



A MILLIMAN GLOBAL FIRM

Milliman
Consultants and Actuaries

エコノミック・キャピタル・モデリング - 実務上の課題 -

ミリマン・インク
2006年12月14日

エコノミック・キャピタルとは	4
エコノミック・キャピタル 分析の利点	7
エコノミック・キャピタル 分析の応用	8
どのようなリスクを考慮すべきか	14
リスクをどのように測定するか	18
モデル化に当たって 意思決定が必要な事項	24
実務への応用例	35

ゲーリー・フィンケルシュタイン
星野 孝典
猪野 力弥
エド・モーガン



A MILLIMAN GLOBAL FIRM

Milliman

Consultants and Actuaries

エグゼクティブ・サマリー

「エコノミック・キャピタル」という概念は、様々な金融機関、特に保険会社や銀行の経営陣の実務から生まれてきたものであるが、いまだ発展途上にある。エコノミック・キャピタルの解釈は人によって様々であるが、一般的に以下の二種類の解釈があると考えられる。

- 「エコノミック・キャピタル必要額」：将来発生しうる様々なリスクに備えて保有すべき資本を現実的なベースで評価した額
- 「エコノミック・キャピタル保有額」：実際に保有している資本を市場整合的（マーケット・コンシステント）あるいは現実的なベースで評価した額

エコノミック・キャピタルに係る分析を効果的に実務に落とし込めれば、

- 過剰資本：保険事業の遂行に膨大なコストが必要
- 過小資本：保険金支払能力に問題が生じる可能性が大
のどちらの状態にも陥らない適切なバランスを取ることが可能であろう。

エコノミック・キャピタルの分析を行う企業が増加している背景には、企業自らが戦略的な意思決定を行うために、必要とされる資本額や実際に保有している資本額を現実的なベースで評価する必要性に迫られているという理由がある。さらには、EU諸国におけるソルベンシーIIの進展や、保険監督者国際機構（IAIS）が鋭意作成を進めているグローバル・ソルベンシー・フレームワークといった監督規制の動向も重要な要因である。

こうした新たなフレームワークの下では、監督当局の目から見たソルベンシーは、各保険会社固有の状況を反映したエコノミック・キャピタルの概念をもって測定される。また、リスクの保有も伝統的な計算式によるファクター方式で規定される額ではなく、より現実的なベースで決定されていくことになる。これは、多くの場合、ファクター方式が単純に法定貸借対照表上の資産と負債の差にフォーカスをあてていることとは対照的である。このようなファクター方式では、保険会社が保有するすべてのリスクを捉えることは不可能であり、また時々刻々と変わりゆく環境の変化に対応することも難しい。

エコノミック・キャピタルの計算方法は様々であり、いまだ確固たる手法は確立されていない。エコノミック・キャピタルの分析をまだ始めている会社は数多く、また、既に分析を始めている会社にとっても様々な計算手法を概観しておくことは意義深いことと考えられる。このように、重要であるという認識はあるが、いまだ確立されていない概念であるからこそ、エコノミック・キャピタルを理解することは、保険会社の経営陣、株主、そして監督当局にとって非常に重要なことである。

意思決定を行う立場にある経営陣は、自社のエコノミック・キャピタル分析手法を確立するにあたって、以下のような問題に対する回答を用意しなければならない。

- どのような種類のリスクをどの程度考慮したらよいか？ (P14)
- リスクをどのように計測すべきか、どの程度の破産確率を許容すべきか？ (P18)
- エコノミック・キャピタルの計測モデルを作成するにあたって、どのような事項を考慮・決定しなければならないか？ (P24)

本レポートは、こうした諸問題に対する回答について示唆を与えるとともに、エコノミック・キャピタルの分析を実務上どのように応用すべきか、いくつかのケース・スタディを紹介することを目的としている。本レポートが、個社の経営戦略に即したエコノミック・キャピタル分析手法を構築するための一助となれば幸いである。

エコノミック・キャピタル計算の普及を促す会計上・監督規制上の動向

- ヨーロッパにおけるCFOフォーラム及びCROフォーラム：ある程度の標準化を標榜
- 国際会計基準審議会(IASB)：「公正価値(フェアバリュー)」を標榜
- 保険監督者国際機構(IAIS)及び国際アクチュアリー会(IAA)：保険会社のソルベンシー評価について国際的に共通な枠組み及び基準を標榜
- ソルベンシーII：EUの保険会社に対して、実際のベースでの資本評価を監督規制に応用
- バーゼルII：国際的な業務を展開する銀行に対しての監督規制
- 英国における個別資本評価(ICA)・オランダにおける財務評価フレームワーク(FTK)：ソルベンシーIIに先んじた制度導入
- 米国における原則主義(Principles-Based)ベースのリスク評価手法への動き



A MILLIMAN GLOBAL FIRM

Milliman
Consultants and Actuaries

謝辞

本レポートは、ミリマンの現在および将来のクライアントのために作成しました。

本レポートは、主に以下のコンサルタントにより執筆されました。

Gary Finkelstein

星野 孝典

猪野 力弥

Ed Morgan

また、著者一同、以下のコンサルタントの貢献に感謝します。

Joshua Corrigan

畑 加寿也

伊熊 敏行

Jeremy Kent

Marc Slutzky

Dennis Stanley

目 次

1. はじめに	2
2. エコノミック・キャピタルとは	4
3. エコノミック・キャピタル分析の利点	7
4. エコノミック・キャピタル分析の応用	8
5. どのようなリスクを考慮すべきか	14
6. リスクをどのように測定するか	18
7. モデル化に当たって意思決定が必要な事項	24
7.1. VaR 対 Tail-VaR	24
7.2. 確率論的分析 対 ストレス・テスト	25
7.3. リアル・ワールド 対 リスク・ニュートラル	27
7.4. 分散効果	29
7.5. 測定対象期間	31
7.6. 計測期間の途中で累積収支のマイナスを認めるべきか	33
7.7. 将来の新契約を織り込むべきか	34
8. 実務への応用例	35
付録	45
参考文献	47



1. はじめに

エコノミック・キャピタルの解釈は人によって様々であるが、その概念自体は企業のリソース・マネジメント手法として広く知られているものである。「エコノミック」という言葉は一般的に現実的あるいは市場整合的（マーケット・コンシステント）なベースでの評価と解釈され、「キャピタル」という言葉は将来キャッシュフローの割引現在（資本）価値、あるいはより一般的に企業の貸借対照表上のリソースを意味するものと考えられる。従って、この概念は、企業が実際に保有している資本リソースを計測し最適化すること、あるいは保有している負債や事業自体に内在するリスクへの備えとして保有すべき資本額を決定することに応用できる。ここで、企業が必要とする資本額「エコノミック・キャピタル必要額」と、実際に企業が保有している資本額「エコノミック・キャピタル保有額」という二つの概念を明確に区分して理解しておくことが望まれる。

端的に言えば、エコノミック・キャピタルは、企業の価値評価もしくはリスクマネジメントの一要素として使用される概念であるといえよう。

端的に言えば、エコノミック・キャピタルは、企業の価値評価もしくはリスクマネジメントの一要素として使用される概念であるといえよう。

最近ではますます多くの会社がエコノミック・キャピタルの分析を実施している。それは、経営戦略上の様々な意思決定を行うために有用な評価・ツールとして認識されてきているためである。Hayes and Monet (2005)のレポート「エコノミック・キャピタルの実務と手法 (ECONOMIC CAPITAL: IMPLEMENTATION PRACTICES AND METHODOLOGIES)」によれば、エコノミック・キャピタルがとりわけ銀行業界で多く採用されてきている一因は、バーゼル規制の圧力によるものである。もちろん、日々の業務に必要な指標であるからこそ当然に求められているという側面もある。2006年の初めに公表した我々のレポート「ヨーロッパ・エンベディッド・バリュー進展の分析」でも見られるように、多くの生命保険会社がグループ横断的なリスクマネジメントを実行するための標語あるいは経営指標としてエコノミック・キャピタルを利用している。例えば、エンベディッド・バリューを計算する際の資本コスト計算手法として幅広く用いられている。

規制面での圧力もまた、エコノミック・キャピタル分析の利用を促進する重要な要因である。

規制面での圧力もまた、エコノミック・キャピタル分析の利用を促進する重要な要因である。国際的な業務を展開する銀行向けの新たな規制基準であるバーゼルIIや、EU域内の保険会社向けの同様の基準であるソルベンシーIIがその例である。保険監督者国際機構 (International Association of Insurance Supervisors, IAIS) もまた、保険会社のソルベンシー評価のための共通の枠組みおよび共通の基準を構築する過程にある。今日的な解釈では、保険会社は適切なリスク管理プロセスを構築し、適切な社内モデルを用いて

保険会社の抱えるすべての重要なリスクを反映したエコノミック・キャピタル必要額を計算し、実際にリスク管理プロセスの中でこれを経営決定の場で利用することが求められるようになると考えられている。一方、エコノミック・キャピタルを計算する方法は生成段階にあり、実際には会社間で異なるため、様々な判断が必要となる。例えば、下記のような問題に対する回答が必要となる。

エコノミック・キャピタルを計算する方法は生成段階にあり、実際には会社間で異なるため、様々な判断が必要となる。

- どのような種類のリスクをどの程度考慮したらよいか？ (P14)
- リスクをどのように計測すべきか、どの程度の破産確率を許容すべきか？ (P18)
- エコノミック・キャピタルの計測モデルを作成するにあたって、どのような事項を考慮・決定しなければならないか？ (P24)

保険業界ではエンベディッド・バリューによる評価が広範に行われているが、(CFOフォーラムおよびCROフォーラムの努力にも関わらず)エンベディッド・バリューの計算方法は未だ会社によって大きく異なっている。

エコノミック・キャピタルの分析をまだ始めていない会社は数多く、また、既に分析を始めている会社にとっても様々な計算手法を概観しておくことは意義深いと考えられる。本レポートの目的は、保険会社がエコノミック・キャピタル・モデルを構築する際に遭遇する様々な事項を概説し、保険会社の意思決定を手助けできるような有用な情報を提供することである。

セクション1から4では、エコノミック・キャピタルを概説し、エコノミック・キャピタル分析の利点と応用について検証する。セクション5から7では、事業に内在するリスクを考慮するため、エコノミック・キャピタル(必要資本あるいは保有資本との比較で)をどのように運用していくことができるかという例をいくつか示している。セクション8では、先進的な保険会社が広く使用している3つの事例を示す。

2. エコノミック・キャピタルとは

上述のとおり、エコノミック・キャピタルの定義は様々である。（他の定義があることを認識したうえで）我々は以下の二つの定義にフォーカスをあてることとする。

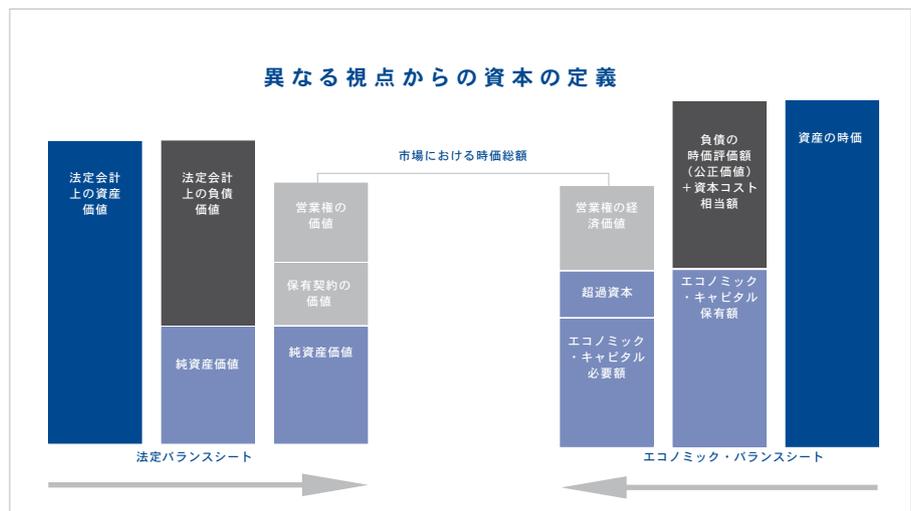
「エコノミック・キャピタル必要額」は、ある破産確率のもとで事業を継続するために必要な資本額と定義できる。

「エコノミック・キャピタル必要額」は、ある破産確率のもとで事業を継続するために必要な資本額と定義できる。この資本額は、監督当局の視点というよりも、現実的なベースで「必要」と考えられる額である。多くの国で、監督規制上の資本要件がエコノミック・キャピタル的なアプローチと整合的になるような動きが見られるが、必ずしもこの現実的な評価額と監督規制上の評価額が一致するとは限らない。

「エコノミック・キャピタル保有額」は、会社が保有する資産のうち負債を上回る額を、現実的なベースで評価した額である。

「エコノミック・キャピタル保有額」は、会社が保有する資産のうち負債を上回る額を、現実的あるいは市場整合的（マーケット・コンシステント）なベースで評価した額である。この定義は、ヨーロピアン・エンベディッド・バリュエ（EEV）原則と密接に関係している。EEVについては、セクション4（P11）に述べる。

これら二つの概念の関係、及び法定会計と現実的な評価ベースでの貸借対照表の関係を図解したものが以下の図である。



エコノミック・キャピタルを実際に計算するためには、当然ながら様々なパラメータを定義し、諸問題を解決する必要がある。

- どのようなリスクを考慮すべきか？ 理想的には、会社が抱えるすべての重要なリスクを対象とすることが望まれる。
- どの程度の破産確率を許容すべきか？ 例えば、特定の信用格付と同等とすることもできる。
- 破産確率を評価する期間はどれぐらいが適当か？ 例えば、今後1年間に債務を全うすることができなくなる確率が1/200となるような必要資本を求めようとしているのか？ 複数年に亘る場合、長期間（例えば20年間）、あるいはすべての負債が消滅するまでの期間に亘って貸借対照表をプロジェクションすることもありうる。
- 現在の保有契約のみを対象とするのか、将来の新契約の影響も含めて継続企業としての基準で見るのか？

