過去データが豊富にあることと、その結果として信頼できる予測モデルが幅広く存在することを考えると、比較的定量化可能である。支払意思の欠如は、社会的行動によるものであるため、特に定量化可能ではない。

ベースス・リスクとは、2つの比較可能な指標の動きの差から生じるリスクである。つまり、ある特定のポジションが、必要とされるポジションをどの程度反映しているかということである。2つの異なる定量化された指標の間の潜在的差異の測定であるため、本質的に定量化可能である。

[注:保険リスクやその他の市場(金融)リスクなど、他の適切なリスクタイプも解答として認められる。]

(ii) 社会的リスクは、需要の変化や新たな市場機会の開拓、需要に対する企業の対応とその結果としての従業員の特徴の変化をもたらす、社会における変化のリスクである。このリスクは、社会が企業に与える影響であり、その逆ではない。このリスクは、行動的なものであり、人々に左右されるため、信頼性をもって測定することができない。社会の変化は、数え切れないほど多くの原因で起こりうるものであるため、過去はあまり指針とならないばかりか、変化のタイミングについてはまったく指針にならない。

法務リスクとは、法律の認める範囲で営業することを怠るリスク、法律の認める範囲で営業しているという証拠を示せないリスク、および法律上の脅威を認識して管理することができないリスクである。このリスクは、行動的なものであり、人々に左右されるため、信頼性をもって測定することができない。効果的なビジネスプロセスが厳密に守られていることはもちろん、このリスクを軽減する。ビジネスプロセスと遵守レベルが最新の状態に保たれているならば、過去は、将来を占う何らかの指針となるかもしれないが、それでもせいぜい、非常に近似した指針にしかならない。

政治的リスクは、全体的または部分的に、政府や非政府団体の行動に由来する不確実性である。このリスクは、行動的なものであり、人々に左右されるため、信頼性をもって測定することができない。政府の関係者は入れ替わるものであり、経済的／社会的／宗教的状況は時間とともに変わるため、過去は将来の指針として信頼できない。

テクノロジー・リスクは、テクノロジーへの投資が不十分あるいは不適切なものとなったり、あるいは、その管理に失敗する結果に至るような事象のリスクである。不十分さ、不適切さ、管理の失敗はいずれも定性的な概念であるため、このリスクは信頼性をもって測定することができない。

[注:規制リスク、エージェンシーリスク、レピュテーションリスクなど、その他の適切なリスクタイプも解答として認められる。]

2 (i) 企業文化にリスク意識を植え付けるため、リスクスキルを今後の採用決定の重要な一部に含める。

リスク、監査、財務、コンプライアンスの幹部からなるリスク委員会を形成する。委員会が事業担当者から概ね分離されるようにするとともに、委員会が重要な権限と指揮系統を持ち、最高リスク管理責任者に定期的にコンタクトできるようにする。

経営管理者およびエンタープライズリスク担当者に定期的にリスクについて知らせ、フィードバックするように促す。

適切な報酬／賞与体系を利用して、企業の経営管理者がリスクを特定し、より上位の経営管理者にリスクを報告し、リスク調整後の利益を創出するように奨励する。すなわち、全体的なコストを増やさずに現在の報酬体系を修正する。

CEO自身のパフォーマンス評価に、ERMの推進、ERMの有効性の確保、およびERMの勧告の実施を含める。

経営幹部と取締役会の双方のために簡潔なERM管理報告書を作成する。報告書には、存在するリスク、その頻度と損害規模の見積り、およびリスクを軽減するために最近採られた対策を含めなければならない。

効率性を向上させ、理解度を高めるために、リスク格付けシステムおよびリスク報告書の標準テンプレートなどの共通のリスク言語を企業に導入する。

リスクのディスカッションをスタッフ／経営管理者のミーティングの不可欠な要素として含める。

リスクの特定・管理について明確な組織的責任を定め、伝達する。

社内のオープンかつ広範なコミュニケーションを促す文化を醸成する。

[注:上記のうち8項目を解答に記入すれば満点となる。]

