

【保証部分（インデックス保証を除く）を持つ変額商品における、法定RBC要件を

設定するために推奨されたアプローチ】

【Recommended Approach for Setting Regularly Risk-Based Capital Requirements
for Variable Products with Guarantees(Excluding Index Guarantees)】

Presented by the American Academy of Actuaries' Life Capital Adequacy Subcommittee
to the National Association of Insurance Commissioners' Life Risk-Based Capital
Working Group

San Diego, CA - December 2002

“The American Academy of Actuaries”は、アメリカの全ての専門分野で活動しているアクチュアリーのための公共政策組織である。アカデミーの主な目的は、専門家に対し公共情報公開機構としての役割を果たす事である。アカデミーは独立組織であり、明瞭かつ客観的な保険数理分析のプレゼンテーションを通じ公共政策プロセスの支援を行う。アカデミーは定期的に、議会に対する提言、連邦議員に対する情報提供、連邦議案に対するコメント、保険に関する諸問題について州当局と協力し対応するなどを行っている。また、アクチュアリー行動規範、資格要件、業務、アメリカの全てのアクチュアリーに対する専門家としての行動規範を策定し遵守する。

Life Capital Adequacy Subcommittee

Alastair G. Longley-Cook, F.S.A., M.A.A.A., Chair
Robert A. Brown, F.S.A., M.A.A.A., Vice-Chair

Gerald A. Anderson, F.S.A., M.A.A.A.	Stephen M. Batza, F.S.A., M.A.A.A.
Jeffrey M. Brown, F.S.A., M.A.A.A.	Martin R. Claire, F.S.A., M.A.A.A.
Joseph L. Dunn, F.S.A., M.A.A.A.	Luke N. Girard, F.S.A., M.A.A.A.
Arnold N. Greenspoon, F.S.A., M.A.A.A.A.	Robert G. Meilander, F.S.A., M.A.A.A.A.
David E. Neve, F.S.A., M.A.A.A.A.	Keith D. Osinski, F.S.A., M.A.A.A.A.
Jan L. Pollnow, F.S.A., M.A.A.A.A.	Craig R. Raymond, F.S.A., M.A.A.A.A.
Mark C. Rowley, F.S.A., M.A.A.A.A.	Michael S. Smith, F.S.A., M.A.A.A.A.
James A. Tolliver, F.S.A., M.A.A.A.A.	George M. Wahle, F.S.A., M.A.A.A.A.
William H. Wilton, F.S.A., M.A.A.A.A.	Michael L. Zurcher, F.S.A., M.A.A.A.A.

以下のレポートは、the Life Capital Adequacy Subcommittee's C-3 Work Group (Bob Brown 座長) により作成され、2002年3月以降提案されている提言のフォローアップである。WorkGroup は subcommittee のうちの以下のメンバーにより構成されている。

Tom Campbell, Frank Clapper, Geoff Hancock, Regynald Heurtelou, Tim Hill, Craig Morrow, Dan Patterson, Jim Reiskytl, Link Richardson, Max Rudolph, Dave Sandberg, and Albert Zlogar.

背景(Back Ground)

数年前、NAICのRBC-ワーキンググループがAmerican Academy of Actuariesに対し、RBC式におけるC-3構成要素に関して、特定の会社における資産/負債ミスマッチリスクの程度を実務上察知する方法があるかどうかについての見直しを要請した。The Academy's Life Capital Adequacy Subcommittee (LCAS)は、その要請に対する検討を行い、その結果、資本が脆弱な会社とそれ以外とを区別するため

には、商品特性やファンドの特性に対する一段の考慮が必要であると結論づけた。我々は、金利リスクだけではなく資産/負債リスクも含むものとして C-3 リスクを定義した。

NAIC は、2000 年 12 月 31 日より、本プロジェクトの Phase を履行した。Phase では、年金および一時払契約における金利リスクについて着手した。ここで“年金”とは、据置期間付または即時開始、保証付分離勘定、GIC（複合 GIC、投資合意型も含む）などの特徴をもつ契約として定義した。株に投資するタイプの変額商品は Phase では対象外としたが、利率に対する保証を含む商品や、定額型として販売された変額年金（キャッシュフローテストによる確認が行われていれば）は対象とした。本プロジェクト・Phase では、金利感応型商品の必要資本の決定についてシナリオテストによる方法を推奨した（1999 年 10 月のレポート WWW:ACTUARY.ORG 参照）。NAIC による履行に際しては、C-3 リスクに対する重要性テストおよびストレステストに基づいたシナリオテストの免除基準が設けられた。

本レポートでは、LCAS はインデックス保証以外の保証（生存保証、死亡給付保証、その他を含む）のある変額商品に関連した利率リスク、株式投資リスクの両方を対象とした Phase の履行を推奨している。最低死亡保証のみを持つ商品を販売する会社は、シナリオテストか係数によるアプローチかどちらかを選択することができる。その他のタイプの保証ではシナリオテストが要求される。

推奨されている方法(Recommended Approach)

- 慎重な best estimate による前提（基礎データの信頼性が高い程、前提は経験値と近くなる、逆もまた同じ）と、ファンドパフォーマンスの分布関数を用いて、確率論的シナリオを実行する。
- C-3 Phase で用いられている手法と同様の方法で、各シナリオにおいて必要資本を計算する：各シナリオについて、各年度の法定サープラス累計額とその現在価値を計算し、現在価値の少ないものから順にソートする。
- Phase プロジェクトとは異なり、Canadian Institute of Actuaries (CIA) で紹介され推奨されている修正条件付テイル期待値(CTE)による指標を使用するアプローチによって RBC 要件を設定する事に我々は興味を持っている。（最低保証付ファンドにおける利回保証についての CIA 報告は添付資料 4 を参照）
- この RBC リスク量については、C1 リスクとの共分散を織り込むために、C1 リスクと結合させることを推奨している。
- グルーピングの手法（ファンドや保険契約について）、サンプリング、シナリオの数、単純化の方法は、アクチュアリーの実務として行う。ただし、これら全ての手法はアクチュアリー実務基準 (Actuarial Standards of Practice :ASOP) に従う。Section 2.1.1 of the CIA report (添付資料 4) ではこれらの留意点について興味深い議論が報告されている。
- RBC レベルの設定のために行われる作業について、アクチュアリーによる検証が必要である。アクチュアリーは保険数理的に適切な方法で作業が行われた事を検証する。その検証作業は、アクチュアリーが会社の剰余や将来の財務状況の妥当性について意見を述べるものではない事を明確にしなければならない。さらにアクチュアリーは、前回まで使用していたモデルや前提についてのいかなる重要な変更についても注意を払う。各変更内容は当局への開示が必要であり、場合によっては当局による確認・承認が必要となる。
- 資本は解決のための単なる一部であり、我々は、将来の株式のパフォーマンスによる RBC の感応度を確認したアクチュアリーの確認書中にストレステストレポート/分析についても記載することをアクチュアリー実務基準(ASOP)中において義務付ける事が重要だと考える。資本要件に影響は与えないが、このテストにより、会社の経営者や監督者にとって必要なリスクマネジメントについての有益な情報を得る事ができる。

用語(Glossary)

Gross Wealth Ratio・・・当該期間およびパーセンタイルにおける累積リターン（初期値 = 1.0）

Variable Annuity Guaranteed Living Benefit (VAGLB)・・・変額据置 / 即時開始年金に含まれる以下の内容の保証：

- a. 契約上の特定の条件下(満期時、または年金開始時など)において、生存する契約者または年金受取人に対し支払われる1つ以上の保証給付。保証の対象となる価額(アカウントバリューなど)が設定されたレベルを下回った場合やパフォーマンスがあるレベルに到達しなかった場合に、保証内容が有効となる。
- b. 給付開始時点において、それ以降の給付の現在価値が、保証対象となっている契約者価額以上となる可能性があるような保証のみがこの定義に含まれる。

Guaranteed Minimum Income Benefit (GMIB)・・・GMIBは、年金開始時点における給付が不確定な変額据置年金に対するVAGLBの一つである。典型的には、この保証は契約者のオプションとして、一つ以上の日付において、指定された基礎を用いて、期間中の年金額の最低額を保証する。

Minimum Guaranteed Death Benefit (MGDB)・・・MGDBは、年金資産のパフォーマンスに関わらず、契約者 / 年金受取人の死亡時において、給付額の加算、または最低額を支払うための、変額据置 / 即時開始年金における保証給付である。アカウントバリューを超える給付を行う可能性のある保証のみがこの定義に含まれる。