これらの問題点は、この先のセクションでより詳細に述べる。

生命保険会社の真の財務力は資産と負債の価値の差のみに依るのではなく、これらの評価基準にも依るということは広く認識されている。既存の監督制度は、少なくとも理論的には、資産・負債双方の評価基準に一定の慎重性を見込む傾向がある。このような計算手法により、必要最低ソルベンシーの水準は単純な計算式により定義できる。資産と負債の評価基準をあわせた影響が常に慎重であるかはわからないが、通常そうなるであろう。

真の財務力は資産と負債の価値の差のみに依るのではなく、これらの評価基準にも依る。

国際会計基準審議会（International Accounting Standards Board、IASB）等での議論は、「公正価値」（事業の真実かつ公正な姿を映し出す財務報告基準 - 例えば、IFRS(2006)(b)を参照）に向かって進んでいる。いくつか制限はあるものの、公正価値評価は一般的にマーケット・コンシステントな評価と等しくなる。（現在、一般的に行われているとはいえないが）資産評価額として市場価格を使用することに



A MILLIMAN GLOBAL FIRM

Milliman

Consultants and Actuaries

対して異論はあまりないと考えられるが、負債評価について何が正当な手法か、様々な議論が交わされている。例えば、将来のある時点で会社裁量により支払われる配当を負債として考慮するか否か、あるいは部分的に考慮するかについて、決定しなければならない。

考えるべきは、必要資本の金額を監督規制上の定義に基づいて評価するか、あるいは「現実的な」観点から評価するかということである。

つまり、考えるべきは、必要資本の金額を監督規制上の定義に基づいて評価するか、あるいは「現実的な（公正価値ベース）」観点から評価するかということである。既にエコノミック・キャピタル・モデルを使用している数社の例を見ても、現時点では法定会計上のソルベンシー（すなわち現行規制に基づく）も見ざるを得ない状況にあるといえるが、将来的にはすべての会社が何らかの現実的な観点から評価したベースでソルベンシーを評価する方向に向かっていることは明らかであろう。この方法は、既存の責任準備金の評価に一定程度の慎重性が見込まれることを許容しており、トータル・バランスシート・アプローチ¹とも言われる。

エコノミック・キャピタル・モデルは、先進的な保険会社のリスク・マネジメント・ツールとしてますます普及してきており、パフォーマンスを測定するためにも用いられている。そうした先進的な保険会社の中には、こうしたモデルに基づいた計算結果を公表しているところもある。

¹ 国際アクチュアリー会 (International Actuarial Association, IAA) は、「保険会社のソルベンシー評価のための国際的フレームワーク」 (“A Global Framework for Insurer Solvency Assessment” (2004)) の中で「トータル・バランスシート・アプローチ」を提唱した。IAISも、現在進行中である保険会社のソルベンシー評価のための共通の枠組みを構築するにあたってトータル・バランスシート・アプローチを採択している。

3. エコノミック・キャピタル分析の利点

民間保険市場の基本的な原則として、保険会社はリスクを取り、経験実績の変動に耐えうるだけの資本を保有しなければならない。また、そうすることで、顧客に対する義務を履行できる確率を高く保たなければならない。この資本の提供者（例えば、保険会社における株主）は、そのリスクに見合った適切なリターンを得ることを望むであろう。また、この資本に対して求められるリターンというコストを、保険の料率設定に織り込まなければならない。そのため、あるパラメータの下で「正しい」資本水準を知ることが肝要である。そのような資本水準とは以下の条件を満たすものである。

- 資本の提供者が求めるリターンは保険料率に反映されるので、過大なコストを避けるため資本水準は高すぎたはいけない。
- 支払不能となるリスクが高くないよう資本水準は低すぎたはいけない。

「正しい」資本水準を知ることが肝要である。資本水準は高すぎたはいけないし、低すぎたはいけない。

上記の理由により、エコノミック・キャピタルは、保険会社の財務健全性に興味を有するすべての利害関係者にとって、非常に有用なツールである。

保険会社の経営陣は、事業に必要な資本額に対する理解を深め、格付機関やその他の財務諸表利用者に対して、そうした資本要件に対する自らの見解を説明し、その根拠を示すことができなければならない。多くの会社は、格付機関が使用するファクター方式では、各社が実施している効果的なリスク管理プロセスや手順を適切に反映できないと考えており、また、そのリスク管理実務がエコノミック・キャピタルを評価するにあたってポジティブな影響をもつものと考えている。例えば、リスク分散や卓越した信用リスク管理を評価してもらいたいと考えている。また、保険会社の経営陣は、事業分野により実効的に使用されている資本は異なるので、これを考慮した上で業績評価を行いたいとも考えている。

株主およびその他の保険会社の財務諸表利用者は、会社が適切なレベルの資本を保有しているのか、あるいは過剰資本であるかを見極めなければならない。また、保険事業に充てられている資本から得られるリターンが適切か判断しなければならない。

監督当局は、その主たる目標の一つが保険会社の破綻を防ぐことであるため、できる限り現実的なベースで、会社がどの程度の資本を保有しているのか理解する必要がある。



4. エコノミック・キャピタル分析の応用

上述のとおり、エコノミック・キャピタル分析は様々な目的に用いることができる。本セクションでは、その応用にあたっての背景、および、監督規制、財務報告、財務管理の各分野における進展を概観する。

国際的監督規制の動向

監督当局は、保険会社の必要ソルベンシー水準を評価する手法として、ファクター方式には多くの弱点があると認識している。

監督当局の多くは、保険会社の必要ソルベンシー水準を評価する手法として、ファクター方式には多くの弱点があると認識している。以下は、その例である。

- 会社のリスク管理の効果やリスク軽減戦略が必要資本金額に反映されない。
- 現行のファクター方式では、すべての種類のリスクを取り扱うことができない。
- 必要資本を適切に管理していなければ、実際のソルベンシー水準がどの程度であるか把握できない。
- 金融環境の変化や保険市場における変化（例えば、新商品）に必ずしもうまく対処できない。
- 一般的に、様々な分散効果が反映されない。

2000年の欧州委員会（European Commission）で、いわゆるソルベンシーIIプロセスが開始され、EUの保険会社にとってはソルベンシー・マージン制度の大改正となる。ソルベンシーIIは、保険会社の資本要件の評価を、現行のEUソルベンシー基準よりさらに一層現実的にすることを目的としている。

ソルベンシーII制度の進展および合意プロセスは複雑であり、本レポートではその詳細には触れない。本レポートの執筆時点では、フレームワーク指令について暫定的なアウトラインが公表され、諮問および改正による影響を調査するプロセスが進められている。

フレームワーク指令の草案は、ソルベンシー資本要件（Solvency Capital Requirement、SCR）と最低資本要件（Minimum Capital Requirement、MCR）の二つのソルベンシー・キャピタルの水準について定義している。

- SCRは、翌年1年間に債務を全うするために必要な資産が不足する確率が0.5%となる必要資本の水準である。
- MCRは最低資本としての絶対水準を表しており、それを下回ると監督当局から緊急措置を求められる。MCRは単純な計算式によって計算される。

フレームワーク指令草案では、保険会社が監督当局により検証されかつ承認された社内モデルを利用してSCRの計算をすることを想定している。社内モデルにおいて取り扱われるリスク指標、測定期間、測定対象リスクは、SCRの標準的計算手法で求められている基準と少なくとも同程度に慎重なものである必要がある。監督当局の視点からは、社内モデルの使用は、保険会社が自ら率先してリスクを測定し管理することを促すという利点がある。社内モデルは、業界標準モデルよりも柔軟性に富み、金融市場や事業の進展に合わせてアップデートすることができる。さらに、社内モデルは、ルールに基づく標準的アプローチよりも個別の保険会社の事業をより適切に表すことができるはずである。社内モデルは、標準的なファクター方式による表現が最も難しいと考えられる大手保険会社や先進的な保険会社、あるいはニッチ市場を対象とするような保険会社に最も相応しいであろう。

社内モデルは、柔軟性に富み、金融市場や事業の進展に合わせてアップデートすることができる。

ソルベンシーII制度の確立を掌っているCEIOPS（Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors、欧州保険・企業年金監督委員会）は、SCRが「エコノミック・キャピタルと多くの特徴を共有する」ことを指摘している。従って、こうしたエコノミック・キャピタル・モデルの進展は、監督規制において社内キャピタル・モデルが利用されることを見据えた前倒し的な動きであると見ることができる。ソルベンシーIIは、保険会社の現実的な評価と監督当局の視点からの評価を統合するものであり、そこでは、収益性があり、良好に経営されている会社は、同時に最も健全で支払余力の高い会社となるはずである。

ソルベンシーIIは、保険会社の現実的な評価と監督当局の視点からの評価を統合するもので、収益性があり、良好に経営されている会社は、同時に最も健全で支払余力の高い会社となるはずである。

ソルベンシーIIは2010年ごろ発効するが、既に何カ国かで基本的にソルベンシーIIの思想と整合する独自のソルベンシー制度が採択されている。例としては、英国の個別資本評価（Individual Capital Assessment、ICA）とオランダの財務評価フレームワーク（Financial Assessment Framework、Financieel toetsingskader、FTK）がある。

米国では、監督当局はリスク・ベース・キャピタル (RISK-BASED CAPITAL、RBC) を資本の充分性を測る指標として利用している。RBCは、一般的にはファクター方式によるものであるが、徐々に社内キャピタル・モデルの利用が進められている。

米国では、監督当局はリスク・ベース・キャピタル (Risk-Based Capital、RBC) を資本の充分性を測る指標として利用している。RBCは、一般的にはファクター方式によるものであるが、徐々に社内キャピタル・モデルの利用が進められている。そうした流れに向けた最初の大きな動きは、全米保険監督官協会 (National Association of Insurance Commissioners、NAIC) が2005年10月に最低死亡保証給付金 (GMDB) や最低引出金保証 (GMWB)、最低積立金保証 (GMAB)、最低年金保証 (GMIB) など生存給付金のある変額年金契約にRBCを適用することとした条項である。この条項下では、会社は、

- 確率論的プロジェクションを用いて自社の資本要件を計算する。
- 引き受けたりスクを適切に計算できる社内開発モデルを使用する。
- 会社固有の前提条件、または、慎重なベスト・エスティメートの前提条件の利用が認められ、株式および金利リターンのシナリオはアメリカン・アカデミー・オブ・アクチュアリーズ (American Academy of Actuaries、AAA) の提供する1万本のシナリオと整合的なものの使用が求められる。
- 会社が明確に定義されたヘッジ戦略を採用している場合など特定の状況下では、ヘッジの利用を反映したプロジェクションの使用が認められる。

社内モデルおよび確率論的プロジェクションを利用する一方で、監督当局の定めた決定論的プロジェクション (標準的シナリオという) によるRBCも計算しなくてはならない。その上で、実際のRBCは、決定論的あるいは確率論的プロジェクションで求められた金額のどちらか大きい方とされる。これらの契約に対しては、責任準備金の計算にも同様の手法が検討されている。

さらに、ユニバーサル・ライフ保険への社内モデルの採用も検討されている。これらはどちらも、米国における原則に基づく評価 (Principles-Based Valuation) に向けた動きを反映したものである。しかしながら、米国では監督規制上の資本要件が現在もまだファクター方式であるため、会社は自社のリスク特性やリスク管理実務をより正確に反映するよう社内キャピタル・モデルを構築しているところである。

カナダでは、原則に基づく監督および財務報告が導入されてから何年か経過している。社内モデルおよび一定のマーヅンを見込んだ会社固有の前提条件が使用されている。

スイスはEU加盟国ではなく、2006年にスイス・ソルベンシー・テスト (Swiss Solvency Test、SST) を発表した。SSTは、確率論的モデリングと極端な異常危険シナリオに基づいている。かなりの部分が、厳格な計算式ではなく、監督当局が定義した原則およびガイドラインにより構成されている。

ソルベンシー規制のフレームワークの進展は、国際的なレベルでも進行しており、IASBが国際財務報告基準（International Financial Reporting Standards、IFRS）の策定を進めているのと酷似している。IAISは、およそ180の国と地域の保険監督官からなる組織である。IAISは、1994年に組織され、メンバーである各地域の監督官が模範とすべき様々な原則および基準を定めている。

ソルベンシー規制のフレームワークの進展は、国際的なレベルでも進行している。

IAISは2005年10月に、「保険監督のための新たなフレームワーク：保険会社のソルベンシー評価のための共通の枠組みおよび共通の基準に向けて（“A new framework for insurance supervision: Towards a common structure and common standards for the assessment of insurer solvency”）」（フレームワーク・ペーパー(Framework Paper)）を採択した。IAISは、それ以降、より詳細に踏み込んだ文書をいくつか公表しており、新フレームワークの構築を着実に進めている。2007年第2四半期までには、ほとんどの主要文書を公表する予定である。

IAISは、IAAが推奨しているトータル・バランスシート・アプローチの考え方を採択している。IAISはIAAと密接に連携しており、また、IASBへも働きかけ、新たなソルベンシー基準と、まもなく完成する予定のIFRSが整合するよう努めている（少なくとも保険会社は両基準の差を明確に認識できるはずである）。