(iii) 分散を通じてリスクを軽減するために、業務慣行に制約を設ける。たとえば、投資に追加的なポートフォリオ制約を設定する。

リスクの高い取引相手とは取引しないことでリスクを減らすように、カウンターパーティ制限を導入する。たとえば、銀行は、投資適格の格付けの企業だけをターゲットにした貸付ガイドラインを導入することができる。

企業内のコーポレートガバナンスを強化する。たとえば、利用可能な社内資源だけを使って、企業のあらゆる領域に頻繁な内部監査を導入し、社内の報告量を増やす。社内の残業を禁止し、全社員に毎年連続して2週間以上の休暇を取るように義務付ける。疲労度の少ない人の方がミス数が少ない傾向にある。また、もし企業不正がある場合、不正者が休暇で会社を離れている時に発見されることが多い。

高リスク商品の販売高を減らす。たとえば、企業が長寿リスクの契約引受能力の上限に達したと思われる場合、即時開始年金市場から撤退する(それにより、そこから利益を得る可能性を減らす)。

(iii) リスクを移転する。たとえば、保険の購入や金融市場からのプロテクションの調達など。

リスクの高い資産を売却し、リスクの低い資産(あるいは負債に見合った資産)と入れ替える。

特にリスクが高いと感じられる部門や製品ラインを閉鎖するか規模を縮小する。

オペレーショナル・リスクを軽減するためにオペレーションを集約する。

3 (i) 検証プロセスには、以下が含まれていなければならない。

#### 定量的方法

モデルの主要な側面の過去データへの適合度を証明する有効な統計プロセスの使用。適合度手法には、最尤推定とモーメント法が含まれるだろう。

モデルの安定性をテストするための主要な前提の変更に対する感応度分析の使用。

観察された経験とモデルを比較するバックテストの使用。過去の経験の変動可能性がどれほど大きかったかによっては、たとえば極端な結果だけではなく、モデル化された分布の分位点の範囲全体にわたって相対的な合理性をテストすることが可能である場合があるため、バックテストは重要である。

#### *定性的方法*

期待と比較したモデルのアウトプットの明白な合理性を評価するためのシナリオテストとストレステストの使用。

ほとんどの ERM モデルは、極端な結果に係る潜在的コストを見積るために利用される。極端な結果は、その性質上、頻繁には起こらない(たとえ、極端の度合いによらずとも)。適切な損失分布モデルではテールが単調減少するということは一般に認められている。多少の意見の相違が生じるのは、テールの相対的重要性についてである。経験豊かな人々からのインプットを用いた極端な事象のストレステストは、モデルのテールの相対的重要性を検証するための非常に有用な方法である。

#### *内部検証*

モデルは、適切なスキルを持った人々によって、個々の計算から取締役会によって検討される全体的なアウトプットに至るまで、あらゆる詳細レベルで精査されなければならない。

#### *外部検証*

モデルは、監査人、証券取引所、格付け機関および規制当局によって、さまざまな詳細レベルで精査される。上記の機関は、モデルの設計/インプット/プロセス/アウトプットをそれぞれ独自の内部モデルの見解および類似の企業から提出された他の ERM モデルと比較・対比することを期待される。なお、外部当事者は、正式にモデルを検証するわけではない。企業のERMモデルの構築を支援する事業を行っているわけではなく、モデルが各々の監督目的にとって十分であるとの確信を得るまで、銀行と連絡を取るにすぎない。

#### *データ*

モデルのよさは、そのベースとなるデータ次第である。利用するデータの母集団の妥当性、データの正確性、データの網羅性を評価するためには、データを再検討しなければならない。モデルポイントが使われている場合、選択したグルーピングの妥当性は、特定の全件データ実行との比較によりテストすることができる。

### 前提

モデルの前提は、前提の導出／合理性を裏付ける記録資料を含め、あらゆる関係者に提示しなければならない。判断のみを根拠にした前提については、詳細な調査が行われることが予想される。