Prudent Best Estimate・・・モデリングに使用する各前提は、アクチュアリーの手による“慎重で最良な予測(Prudent Best Estimate)”であるべきである。つまり、対象となるパラメーターに対する確率に関して、適切な経験値の有効性および信頼性に基づき、アクチュアリーによる保守的な信頼区間において設定されるべきである。

“Prudent Best Estimate”による前提は、通常は、最良の推定値に安全割増を加味して決定される。典型的な“Best Estimate”は評価対象となる不確実性に関連する利用可能で適切な全ての情報を与えられたリスク要因に対する、アクチュアリーの将来の最も合理的な予測である。前提は単に将来の事象の発生のみを表し、安全割増はリスク要因の不確実性にのみ関連するべきである。不確実性が大きいほど、安全割増は大きくなる。各安全割増は負債または準備金を増加させる方向で設定されるべきであり、安全割増がない場合(つまり、“Best Estimate”のみを使用する場合は)何も含まれない。

例えば、今までに経験のない事象に対する前提は、豊富で適切な経験データが利用可能な事象よりも大きな安全割増が必要となる。更に、契約者の解約や契約オプションの行使等、契約者の行動の不確実性については、より大きな安全割増が必要となる。

範囲(Scope)

生存給付保証を持つ変額年金は全て、再保険に附す事を明記してあるかまたは前提としてるかに関わらず、必要資本の確認のためにシナリオテストを行わなければならない。死亡給付保証のみの変額年金は、シナリオテストまたは後に記載する代替法のいずれでもよい。定額年金として販売された変額年金はここでは対象外とし、引き続き利率リスクの対象として取り扱う。その他の変額年金の固定部分が含まれているので、金利感応型商品に関する資本計算からこれら変額年金の固定部分に対応する部分を除外する様に修正する必要がある。従属的保証を持つ変額生命保険は必要資本が増加する場合には対象となる。(株価連動型商品は対象外とする。インデックス保証型の分離勘定商品は、LCASがNAICに対し2002年12月に提示した方法ではなく、その他の方法で推奨している)

モデリング手法(Modeling Methodology)

1. シナリオ

目的に対し適切で十分な数の株価シナリオで構成される。確率論的金利シナリオをモデルに含ま

ない場合、GMIB には金利の不確実性に対する安全割増のインパクトを反映させる必要がある（添付資料 3 参照）。そのシナリオは、添付資料 2 にある要件および測定手法に沿ったものでなければならない。

2. 概念的アプローチ (Conceptual Approach)

資産 / 負債モデルには各保証内容を加味した上で、全契約の予想キャッシュフローを反映して処理する。連邦所得税、会社経費、資産運用経費、契約管理手数料は現実的な値を反映する。定額オプションによるキャッシュフローも含まれる。

3. 資産

累積サープラスのプロジェクトについては、モデル内の資産額の初期値は負債額の初期値と同一とする（つまり、サープラスの初期値はゼロとする。）。一般勘定と分離勘定間の資産構成比は、キャッシュフローテストのものと整合させる。一般勘定資産の額（および予想運用収益）は、年次報告書 3 ページ 13 行目の expense allowances（分離勘定 CARVM/CRVM allowance）を加味した額とする。多くの事例では、一般勘定の初期値は負となり、マイナスの資産運用収益を発生させることになる。

4. ファンドの分類

商品に対応するファンドはモデリングのためにグループ化してもよい。巻末の手法に関する補足 C3-03 の方法では直近における様々な実務が紹介されている。選択した手法に関わらず、ファンドの基本的な特性は S&P500 のキャリブレーション・ポイントの要件に関連して設定されなければならない。モデルは有効フロンティアの特性（追加的なリスクの前提を考慮せずにリターンを増加させてはならない）を反映しなければならない。

5. ヘッジのモデリング

保険会社が明確に定義されたヘッジ戦略に従っているのであれば、ヘッジポジションにより将来予想される適切なコストと収益等、現時点でのヘッジポジションのインパクトも確率論的モデル中で考慮しなければならない。これは将来の特定の時点で設定されるヘッジポジションを考慮するというのではないが、取締役会または委員会で承認され明確にされたヘッジ戦略にしたがっている場合は、現時点で持っていないヘッジポジションのインパクトを考慮することも許容される。

ヘッジポジションによるベシスリスク、時間差リスク、オプションプライスリスクを考慮し、ある程度はヘッジ効果を減じなければならない。

6. 利率

金利計算モデルを持たない会社では、将来の必要サープラスの現価計算の割引率と一般勘定資産の収益率に対し、スワップ・カーブによるインプライドフォワードレートを用いる。金利計算モデルを持つ会社は、モデルにより生成される利率またはスワップ・カーブによる利率のどちらを用いてもよいが、その方法は毎年同じ方法を用いなければならない。モデルまたはスワップ・カーブのどちらの場合でも、割引率は連邦所得税分を控除しなければならない。GMIB の購入率のマージンの前提は添付資料 3 に述べられている。

定額年金として販売されていないが、大部分が固定オプションにより投資されている契約は、適切な方法により金利リスクを反映した方法により評価されなければならない。

7. 負債

必要資本の決定において、“法定サープラス”は t 時点における解約返戻金額か計算上の責任準備金（その時点の契約者の選択により必要となる額）の大きい額を基準とする。例えば、現在行使可能な GMIB 保証を持つ年金の責任準備金が解約返戻金を超える場合、その責任準備金額を基準として用いる。

8. 特定シナリオに必要な資本

特定のシナリオにおいて必要な資本の総額は、将来の各年末におけるマイナスの法定サープラスの現価の最大額とする。

9. NAIC RBC framework による条件付テイル期待値(CTE)を用いた資本の決定

- CTE とは何か？
CTE とは、分布のテイルについて、伝統的なパーセンタイル点よりも質の高い情報を提供するリスク指標である。テイル部分における急激な損失額の増加無視し 95 パーセンタイル（一例として）における評価のみを識別する代わりに、CTE はテイル部分に残る価値も全て含んでいる。したがって、伝統的な線形に増加する分布では、95 パーセンタイルと CTE(90)は等しいリスク指標であるが、事象インパクトが高く出現確率が低い“Fat Tail”型の分布では CTE を用いた方が、伝統的な評価法よりもより有益で発見可能性の高い（更には保守的な）指標を得る事ができる。
- 修正 CTE とは何か？
修正 CTE とは、C-3 Phase で使用を提案された指標で、任意の 1 シナリオの結果に上限 0 を設定する事で、標準的リスクに更なる保守性を追加するものである（テイル部分における損失を利益によって相殺する事がない）。例えば、修正 CTE(90)は、全てのシナリオのうち悪い方から 10%の算術平均であるが、どのシナリオも累積サープラスはプラスとはしていないものである。
- NAIC RBC framework – 3つの主要な特徴
早期の警告・・・RBC は、支払不能に陥る懸念のある会社に対し早期警告システムとして機能する。
パーセンタイルベース・・・独立したリスク要素に対し必要となる資本水準は複数年の期間中の 95 パーセンタイル点として評価される。パーセンタイル指標を用いるという事は、テイル部の外れ値を無視し、テイル部分の事象は重要なインパクトがなく出現確率が低いと仮定している、という事である。
ボラティリティ・・・現在使用されている指標(資産の格付け、額面金額、準備金および保険料)は毎年を渡し、保険リスクや一般的なビジネスリスクについての指標の変化に比例的な関係となっており、RBC レベルを安定させている。
例外としては、C-3 Phase のテストを行う必要のある会社における C-3 の計算や、信用格付けが変更された債券に関する C-1 の計算といった、経済環境に関連した指標がある。
- 経済的リスク評価を公式的に行う場合の問題点
評価式には、商品デザイン、契約者行動、経済環境に関連した前提および条件の設定が必要となる。直近の数 10 年間の間に見られた経済環境のボラティリティの増加の中で経済的リスク評価式の使用を試みてきたが、これまで上手くいっておらず、生命保険会社に対するキャッシュフローテストの義務化や経済指標をベースとしたモデリングを行うアプローチの調査研究が行われてきた。
- Economic Insolvency と Formula Insolvency
キャッシュフローテストは、計算式による準備金の補間またはチェックのために通常行われている。結局のところ、キャッシュフローテストは、責任準備金の計算式が適切でなかった事が判明した時に追加責任準備金を積み立てる事を認証するに過ぎない。
このプロジェクトの検討は算式ベースでは責任準備金が計算できない事に由来している。ベースとなる責任準備金の算式が何もないので、経済的テストはもはや補足ではなく、主要な評価基準となる。カナダでのアプローチを見てみると、算式ベースではなく、経済指標の使用を主