本レポートを執筆している段階では、IAISは4番目の主要文書であるストラクチャー・ペーパー（Structure Paper）のドラフトを完成させており、これまでよりも更に詳細に亘りその意図を示している。IAIS論文の詳細は本レポートの範疇を越えるが、一般的にソルベンシーIIの思想と整合するものである。多くの国々のソルベンシー規制は、今から数年後に完成するIAISの共通ソルベンシー・フレームワークと整合するよう、将来的に改定されていくと予想される。

ヨーロピアン・エンベディッド・バリュー

ここ10年ほどの間に、ヨーロッパの先進的な生命保険会社のほぼすべて、またヨーロッパ以外でも多数の保険会社が、自社の財務報告書にエンベディッド・バリューを記載するようになった。その目的は、財務報告書の閲覧者に、法定会計に基づく報告内容のみでは分からない財政状態に関する補足情報を提供することにある。しかしながら、金利や株式市場の下落といった近年の極端な市場環境下で、保険会社が提供し



ている様々な保証給付の姿が浮き彫りになる一方、従来のエンベディッド・バリューはこのような要素を適切に反映できていないという手法の限界が見えてきた。

2004年5月、CFOフォーラム（Chief Financial Officer Forum、ヨーロッパの大手保険会社により構成される団体）はヨーロッパ・エンベディッド・バリュー（European Embedded Value, EEV）原則を発表した。EEVは、従来のエンベディッド・バリュー手法をベースとして、これにオプションおよび保証の評価額を明示的に加えるものである。また、EEVは、エンベディッド・バリューの報告方式を標準化して、統一基準のもとで一貫性、透明性を持たせることも狙いとしている。

従来のエンベディッド・バリュー・アプローチでは、法定最低資本を保有しなければならないという機会費用を、将来期間における資本のリリース及び法定最低資本から得られる運用収益の割引現在価値として計算し、これを評価日現在における資本の帳簿金額に反映していた。この方式では、適切な資本水準が法定最低資本とは異なるという効果を反映することができないため、近年、ヨーロッパの会社の中には従来のエンベディッド・バリュー・アプローチを修正し始める会社も出てきた。

EEV原則の一つは、必要資本の水準を、少なくとも監督当局が介入しない最低限の水準以上とすることを求めた上で、社内基準から必要と考えられる額（例えば、エコノミック・キャピタル計算値、あるいは目標とする信用格付を取得するために必要と考えられる額）を上乗せしてもよいとしている。そのため、会社が必要資本額を決定する際かなりの裁量権があり、各社が採択したアプローチには相当な差違が見られる。

エコノミック・キャピタルに基づいて資本コストを計算すれば、全リスクについて十分なマージンを反映していると主張することができる。

エコノミック・キャピタルに基づいて資本コストを計算している会社もある。この方法は、マーケット・コンシステント・エンベディッド・バリュー（Market Consistent Embedded Value, MCEV）の考え方をとっている会社にとって使い勝手が良い。MCEVでは、一般的に資産運用関連以外のリスクに対するマージンは反映されないため、自社がさらされているあらゆるリスクに対する必要額として導き出されるエコノミック・キャピタルに基づいて資本コストを計算すれば、資産運用関連以外のリスクに対してもマーケット・コンシステントなアプローチからはずれることなく、全リスクについて十分なマージンを反映していると主張することができるからである。

リスク調整後資本利益率（Risk Adjusted Return on Equity、RAROE、またはRisk Adjusted Return on Capital、RAROC）

一般的に保険会社の各商品が持つリスク水準は様々であるため、必要とされる資本の額も異なる。従って、経営陣は、投入されたエコノミック・キャピタルに対する資本利益率を常時監視しておく必要がある。商品が異なっても、投入されるエコノミック・キャピタルに対して求めるべきリターンは同一とするのが理にかなっていると考えられる。必要資本水準を測るための指標として、異なる商品間のリスク水準の差を適切に反映できないようなものを採用した場合（例えば、法定ソルベンシー規制に基づく必要資本）、全ての商品に対して同じリターンを目標とすると、リスクの小さい事業を過大評価し、リスクの大きい事業を過小評価することが生じるであろう。

経営陣は、投入されたエコノミック・キャピタルに対する資本利益率を常時監視しておく必要がある。

リターンの測定方法は会社により異なるが、ヨーロッパの保険会社の大半はエンベディッド・バリュー・ベースの利益指標を使用している。RAROEあるいはRAROCも、多用な金融サービス業態を傘下にかかえている場合、銀行、アセットマネジメント、損害保険など異なる事業を同じ指標を使用して比較できるという利点がある。

5. どのようなリスクを考慮すべきか

リスクの定義はその目的により異なる。例えば、従来のCAPM (Capital Asset Pricing Model) におけるリスクとは投資リターンのバラツキ (標準偏差) であると定義され、この定義によれば予想外の好業績もリスクとなる。しかし、企業リスク管理の観点からは、エコノミック・キャピタルは、保有するリスクから発生しうるある一定水準の損失を賄うために必要な額として計算するものであり、ダウンサイド・リスクのみを対象とするものである。

エコノミック・キャピタルの計算においては、保険会社がさらされているすべてのリスクを考慮することが重要である。

エコノミック・キャピタルの計算においては、保険会社がさらされているすべてのリスクを考慮することが重要である。しかしこれはエコノミック・キャピタルの計算において、最も難しい側面の一つでもある。IAAによる2004年発行の調査報告書「保険会社のソルベンシー評価のための国際的フレームワーク (A Global Framework for Insurer Solvency Assessment ; グローバル・ソルベンシー・ペーパー)」におけるリスクの定義はよくまとまっており、議論の叩き台として適当であろう。

IAAのリスク分類

グローバル・ソルベンシー・ペーパーでは、リスクを5つに大別している。すなわち、保険引受リスク (保険リスク)、信用リスク、市場リスク、オペレーショナル・リスク、流動性リスクである。



(1) 保険引受リスク

保険引受リスクは、各保険が対象とする事故（死亡、重大事故、火災、風水害、地震など）および保険事業遂行のための特定のプロセスの双方に関連する。生命保険の主なリスクは、死亡、疾病、継続率、解約失効である。例えば、査定リスク、料率設定リスク、商品設計リスク、支払請求リスク、経済環境リスク、正味保有額リスク、保険契約者行動リスク、準備金リスクなどがあるが、詳細は付録に示すとおりである。

（P45参照）

(2) 信用リスク

信用リスクとは、債務不履行リスクまたは有価証券の信用格付が変動するリスクであり、保有社債、再保険契約などの当事者、店頭デリバティブ契約、ブローカーなどに関連するものである。信用リスクの例としては、直接的な債務不履行リスク、信用格付のダウングレードまたは変動リスク、間接的な信用リスクまたはスプレッド・リスク、受け渡しリスク、ソブリン・リスク、集中リスク、取引先リスクがある。

(3) 市場リスク

市場リスクは、保険会社の資産及び負債から生じる将来のキャッシュフローの市場価値は元来、不安定で不確実であるという性質から生じるものである。従って市場リスクは、各種経済指標の変動性に大きく左右される。主なリスク要因には、金利、株価、為替レート、不動産価格、商品価格がある。デリバティブ価格については、原資産価格の動きだけでなく、市場のインプライド・ボラティリティなど他の指標にも影響を受けるが、これらもまた市場リスクである。市場リスクの例としては、金利リスク、株式およびその他資産リスク、通貨リスク、ベータ・リスク、再投資リスク、集中リスク、ALMリスク、オフバランスシート・リスクがある。

(4) オペレーショナル・リスク

オペレーショナル・リスクは、社内の各種プロセスが不適切に処理されたり、担当者のミス、システムの誤作動、または何らかの外的な事象に起因して損失が発生するリスクをいう。オペレーショナル・リスクの定義はまだ確立されていないが、不備リスクと環境変化リスクの2要素に大別される。不備リスクは、日々のオペレーションの



不備から生じるリスクである。これには、人為的なミスや、事業計画達成のために利用されたプロセスや技術の不備が含まれる。環境変化リスクは、新しい競争相手の登場による事業パラダイムの変化、政治、税、法制度の大きな変革、地震その他の災害など会社のコントロールを超えた環境要因により生じるものである。

(5) 流動性リスク

流動性リスクは、保有資産の流動性が不足していたり、売却できる資産があってもその流動化に過大なコストが生じるなど、保険契約上の義務を履行する際に損失が生じるリスクである。流動性リスクによる損失は、会社が計画外の借り入れを余儀なくされたり、予定外の低価格で資産を売却しなければならない場合にも発生し得る。会社の資産流動性は、資産と負債の両方に左右される。生命保険会社は、多くの場合、給付金支払方法について契約者に選択権を与えているなど、組込オプションを提供しており、これが流動性の問題を引き起こす可能性がある。重大事故や信用格付の引き下げ、良からぬ風評をたてられたり、不況の到来などにより想定外に高い流動性が必要となることがある。米国のある大手保険会社では、信用格付の引き下げが引き金となり、流動性に大きな問題が生じた例がある。このケースの問題点は、巨額の積立保険を比較的少数の金融に精通した顧客と契約していたことであった。

モデル化にあたって考慮すべき三つの要素

各リスクをさらにボラティリティー、不確実性、極端な事象の三つに細分化することが考えられる。

上記のリスクをモデル化する際には、各リスクをさらにボラティリティー、不確実性、極端な事象の三つに細分化することが考えられる。

(1) ボラティリティー・リスク

ボラティリティーは、偶発的な事象の発生頻度または大きさがランダムに変動するリスクである。完全な効率的市場では、ポートフォリオ分散によりボラティリティーに対処できるため、ボラティリティーは時価評価の際に考慮されない。しかし、保険リスクの評価にあたっては、市場は非効率的であり、リスク構成要素のうちのボラティリティーを無視することはできない。保険会社は、この分散可能なリスクを原因として倒産することもあり得る。例えば、保険金支払の分布を正確に

モデル化したとしても（すなわち、実際の保険金支払請求分布がモデルと同一であるとしても）、事業規模により当該会社の実際の給付額は分布平均とは大きく異なることがある。

その良い例が、小規模保険会社の死亡リスクである。死亡リスクについては大数の法則が働くと考えられる。従って、会社の規模が小さいほどボラティリティー・リスクが大きく、ある破産確率の下、同一の保険債務に対して必要な資本額は、大会社よりも小会社の方が大きくなる。

(2) 不確実性リスク

不確実性は、保険金支払やその他関連プロセスを推定するために使用するモデルが不適切であったり、モデルのパラメータが不適切であったりするリスクである。モデル化された保険事故の頻度や大きさが不適切であったり（モデル・リスク）、選択したモデルのパラメータが不適切であったり（パラメータ・リスク）、市場価格や金利の推移を推定するためのモデルが不適切、あるいは不適当にキャリブレーションされているといった例が挙げられる。例えば、負債評価にあたって、保険金支払請求分布が不適切であったり（推定を誤るリスク）、あるいはモデルが適切であったとしてもパラメータが現在のモデルでは想定されていないトレンドに従っている場合（トレンド・リスク）などが考えられる。不確実性リスクは、ポートフォリオの規模を大きくしても抑制できないため、分散不能である。

一つ例を挙げると、定期保険は医療保険より不確実性リスクが小さいとすることができる。これは、医療保険コストは純粋に罹病率のみに依存しているのではなく、国の政策、医療技術の進歩、不況、その他予測が困難な社会的問題にも依存しているためである。

(3) 極端な事象（大災害）

極端な事象には、大災害など、発生の頻度は低い影響が甚大な事象に伴うリスクなどが含まれる。極端な事象のあらゆる側面をモデル化することは困難で、特にモデル作成に使用した過去のデータに極端な事象が含まれていない場合はなおさらである。例として、多額の保険金支払が必要となる巨大災害、マーケット・クラッシュ、金利の極端な変動などが挙げられる。



6. リスクをどのように測定するか

リスクは、会社の収益あるいはサープラスに対する特定のリスクの影響を測定することにより計算される。

リスクは、会社の収益あるいはサープラスに対する特定の（または全体の）リスクの影響を測定することにより、一般に損失の確率分布の関数として計算される。必要資本額の計算にあたっては、全社ベースでの損失分布に基づいて総資本必要額を導き出す場合もあれば、あるリスク要因のみの損失分布に基づいて当該リスク要因について必要とされる資本額を算出する場合もある。個別に計算されたリスクを総計する問題については、「7.4 分散効果」のセクションで詳述する。

損失の測定には、シナリオに基づくモデル、静的ファクター・モデル、確率論的ファクター・モデル、共分散モデルなど複数のアプローチがある。

シナリオに基づくモデルは、決定論的モデルでも確率論的モデルでもよい。必要資本額は、特定のシナリオが損失分布に与える影響を測定することにより計算される。これらのシナリオは、複数のリスク要因を同時に取り扱う。このアプローチは、特定リスク要因に単一のショックのみを与えてそのインパクトを計測するストレス・テストとは異なる。確率論的シナリオを使用する場合、シナリオ生成に当たってリスク要因間の相関性を考慮する必要がある。

静的ファクター・モデルは、当該会社特有の金額、一般的には資産クラス別の保有額や収入保険料などの会計科目に一定のリスク係数を乗じる方法である。米国のRBCは、こうしたアプローチの一例である（ただし、シナリオに基づくモデルを使用しているC3フェーズIおよびIIは除く）。確率論的ファクター・モデルは以下に示すような計算ステップを踏む。

1. 計算対象とするリスク要因を特定する。
2. 各リスク要因毎に感応度分析を行い、デルタ（一階微分係数の近似値）、ガンマ（二階微分係数の近似値）、あるいはシナリオ・ベクトル（非線形性が強い場合に複数のポイントで評価を行うもの）を測定する。
3. リスク要因の結合分布をモデル化する。
4. 計算された損失をすべてのリスク種類について統合し、確率論的分布を導く。そして会社の総損失にバリュー・アット・リスク（VaR）や条件付きテイル期待値（CTE）などのリスク基準を適用して必要資本額を決定する。