### 検証プロセス:

#### 反復的である

内部当事者と外部当事者の両方がモデル／モデルのアウトプットをレビューし、モデルのすべての側面についてコメントする。コメントは、対処され、回答されなければならない。合意されたモデルの変更は定期的に、すべての当事者に公表されるべきである。当事者は、変更についてレビューし、さらにコメントがあれば加える。

#### 明確な指揮系統と最終責任を必要とする

検証プロセスにインプットを提供するすべての当事者が、誰がモデルのどの側面に責任を負っており、誰が検証の最終責任を負っているかを理解できるようにするため、責任の明確化が必要である。

#### 文書化を必要とする

当然のことながら、モデルは詳細に文書化される。検証プロセスについても、関係者がコメントや回答、実施された作業、ディスカッションの要点、結果としてのモデルの変更、モデルが許容されるかどうかについてのすべての当事者からの最終合意についてレビューできるように、詳細に文書化しなければならない。

#### アウトプット

特に経営幹部は、モデルそのものをレビューすることを望まず、モデルからのアウトプットに依拠すると思われる。このアウトプットは、率直で、経時的に一貫しており、量が多すぎず、かつモデルの主要な結果と検証プロセスにおいて実施された作業の両方を説明するのに十分なものでなければならない。

(ii) 継続的な再検証プロセスは多くの点において、モデルの指定、パラメーター化と構築、新しいデータおよび経験の展開と比較したテスト、再設計と再パラメーター化というアクチュアリアル・コントロール・サイクルの軸に沿ったリアルタイムのプロセスである。このプロセスは、以下を伴う。

- モデルに基づき予想される経験に照らして、実際の経験をテストする
- 新たなデータが明らかになる度に、分布を再調整する
- モデルを改善するために新たなデータタイプ／プロセスの導入を検討する

- 大規模な変更と小規模な変更について必要に応じて内部当事者と外部当事者と連絡を取る
- 変更がもたらす影響を計算する
- モデルに関する文書化の内容を更新する

4 (i) 金利リスク、特に、社債の平均表面利率の借入コストに対するスプレッド。

投資市場リスク、特に、第5年度の年度末時点および信用格付けが変化した期間中の市場での社債売却から生じる全体的なキャピタル・ロスのリスク。

為替レートリスク。これは、借入金の通貨が社債の通貨とは異なる場合、重要なものとなる可能性がある。また、Equityの保有者の通貨が社債の通貨とは異なる場合、重要なものとなる可能性がある。

BB社債のデフォルト損失リスク。これは、デフォルト損失が予測を上回るリスクである。

(ii) 銀行が債権者ではないと仮定すると、銀行にとっての最大のリスクは、ファンドのリターンが予測をはるかに下回った場合のレピュテーションリスクである。

(iii) 前提

BB社債は、格付けが変更されれば売却され、その代替として新しいBB社債を購入する。

保有する社債の1.06%が毎年、格付けの変更なしにデフォルトする。

ファンドは、デフォルト損失に対して資本再調達を行わない。しかし、社債から利息を受け取るとともに、社債の売却による正味キャピタルゲインを受け取る。

ファンドは、必要に応じて社債を売却するために少額の手数料を支払う。

ファンドは随時、借入金に対する利息を支払う。

売却コストを差し引いたキャピタルゲインは毎年、ゼロであると仮定する。

投資期間中、ファンドが社債から得る利息が年率7%となり、借入金の支払利息が5%になると仮定する。

社債利息の受け取りは年度末に行われ、デフォルトはすべて、年度末に、かつ社債利息の受取後に発生すると仮定する。

正味受取金はすべて再投資されると仮定する。

デフォルトとなった社債について、元本は回収されないと仮定する。

## 計算

ファンドの Equity 部分は、年率(7-1.06=)5.94%で成長しており、毎年のデフォルト損失確率は1.06%である。ファンドの借入部分は、年率(7-5-1.06=)0.94%で成長しており、毎年のデフォルト損失確率は1.06%である。よって、

$$\begin{aligned} \text{£}5.68m &= 20 \times 0.0106 \times 1.07 \times \sum_{n=1}^5 (1.0594)^{n-1} \\ &\quad + 80 \times 0.0106 \times 1.02 \times \sum_{n=1}^5 (1.0094)^{n-1} \end{aligned}$$