要な評価基準としている。

- C-3 Phase におけるリスク指標のための CTE
早期の警告・・・CTE を用いる事により、テイル部分における追加的な情報を得る事が出来るのでパーセンタイル指標よりも改善が図られる。
ボラティリティ・・・ここで取り上げているのは経済的リスクなので、当然のことながら保険リスクの指標に比べてボラティリティは（ヘッジがなければ）高くなり、毎年の変動もより劇的なものになるだろう。
- 早期警告とボラティリティの混在
経済的リスク指標のボラティリティの高さは、早期の警告や RBC に対してその効果を制限する事がある。一つのアプローチは、確実な資金提供を保証するため、よりハイレベルの資本を持つことを強制させることである。しかしながら、これは責任準備金と RBC とを混同させてしまい、経済環境におけるテイル部分の事象もまた無視してしまっている。例として以下のような、下位の 10 個の実現値が +5, +3, 0, -3, -7, -12, -22, -38, -58, -100 である分布を考える。CTE 90 は -24、CTE 95 は -46 となる。もし最悪のシナリオが起こった場合、CTE90 も CTE95 もどちらも適切ではなくなる。さらに、翌年の経済環境が悪化した場合には両基準とも追加資本が必要となるが、その追加額の水準は現在の CTE の値によって不明なものになっている。しかし、感応度テストを行う事により容易に情報を得る事ができる。この感応度分析の結果を開示し、早期警告指標として効果的に活用できる。なぜならこれにより会社と監督者の双方に、リスク出現に対するよりよい情報をもたらすからである。デュレーションに関する指標は、将来の利率変動が現在の資産価値に与えるインパクトを表している。以降数年間の株価の成長が -20%、-10%、0%であった場合に資本水準にどれだけのインパクトを与えるかを示す事は、その会社の負担の水準を示すのに有効である。
- 伝統的な責任準備金の定義と経済資本ベースの定義
準備金というのは大抵、年々利息を普通に積み立てていけば一般的には将来の給付に対して充分だろうと直感的には考えられている。しかしながら、健康保険や対物・災害保険では、各年において再評価が必要であり、利息の積み立て以外にも、その年の収益や規制・経済環境の変更など、負債に関する追加的な情報を反映するために、しばしば微調整が必要である。この微調整は、C-3 Phase における RBC 決定プロセスによく似ている。
責任準備金計算結果についての経済的テストは、現在の積立額が将来の債務の履行に関して不十分かどうかには焦点を当てて行われてる。明日の準備金はその時点で充分かどうかは考慮していない。例えば、キャッシュフローテストの結果、現在の積立額が充分でなかった場合、翌年の責任準備金は不利なシナリオの基では更に“不十分”となる事は容易に分かる。しかし、現時点でのフレームワークでは、追加責任準備金を積み立てれば将来の積立が充分となるのかどうかという事を再度検証する事は要求されていない。理論上の興味深い疑問ではあるが、このアプローチは US の RBC または責任準備金積立に関するフレームワークでは現在採られていない。

1.0 . 責任準備金

これら保証給付のための責任準備金は主に経済事象に関連して導き出されるが、責任準備金の計算結果を公式化を通じてスムージングしてしまうと、単にその結果の有用性を損なう事になる。我々は、現時点での責任準備金の水準を、資本の部に必要なある CTE レベル以下とする事が最も適切であると考えており、また、責任準備金の変動は外部の経済環境の変化によるインパクトを反映することが適切だと考えている。現在、将来における責任準備金の不足や資本の部の変動に備えて追加責任準備金を積み立てようとする事は、上記で述べているとおり、他の RBC のフレームワークとの矛盾を生じさせることになる。

1.1 . Risk-Based Capital (RBC)

RBC とは、上記において計算される CTE90 の値に、計算開始時点の負債（モデリングのために定義された負債）を加算し、現時点で保持している実際の責任準備金を引いた値である。

12 . C-1 Expenses Allowance Elimination for Modeled Products

現在の RBC 計算式には、解約控除がファンドの貢献度に基づいており、そのファンド残高が保険料総額（中途引出しされた部分は除く）を超えている場合は、責任準備金中の事業費引当のために 2.4%(税引き前)、それ以外では 11%をチャージする式がある。この額は、株式市場のパフォーマンスが低調な場合に“CARVM Allowance”総額をカバーできない可能性に対しての備えとなる。このインパクトは直接 Phase モデリングに織り込まれるので、Phase の C-3 によってカバーされている商品については別途評価する必要はない。

代替法(Alternative Method)

GMDB を持つ変額年金契約についての資本要件を設定するにあたり、前年までにシナリオテストを採用してこなかった会社は、添付資料 5（未完成。標本要素も盛り込まれる予定。）のファクターテーブルを使用する方法を選択してもよい。多くは、シナリオテストのためのモデルの開発が推奨されている。一度シナリオテストを採用した会社は、ファクターテーブルを用いる方法は選択できない。生存給付についてはシナリオテストによらなければならない。

アクチュアリーによる報告書(Actuarial Memorandum)

必要資本の決定に関して、評価手法や前提を記載した報告書を作成しなければならない。また、契約ブロックの構成に応じ保険数理的に適切な方法による感応度テストについてもその報告書に記載しなければならない（RBC に多大な影響を及ぼし、かつ変動したした場合にその商品における RBC に最も大きな影響を与える重要な前提を認識する）。この報告書は機密文書であり監督者の要請があった時には提出する。

当局への報告(Regulatory Communication)

前年まで使用していた前提から変更した事により結果が大きく変動した場合には、その事実と、結果に対するインパクトがどのような質のものであるかについての取締役会報告書を本拠地の州の当局に提出しなければならない。このやり取りについては機密事項である。

添付資料 1 - 一般的な方法

マーケットシナリオは、商品特性、予想キャッシュフロー、投資しているファンドに関連したパラメーター、費用、手数料、連邦所得税、ヘッジ、再保険などを反映し、本要件の対象となる全契約について適用し業績報告に記載される。定額オプションによるキャッシュフローも含めなければならない。

各シナリオにおいて、C-3 指標は $S(t) * pv(t)$ によって求められる各年の現在価値のうち最もマイナスが大きい額とする。

$S(t)$ ・・・当該商品に対する t 時点の法定資産 - 法定負債

$pv(t)$ ・・・年金現価率（税引き後スワップレートによる）

添付資料 2 - シナリオが満たすべき要件

ここではファンドのパフォーマンスをシミュレーションするために使用される確率論的モデルに対する要件を概説する。特に、ここでは満たさなければならないある種の基準を設定し、シナリオ・モデルの開発とその妥当性検証を行う際の手引きをアクチュアリーに提供する。背景となる資料と分析が提示してあるが、これらは推奨を補助するものである。これらについては、幅広く分散された米国の株式ファンドの利回りを代表するものとして S&P500 に焦点を当てているが、その他の種類のファンドに対しこの技術と要件を適用する方法についてのアドバイスも記載されている。シナリオ数やプロジェクションの頻度などの一般的なモデリングについての検討も議論されている。

一般的な指針

アクチュアリー実務基準第 7 号 (ASOP 7) は、自己資本妥当性の判定に適用される¹。ASOP 7 と法定の要件とが整合しない部分は、文書により開示されなければならない。特に、これらの開示資料は、分析が規定の法律の要件に合致して行われたことを明確にしなければならない。

この付録に与えられているキャリブレーション・ポイントは、グロスの利回りに適用される。純利回りを決定するためには、必要な場合にはアクチュアリーは、運用を管理する費用や資産を現金に変換するための費用を考慮しなければならない²。特に、アカウント・バリューの予測を計算する際に、シミュレーションには規定の手数料や保険契約者への課金を反映させなければならない。

一般に、高い期待利回りのファンドは、期待されるボラティリティも高いはずであり、きちんと文書化されている緩和要素（つまり、他のファンドの利回りに対しての、信頼性がありかつ良い方向への相関など）がない場合には、必要となる自己資本はより高くならなければならない³。

状態依存のモデルは禁止されてはいないが、過去のデータにより妥当性を評価しなければならず、キャリブレーションの基準を満たさなければならない。モデルが平均回帰や経路依存の動的な性質を使用している限りにおいては、これは研究により十分に裏づけられなければならない、開示資料に明確に文書化されなければならない。