共分散モデルは、確率論的ファクター・モデルの特殊例で、多次元正規分布及び一階微分係数を使用し、VaRをリスク基準として使用する。共分散モデルの精度は、ボラティリティー、不確実性および極端な事象といったIAAのサブリスク分類に基づいてモデル化を行うことにより向上させることができる。

CROフォーラム²が2004年後半に実施した「社内モデルのベンチマーク調査 (Benchmarking Study of Internal Models)」によると、モデル・アプローチの分類が明確ではないものの、13の参加会社のうち8社が確率論的ファクター・モデルを使用し、残り5社が共分散モデルを使用している。

リスクには様々な種類があるため、すべてのリスクについてリスク測定モデルを詳述することはできないが、以下に広く使用されているアプローチの例を紹介する。

(1) 保険引受リスク

生命保険の場合、主な保険引受リスクとして、死亡、疾病、長生き、解約失効、年金額保証など契約者に付与されたオプションなどが挙げられる。

死亡、疾病、長生きといったリスクは、分散可能な部分と分散不能な部分に分解することができる。分散可能な部分（ボラティリティー・リスク）は、保有契約件数が増えるほど小さくなる。IAAのグローバル・ソルベンシー・ペーパーでは、ボラティリティー・リスクは、ベスト・エスティメート・アサンプションによる負債評価額と、死亡率に関して二項分布に基づくシミュレーションを行った場合に、テイル・バリュー・アット・リスク (TailVaR) 基準により計測される負債評価額の差として計算できると紹介している。二項分布に基づいて死亡率をシミュレーションする方法の例は、以下のとおりである。

主な保険引受リスクのうち、死亡、疾病、長生きといったリスクは、分散可能な部分と分散不能な部分に分解することができる。分散可能な部分（ボラティリティー・リスク）は、保有契約件数が増えるほど小さくなる。

各期間の期始の保有契約1件毎に、

1. ランダム変数 s ($0 \leq s \leq 1$)を生成する
2. $s \leq qd$ の場合、当該契約を死亡により脱落させる
3. それ以外の場合、異なるランダム変数 s を生成する
4. $s \leq qw$ の場合、当該契約を解約により脱落させる
ここで、 $qd \cdot qw$ はそれぞれ死亡率・解約率のベスト・エスティメート値である

² CROフォーラムは、ヨーロッパの大手保険会社および金融グループで構成される。

分散不能な部分は、死亡率水準リスク（期待値の推定を誤るリスク）と死亡率トレンド・リスク（期待値が悪化するリスク）から構成される。生命保険会社は、一般的に自社の経験もしくは業界の経験に基づき、死亡率の期待値（ベスト・エスティメート値）を推定する。

分散不能な部分は、死亡率水準リスク（期待値の推定を誤るリスク）と死亡率トレンド・リスク（期待値が悪化するリスク）から構成される。生命保険会社は、一般的に自社の経験もしくは業界の経験に基づき、死亡率の期待値（ベスト・エスティメート値）を推定する。しかしながら、過去の経験は変動するため、真の死亡率は当該期待値の近傍にあるものと想定される。IAAのグローバル・ソルベンシー・ペーパーでは、一例として、ある信頼水準まで当該推定値の信頼性を高めることにより死亡率水準リスクを測定している。この方法では、観察された標本平均死亡率が、例えば真の確率分布の95パーセンタイルであったとし、真の平均をNP近似の逆関数を用いて求める。NP近似は、Van Broekhovenが2002年に概説した通り例示的に使用しているに過ぎないが、クローズド・フォームの式により表現ができ、時間のかかるシミュレーションを行わなくても解析的に解が得られるというメリットを持つ。

死亡率トレンド・リスクは、死亡率のトレンドが想定と異なるリスクである。例えば、医療技術の進歩や新たな病気の出現により顕在化すると考えられる。多くの国で死亡率は減速しているため、特に生命年金のように長生きリスクにさらされている商品にとっては重要な事項である。

死亡率が異常なレベルとなるリスクも明示的に考えるべきであろう。このような事象は頻繁には起こらず、これまでに観測されたいくつかの疫病や、数ヶ国で経験した巨大地震程度しか経験がなく、現時点ではこのようなリスクを計測する確固たる手法は存在しない。生命保険会社は伝統的に再保険を利用してこのリスクに対処してきたが、最近では資本市場で死亡率に係るCATボンドを発行するといった手法も取られるようになってきている。例えば、スイス再保険は2004年に死亡率に係るCATボンドを発行した。今後、より多くの保険会社が死亡率に係るCATボンドを発行するようになれば、死亡率リスクにマーケット・コンシステント的なアプローチを採用することができるようになるかもしれない。

解約失効リスクは、死亡率リスクと同様の枠組みで計測することができるであろう。

契約者にオプションを付与していることに係るリスクは、たいてい経済環境とともに変動する傾向があり、確率論的分析やストレス・テストを使用して計測すべきである。

契約者にオプションを付与していることに係るリスクは、たいてい経済環境とともに変動する傾向があり、確率論的分析やストレス・テストを使用して計測すべきである。このようなオプションの例は以下のとおりである。

- あらかじめ定められた金額で契約を解約することができる権利
- あらかじめ定められた年金額をもって年金開始をすることができる権利
- 利益分配権が付与されているが、マイナスの利益は分配されない場合

経済環境の変化に応じて契約者がどのようにオプションを行使するか定式化できれば、様々な経済シナリオを用いてシミュレーションを行うことにより、当該リスクを測定することができる。このような定式化は、自社の経験や業界の経験と整合するように行われるべきであるが、契約者行動は経済環境以外の様々な要因、例えば大手保険会社の信用格付の引き下げや、税法の改正などにも影響を受けるため、その定式化は大変困難な作業である。各種文献に様々な定式化の例が紹介されているものの、エコノミック・キャピタルの計算という目的に照らして十分合理性のある手法を見極めるには、相当程度個別の判断に拠るところが大きいであろう。

(2) 信用リスク

信用リスクは、銀行業界の標準的な手法と統合的な手法でモデル化できる。債務不履行（デフォルト）、格付の変動、スプレッド、スプレッド・ボラティリティーの各リスクを考慮する。

信用リスクは、銀行業界の標準的な手法と統合的な手法でモデル化できる。債務不履行（デフォルト）、格付の変動、スプレッド、スプレッド・ボラティリティーの各リスクを考慮する。

CreditRisk+, CreditMetrics, KMVは、いずれも現在使用されている業界標準的な信用リスク・モデルである。信用リスクの測定には、市場リスクの測定に活用される経済シナリオ・ジェネレータもよく使用される。

デフォルト・モデルの一般的なアプローチは、デフォルト率及び回収率を明示的にモデル化することである。Credit Suisse Financial Productsが開発した「CreditRisk+」はデフォルト・モデルの一つである。このモデルでは、任意期間のデフォルト件数の確率分布はポワソン分布に従うと仮定しており、信用格付別のデフォルト実績データを用いてパラメータを推定している。

信用格付の変動性を測定するモデルは、デフォルト・リスクだけでなく、企業の信用格付の変化により投資価値が変動するリスクも考慮する。このようなモデルでは、ある債券の信用格付が現在の格付から他の格付に変化する確率を表した「推移行列」を使用する。例として、JP Morganが開発した「CreditMetrics」がある。

他の信用リスク・モデルとして、Mertonが1970年代に開発した資産モデルがある。その基本的な考え方は、会社のデフォルトはその資産に対するオプションとしてモデル化できるというものである。その理由は、会社の資産が負債を下回り債務超過となればその会社はデフォルトに陥るためである。KMV Corporationが開発したKMVは、広く使用されている信用リスク・モデルの一つである。

再保険デフォルト・リスクも、定量的に評価が可能である。定量的モデルの作成には、モンテ・カルロ法による確率論的ファクター・モデルが使用される。再保険デフォルト、市場リスク、巨大災害損失といったリスクの相関関係を考慮することが望ましい。リスク間の相関関係については、「7.4分散効果」に詳述する。

(3) 市場リスク

市場リスクは、銀行業界や他の金融機関で使用されている方法と整合する手法でモデル化できるが、保険会社の場合、負債との関連性を踏まえた上で評価を行うことが不可欠であり、これは時に「ALMリスク」と呼ばれることもある。

市場リスクは、銀行業界や他の金融機関で使用されている方法と整合する手法でモデル化できるが、保険会社の場合、負債との関連性を踏まえた上で評価を行うことが不可欠であり、これは時に「ALMリスク」と呼ばれることもある。市場価格のボラティリティー（市場リスク）は、当然、保険会社の資産時価に影響するが、同時に保険会社はこのボラティリティーが下記のように負債に与える影響も認識しておかなければならない。

- 資産利回りの変化は、明示的または暗示的に求められた割引率を通して、負債の時価評価に影響を与えることがある。
- 資産利回りの変化は、将来の負債キャッシュフローの金額やタイミングに影響を与えることがある。運用パフォーマンスに連動したボーナスはその一例である。
- 競合する金融商品のリターンの変化も、将来のキャッシュフローの金額やタイミングに影響を与えることがある。これは、競合商品のリターンの方が高い場合に大量の解約が発生する、あるいは競合商品よりも高いリターンを保証する既存商品への保険料払込が集中するというように、保険契約者の行動が変化することがあるためである。

保険会社の負債には市場が実在しないため、負債の時価・公正価格は技術的に算定する必要がある。

保険会社の負債の時価は、資産時価ほど単純には求まらない。資産時価は、通常、市場価格に基づいて定めることができるが、保険会社の負債には市場が実在しないため、負債の時価・公正価格は技術的に算定する必要がある³。レプリケーティング・ポートフォリオは、保険会社の負債時価を測定する手法の一つである。市場リ

³ 資産評価については、その市場価値は「時価評価 (MARK-TO-MARKET)」するとよく言われる。一方、負債については、市場が存在しないため、近年では「モデルで評価 (MARK-TO-MODEL)」すると言われることもある。

スクの一般的な計測手法では、複数の経済シナリオの下、資産・負債から生じる将来キャッシュフローを、組み込みオプションも考慮した上でプロジェクションし、このキャッシュフローの割引現在価値を求める。評価に当たってリスク・ニュートラルな評価とすべきか、リアル・ワールドに基づいた評価を行うべきかについては議論があるが、この問題は「7.3 リアル・ワールド対リスク・ニュートラル」で取り上げる。

(4) オペレーショナル・リスク

保険会社にとって、オペレーショナル・リスクはリスク測定手法の開発が最も遅れている分野である。オペレーショナル・リスクは、定量的にモデル化、または、定性的に評価を行い、その結果、資本コストに反映することもあれば反映しないこともある。現在のモデル化アプローチは以下のように分類できる。

(a) 単純なアドオン・モデル

このモデルは、対象としたオペレーショナル・リスクごとに計算される推定コストを、ある信頼水準の下、一定の相関性を考慮した上で、足しあげることにより計測するものである。

(b) 確率論的頻度・強度モデル

主たるオペレーショナル・リスクは、経験豊富なスタッフおよびリスク・マネージャーによるシナリオ分析を通じて各ビジネスユニット単位で把握される。シナリオ分析では、シナリオ毎に背景となるストーリーを定義し、頻度および強度（損失の大きさ）に関するパラメータを決定する。このプロセスには、広範な経験と情報の蓄積が必要であり、自社の既存のリスク報告書や適当な社外ソースが活用される。

CROフォーラムが2004年後半に実施した「社内モデルのベンチマーク調査」では、参加会社13社中7社が単純なアドオン・モデルを使用し、3社が確率論的モデルを使用し、3社が他の手法または定性的分析を行っていた。

7. モデル化に当たって意思決定が必要な事項

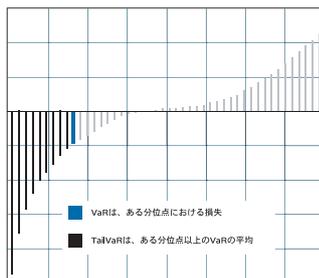
エコノミック・キャピタル計算のためのモデルは多様である。

前のセクションで説明したように、エコノミック・キャピタル計算のためのモデルは多様であり、どのタイプのモデル、技法、パラメータを採用するかなど多くの意思決定を行う必要がある。このセクションでは、エコノミック・キャピタル計算において典型的な諸問題を取り上げる。

7.1 VAR対TAIL-VAR

一般に最適とされている二つのリスク基準が、VaR (Value at Risk、バリュー・アット・リスク)とTailVaR (Tail Value at Risk、テイル・バリュー・アット・リスク)である。この他、会社が被る可能性がある損失の標準偏差などの基準もある。これらの基準はすべて、確率論的に将来のソルベンシー水準を計測するものである(ストレス・テストは確率分布上のあるポイントにおける損失を計測するものとして表現することができるため、ストレス・テスト・アプローチも該当する)。

確率論的シミュレーションの結果



エコノミック・キャピタルの定義は、VaRもTAILVARも基準として使用できる。

株主の立場からは、VaRが適当であると考えられる。これは、純資産が底をついた場合、株主は既に株式価値のすべてを失っており、少なくとも理論上は、それ以上の損失の程度には関心がないと考えられるからである。

VaRは、確率分布上のある分位点における破産確率を評価するものである。TailVaRは、ある分位点を超えて損失が発生する確率とその損失の大きさの両方を考慮するもので、当該分位点を超える損失の算術平均として定義される。