(iv) ファンドの投資パフォーマンスは主に、BB 社債バスケットの償還利回りと、借入金が連動している金利(たとえば、3 カ月 LIBOR)とのスプレッドによって決まる。ポジティブキャリーになれば、期待デフォルトコストをまかなうことができ、リターンにレバレッジをかけて投資家に提供できる。

(v) スプレッドとは、2種類の金利の差である。2つの時系列を別々にモデル化した上で、2つの時系列の間の自己相関を可能にするシミュレーション・モデルの構築が最善であると考えられる。そうすれば、反復計算することによって、結果としてスプレッドが算出できる。ARCH プロセスまたは GARCH プロセスを使ったスプレッド・ボラティリティの単一モデルを構築するという代替方法もテストする必要があるが、おそらく、より安定性の低いモデルとなる。

予測期間は5年となる。

モデルは、過去を何年も遡り、かつファンドマネージャーが投資する見込みの BB 社債の範囲に特に注意を払った時系列をベースとする。

時系列は、2つの基礎となるデータセットから直接当てはめることもできるが、所定の2つの時系列と相関する別の時系列を導入することで、モデルの予測能力が向上するかもしれない。これは、追加的な時系列の予測力の方が所定の2つの時系列だけの予測力よりも優れているとみなされた場合に限り、役に立つ。

(vi)  $M_1, \dots, M_m$  という  $m$  個のモデルを仮定し、モデル  $j$  は、 $\theta_j = (\theta_{j1}, \dots, \theta_{jkj})'$  という式と尤度関数  $L_j(\theta_j; X)$  で表される  $k_j$  パラメーターで表せるものとする。 $\hat{\theta}_j$  は、 $\theta_j$  の最尤推定値 (MLE) を表わすとする。

赤池情報量規準 (AIC) は、以下を最小化するモデルを選択する。

$$AIC(M_j) = -2 \ln L_j(\hat{\theta}_j; X) + 2k_j.$$

ベイズ情報量規準 (BIC) は、以下を最小化するモデルを選択する。

$$BIC(M_j) = -2 \ln L_j(\hat{\theta}_j; X) + k_j \ln N$$

ここで、 $N$  は、データセットにおける観察数を表す。

5 (i) 保険引受リスク、すなわち損害保険リスクから生じる予想外の損害のリスクであり、このケースでは、自然災害が ABC 社に予想外の損害をもたらすリスクである。かかる損害は、経験の変動、またはリスクの不適切な選択と価格設定の結果として生じることがある。ABC 社は、毎年 120 百万ポンドの収入保険料を引き受けている。平均損害額は、77 百万ポンドであり、最大損害額は 168 百万ポンドである。予想外の損害のリスクは、およそ 20% の確率 (5 回に 1 回) で 91 百万ポンドの損害になる可能性がある。

金融リスク、すなわち 100 百万ポンドの保有持分から生じる損失リスクである。保有持分は、昨年 30 百万ポンドを超える損失をもたらした可能性がある。というのも、総投資収入が 30 百万ポンドの損失となっており、残りの投資が現金と政府証券だからである。おおざっぱに言って、株価は通常、およそ 7 年ごとに約 30% 暴落した後、次第に回復する。したがって、このリスクの規模は、およそ 30 百万ポンドである。

為替リスクは、現金と政府証券が米ドルで保有されていない場合、大きなものとなる可能性がある。未払保険金 240 百万ポンドの 90% (216 百万ポンド) は、米ドル建ての可能性が高いが、明らかに米ドル建てであるものは 100 百万ポンドの持分だけである。為替レートのボラティリティは、大きなものになる可能性がある。対米ドルで英国ポンドが 20% 下がることもありうる。リスクの規模は、116 百万ポンドの約 20%、すなわち 23 百万ポンドほどになる可能性がある。