あらゆる規制当局の検証を容易にするために、資本の水準を決定するために使用される株式のシナリオは、電子媒体で利用可能でなければならない。

株式市場とキャリブレーション・ポイント

一般的に、運用利回りをシミュレーションする際の確率測度には 2 種類ある。Q-測度、すなわち“リスク中立”分布が有価証券のプライシングに使用されており、‘無裁定’の環境の元での複製という概念に基づいている。Q-測度の元では、全ての有価証券は無リスク金利を獲得し、デリバティブ（オプション）はこれらの期待される割引後のペイオフを使用してプライシングすることが可能である。Q-測度はオプションのプライシングにとっては重要なものであるが、同じくらい重要なのは、これは実際の確率分布についてほとんど何も言っていない、という事実である。Q-測度はプライシング（“公正市場価値”の決定）と複製（ヘッジングの基本的な概念）についてのみ関連している。リスクのあるポートフォリオに対し価値（真の結果）を予想するようなどんな試みも、適切な（そして残念ながら主観的）な“実世界”の確率論的モデルに基づかなければならない。これはいわゆる物理的測度、ま

¹2002 年 6 月に the Actuarial Standard Board によって採用された Actuarial Standard of Practice No. 7 のセクション 1.2(b)。

² Ibid.のセクション 3.4.1(d)

³ モデルは“平均分散効率性”に厳密に固執する必要はないが、慎重さの観点から、代用品の運用ファンドにおいてある形の整合性のあるリスク・リターンとの関係が必要になってくる。一般的に、長期の資本モデリングにおいては、“優れた”期待利回り（つまりリスク・リターンの点を効率的フロンティアより上にとること）を継続して仮定することは不適切であるようである。

たは P-測度である。

この“実世界”のモデルは、市場のリスク選好度を考慮しながら、全てのキャッシュフロー予測に使用されるべきである。これは必要資本の評価の基礎となるものであり、この付録の残りではこれに焦点を当てている。ただし、会社のリスク管理戦略として、資本市場からのデリバティブやその他の金融商品の購入を含んでいる場合には、リスク中立測度が関連性を有してくる。

過去の株式の利回りの短期間の分布は、負の歪度、非常に大きな尖度（ファット・テイル）⁴と共に、時間によって変化するボラティリティ⁵、そして下げ相場で大きくなるボラティリティなどの特徴を持つ。尖度の指標は、より長期的な時間間隔に渡る利回りを見た場合には減少し、有限の高次のモーメントに対し短期間のモデルを連続的に適用すると長い時間間隔の利回りをもたすが、それは市場の正常性に向かい収束する⁶。理想的には、与えられたモデルの利回りの分布はこれらの特徴を反映しなければならない。もちろん、ランダムにサンプリングを行うので、全てのシナリオがこれらの特徴を示すというわけではない。

あいにくより長期的な時間間隔では、過去のデータのサンプルのサイズが小さい場合には、特にテイルにおいて、利回りの分布の特徴に関する信頼性のある推定を行うことは非常に困難になる。従って、キャリブレーションの基準は（過去の S&P500 のデータにフィッティングした）モデルから計算されるものであり、経験的観測のみに基づくわけではない。推奨事項の補助資料として、観測されたデータの統計データが提供されている。

モデルを過去の月次のデータにフィッティングさせ、そのモデルを使用し様々な保有期間における一連の確率の下でのグロスの資産成長率(Gross Wealth Ratio)を生成することによって、要請される制約が設定される。使用されるモデルは、2つの局面を持つ局面転換対数正規モデル（RSLN2）である。このモデルは指定されているわけではなく、また他のモデルと比べて“優先”されているわけではなく、このモデルはボラティリティ・バンキング⁷も含め、上で言及した動的な性質の多くを備えているので採用された。

モデル・パラメータは、1945年1月から2002年11月の月次の S&P500 の総利回りデータを適用して、最尤法より決定された。この期間は、数回の経済サイクルや悪い事象を捕らえるには十分に長期である。従って、長期間のキャッシュフロー予測にののために設計されたモデルへのフィッティングに対しては十分であると判断される。フィッティングされた6つのパラメータは以下の表1に与えられている。全ての値は月次のものである。

表1 利回りの対数に対する RSLN2 の月次のパラメータ（1945年1月から2002年11月の S&P500TR データにフィッティング）

局面 1			局面 2		
平均	標準偏差	局面 2 への変更確率	平均	標準偏差	局面 1 への変更確率
0.0135	0.0351	0.0409	-0.0157	0.0642	0.2341

上記の表において、平均と標準偏差は各局面の正規分布のものである。例えば、局面1における平均（“条件付”または“周辺”）の月次の総利回りの対数は、1.35%または年間16.2%となる。局面1と2における年次の周辺のボラティリティはそれぞれ12.2%、22.2%となる。

⁴ Harry H. Panjer et al. *Financial Economics* (Illinois: The Actuarial Foundation, 1998): pp438

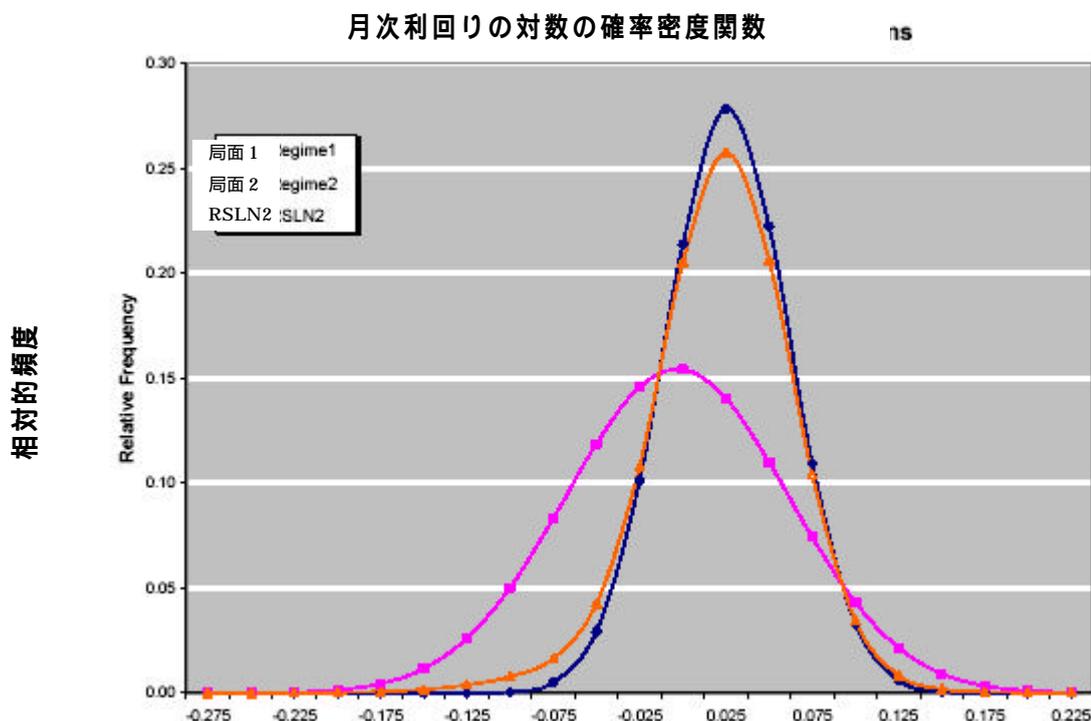
⁵ John Y. Campbell et al., *The Econometrics of Financial Markets*, (New Jersey: Princeton University Press, 1997): pp379

⁶ John Y. Campbell et al., *The Econometrics of Financial Markets*, (New Jersey: Princeton University Press, 1997): pp0

⁷ Mary R. Hardy, “A Regime-Switching Model of Long-Term Stock Returns,” *North American Actuarial Journal*, 2001, pp1-53

とりわけ局面 2 は、悪化した市場で見られる大きな不安定性に合致する負の予想利回りと高いボラティリティとを持っている。長期的に見れば遷移確率によって全過程の 85 パーセントの時間を局面 1 で費やし、残りを局面 2 で費やすことになる。これらの値は無条件確率または不変確率と呼ばれる。