最初のセクションで紹介したエコノミック・キャピタル必要額の定義は、事実上VaRに基づくものであることに注意する必要がある。一方、TailVaRもソルベンシー・キャピタルの基準として使用できるのではないかと議論されており、実際にいくつかの会社ではエコノミック・キャピタルを評価する基準として使用されている。

株主の立場からは、VaRが適当であると考えられる。これは、純資産が底をついた場合、株主は既に株式価値のすべてを失っており、少なくとも理論上は、それ以上の損失の程度には関心がないと考えられるからである。しかし、監督機関の立場からは、トータルの損失の大きさが重要となる。これは、トータルの損失の大きさにより保険契約者が被る損失額が決定され、それが保険業界および監督機関の風評に影響するためである。

TailVaRは一般に、頻度は少ないが損失額が大きいリスクに適していると考えられる。その理由は、分布のテイルの形状を考慮しているためである。そのためIAAは、VaRよりTailVaRが好ましいとしている。VaRは銀行業では一般的に使用されているが、保険会社の保有するリスクは非対称な確率分布に基づくものが多い。ただし、確率分布のテイルを正確にモデル化するためのデータは入手困難であることが少なくない。

TailVaRは一般に、頻度は少ないが損失額が大きいリスクに適していると考えられる。その理由は、分布のテイルの形状を考慮しているためである。

現時点において、大半の会社はVaRアプローチによりエコノミック・キャピタルを計算している。このようなアプローチに基づくソルベンシー制度を実施している国の監督当局は、VaRを支持している場合もあればTailVaRを支持している場合もある。

もう一つの基準は、条件付きテイル期待値である。x%水準の場合、CTE(x)と表されるが、これは損失の大きいほうから数えて(100-x)%の平均コストである。CTE(x)は通常、 $(x + 1/2 (100-x))$ パーセンタイルの損失より大きいことに注意したい（すなわち、CTE(90)は通常95パーセンタイルの損失より大きい）。CTEの考え方は、TailVaRと非常によく似ており、米国の監督規制で採用されている⁴。

7.2 確率論的分析 対 ストレス・テスト

確率論的分析とストレス・テストは、どちらも極端な事象が生じた際に必要となる資本額を把握するために一般的に使用されているが、両者は異なった特性を持っており、リスクの種類によって、その測定に一方が他方より適している場合がある。本レポートでは、確率論的分析とストレス・テストを下記のように定義する。

確率論的分析

確率論的分析は、ある確率分布に従う複数のシナリオに基づいて将来キャッシュフローをプロジェクションし分析を行う手法として定義することができる。一例は、1万件の経済シナリオによるモンテ・カルロ・シミュレーションで、この場合、各シナリオの発生確率は通常均等（1/10,000）であると仮定される。また、対数正規や指数分布のようなある一定の確率分布に基づいてシナリオを生成すれば、各シナリオの生起確率は当該確率分布により規定される。例えば、翌年一年間の経験死亡率が正規分布に従うと仮定する場合、99パーセンタイルに相当する死亡率を使用してキャッシュフローをプロジェクションすることにより、99%信頼水準での死亡率のインパクト

確率論的分析は、ある確率分布に従う複数のシナリオに基づいて将来キャッシュフローをプロジェクションし分析を行う手法として定義することができる。

⁴ IAAは、TailVaRは対応するVaRに当該分位点を越える損失額の平均値を加えたものと定義している。また、TailVaR(p)は水準p以上の各点におけるVaRの算術平均であり、分布関数が連続であれば、TailVaRとCTEは一致するとしている。詳細は、47ページに示すDhaene J., S. Vanduffel他書を参照。



トを計測できる。確率X%で発生する極端なシナリオの影響を知るためには、モンテ・カルロ・シミュレーションにより多数のシナリオ下でキャッシュフローを予測する必要があるが、確率分布が分かっているだけで一つのシナリオをテストするだけでよい。しかし、実世界は複雑すぎて一つの単純でよく知られた確率分布で表すのはたいてい不可能であり、多くの場合、モンテ・カルロ・シミュレーションを実行することとなる。

ストレス・テストは、極端な環境の下で発生する可能性があるがその発生確率を特定できない特殊なシナリオに基づいて、将来キャッシュフローをプロジェクション分析を行う手法として定義できる。

ストレス・テスト

ストレス・テストは、極端な環境の下で発生する可能性があるがその発生確率を特定できない特殊な（一連の）シナリオに基づいて、将来キャッシュフローをプロジェクション分析を行う手法として定義できる。確率論的分析との根本的な違いは、ストレス・シナリオの発生確率が特定されていないことで、確率論的な見地からの意味付けが不可能なことにある⁵。その一例はカナダの動的資本適正性テスト（Dynamic Capital Adequacy Test, DCAT）で、保険会社に対して、いくつかの極端なシナリオを作成し、当該シナリオ下でも十分な資本を保有しているか確認することを義務づけている。

他のセクションに記載しているように、X年間に信頼確率Y%で発生する損失を賄うために十分な額としてエコノミック・キャピタルを計算することが一般的になりつつある。この種のエコノミック・キャピタルを計算する場合は、上に定義した確率論的分析が必要となる。しかし、リスクによっては、意味のある確率を仮定することは困難なことがある。例えば、政府が国民健康保険への補助金を現在の半額に減らす確率を推定することは難しいであろう。この場合、多大な時間と手間をかけて適当な確率分布を求めようとしても、多かれ少なかれ主観が入るため、あまりいい手法とはいえない。重要なことは、保険会社に多額の損失をもたらすストレス・シナリオを特定することである。

ある信頼水準で発生する将来の損失を賄うために必要とされるエコノミック・キャピタルを計算する場合、このような困難なリスクについても、とにかく発生確率を仮定しなければならない。ここで重要なことは、このような確率分布はアクチュアリー判断によって決定されたものであり、このような主観的に決定された前提条件が変われば結果も変わりうることを担当者および経営陣が理解する必要があるということである。健康保険補助金削減の例では、削減の程度は95%信頼水準で半分

⁵ この定義は本レポートのためのものである。実際には「ストレス・テスト」シナリオに発生確率が与えられることもある。

かもしれないし3分の1かもしれないし、全額廃止かもしれない。この場合、基本シナリオで想定していた場合とインパクトが異なった場合にどうなるのか、担当者と経営陣が理解していなければならない。

基本シナリオで想定していた場合とインパクトが異なった場合にどうなるのか、担当者と経営陣が理解していなければならない。

以上、まとめると、下記の2点を理解しておくことが重要である。

- ある信頼水準で発生する将来の損失を賄う額として定義されるエコノミック・キャピタルを計算するためには、発生確率を各シナリオに割り当てる確率論的分析が必要である。
- 確率分布の決定が困難なリスクについては、発生確率は単にエコノミック・キャピタルの技術的計算のために使用されているに過ぎず、経営陣を含めたユーザーはそうした性質および主観的判断の変化に対する感応度を理解する必要がある。

7.3 リアル・ワールド 対 リスク・ニュートラル

リスク・ニュートラル技法は、確率論的シナリオに基づいてデリバティブの価格を計算する際によく使用される手法である。エコノミック・キャピタルの計算プロセスは、確率論的シナリオに基づく将来キャッシュフローの割引現在価値計算を伴う点で、デリバティブ価格の計算に類似している。しかしながら、エコノミック・キャピタルの計算にあたっては、リアル・ワールド技法が広く使用されており、好ましい手法でもある。このセクションでは、エコノミック・キャピタル計算にリアル・ワールド技法が広く採用されている理由を概説する。

エコノミック・キャピタルの計算にあたっては、リアル・ワールド技法が広く使用されており、好ましい手法でもある。

本レポートでは、リアル・ワールドとリスク・ニュートラルの各技法を以下のように定義する。

リスク・ニュートラル

リスク・ニュートラル技法は、複数のシナリオに基づきプロジェクションされたリスク調整済の将来キャッシュフローを、リスクフリー・レートを使用して割引くことにより、キャッシュフローの割引現在価値を計算する手法である。リスク・ニュートラル手法は、裁定機会がなく、市場で購入可能な証券の組み合わせによりいかなるデリバティブ商品も完全に複製することができる完全な市場を前提として



いる。これらの条件が満たされれば、無リスク割引率およびリスク調整後確率分布（Q測度）に基づく将来キャッシュフローの割引現在価値の期待値は、適当な割引率およびリアル・ワールド確率分布（P測度）に基づく将来キャッシュフローの割引現在価値の期待値と等しくなることが数学的理論により証明される。

特定シナリオのリスク調整済キャッシュフローは、キャッシュフローに、Q測度の下での当該シナリオの発生確率とP測度の下での発生確率の比率を掛け合わせたものとして表現できる。リスク・ニュートラル技法を使用する理由は、P測度での「適当な割引率」を求めることは極めて困難なことが多いためである。Q測度では、現在のイールド・カーブから無リスク割引率を求めることができ、適切なモデルを用いて将来キャッシュフローをプロジェクションしておけば、リスクフリー・レートと既存のデリバティブ商品の現行市場価格から得られるインプライド・ボラティリティを利用することにより、リスク調整済キャッシュフローも直接的に求められる。

リスク・ニュートラル技法を詳述することは本レポートの範囲を超えているが、重要なことは、この技法は、デリバティブ商品の現在の観察可能な市場価格と整合的に将来キャッシュフローの「期待値」を算出するためのものであるということである。

リアル・ワールド

リアル・ワールド技法は、複数のシナリオに基づき、リスク割引率を使用して将来キャッシュフローを割引くことにより、キャッシュフローの割引現在価値を計算する手法である。この手法では、将来キャッシュフローを不確実性リスクに基づいて調整することは行わない。不確実性リスクとは、実際の将来キャッシュフローが予測された将来キャッシュフローと異なるリスクである。この不確実性リスクの「代価」を反映させるため、リスク割引率をリスクフリー・レートより高く設定するのが一般的である。

しかし、上述のように、リスク割引率をどれだけ調整すべきか決定するには困難を伴うことが多く、多かれ少なかれ主観的に設定する必要があると考えられる。調整が妥当であれば、将来キャッシュフローの割引現在価値の期待値はリアル・ワールド技法でもリスク・ニュートラル技法でも同じとなるはずである。

リスク・ニュートラル技法は、不確実性リスクの調整が、観察可能な有価証券の市場価格と整合しているという点で優れている。しかし、エコノミック・キャピタル計算にリスク・ニュートラル技法を使用するには以下の点を考慮しなければならない。

- リスク・ニュートラル技法を使用する場合、エコノミック・キャピタルはキャッシュフローの期待値として定義しなければならない。例えば、エコノミック・キャピタルを95パーセンタイルの損失額として定義する（VaR定義）と、期待値を95%パーセンタイルに結びつけるために確率分布を変換しなければならない。有価証券の市場価格を利用して、このようなリスク・ニュートラル確率分布を構築する手法は簡単には求まらないであろう。
- リアル・ワールド確率分布での95パーセンタイルの代わりに、適切なリスク・ニュートラル確率分布での期待値として損失額が算出されるため、結果の意味の解釈が非常に難しいことが多い。

リスク・ニュートラル技法をエコノミック・キャピタル計算に使用するには、上記の欠点があるため、リアル・ワールド技法が広く使用されている。特に上記第2の問題点については、企業リスク管理に有効活用するため、経営陣は算出されたエコノミック・キャピタルの意味を明確に理解する必要があることに注意したい。

7.4 分散効果

各リスクが互いに他と独立ならば、個別リスクに必要な資本の合計額よりも、会社トータルの必要資本額は少なくなることが広く認識されている。リスクの相互依存性を分析するためには、線形な相関関係を仮定するといった数学的技法を使用することができる。しかし、リスクの相関関係は、確率分布のテイル部分では、その他の部分とは異なる相関を呈しうることが指摘されている。例えば、死亡率が変動しても変動幅が限定的であれば、市場リスクに関連する様々な経済指標はほとんど影響を受けないと考えられる。一方、死亡率が大きく変動すれば、直感的に市場リスクにも影響が及ぶと考えられる。大規模地震やテロ行為は、死亡率や罹患率の急激な上昇と資産の市場価格の大幅な下落を同時にもたらす原因になりうる。

各リスクが互いに他と独立ならば、個別リスクに必要な資本の合計額よりも、会社トータルの必要資本額は少なくなることが広く認識されている。

リスクの相関関係は、確率分布のテイル部分では、その他の部分とは異なる相関を呈しうる。

コピュラと呼ばれる技法により、リスクの相互依存関係を表現することができる。数学的にいえば、コピュラとは、多変量確率分布関数で、周辺分布が一様なものである。コピュラはどのようなリスクにも適用可能であるが、デフォルト・リスク・モデルによく利用されている。これは、市場が強気のときよりも弱気なときにより多くのデフォルトが発生することは、過去の実績から明らかであり、これをモデル



化するのにコンピュータが便利であるからである。このように（市場リスクとデフォルト）リスクの相関関係は一般的に静的なものではなく、従って相関係数行列を利用した単純な多変量正規分布ではモデル化できない。コンピュータはこのようなリスク間の相関関係をモデルするために活用が可能である。

コンピュータはこのような利点を持つ一方で、実務に落とし込むには様々な困難がある。

- 様々な種類のコンピュータが使用可能であり、一意に定まらない。
- 観測データに対するフィットを分析するための手法は複数存在する。例えば、尤度関数を比較する方法や、コンピュータを用いたモンテ・カルロ・シミュレーション結果と観測データを図を用いて比較するといった手法がある。