引受リスクと保有持分の市場価値喪失リスクは一部、逆相関の関係となっている可能性がある。引

受損失の90%は、米国の暴風から生じると予想されている。米国の住宅メーカーは、家を建て直すために必要となるため、自然災害の恩恵を受けるはずである。

(ii) モデルは、確率変数を必要としない。というのも、感応度分析とストレステストを行うことが目的だからである。モデルは、将来の貸借対照表(したがって、資産と負債の両方を生成する必要がある)と損益計算書を生成する。対象期間は3年で十分だろう。

モデル自体は、確率変数を必要としないものの、妥当と思われる感応度分析を維持し、かつストレステスト中、発生する可能性は低い極端な結果の範囲をテストするために、主要なビジネスリスクそれぞれの潜在的範囲と、それらビジネスリスク間の相関に関する何らかの分析を行う必要がある。

貸借対照表と損益計算書は、対象期間にわたり内部整合的である必要がある。たとえば、

- 貸借対照表上の資産と負債の一致と整合性
- 未払保険金の支払備金への振替
- 古い保険金の支払いに伴う支払備金の取崩し
- 株主資本への損益の振替
- 繰越欠損金

(iii) 感応度分析の目的は、どの前提が事業に最も重要な影響を及ぼすかを見ることである。このケースにおいて追跡すべき2つの主要な結果は、純利益と資本である。

平均的な予想リターンとクレームを想定したベースケースの貸借対照表と損益計算書を作成する。純利益と資本の相対的な増減を、以下のようにテストする。

- 他のすべての要素はそのまま変えずに、既発生クレームのみを20%増減させる
- 現金および政府証券に対する金利を20%増減させる
- 保有持分の価額を20%増減させる
- 直接取得原価を20%増減させる

さまざまな変数について20%の増減が実際に起こる確率はそれぞれ異なるだろうが、いずれも発生する合理的な可能性があり、利益と資本の両方に寄与する最も重要な要因を把握する材料を経営管理者に与えるだろう。

(iv) シナリオテストまたはストレステストの目的は、起こりうるさまざまな状態を検証することである。

以下の状態を想定したシナリオを作成する。

- すべての変数が平均的パフォーマンスとなるベースケース
- 3年間のクレーム実績が極端に良好で、他のすべての変数は平均水準となるケース
- 1年目のクレーム実績は平均的(その他のすべての変数は平均的)で、その後2年間はクレーム実績と投資パフォーマンスが悪いケース
- 1年目のクレーム実績が「予測可能な最悪のケース」となり、その後2年間は平均的となるケース。なお、その他すべての変数は平均水準となる。

このようなシナリオのテストは、平均的な年、良い年、悪い年における自己資本利益率を企業が理解するのに役立つ。また、引き受けているリスクに対して保有すべき資本額を見積るのにも役立つだろう。

## 6 (i) アクチュアリーのアプローチの正当化

シンプルなアプローチである。

97.5%分位点の VaR を社内の大まかな指針としてのみ使うのであれば、目的上、十分だといえる。

モデルやパラメーターの誤差、事業構成の変化(データの不均質性)によって、どのアプローチでも、不正確で誤解を招くものとなる可能性がある。

### VaR の欠点

VaR は、シンプルな尺度であるが、損失が 97.5%分位点をどの程度超える可能性があるかについては一切示唆しない。

VaR は、適切に統合することができないという特徴がある。特に、コヒーレントなリスク尺度 (Coherent Risk Measure) の重要な特性である劣加法性を満たしていない。つまり、分布全体の VaR が、3つの個別の損失分布の VaR の合計を下回るとは限らないということである。

VaR の見積りは、モデルの誤差を全く考慮に入れていないという点において誤解を招く可能性があり、このケースでは、前提の主観性ゆえに誤差が通常よりはるかに大きなものとなる可能性がある。