次の図は、局面 1 と 2 における総利回りの対数の確率密度関数（相対頻度のグラフ）と、PSLN2 の利回りに対する条件付ではない密度関数（つまり最初の局面は、不変確率によってランダム化されていた）を示している。RSLN2 の利回りは正規分布ではなく、過去のデータの負の歪度⁸ (-0.46) と正の尖度⁹(1.45)の性質を示している。参考までに記載するが、月次の観察データでは、-0.58 の歪度と 2.17 の尖度が見られる。



これらのパラメーターは、キャリブレーション・ポイントにおける 1 年、5 年および 10 年の財産係数 (wealth factor) を生成するのに用いられた。“財産係数”は、1 ドルで開始した全額再投資の総積立額（つまり手数料と課金の控除前）として定義される。これらは 1 よりも小さくなることもあり、“1”というのは保有期間にわたって収益は 0 である、ということの意味する。これらの係数の年次の平均値と標準偏差を表 2 に示してある。

表 2： 総財産成長率に対する年次の条件付でない平均値と標準偏差

1 年		5 年		10 年	
平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
1.1303	0.1755	1.8512	0.6702	3.4296	1.8168

⁸ 歪度は平均値に関する対称度を測定する。正規分布の歪度は 0 であり、完全に対称であることを示している。

⁹ 尖度は分布のテイルと比較した“尖り具合”の測定量である。慣例では正規分布の尖度は 0 であるが、3 と定義しているものもある。この定数以外では、定義は同じになる。

結果として得られたキャリブレーション・ポイントは表3に示されている。

表3：キャリブレーション・ポイントでの S&P500 の合計リターンでの“財産係数”

キャリブレーション・ポイント	1年	5年	10年
0.5%	0.65	0.58	0.67
1.0%	0.70	0.66	0.79
2.5%	0.77	0.78	1.00
5.0%	0.84	0.91	1.21
10.0%	0.91	1.07	1.51
90.0%	1.35	2.73	5.79
95.0%	1.42	3.07	6.86
97.5%	1.48	3.39	7.94
99.0%	1.55	3.79	9.37
99.5%	1.60	4.10	10.48

上記の値を解釈するためにパーセント点 =0.01 における5年での0.66という値を考察してみる。この値は、過程の初期状態を知らない場合、1ドルの積立額が1パーセントの確率で5年以内に0.66ドルを下回る、ということを表している。左側のテイルのキャリブレーション・ポイント（つまり、50%未満のパーセント点）に対しては、キャリブレーション後の係数が低い値でも受け入れられる。右側のテイルのキャリブレーション・ポイント（50%超のパーセント点）に対しては、モデルはより高い係数を生み出さなければならない。

（初期の局面に関するアサンプションを必要とする RSLN 2 モデルのような）ある状態変数に対して初期値を必要とするモデルに対しては、長期（“平均”または“中立”）の値が初期設定に対して用いられるべきである。例えば、RSLN 2 モデルの初期の局面を、各局面の無条件（不変）確率によって“ランダム化”して選択する、という方法もある。

シナリオは全てのキャリブレーション・ポイントを厳密に満たす必要はないが、どんな差異も結果として生じる必要資本に対しては重大な影響を与えないということをアクチュアリーは検証しなければならない。特にアクチュアリーは、どちら側のテイルが評価される事業に最も影響するのか、ということに注意する必要がある。もし資本が、考慮している全ての商品に対して右（左）側のテイルにあまり依存していない（例えば、払込保険料保証は主に左側のテイルに依存する、利益の一定割合の死亡給付を保障する拡張した死亡保障は右側のテイルに最も依存する、等）場合、必ずしも右（左）側のキャリブレーション・ポイントを満たす必要はない。

シナリオがキャリブレーション・ポイントに“近い”場合、シナリオを正しく合わせるための容認できる方法としては、キャリブレーション基準を満たさない最も低いバケット（つまり、=0.5%での1年の係数）から始めて、シナリオ全体がこのキャリブレーション・ポイントを満たすまで、この基準を満たすシナリオをランダムに複製（または再生成）することである。必要とされるシナリオ数が固定されている場合、キャリブレーション基準を満たす最初より高次のバケットにおいてシナリオをランダムに消去することができる。全ての1年のキャリブレーション基準が達成されるまでそのプロセスは継続し、5年、10年の基準に対しても繰り返される。しかしながら、5年（または10年）の“バケット”を完了させる時に、1年（または1年と5年）のバケットがもはやキャリブレーション・ポイントを満たさない場合、1年（または1年と5年）のテストをやり直す必要があるかもしれない。この方法は統計学的には正しくはないと認識されているが、そのプロセスが計算された必要資本に対し重大なバイアスや歪みをもたらすとは考えられていない。

キャリブレーション表の妥当性を分析するために、過去のデータを調べることは価値があることである。1945年1月から2002年11月の月次のS&P500の一連の総利回りデータ（694個のデータ・ポ

イント)は、693個の重複していない月末の利回りの観測値を含んでいる。これは、57個の重複していない年次の利回りの観測値(始めの月が11月または12月である場合は56個)、11個の重複していない5年の利回りの観測値、5個の重複していない10年の利回りの観測値である。

しかしながら、計算の際に異なる開始点を選択できるので、選択されるいくつかの重複しない組が存在する。例えば、1月から1月、...、10月から10月といった月の開始点に対応する57個の重複しない年次利回りが10組存在するであろう。11月と12月の“開始月”については、各々56個の年次の利回りの観測値が2組ある。これらの“組”は独立ではなく、内在する分布についての若干異なった経験的予測を提供する。

以下の表4a～4cには、これらの経験的な観測に基づいた左側と右側のテイルの利回りがまとめられている。表4aの解釈は以下の通りである。1年の利回りについての1.72パーセント点は、57個の独立した観察期間の年次利回り（“開始月”11月と12月に対しては56個）の最悪の結果に基づいている。ここで、 $1.72\% = 1 \div (N+1) = 1 \div 58^{10}$ である。3.45%の結果は2番目に最悪の結果（つまり、 $2 \div 58$ ）に基づいている。様々な開始月に対応して、57年間の重複していない年次利回りに対しては10通りの可能な開始点が存在し、56年間の年次利回りに対しては2組存在するので、“経験的な”範囲は可能な重複しない組からの結果の最小値と最大値を示している。参考として、中間点（最小と最大の平均）の値とキャリブレーション・ポイントの一部も示している。

キャリブレーション基準のパーセント点に対応する範囲は、隣接する経験値（網掛けの行）から転嫁（内挿）されている。5年と10年の保有期間に対しては、経験的なパーセント点（レベル）が範囲として与えられている。

表4a：重複しない1年間の積立率 S&P500TR 1945年1月 - 2002年10月

パーセント点	経験値の幅			キャリブレーション・ポイント
	最小値	最大値	中点	
1.72%	0.611	0.889	0.750	
2.50%	0.666	0.890	0.778	0.77
3.45%	0.734	0.891	0.812	
5.00%	0.789	0.903	0.846	0.84
5.17%	0.795	0.905	0.850	
6.90%	0.822	0.909	0.866	
8.62%	0.867	0.917	0.892	
10.00%	0.872	0.925	0.898	0.91
10.34%	0.873	0.926	0.900	
89.66%	1.324	1.389	1.356	
90.00%	1.325	1.392	1.359	1.35
91.38%	1.331	1.405	1.368	
93.10%	1.335	1.411	1.373	
94.83%	1.353	1.474	1.413	
95.00%	1.354	1.479	1.416	1.42
96.55%	1.362	1.521	1.442	
97.50%	1.380	1.570	1.475	1.48
98.28%	1.394	1.610	1.502	

¹⁰ 厳密には、11月と12月の“開始月”が設定されたシナリオに対する最も低い利回りは1.75パーセント点（ $1 \div 57$ ）の推定値を与える。計算の際はこの専門的事項を無視している。

表 4b：重複しない5年間の積立率 S&P500TR 1945年1月 - 2002年10月

パーセント点	経験値の幅			キャリブレーション・ポイント
	最小値	最大値	中点	
8.33%-9.09%	0.809	1.314	1.061	
10.00%	0.855	1.356	1.105	1.07
16.67%-18.18%	1.037	1.527	1.282	
81.82%-83.33%	2.030	2.936	2.483	
90.00%	2.385	3.526	2.955	2.73
90.91%-91.67%	2.473	3.673	3.073	