団体の中には、分散効果を完全に認めることには従来から懐疑的であったところもある。

格付機関などの団体の中には、分散効果を完全に認めることには従来から懐疑的であったところもあり、英国のFSAは、地域間の、あるいは生命保険と損害保険間のリスク分散によって織り込める効果は小さいであろうと表明している。テイル部分で相互依存が強まるといった問題は、この疑念を裏付けるものであり、リスク分散の恩恵を完全に織り込むためには、リスクの相互依存性を正確に表す手法を編み出さなければならないであろう。

様々な市場リスクが相互に依存していることを裏付けるデータは豊富に存在し、この分野ではこれまで多数の分析およびモデル化が行われてきた。また、確固たる経済理論によっても裏付けされている。一方、解約失効率などの事業ファクターが株式市場と正または負の相関を持つかどうか、またその理由については、実証が困難であり、社会行動分析といったまだ発展途上にある理論に基づくものである。

多様な事業を行っている保険グループは、各事業のリスクが非相関であれば、グループ内の分散効果による恩恵を得ることができよう。

互いに他と独立なリスクが分散効果を持つと同様に、多様な事業を行っている保険グループは、各事業のリスクが非相関であれば、グループ内の分散効果による恩恵を得ることができよう。

ヨーロッパの先進的な保険会社は通常、生命保険と損害保険の両方を取り扱う大規模な複合グループを形成しており、この分散効果が利益の平滑化に貢献したと長年にわたって主張している。株主にとっては、この利益に関する主張は懐疑的に映ろう。なぜなら、投資家は多様化された事業に投資しなくても投資ポートフォリオを

分散することにより同じスミージング効果を得ることができるためである。しかし、資本管理の観点からいえば、この分散効果はより具体性のあるものであり、多様な事業を行っていないければ効率的な資本管理ができないと考えられるからである。

その当然の帰結として、大手保険会社はエコノミック・キャピタル・モデルを提示するにあたり、必要資本額の計算における分散効果のメリットを強調してきた。例えば、ヨーロッパ最大手のある保険会社は、分散効果を46%と計算した（グループ全体での必要資本額を、個別会社の必要資本の単純合計と比較した場合の減少率）。そのうち35%は地理的分散によるもので、17%はセグメント間の分散によるものであった。

しかし、各国の監督当局は、監督下にある個々の法人のソルベンシーを確保する必要があるため、グループ全体として得られる分散効果には関心がないであろう。保険グループが、傘下の子会社が損失を抱えた場合に、それを補填するために資本注入する保証を与えない限り、監督当局はそれぞれの法人について適正水準の資本を要求することとなる。

このため、CROフォーラムは「単一企業ソルベンシー・テスト（Solo Entity Solvency Test）」と「グループ・ソルベンシー・テスト（Group Solvency Test）」を設け、前者については、グループ内の資本移動が十分スムーズに行えることが実証可能で、不測の事態には資本注入を行うという保証が適切かつ正式な法的契約に裏打ちされ、さらに当該契約についての信用リスクを反映しているという条件を満たせば、グループ内の資本を考慮できるようにすべきであると提案した。ただし、一つの法人内でも、英国の有配当契約のように、異なる事業区分間での資本移動に対して制限が存在するケースがあることに注意したい。

7.5 測定対象期間

概して、社内キャピタル・モデルを構築している保険会社は、リスクと必要資本の測定にあたって、二つの手法のどちらかを採用する傾向が見られる。一つは前のセクションで言及した共分散モデルに見られるように測定期間を1年とする場合、もう一つの手法は複数年に亘って測定を行うもので、30年間あるいは負債が消滅するまでなど長期に亘り、現実的なベースで評価した貸借対照表をプロジェクションするものである。

リスクと必要資本の測定の二つの手法：測定期間を1年とする場合と、複数年に亘って測定を行う場合。



第1の方法の例として、保険会社は株式市場や金利の突発的な変動など短期的なショックを与えることによりソルベンシーがどう変動するか分析を行う方法がある。このショックは、200年に1度というような特定の確率を持つ事象として表現される。従って、ショックを乗り越えるために必要な資本額は、この信頼水準でソルベンシーを維持するために必要な額と定義される。ただし、あるリスク要因がある1年間に変動した場合、その年以降の将来キャッシュフローにも影響を与えることがある。その一例が解約失効率である。解約失効率は当該年にもたらされた市場予測などの新しい情報により変化し、更に年度末の負債を計算するために必要な将来の解約失効率にも影響を及ぼす。

この方法では、分布のテイルでの損失の大きさについての情報が得られないため、VaRやCTEの計算ができない。しかしながら、決定論的手法を用いてソルベンシーが適切に推測できれば確率論的モデルは不要であるため、複雑かつ時間がかかる確率論的モデルを避けた会社にとって、短期的ショックは魅力的なアプローチである。1年方式のもう一つの例として、1年間の確率論的プロジェクションを行い、例えばワースト0.5%のシナリオの結果に基づくことにより、ある確率でソルベンシーを維持するために必要な資本額を決定する手法も考えられる。

2番目の方法は、前のセクションで確率論的シナリオに基づくモデルと呼ばれた方法で、ある割合のシナリオにおいて、計測期間を通じて、もしくは計測期間末において適正な資本額が維持されることをテストするものである。計測期間を通じて維持する場合と計測期間末のみで判定する場合の議論については、「7.6 計測期間の途中で累積収支のマイナスを認めるべきか」で詳述する。複数年に亘って計測した方が、長期に亘って存在するリスクをより深く理解することができる。しかし、複数年モデルやランオフ・モデルの弱点として、経営施策がある程度無視されるかもしれないことが挙げられる。確率論的モデルの多くは、投資方針（市場価格下落時の資産リバランスなど）や配当政策などの経営施策を動的に織り込めるが、増資やリスク・ヘッジなどの問題に対して監督当局や経営陣のとりであろう行動を全面的に織り込むことは現実的には困難であろう。

IAAは、ソルベンシーの評価時点と、それを受けて監督当局が介入するまでの間には、各種報告書の作成、監督当局が執行する措置についての検証・意思決定などに時間がかかるため、ある程度のタイムラグがあると指摘している。しかし、この遅延が1年を超えることは稀であり、従ってソルベンシーの計測期間は1年で十分であるともいえよう。概して、多くの国の監督当局及び大手保険会社の現行のエコノミック・キャピタル・モデルは、計測期間を1年とする方式を好んでいるようである。CROフォーラムが2004年後半に実施した「社内モデルのベンチマーク調査」によれば、参加13社中10社がリスク計測期間を1年としており、残り3社が複数年（5～30年）としていた。

7.6 計測期間の途中で累積収支のマイナスを認めるべきか

エコノミック・キャピタルを特定の最悪シナリオにおける将来損失の現在価値として定義する場合、計測期間末における累積収支がマイナスとならない水準をもってエコノミック・キャピタル必要額を定義するのか、または計測期間にわたって常に累積収支がマイナスとならない水準とすべきか決定しなければならない。

計測期間の途中で累積収支がマイナスとなることを認めないのであれば、当然、より多額の資本が必要になる。認めるのであれば、このような一時的な赤字を補填するために借入れを仮定しなければならないかもしれないが、そうなれば使用すべき借入れ金利をどう設定するかといった問題が生じるであろう。しかし、どちらかの方法が他方よりも優れているというものではなく、実際に両方法とも広く使用されている。例えば、北米における現在の変額年金に対するトータル・バランスシート要件を見ると、米国では将来キャッシュフローの累積が最も低くなる時点までを対象として（つまり、計測期間途中で累積収支がマイナスとなることを認めない）CTE(90)を採用しているが、カナダではプロジェクション期間末までの将来キャッシュフローを対象としてCTE(95)を採用している。両国は異なる水準のCTEを使用しているため、どちらがより慎重なのか一概にはいえない。



7.7 将来の新契約を織り込むべきか

継続企業の観点からは、新契約を販売することで会社のエコノミック・キャピタルが毀損しないことを確認することが重要である。実際、CROフォーラムが社内モデルに対しての推奨項目の一つとして掲げていることに、「社内モデルは、単にバランスシートを重視するだけではない——新契約が現行資産の充分性を脅かしてはならない」としている。新契約の収益性が十分であれば（通常はそうであるが）、新契約を含めることで保険負債の現在価値が減少するかもしれない（従って、エコノミック・キャピタル保有額が増加する）。しかしながら、将来の新契約を含めることは、エコノミック・キャピタル必要額も増加させるであろう。そのため、保険会社が新契約の影響を織り込んだ後でも、将来の各年度において資本が十分であることを確認することには意義がある。

CROフォーラムが実施した「社内モデルのベンチマーク調査」によると、参加13社のうち11社は新契約を考慮しないか考慮してもせいぜい1年分であると回答している。残る2社は、2年から4年の新契約を考慮している。

8. 実務への応用例

エコノミック・キャピタルの定義や計算方法は、会社が抱えているすべての重要なリスクを取り込むため会社により大きく異なるが、このセクションでは先進的な保険会社が広く採用している方法について三つの例を紹介する。

1. 決定論的なストレス・テストを用いて、資本に瞬間的な負荷を与える分析
2. 確率論的プロジェクションを用いて、テイル部分における損失を測定
3. 各リスク要因毎の独立なバリュエーション・アット・リスク（VaR）の測定、及び分散効果を考慮したうえで、すべてのリスク・商品毎の計算結果を統合

例1：決定論的ストレス・テスト

この分析は、様々なリスク要因について、エコノミック・バランスシート（現実的なベースでの貸借対照表）上で瞬間的なショックを与えた場合に、資本にかかる負荷がどの程度になるか観察するというものである。瞬間的なストレス・シナリオをテストする場合、このアプローチは短期的な影響を測定するもののように見えるが、そのストレスが資本に与える長期的な影響も考慮される。このアプローチはストレスを瞬間的に与えるため、経営陣が何らかの対策を講じるための時間はないという前提で、エコノミック・バランスシートへの影響を分析する。そのため、引受査定基準の変更や保有するヘッジ・ポジションのリバランスなどの経営施策は組み込まれていない。

このアプローチは、英国で会社の資本要件（個別資本評価（Individual Capital Assessments、ICA））やスイスで新たに導入されたスイス・ソルベンシー・テストにおけるリスク・キャピタル・マージン（Risk Capital Margins、RCM））を決定する際によく使用されている。しかし、テストすべきストレス・シナリオは、国により、また会社により異なる。CROフォーラムは、最近、このアプローチの採用をヨーロッパ全体で推奨し始めた。

例として、最低保証付きのユニットリンク契約のポートフォリオを取り上げる。下記に例示したストレス・テストでは、株式に対して-20%、ボラティリティーに対して+5%（20%から25%に）、短期金利に対して-1%の瞬間的なショックを仮定している。これらは市場リスクの主な要因であり、それぞれのショック幅は同程度のイン

決定論的ストレス・テストは、様々なリスク要因について、エコノミック・バランスシート上でショックを与えた場合に、資本にかかる負荷がどの程度になるか観察するというものである。

バクトを持つように決められる。例えば、各ショックは日々ベースで3～4標準偏差の変化に相当するといった具合である。下記の例では、死亡率や解約行動などの他のリスク要因については既知であり変動しないと仮定しているが、これらの要因を追加することもできる。

下表は、ショックを与える前のエコノミック・バランスシートを示す。

ポジション	負債合計	資産合計	株式	債券
ユニット・リザーブ	100.0	100.0	50.0	50.0
最低保証の評価額	20.0	20.0	10.0	10.0
資本	5.0	5.0	2.5	2.5
合計	125.0	125.0	62.5	62.5

ここでユニット・リザーブとは、ユニットリンク保険の責任準備金を示し、一般的にユニット数×ユニット・プライスとして計算されるものである。

ユニット・リザーブの初期値は100で、株式と債券に同額を投資している。最低保証給付の評価額は20である。資本の初期値は5としている。

上記のストレス適用後、エコノミック・バランスシートは以下のように影響を受ける。

Eq ↓ 20%; i ↓ 1.0%; σ ↑ 5%	負債合計	資産合計	株式	債券
ユニット・リザーブ	90.0	90.0	40.0	50.0
最低保証の評価額	33.9	18.0	8.0	10.0
資本	(11.4)	4.5	2.0	2.5
合計	112.5	112.5	50.0	62.5

株式残高はどの行の値も20%低下している。短期金利の低下（例えば中央銀行の金融政策による）は、長期金利、従って保有債券価値には影響を与えないと考えてい

るが、このようなリスクを追加的に反映することもできる。ストレスを与えた結果、最低保証給付の評価額は20から33.9へと大きく上昇している。そのため、この会社の資本ポジションは5という若干の剰余から-11.4へと変化し、大幅な債務超過の状態となっている。したがって、（サープラスの減少を吸収するために）必要なエコノミック・キャピタルは、16.4 (-11.4 - 5) となる。これは、資本を初期値まで回復させるのに必要な金額であり、ストレス・シナリオ適用後の条件下で求められる必要資本である。通常は、ストレスを与える前の条件下での当該必要資本額を計算するため、対応する資産の再評価を行う。

エコノミック・キャピタル計算の活用例として、会社がヘッジ戦略を取った場合に結果がどう変わるかを見てみることにする。会社がダイナミック・ヘッジ戦略をとり、適切なデリバティブ資産を用いて、市場リスク（デルタ）、ボラティリティー・リスク（ベガ）、金利リスク（ロー）をカバーしたとすると、エコノミック・バランスシートの初期値は下記ようになる。

ポジション	負債合計	資産合計	株式	債券	無リスク資産	オプション	金利スワップ
ユニット・リザーブ	100.0	100.0	50.0	50.0			
最低保証の評価額	20.0	20.0	(23.0)	(23.0)	58.0	5.0	3.0
資本	5.0	5.0	2.5	2.5			
合計	125.0	125.0	29.5	29.5	58.0	5.0	3.0