VaR は点推定であるため、分布の両端では、VaR の見積りが統計的に安定するまで、シミュレーションを比較的長時間にわたって実行する必要がある場合が多い。

アクチュアリーのアプローチのその他の短所

3 事業種目の当初の最善の見積りは、あくまでも見積りにすぎない。平均値ではない可能性がある。たとえば、中央値であるかもしれない。

対数正規分布の仮定の適合度が全くテストされていないように見受けられる。

判断により選択された変動係数が間違っている可能性がある。このことは、最終的な VaR の計算にとりわけ大きな誤差を生じさせる可能性が高い。というのも、支払備金の標準偏差のばらつきは、非常に大きくなりうるからである。

採用した変動係数が判断に基づいて選択されている。それらの変動係数は、重要な点で間違っている可能性がある。企業は、長年にわたって事業を営んでいることから、データから直接的に相関係数を推定するためのデータが入手可能なはずである。

#### (ii) 平行移動不変性

リスク尺度は、必要とされる資本額が予想額ではなく、損失の認識された変動可能性を裏付けていることを示すものでなければならない。損失に一定額を加減しても資本(予想損失を超える金額)は変わらない。

#### 劣加法性

損失の混合的分布は、分散効果を生じるものでなければならない。たとえ分布が 100% 関連していたとしても、混合的分布のリスク尺度は、個々の分布のリスク尺度の合計を超えてはならない。

#### 正の同次性

「正の比例性(positive scalability)」としても知られるが、リスク尺度は、「n」個の同一の損失を支えるために必要な資本が、1 つの損失を支えるのに必要な資本の「n」倍に等しくなることを示していなければならない。

#### 単調性

リスク尺度は、規模の小さい損失(分布は同じ)を支えるために必要な資本が、規模の大きな損失を支えるために必要な資本より小さくなることを示していなければならない。

(iii)  $L_1, \dots, L_n$  は、関連する順序統計量が  $L_{1,n} \geq \dots \geq L_{n,n}$  となる確率変数の一般配列であるとする。 $1 \leq m \leq n$  を満たす任意の  $m$  について、次が得られることに留意する。

$$\sum_{i=1}^m L_{i,n} = \sup \{L_{i_1} + \dots + L_{i_m} : 1 \leq i_1 < \dots < i_m \leq m\}.$$

結合分布関数  $F$  を持つ 2 つの確率変数  $L$  および  $\tilde{L}$  と、同じ分布関数  $F$  を持つ互いに独立で同一分布の 2 次元確率ベクトルの列  $(L_1, \tilde{L}_1), \dots, (L_n, \tilde{L}_n)$  を考える。 $(L, \tilde{L})_1, \dots, (L, \tilde{L})_n$  の順序統計量について  $(L + \tilde{L})_{i,n} := L_{i,n} + \tilde{L}_{i,n}$  および  $(L + \tilde{L})_{i,n}$  とすると、以下を得るはずである。

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m (L + \tilde{L})_{i,n} &= \sup \{(L + \tilde{L})_{i_1} + \dots + (L + \tilde{L})_{i_m} : 1 \leq i_1 < \dots < i_m \leq m\} \\ &\leq \sup \{(L_{i_1} + \dots + L_{i_m}) : 1 \leq i_1 < \dots < i_m \leq m\} + \sup \{(\tilde{L}_{i_1} + \dots + \tilde{L}_{i_m}) : 1 \leq i_1 < \dots < i_m \leq m\} \\ &= \sum_{i=1}^m L_{i,n} + \sum_{i=1}^n \tilde{L}_{i,n} \end{aligned}$$

$m=n(1-p)$  とおき、 $n \rightarrow \infty$  とすると、「期待ショートフォールに関する大数の法則の補助定理」により、 $ES_p(L + \tilde{L}) \leq ES_p(L) + ES_p(\tilde{L})$  が得られる。

解答終わり