表 4c：重複しない10年間の積立率 S&P500TR 1945年1月 - 2002年10月

パーセント点	経験値の幅		
	最小値	最大値	中点
16.67%	1.230	2.195	1.713
83.33%	4.217	6.969	5.593

キャリブレーションの表は、1902年10月から2002年10月までを含めた、より長期の時系列S&P500（米国株式市場）の統計データと比較することが出来る。このデータセット（1201の月次のデータ点）は1200の重複しない月末の利回りの観測値を含んでいる。また、100の重複しない年次の利回りの観測値、20の重複しない5年間の利回りの観測値、そして10の重複しない10年間の利回りを含んでいる。

表 5a~5c は、この時系列での経験的観測を基に、右側と左側のテイルの利回りを要約している。これらの数値の様式と解釈は、前に記載した表 4a から 4c から直接求まる。参考までに、中点（最小値と最大値の平均）の数値と主なキャリブレーション・ポイントが表示されている。

表 5a：重複しない1年間の積立率 S&P500TR 1902年10月 - 2002年10月

パーセント点	経験値の幅			キャリブレーション・ポイント
	最小値	最大値	中点	
1.0%	0.324	0.659	0.492	0.70
2.0%	0.508	0.764	0.636	
2.5%	0.560	0.767	0.663	0.77
3.0%	0.612	0.770	0.691	
4.0%	0.714	0.813	0.764	
5.0%	0.733	0.825	0.779	0.84
10.0%	0.848	0.894	0.871	0.91
90.0%	1.348	1.391	1.370	1.35
95.0%	1.389	1.489	1.439	1.42
96.0%	1.390	1.528	1.459	
97.0%	1.416	1.575	1.496	
97.5%	1.424	1.701	1.563	1.48
98.0%	1.432	1.827	1.629	
99.0%	1.457	2.597	2.027	1.55

表 5b：重複しない5年間の積立率 S&P500TR 1902年10月 - 2002年10月

パーセント点	経験値の幅			キャリブレーション・ポイント
	最小値	最大値	中点	
5.0%	0.375	1.010	0.692	0.91
10.0%	0.637	1.223	0.930	1.07
90.0%	1.704	2.588	2.146	2.73
95.0%	2.475	4.490	3.483	3.07

表 5c：重複しない10年間の積立率 S&P500TR 1902年10月 - 2002年10月

パーセント点	経験値の幅			キャリブレーション・ポイント
	最小値	最大値	中点	
10.0%	0.582	1.800	1.191	1.51
90.0%	4.074	6.912	5.493	5.79

経済の根本的な変化があるので、第二次世界大戦前のデータは現在と将来の市場の状態に対してはあまり適切でないということが議論されるかもしれないが、上記の統計データは、経験上のデータを極めて長い期間に渡って調査した場合、キャリブレーション・ポイントが過度に保守的であったり積極的であったりするわけではない、ということを示唆している。

キャリブレーション・ポイントの使用

アクチュアリーは、表 3 のキャリブレーションの基準を満たすためにモデルのパラメーターを調整する必要があるかも知れない。このことは、様々な方法によって達成することが出来るが、簡単な手法は‘ドリフト’（連続的な期待利回り）と‘ボラティリティ - ’（利回りの標準偏差）を制御するパラメーターを修正することであろう。これは解析的に行うことも出来るが、ほとんどの実務的な応用ではシミュレーションが必要となるであろう。

最初のステップとして、アクチュアリーはどちら側のテイル（右側、左側、もしくは両側）が評価さ

れる事業に対して最も適切か、ということを決め、現在のシナリオ・セットによっては満たされないキャリブレーション・ポイントを識別しなければならない。他の全てが同じであれば、ドリフトが低くなると結果としてもたらされる資産係数が減少し、一方ボラティリティが高くなると左側のテイル・ファクター（すなわちパーセント点<50パーセントとなる点）を減少させ、右側を増加させる。ドリフトとボラティリティの両者の変化は明らかに曲線の全体形状に影響を与え得るが、通常‘ドリフト’は、より短い保有期間においてはより小さいインパクトしか持たない（つまり、1年の‘テイル・ファクター’はボラティリティにより大きく影響される）。

例えば、会社が株式の利回りに対し独立対数正規（Independent Lognormal, “ILN”）モデルを仮定しているとする。これは2つのパラメーターのモデルで、それによって利回りの対数が定数の平均 m と分散 s^2 の正規分布に従う。過去の月次の S&P500TR データ（1945年1月から2002年10月まで含まれる）から、 $m=0.0092$ （年次では11.05パーセント）と $s=0.042$ （年次では14.56パーセント）の月次の最尤推定量を得る¹¹。

これらのパラメーターから生成された ILN のシナリオは、調整無しではキャリブレーションの要請を満たさないであろう。しかしながら、もしドリフトを $m=0.0077$ （年次では9.2パーセント）まで減少させ、標準偏差を $s=0.0534$ （年次では18.5パーセント）まで増加させると、表3を満たすようになる。しかし、結果として生じる資産係数は、より長期の保有期間に渡って極端にファット・テイルとなり、厳密に必要なとされるであろう水準よりもより保守的な傾向を示すであろう。それゆえ、（独立対数正規などの）2パラメーター・モデルは大きな柔軟性を提供することはない、ということを確認しなければならない。つまり‘より良いフィッティング’を得るには、より多くのパラメーターを導入する必要があるであろう¹²。

その他の市場、ファンド

その他の市場（ファンド）の、市場指標の間隔区切りのキャリブレーション・ポイントはアクチュアリー判断に委ねられているが、生成されたシナリオは表3のキャリブレーション・ポイントと整合していなければならない。このことは、様々な市場やファンドに対するモデルのパラメーター間に厳密な関数関係があるべきということを行っているのではない。少なくとも、市場あるいはファンドが長期的に一貫して「アウトパフォーム（有効フロンティアと比較してリスクが小さく、期待利回りが高い状態）である」という前提を立てるのは、一般的には不適切である。

アクチュアリーは表3に表示された頻度で（キャリブレーション・ポイントで）実際のシナリオにおける保有期間1年・5年・10年の資産係数を報告しなくてはならない。保有期間1年・5年・10年の場合の資産係数の年換算平均と年換算標準偏差も提供されるべきである。株式ファンドのキャリブレーション・ポイントについては、S&P500種のキャリブレーション・ポイントとの間に重要な相違がある場合は、アクチュアリーはその相違の合理性について説明するべきである。

パラメーターが過去のデータと適合していたとしても、過去のデータが生じた経済環境を考慮していない場合にはリスクの市場価格が市場均衡についての合理的な長期モデルと整合しない可能性がある。全てのファンドを通してパラメーター（あるいはシナリオ）を「整合的に」設定するために考えられる一つの方法としては、リスクの市場価格は（ほとんど）一定であり、線形関係によって決定されるという前提に立つことだろう。これにより、より大きなリスクを取ることによるのみより高い期待

¹¹ 独立対数正規モデルの MLE に基づくと、インデックスの期待利回りは年換算で 12.87%となる。

¹² 特に、時間変化するボラティリティをモデル化するためには、より多くのパラメータが必要となる。

利回りが得られるということになる。ここではリスク指標としてリターンの対数の標準偏差を使用する。

具体的に、リターンに関する2つの分布XとYが以下の関係を満たしているとする：

$$\text{リスクの市場価格} = \left(\frac{\mu - r}{\sigma} \right) = \left(\frac{\mu_2 - r}{\sigma_2} \right)$$

ここに、 μ と σ はそれぞれ（無条件、あるいは長期の）期待利回りとボラティリティで、 r は予測期間に相応した長期保有期間における期待リスク・フリー・レートである。整合的なシナリオの作成方法を使用すれば、リスクの市場価格がほぼ一定になるようなモデルのパラメーターが設定されるだろう。

これに近い関連した方法として、「平均・分散」の何らかの効率性を仮定して整合的なモデルのパラメーターを設定することが考えられる。過去のデータを使用して、世界の様々な市場指標のうちの2つの（平均・分散の）プロットから、平均・分散（もしくは「ドリフト・ボラティリティ」）フロンティアが作成できる。フロンティアは、標準曲線の補正あるいは回帰法によって決定された係数と共に、何らかの関数に従うという前提が立てられる¹³。データの不確実性を認識し、フロンティアに対する「corridor（ルート）」が設定できる。そしてそのcorridorの内側で仮定された市場（ファンド）を移動させるように、モデルのパラメーターが調整される。

シナリオ間の整合性の確立方法が他にも多数あるのは明らかである。上記の方法を勧める一方で、この方法には欠点もある¹⁴ので、アクチュアリーはモデルのパラメーターやシナリオを設定する際にあまり楽観的になり過ぎないように注意しなければならない。