資産ポジションは、下記のとおり、最低保証給付のリスク・評価額を複製するように設定されている。

- 株式と債券の売りポジションと、無リスク資産の買いポジションを組み合わせることにより市場リスク（デルタ）をヘッジ
- 株式オプションにより、ボラティリティー・リスク（ベガ）をヘッジ
- 金利スワップにより金利リスク（ロー）をヘッジ

ストレス適用後のエコノミック・バランスシートは、以下のようになる。

Eq ↓ 20%; i ↓ 1.0%; σ ↑ 5%	負債合計	資産合計	株式	債券	無リスク資産	オプション	金利スワップ
ユニット・リザーブ	90.0	90.0	40.0	50.0			
最低保証の評価額	33.9	33.0	(18.4)	(23.0)	58.0	11.9	4.5
資本	3.6	4.5	2.0	2.5			
合計	127.5	127.5	23.6	29.5	58.0	11.9	4.5

株式ポジションはすべて20%下落し、オプションおよび金利スワップの価額は上昇する。ストレス・テストの影響は、資本を5から3.6に減少させるにとどまる。したがって、必要なエコノミック・キャピタルは1.4である。これは、資本を初期値まで回復させるのに必要な金額である。デリバティブ資産でリスクをヘッジすることにより、この商品をサポートするために必要なエコノミック・キャピタルは16.4から1.4へと大幅に削減された。

注：前述のとおり、この例では市場リスクにのみストレスを与えているが、実際は、死亡・解約等や信用、その他のリスクに対するストレスも通常計算に含める。

例2：損益予測

次に、エコノミック・キャピタルの別の活用方法を説明する。比較しやすいように、下記分析でも、満期時に最低保証利率で積立てた資金を返還する（米国業界用語でGMAB）ユニットリンク契約を対象とする。満期期間は25年で、ファンドは株式約40%、債券約60%の構成とする。

最低保証リスクの主な要素は、下記の三つである。

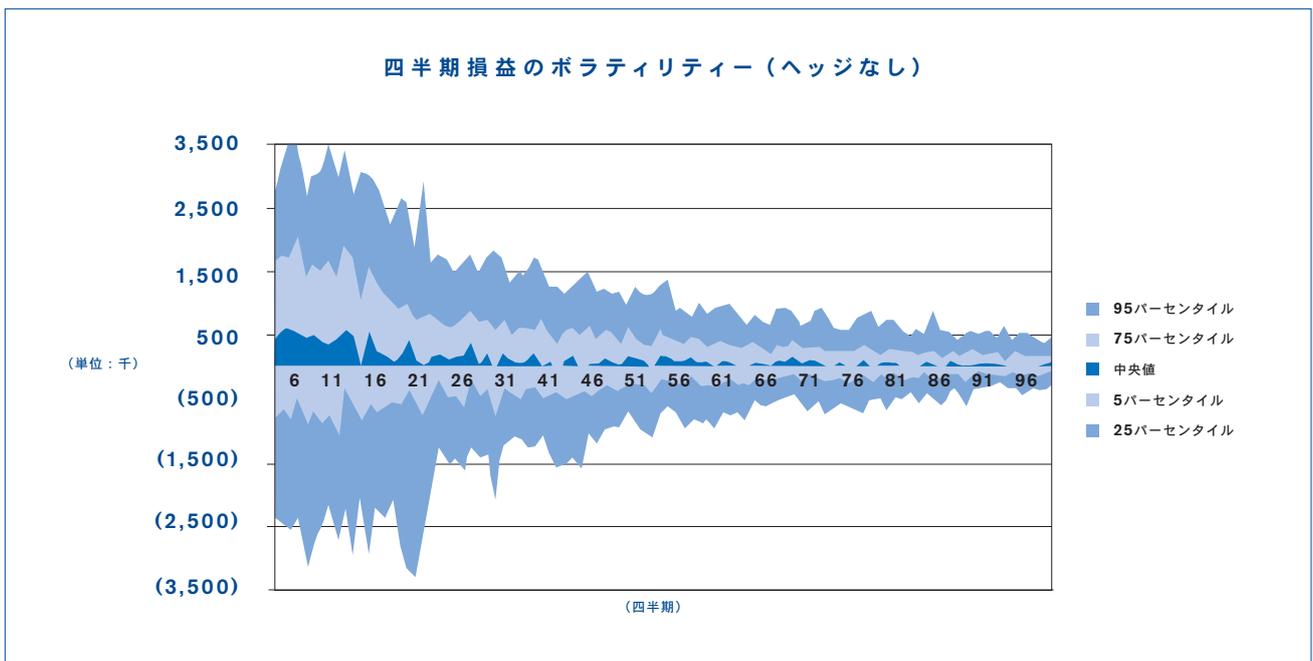
デルタ、これは対応資産が下落するというリスクを測る指標である。対応資産が下落すると、最低保証給付の評価額は大幅に上昇する。デルタは、対応資産価値の変化に対する最低保証評価額の相対的な変化率を測定するものである。

ロー、これは金利リスクを測る指標である。将来の金利が低下すれば、リスク・ニュートラル手法により評価される負債の現在価値は増加する。これは、対応資産のリスク・ニュートラル・ベースでの期待成長率が低くなる一方で、将来の給付金保証額を現在価値に変換する際に使用する金利も低くなるためである。ローは、金利変化に対する負債価値の変化率を測定するものである。

ベガ、これはボラティリティー・リスクを測る指標である。ボラティリティーが大きいほどヘッジ・コストが大きくなり、したがって最低保証給付の評価額が大きくなる。ベガは、ボラティリティーの変化に対する負債価値の変化率を測定するものである。

これらのリスクを定量化するには、現実的に起こりうると考えられる広範なシナリオを用いて損益予測を行うことが必要であり、またそれぞれのシナリオにおいて、最低保証の評価額をリスク・ニュートラル手法により計算することが必要である。デリバティブ資産により負債リスクをヘッジしている場合は、各シナリオの各期間毎に資産ペイオフを計算し、損益計算にヘッジ効果を反映しなければならない。

下のグラフは、100シナリオを用いて、保険期間にわたり、四半期ごとに行った現実的ベースでの損益プロジェクション結果である。グラフは、ヘッジを行わなかった場合の市場リスク（デルタ）および金利リスク（ロー）の変動性を確率論的に表現している。





次にこれらのリスクに対処するために必要なエコノミック・キャピタルは、バリュー・アット・リスク (VaR) アプローチまたは条件付テイル期待値 (CTE) アプローチのいずれかを使用して計算する。VaRアプローチでは、エコノミック・キャピタルは、計算結果のワーストx%をカバーするために必要な資本として定義される。x%の代表的な値は5%と1%である。CTEアプローチの場合は、計算結果のワーストy%における平均損失をカバーするために必要な資本として定義される。y%も代表的な値は5%と1%である。

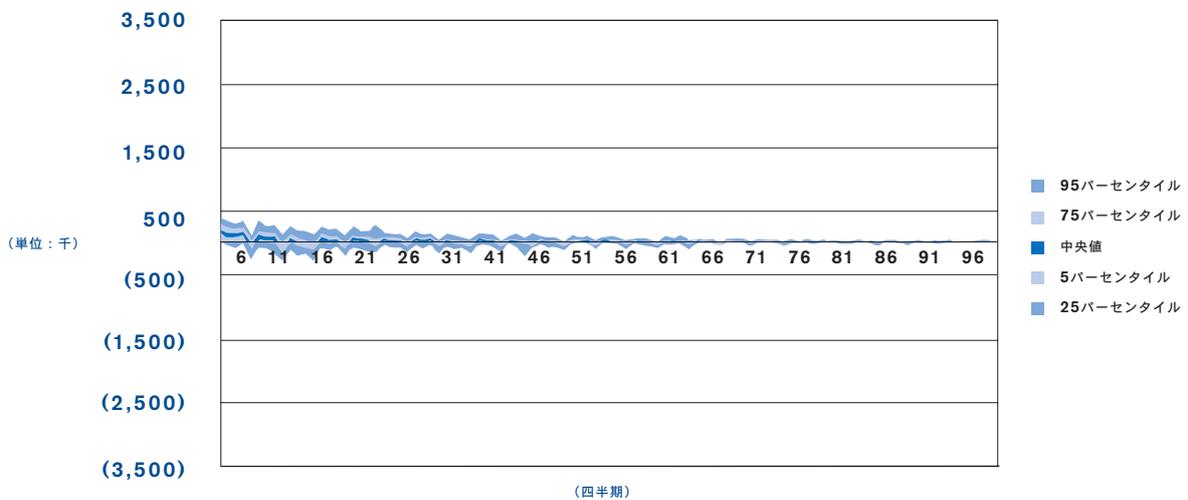
39ページのグラフの分析に基づいて、この二つの基準によりエコノミック・キャピタル必要額を計算した結果は、下表のとおりである。

測定指標	5%信頼水準	1%信頼水準
VaR	2.8 百万	14.5 百万
CTE	7.4 百万	14.5 百万

この表から分かるように、CTEアプローチで測定されたエコノミック・キャピタルは、同じ信頼水準のVaRアプローチで測定された値よりも大きい。1%水準では同額となっているが、これは単に100件のシナリオを用いて分析したため、どちらの基準も最悪シナリオにおける損失を反映したためである。

次のグラフは、デルタとロー両方のリスクをヘッジした場合の計算結果である。なお、この例では、ベガに係るリスクは確率論的にモデルされていないことに注意を要する。

四半期損益のボラティリティー (ヘッジあり)



グラフから分かるように、損益のボラティリティーあるいは変動性をリスクと考えると、当該リスクは大幅に減少している。同様に、ヘッジ効果を考慮した場合、契約をサポートするために必要なエコノミック・キャピタルも、下表に示すように大きく減少している。

測定指標	5%信頼水準	1%信頼水準
VAR	0.01 百万	0.34 百万
CTE	0.09 百万	0.34 百万

CTE基準の5%水準で、これら二つのリスクに備えるために必要なエコノミック・キャピタルは、従前の740万から9万にまで減少する。

上記事例は、どのようなリスク管理戦略を用いても、通常、すべてのリスクが排除されるわけではないことを示している。しかしながら、リスク管理戦略を導入しなかった場合に比べ、リスク額を著しく減少させることはできよう。

例3：全社ベースVARの導出（リスクの統合）－企業リスク管理（ENTERPRISE RISK MANAGEMENT、ERM）に向けて

これまでの例では、市場リスクに起因して生じる将来損失の現在価値の確率的な分布から、必要なエコノミック・キャピタルを計算できることを示した。他のリスクについても、そのリスク単体について、この分析を繰り返すことが可能である。

市場リスク：市場価格や金利、ボラティリティーの変動により損失を被るリスク。

信用リスク：保有資産がデフォルトあるいは信用格付の著しい低下に見舞われるリスク（無リスク債券に上乗せする信用スプレッドの増加）。

流動性リスク：流動性の低下により資産の売買が制限されることに伴う損失のリスク。

保険引受・人口動態リスク：実際の人口動態経験が予定より悪化するリスク。さらに下記のとおり細分化できる。



死亡・罹病・長生きリスク：さらに細かく分けると、中心極限定理により被保険者数が増加すると減少する分散可能要素と、死亡率自体の推定を誤るリスクである分散不能要素に分けられる。

解約失効リスク：保険契約者が予定とは異なって解約失効行動をとるリスク。

保険契約者行動リスク：各種オプション（年金受取率、引出率など）について、保険契約者が予定とは異なる行動をとるリスク。

事業費リスク：実際の事業費が料率設定時に見込んだ額よりも高くなるリスク。

オペレーショナル・リスク：ビジネスの運営面（人、プロセス、システム）に不備が生じるリスク。

グループ・リスク：グループ内の関連会社に生じた損失や不備により、自社が損失を被るリスク。

リスクの大分類に対するエコノミック・キャピタル必要額は、一般的にリスクの小分類毎にエコノミック・キャピタルを計算したうえで、それを統合して得られる。例えば、保険・人口動態リスクは死亡、長生き、罹病、解約失効、事業費といった小分類に細分化できる。このリスク小分類に対するエコノミック・キャピタル必要額は、前述のとおり、ストレス・テストや確率論的な損益プロジェクションを行うことにより求められる。次に、以下に示すような手順で、相関係数行列を用いて、リスクの統合を行う。

単位：百万	死亡	長生き	罹病	解約失効	事業費死亡
死亡	1.0	0.0	0.5	0.0	0.5
長生き	0.0	1.0	0.0	0.5	0.5
罹病	0.5	0.0	1.0	0.0	0.5
解約失効	0.0	0.5	0.0	1.0	0.5
事業費	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0
エコノミック・キャピタル	9.0	13.0	5.0	35.0	15.0
エコノミック・キャピタル（分散効果反映前）					77.0
エコノミック・キャピタル（分散効果反映後）					56.0

相関係数行列を使うことにより、各リスク要因が完全相関していないことを表現できる。例えば、各リスク毎の最悪シナリオは同時に発生するわけではない。これにより、エコノミック・キャピタル必要額は77百万から56百万に減少する。同様の統合プロセスをリスク大分類の統合にも利用する。

相関係数行列を使うことにより、各リスク要因が完全相関していないことを表現できる。例えば、各リスク毎の最悪シナリオは同時に発生するわけではない。

下表は、最低保証給付のあるユニットリンク商品の将来損益の分布（期待値の他、上位および下位5%）を示している。総計欄は、それぞれのリスクの総和である。

単位：百万	市場	信用	流動性	保険	オペレーショナル	グループ	総計
95%	754.0	842.0	1,000.0	936.0	1,000.0	1,000.0	532.0
期待値	1,000.0	1,000.0	1,000.0	1,000.0	1,000.0	1,000.0	1,000.0
5%	1,203.0	1,173.0	1,183.0	1,056.0	1,356.0	1,215.0	2,186.0
5% VaR	203.0	173.0	183.0	56.0	356.0	215.0	1,186.0
分散効果反映後の5% VaR							816.0

無リスクの世界では、期待値は常に達成される。リスクは、現実の結果が予定を下回るという不確実性から起こる。従って、VaRの一定義として、期待値と（例えば）下位5パーセントの差をとることが考えられる。

上記の例では、各リスク要因毎のVaRを示した。最初に、市場リスクを除くその他のリスク要因についてはすべて既知である（すなわち決定論的パラメータを使用）と仮定し、市場リスクに対するVaRを計算し203を得る。

次に、信用リスクを除くその他のリスク要因についてはすべて既知として、信用リスクに対するVaR 173を得る（これはもちろん、保有債券の信用度、残存期間、満期保有か、頻繁にリバランスされるかといった投資戦略などに依って定まる）。

他のリスクについても同様の計算を行い、リスク要因毎にVaRを個別に計算する。各リスク要因毎のVaRの単純合計は1,186である。しかし、これでは各リスク要因がそれぞれ他のリスクと完全に相関すると仮定していることとなる、すなわち、各リスクの5%ワースト・シナリオが同時に発生するものと仮定していることになる。これは明らかに非現実的である。したがって、下表のとおり、1組のリスク毎にその相関性を評価することにより分散効果を反映する。



	信用	流動性	市場	オペレーショナル	保険	グループ
信用	1.0	0.3	0.4	0.2	0.25	0.1
流動性	0.3	1.0	0.5	0.25	0.1	1.0
市場	0.4	0.5	1.0	0.1	0.1	0.5
オペレーショナル	0.2	0.25	0.1	1.0	0.1	0.5
保険	0.25	0.1	0.1	0.1	1.0	0.4
グループ	0.1	1.0	0.5	0.5	0.4	1.0

これにより、分散効果を考慮した5%VaRを計算することが可能となる。表から分かるように、この商品についてのエコノミック・キャピタルのベスト・エスティメート値は816であり、分散効果により31%減少している。ただし、相関係数の見積りは、主観的判断に基づくものであることに注意しなければならない。なお、簡略化した多変量モデルを使用して相関係数を導き出すことも可能である。概して、これはERMプロセスの最も難しい部分の一つであり、特に、オペレーショナル・リスクなどは性格上取り扱いが難しい。

オペレーショナル・リスクの評価手法はまだ確立されておらず、モデル化するためにどのような手法が最適か、いまだ広く論議されている。

次に下表に示すように、上記の分析をそれぞれの商品について繰り返すことができる。

単位：百万	市場	信用	流動性	保険	オペレーショナル	グループ	総計
最低保証付UL	203.0	173.0	183.0	56.0	356.0	215.0	1,186.0
株式指数連動保証	96.0	0.0	67.0	85.0	145.0	35.0	428.0
定期保険	56.0	13.0	89.0	136.0	42.0	5.0	341.0
ユニットリンク	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	0.0	30.0
合計	355.0	186.0	339.0	277.0	573.0	53.0	1,985.0
分散効果反映後の5% VaR							1,588.0

全商品および全リスクを総計した結果、各リスク間に完全な相関性を仮定したエコノミック・キャピタルは、1,985となる。分散効果を織り込むと、1,588に減少する。

エコノミック・キャピタル決定のためのこの手法は、英国内で生命保険会社が個別資本要件を設定するために広く使用されるようになってきている。

付録：IAAの分類に基づく保険会社の リスクについての例

(1) 保険引受リスク

査定リスク：被保険リスクの査定を要因として損失を被るリスク

料率設定リスク：保険契約に対して保険会社が課した保険料が、当該保険契約から将来発生する債務を賄うには不適切な水準となるリスク

商品設計リスク：保険契約の設計および料率設定時には予想されなかったリスクに直面するリスク

支払請求リスク：予定以上の件数の支払請求が発生、あるいは予定以上に多額の支払請求があり、予期しない損失を被るリスク。このリスクには、支払事由の発生というリスク、および支払事由発生後に最終的な支払額が確定する段階でのリスクがある。

経済環境リスク：社会情勢が会社にとって不利な方向に変化するリスク

正味保有額リスク：正味保有額を高く保ったが故に、巨大災害や支払請求の集中発生により損失を被るリスク

保険契約者行動リスク：契約者が予定外の行動をとることにより、会社に不利な影響を及ぼすリスク

準備金リスク：保険会社の財務諸表上、保険契約者への義務を履行するために引き当てられた準備金の水準が不適切となるリスク

(2) 信用リスク

直接的な債務不履行リスク：双務契約における相手方会社の一つまたは複数の債務を履行できなくなることにより、会社が権利を有するキャッシュフローまたは資産を受け取れないリスク

信用格付のダウングレードまたは変動リスク：債務者の将来のデフォルト可能性の変化が、当該債務者との契約の現在価値に不利な影響を与えるリスク

間接的な信用リスクまたはスプレッド・リスク：リスクが増加していると市場が認識することにより生じるリスク

受け渡しリスク：証券取引において評価日と清算日のずれによるリスク



ソブリン・リスク：外貨建資産の価値減少または外貨建債務の価値増加による損失リスク

集中リスク：特定の地域またはセクターへの集中投資により損失が増大するリスク

取引先リスク：再保険、偶発資産および債務の価値が変化するリスク

(3) 市場リスク

金利リスク：金利変動による損失を被るリスク

株式およびその他資産リスク：株式およびその他資産の市場価値変動による損失リスク

通貨リスク：通貨価値の変動により外貨建資産の価値が減少または外貨建負債の価値が増大するリスク

ベースス・リスク：信用格付や流動性、残存期間が異なる金融商品の利回りが異なる動きをみせることにより、負債価値とは無関係に、資産の市場価値が変動してしまうリスク

再投資リスク：再投資するファンドのリターンが予定水準を下回るリスク

集中リスク：特定の地域またはセクターへの集中投資により損失が増大するリスク

資産・負債ミスマッチ・リスク：負債をサポートする資産から発生するキャッシュフローのタイミングと、負債キャッシュフローのタイミングが異なることにより必要資本水準が変動するリスク

オフバランスシート・リスク：スワップなどバランスシートに反映されていない偶発資産や負債の価値が変動するリスク

参考文献

- ATKINSON, DAVID, AND JAMES DALLAS.** “Life Insurance Products and Finance.” 2000.
- CHIEF RISK OFFICER FORUM.** “Principles for Regulatory Admissibility of Internal Models.” 10 June 2005. <http://www.croforum.org/publications.ecp?inlog=>
- CHIEF FINANCIAL OFFICER FORUM.** “Additional Guidance on European Embedded Value Disclosures.” 2005. http://www.cfoforum.nl/eev_disclosures.pdf
- CHORAFAS, DIMITRIS N.** “Economic Capital Allocation with Basel II: Cost, Benefit and Implementation Procedures.” Butterworth-Heinemann: 2004.
- COMITÉ EUROPÉEN DES ASSURANCES.** “Solvency II CEIOPS’ Draft Answers to the “Second Wave” of Calls for Advice.” Note, 30 September 2005. <http://www.cea.assur.org/cea/vi.i/posi/pdf/uk/position267.pdf>
- COMMITTEE OF EUROPEAN INSURANCE AND OCCUPATIONAL PENSIONS SUPERVISORS.** “Draft Answers to the European Commission on the ‘Second Wave’ of Calls for Advice in the Framework of the Solvency II Project.” Consultation Paper No. 7, 2005. http://www.ceiops.org/media/files/consultations/consultationpapers/cp_0504.pdf
- CROUHY MICHEL, DAN GALAI, AND ROBERT MARK.** “Risk Management.” McGraw-Hill.
- CURTIS, SIMON.** “Variable Annuity Guarantees: The Canadian Experience.” Presentation. Manulife Financial, 23 May 2006. <http://www.actuaries.jp/meeting/reikai/ken-reikai18-1-siryo2.pdf>
- DEV, ASHISH.** “Economic Capital: A Practitioner Guide.” Risk Books, 2004.
- DHAENE J., S. VANDUFFEL, Q. H. TANG, M. J. GOOVAERTS, R. KAAS, AND D. VYNCKE.** “Solvency Capital, Risk Measures and Comonotonicity.” 2004.
- EUROPEAN COMMISSION, INSURANCE COMMITTEE.** “Solvency II: Orientation Debate—Design of a Future Prudential Supervisory System in the EU.” MARKET/2503/03-en. http://ec.europa.eu/internal_market/insurance/docs/market-2503-03/market-2503-03_en.pdf
- FILIPOVIC, D., AND D. ROST.** “Benchmarking Study of Internal Models.” Chief Risk Officer Forum. 2005. <http://www.croforum.org/publications.ecp?inlog=>
- HAYES, N., AND C. MONET.** “Economic Capital: Implementation Practices and Methodologies.” Journal of the RMA (July-August 2005).
- INTERNATIONAL ACTUARIAL ASSOCIATION.** “A Global Framework of Insurer Solvency Assessment.” 2004. http://www.actuaries.org/LIBRARY/Papers/Global_Framework_Insurer_Solvency_Assessment-public.pdf



A MILLIMAN GLOBAL FIRM

Milliman

Consultants and Actuaries

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF INSURANCE SUPERVISORS. “Solvency, Solvency Assessments and Actuarial Issues.” March 2000. <http://www.iaisweb.org/08151istansolv.pdf>

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF INSURANCE SUPERVISORS. “Issues Arising as a Result of the IASB’s Contracts Project--Phase II.” Initial IAIS Observations May 2005. http://www.iaisweb.org/050606_paper_with_press_release.pdf

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF INSURANCE SUPERVISORS. “A New Framework For Insurance Supervision: Towards A Common Structure And Common Standards for the Assessment of Insurer Solvency.” October 2005. http://www.iaisweb.org/051021_Framework_paper.pdf

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF INSURANCE SUPERVISORS. “Towards A Common Structure and Common Standards for the Assessment of Insurer Solvency: Cornerstones for the Formulation of Regulatory Financial Requirements.” October 2005. http://www.iaisweb.org/051021_Cornerstones_paper.pdf

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF INSURANCE SUPERVISORS. “Roadmap For A Common Structure and Common Standards For The Assessment Of Insurer Solvency.” 16 February 2006. http://www.iaisweb.org/060216_Roadmap_paper_16_Feb_06_.pdf

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF INSURANCE SUPERVISORS. International Financial Reporting Standards (IFRS) Implementation Survey. May 2006. http://www.iaisweb.org/134_187_ENU_HTML.asp.

KHOO, POH, JEREMY KENT, AND ED MORGAN. “Analysis of European Embedded Value Developments.” Milliman, Life Research Report. November 2005. http://europe.milliman.com/research_resources/publications/EEV-Research-Report-8Nov2005.pdf

MATTEN, CHRIS. “Managing Bank Capital: Capital Allocation and Performance Measurement.” John Wiley and Sons, 2000.

VAN BROEKHOVEN, H. “Market Value of Liabilities Mortality Risk: A Practical Model.” North American Actuarial Journal (01 April 2002).

VAN LELYVELD, IMAN. “Economic Capital Modeling: Concepts, Measurement and Implementation.” Risk Books, 2006.

YOUNG, S. DAVID. “EVA and Value Based Management: A Practical Guide to Implementation.” McGraw Hill Education, 2001.

Milliman Offices

ALBANY, NY (518) 514-7100

AMSTERDAM +31-20-524-4588

ATLANTA, GA (404) 237-7060

BERMUDA +441-295-4177

BOISE, ID (208) 342-3485

BOSTON, MA (781) 213-6200

CHICAGO, IL (312) 726-0677

COLUMBUS, OH (614) 481-0200

DALLAS, TX (214) 863-5500

DENVER, CO (303) 299-9400

GREENSBORO, NC (336) 856-6001

HARTFORD, CT (860) 687-2110

HONG KONG +852-2147-9678

HOUSTON, TX (713) 658-8451

INDIANAPOLIS, IN (317) 639-1000

KANSAS CITY, KS (913) 649-8406

LONDON +44-207-847-1500

LOS ANGELES, CA (626) 577-1144

MADRID +34-91-789-3470

MÉXICO CITY +52-55-5615-8066

MILAN +39-02-8633-7214

MILWAUKEE, WI (262) 784-2250

MINNEAPOLIS, MN (952) 897-5300

MUNICH +49-89-5908-2395

NEW DELHI +91-124-420-0205

NEW YORK, NY (646) 473-3000

NORWALK, CT (203) 855-2200

OAKLAND, CA (510) 893-8022

OMAHA, NE (402) 393-9400

PHILADELPHIA, PA (610) 687-5644

PHOENIX, AZ (480) 348-9020

PORTLAND, ME (207) 772-0046

PORTLAND, OR (503) 227-0634

PRINCETON, NJ (609) 452-6400

ST. LOUIS, MO (314) 231-3031

SALT LAKE CITY, UT (801) 924-1390

SAN DIEGO, CA (858) 558-8400

SAN FRANCISCO, CA (415) 403-1333

SÃO PAULO +55-11-3371-2660

SEATTLE, WA (206) 624-7940

CARE GUIDELINES (WA) (206) 381-8100

SEOUL +82-2-2020-2299

TAMPA, FL (813) 282-9262

TOKYO +81-3-5211-7031

WARSAW +48-22-528-6962

WASHINGTON DC (703) 917-0143

WEST PATERSON, NJ (973) 278-8860

ZÜRICH +41-44-287-80-60