いくつかのファンドをグループごとにまとめても必要資本が大幅に減額されないと予測できる場合は、複数のファンドを一つのファンドにグループ化して予測が可能である。ただし、分散による削減効果が過度にとられないように注意しなければならない。アクチュアリーは、運用利回りのシナリオの構築について記載する必要があり、そうすることによって、会社の変額勘定をモデルで使用されている仮定のファンドにマッピングすることの正当性を証明できる。

割引率

連邦所得税の調整済スワップ・カーブのレートを使用することで、将来の資本コストの負担は軽減される。もしくはシナリオ・ジェネレーターに組み込まれている経済モデルを使用して、1年物米国債の利回りをシミュレーションできる。後者の場合、利回りは現在の水準から始まり、（期待ベースで）「アービトラージ（裁定）のない」原則を概ね満たし、フェーズⅠの金利モデルと整合した期待値からどれくらい乖離しているかを示さなければならない。さらに、金利が株式のシナリオから独立していないと仮定した場合は、前提になっている（金利と株式の）関係の基準について詳しく記載しなければならない。

ファンドの利回りの相関

仮定のファンドについてシナリオを作成する際に、いくつかの異なる市場指標のパラメーターの推定値が必要となる可能性がある。2つ以上の指標について予測する場合、一般的にシミュレーションにお

¹³ 2次多項式および対数関数は上手く機能する傾向にある。

¹⁴ 例えば、平均・分散による手法では、たいいていの株式市場の利回りに見られる左右非対称性とファット・テイルの特性が考慮されていない。

ける相関を考慮しなければならない。全ての市場が完全に正の相関を示しているという前提を立てる必要はないが、株式市場が互いに独立している（相関関係がない）という前提を立てると、分散によるメリットが不適切に働いてしまうだろう¹⁵。過去のデータを検証すると、相関関係は同じ状態を保っているのではなく、ボラティリティが高いあるいはマイナスのリターンのときには相関関係が強まる傾向にあるということが分かる。よってアクチュアリーは、必要資本の計算において使用されるシナリオの相関関係を過小評価しないように注意を払うべきである。

予測において株式利回りの他に（サープラス欠損を割り引くため以外に）金利のシミュレーションが行われる場合、アクチュアリーがこの前提（相関関係がないとする前提）によって資本の計算結果が大幅に過小評価されないということを証明できるならば、そのプロセスは妥当であると言える。

乱数ジェネレーター

優れた擬似乱数ジェネレーターを使用すれば、ある分布から得られた本当のランダム系列と統計的に見分けの付かない値の組み合わせが得られる。擬似乱数を生成するための計算法（アルゴリズム）は数多くあるが、その質は大きく異なる。ユーザーは、ジェネレーターが使用される条件下でそのジェネレーターが適切に機能するということを（統計的検定によって）最初に確認せずにジェネレーターを無差別に展開してはいけない。特に、ジェネレーターは非常に高い周期性¹⁶を備えていなければならない、大きな偏りあるいは系列相関¹⁷を示してはならない。

多くの確率論的シミュレーションでは、生成された $U(0, 1)$ の値を実数（ $-$, $+$ ）にマッピングして、正規分布から確率標本を得なければならない。そのようなマッピングは様々な方法で行えるが、他の方法よりもずっと頑強なルーチンがいくつかある。特に、アクチュアリーはそのマッピングが「継続的」であり、（コンピューターの精度の範囲内で）1対1対応であることを確認すべきである¹⁸。

¹⁵ モデルが、相関関係がないことを前提にしている場合は、価値は「ファンドごとに」評価しなければならない。

¹⁶ 周期性とは、系列の反復前にジェネレーターによって生成され得る値の数のことである。

¹⁷ lag k の系列相関は、 k の数によって分けられる値が重要な相関性を示す場合に発生する。

¹⁸ 標本 $U(0, 1)$ における小さな偏差は、正常値における適度に小さい偏差に関連したものであるべきである。

シナリオ数

一般的なモンテ・カルロ・シミュレーションを使用する場合（ファンド利回りの「パス」の確率が等しい場合）、通常、シナリオ数は1,000もしくはそれ以上になるはずである。適切なシナリオ数は、シナリオがどのように使用されるかということと結果の重要性に左右される。アクチュアリーは、精度の観点から見て使用シナリオ数が許容水準であることを確認しなければならない。

（おそらくポートフォリオのサブセットで行った）事前の検証によって、CTEの結果が、より大きなシナリオ・セットを走らせた場合に得られる値を実質的に再現しているということをアクチュアリーが確認した場合は、使用されるシナリオは1,000未満でも良い。

シミュレーションに使用されているシナリオ数を N とすると、信頼水準が α の場合の CTE の推定量は、 $k = N \times (1 - \alpha)$ の順序統計量（標本を高いものから低いものへ並べ換えたもの）の平均となる。統計量の標準誤差は、 $\frac{\sigma}{\sqrt{k}}$ と、CTE() と、高い方から $(k+1)$ 個までの標本の関数を、 k の平方根で除したものとなる。よって計算の精度を上げるためには、シナリオ数を大幅に増やす必要がある。

分散を減少させる目的は、単純にシミュレーション数を増やすということではなく、効率的に推定値の精度を向上させることにある。分散の減少による手法は、アクチュアリーがそれによって計算結果が向上することを説明できるということで使用される。分散を減少させる目的の多くは、特に分布のテール部分を評価するのではなく平均値を計算するためのものであり、実際には、一般的なモンテ・カルロ・シミュレーションと比較すると正確性（と効率性）が低くなってしまいう可能性がある¹⁹。

CTE の推定量の標準誤差を評価するにあたり、実際の「強引な」手法は（同じモデルのパラメーターを使用して）各シナリオに N 個のシナリオ・パスによる M 個の独立したシナリオ・セットを生成することである。 M が合理的に「大きい」（例えば $M \geq 10$ ）場合、標本の分散は M 個の CTE() の値で計算される。そして $\frac{\sigma}{\sqrt{k}}$ が CTE() の推定量の標本標準偏差であり、 Φ^{-1} が標準正規分布の逆累積密度関数である場合、正規近似 “CTE() $\pm \frac{\sigma}{\sqrt{k}} \cdot \Phi^{-1}[0.5 \times (1 + \alpha)]$ ” を使用して、CTE() について大まかに $(100 \times \alpha)\%$ の信頼区間が作成できる。その信頼区間が「広過ぎる」（例、信頼区間の広さ $>$ CTE の推定値の 10%）ように見える場合、より多くのシナリオが必要になるだろう。

プロジェクションの頻度と対象期間

プロジェクション（予測）の頻度に感応しない給付金もしくは商品の内容について、一年間に一回の頻度（タイムステップ）で予測を行うことは一般的に許容できる場所である。予測の頻度に結果が影響しないこと、つまり、より頻度の高いタイムステップを使用しても（つまり、より短期間で予測を行っても）必要資本が著しく増加しないことをアクチュアリーが確認すべきである。商品の内容が予測期間の頻度に感応する場合は、期間の頻度をより高める方法が常に用いられるべきである。

1 ステップ 1 年の頻度で手数料収入とコスト支出の収支をシミュレーションする時は注意が必要である。例えば、各期間の期末の市場終了後、且つ継続率の減少前に手数料収入を認識するのは一般的には不適切な前提である。

運用利回りモデルの予測頻度が負債モデルの予測対象期間と適切に連動していることは重要である。特に対象期間は、シナリオから（現在価値ベースで）サープラス・コストを広く捉えられるよう十分に長期間でなければならない²⁰。

ブリ・パッケ-ジ・シナリオ（予め一括にまとめられたシナリオ）

¹⁹ しかし多くの分散の減少による手法は、慎重に用いられれば、CTE の推定量を計算するのに有効である。

²⁰ 一般的な目安として、予測期間は少なくとも 20 年以上はあった方が良い。

American Academy of Actuaries では、以下の 6 つの資産クラスに対して 10,000 のシナリオを作成した。

1. マネー・マーケット
2. 債券
3. S&P 総合 500 種株価指数
4. 分散国際株式
5. 小型株
6. 積極運用型ファンド、特化型運用ファンド

40 年以上の対象期間にわたる毎月の累積係数の総数個（各資産クラスにつき、10,000 × 480 の行列）のシナリオがあり、そのシナリオはカンマで区切られた値のデータ形式 (csv ファイル) を取っている。これらのシナリオは適切に相関しているので、各資産クラスの K 番目のシナリオを一緒に使用して「将来の運用利回りについての一つのシナリオ」と見なすことができる。よって（累積係数²¹を混合することによって）シナリオを組み合わせ、会社のファンド用に「仮定の」シナリオを追加作成できる。

例えば、アクチュアリーが債券と米国株式のターゲット配分を 60:40 とする「バランス型ファンド」のシナリオを作成しようとしているとする。 $[AF^X]$ を資産クラス X の累積係数の行列として表すならば、バランス型のシナリオは $[AF^{BAL}] = 0.60 \times [AF^{BOND}] + 0.40 \times [AF^{S\&P500}]$ と定義される。分散によるメリットを誇張し過ぎないように注意しなければならない。アクチュアリーは運用利回りのシナリオの作成について記載し、会社の変額勘定を、モデル化で使用された仮定ファンドにマッピングすることを正当化できなければならない。

²¹ 累積係数（利回りではない）を混合して、希望するアセット・ミックスを達成することが重要である。

n年後の金利は、適切な残存年数の資産に対するフォワード・スワップのインプライド・レートであると「期待」されるが、「満期」までの期間が長ければ長いほど、その点推定値に関する信頼区間は着実に広くなる。購入率の「期待マージン」は、その点推定値によって生成されるマージンよりも小さい。なぜならば、マージンが低い時はマージンが高いときよりも、多くの契約のCARVM（保険監督官式年金責任準備金積立方式）責任準備金は解約返戻金を上回るからだ。実際には、フォワード・スワップのインプライド・レートより0.3%低い運用利回りに基づいた購入率のマージンを使用して、これによるおおよその影響を評価できる。確率モデルで使用されている金利のパスに、既にこの不確実性の影響が反映されているならば、このような概算は必要ない。

手法に関する補足 C3-01 - 変額勘定におけるファンドの分類

各変額勘定に対する適切なシナリオは、運用利回りのパスを作成するように設計されなければならない。これは各変額ファンドに特有のシナリオを作成する必要があるということの意味しているのではない。各ファンド特有のシナリオを作成することはほとんどの実務において実用的ではないので、ある種のグループ化が必要になる。しかしシナリオの作成はモデル構築における基本的なステップであり、結果に大きな影響を及ぼす可能性もある。従ってアクチュアリーは注意深く慎重に、適切に、各変額勘定を精巧に作成されたモデルファンドにマッピングしなければならない。上述のとおり、この「マッピング」は通常「1対1」対応ではなく「多数対少数」の対応になっている。

確率モデルの（シナリオの）パラメーターを会社の実際のデータから直接評価しても適切なことはあまりない。むしろ通常は、シナリオは世間で認められている市場指標（あるいはサブ指標）の一次結合式として表した方が良い。この方法には以下に挙げる明確なメリットがある：

- 小数の精巧に作成されたデータ・シリーズを使用して、広範なファンドをモデル化できる。
- 実際に整合性が高まる。
- 長期間にわたる過去のデータが一般的に利用できる。このため経験データから評価された、全てのモデルのパラメーターに対する信頼度が高まる。

モデルの設計プロセスにおいて、運用利回りの前提と特定の変額ファンド間に確固とした関係を築くような分析が行われていなければならない。このような分析には以下のような例が含まれるがこれらに限定されるものではない：

- ポートフォリオの投資目標
- モーニングスターによる分類
- 資産構成
- 過去の利回り
- パフォーマンス（運用成績）のベンチマーク
- 市場ベータ
- AG 34 による分類

ファンドのパフォーマンス情報が十分にある場合、分析においては、そのデータと市場（あるいはセクター）指標の関係を検証すべきだろう。投資目標、ファンド・マネージャーの交代、戦術的アロケーション（例、マーケット・タイミング/市場の上昇・下降のタイミングなど）の変化のために、この比較は容易ではないかもしれないが、理想を言えば、系列相関、トラッキング・エラー、資産構成も分析することが望まれる。

信頼できる過去のファンド・データがない場合、一定の投資目標と管理戦略を仮定して資産クラスを組み合わせたり、特定のファンドに期待される長期的構成を最も良く反映したアロケーション・ルールを使用することによって前提を作成すべきである。そして関連する過去の市場データを使用してパラメーターを評価することもできるであろう。十分な過去の市場（あるいはサブセクター）データがない場合は、「効率的市場仮説」のもと、利回りの生成プロセスに各要素の寄与分を反映させるべきである。

どのように定義されようとも、一般的に効率的市場仮説では、より高い期待利回りはより大きなリスクを取ることによってのみ得られると仮定されている。過去の市場データが明確に定義された「リスク・リターン」の関係を示さないからといって、仮定ファンドの設定において効率的市場の概念や運用利回りのシナリオの生成に使用された関連モデルのパラメーターを無視するのは軽率だろう。

手法に関する補足 C3-02 - 暫定的な責任準備金

必要資本を計算するために、暫定的な責任準備金として解約返戻金もしくはその時点で有効な全てのオプションに対する準備金の価値の大きい方を使用してサープラス欠損を決定する。

手法に関する補足 C3-03 - 保有契約負債のモデル化

RBC（リスク対応自己資本）に必要な要件の決定に際し、アクチュアリーは ASOP（アクチュアリー実務基準）の 7 および 23 に従わなければならない。

多数の契約群に対して、アクチュアリーは各（1 件ごとの）保有契約をグループ化してモデルの稼働時間を改善することができる。RBC 対応のためにデータを集約する際は注意が必要である。グループ化の方法は、負債に組み込まれた全ての重要なリスクとオプションのモデル化に必要な特徴を保持し続けるものでなければならない。RBC では「分布のテイル部分のシナリオ」を考慮する必要があり、この部分の確率は低くとも影響は大きい。このため、データのグループ化に際し、その他の目的の場合より高い精度（つまり、より多くのモデル・ポイント）が要求される可能性がある。

データのグループ化に際し、アクチュアリーは以下について考慮することが考えられる：

- 「オプションのイン・ザ・マネーの状態」における様々なブレイクポイント
- 同様のリスク、リターンの特性を持つファンドのグループ化
- 商品種類（様々な種類の生前給付金や死亡給付金のオプションなど）
- 年金受給者や所有者（契約者）の年齢
- 契約の残存年数
- 市場
- 販売チャネル
- 結果に大きな影響を及ぼす可能性のあるその他の要因

適切なテストを行って静的・動的ベースの両方でモデルの正当性を検証することが重要である。使用されるモデルは目的に適ったものでなければならず、入力データ、前提、算式、計算など全ての正当性を検証する必要がある。ピア・レビューが勧奨される。

手法に関する補足 C3-04 - 契約者の行動

契約者の行動の前提には失効、解約、異動、保険料未払などが含まれる。契約者の行動を正確に予測するのは困難で、それは極めて大きな影響を計算結果に与える可能性がある。経験データがない場合、アクチュアリーはRBCの設定において、契約者の行動の前提を保守的な方向に設定すべきだろう。

契約者の行動の前提を設定する際、アクチュアリーは以下について考慮することが考えられる：

1. 行動は商品、市場、販売チャネル、ファンドの運用成績、時期、商品の経過年数などによって変化すること。
2. 商品に組み込まれたオプションが契約者の行動に影響を与える可能性があること。
3. オプションはその性質上、任意のものもあればそうでないものもあること。生前給付金のオプションは任意であることが多いが、一般的に死亡給付金に関するオプションは任意ではない。
4. 任意のオプションは任意でないオプションよりも経済条件の影響を強く受けること。
5. 商品のオプションの「価値」が高くなるにつれて、契約者の行動が保険会社にとって逆選択になる傾向が強まること。
6. 契約者の行動についての算式には合理的な要素と非合理的な要素の両方があること。合理的な要素は動的であるべきだ。
7. 主要商品内容に付随するオプションは、契約者の行動についての重要なドライバーではない可能性があること。オプションが主要商品内容に付随するものであるかどうかは以下のような多くの要素に左右される：
 - 商品の購入目的
 - オプションが任意であるか、そうではないか。
 - オプションの価値が一般的に良く知られたものかどうか。

契約者の行動が及ぼす影響は商品、時期などによって変化する。前提についての感応度テストが勧奨される。

添付資料 4 分離運用型ファンドの運用保証に関する CIA の報告書

本報告書は、(サイズに制限があったため) CIA (カナディアン・インスティテュート・オブ・アクチュアリー) の許可を得て増刷し、別途資料として添付した。