

生命保険における公正価値ベースでの負債評価： 新規制の導入に関する課題と海外での経験

ムーディーズ・アナリティックス Jack Cheyne & Will Halley

司会 それでは、時間となりましたので、セッションB-4を開始いたします。

私は、このセッションの司会を担当いたします、明治安田生命の清水です。よろしくお願いいたします。

このセッションでは、「生命保険における公正価値ベースでの負債評価：新規制の導入に関する課題と海外での経験」というテーマでプレゼンテーションを実施させていただきます。発表者は、ムーディーズ・アナリティックスさんの Jack Cheyne 様と Will Halley 様でございます。

なお、このセッションにつきましては、同時通訳で運営させていただきます。

最後に、全体を通じて質問の時間を設定するようにします。ご質問のある方は、大変申し訳ございませんが、日本語で Slido への投稿を、お願いいたします。

それでは、発表をお願いいたします。

Moody's
ANALYTICS

Better
Faster
Decisions

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価：
新規制の導入に関する課題と海外での経験

Jack Cheyne & Will Halley

2022年11月

Jack Cheyne ありがとうございます。皆様、こんにちは。

このセッションといたしましては、公正価値と市場整合的な金利モデリングでございます。ムーディーズ・アナリティックスでシナリオ・ジェネレーション・チームを率いる Jack Cheyne と申します。また、東京でアドバイザー・サービス・チームを率い、アジア太平洋地域で保険会社の確率的なシナリオモデル利用をサポートする Will Halley も参加しております。

今回、東京に来ることができること、また I A J でお話しできますことを非常にうれしく思っております。この機会をお与えいただきまして、確率モデルについてお話しできますこと、非常にうれしく思っております。

では、今日、かなりのアジェンダが多くありますので、様々な問題に取り組んでいきたいと思います。

目次

- » 確率モデリングが必要な理由は？
- » 確率シナリオとは？また、モンテカルロ・シナリオの生成の仕組みは？
- » これに対する保険会社の実務での対処方法は？
- » 適切な確率モデルの選択
 - 名目金利のモデリングにフォーカス
 - シナリオの正確性の検証・確認方法は？
- » 業界における実務
 - 生成プロセスと自動化
- » 欧州と香港から学ばれた教訓
 - 保険会社はどのようにソルベンシーIIおよび香港RBCのシナリオ生成要件に対応してきたか？
 - ステークホルダーとのコミュニケーションと教育、キャッシュフロー・モデルの更新
- » 要約と結論

やはり、確率的モデルといたしましては、非常に複雑な保険の負債をモデル化するという点でありますので、正しいモデルを選ぶということが極めて重要であります。それによりまして、検証もできますし、非常に質の高いモデルができるわけでありまして。

それから、後半に、私たちが業界で、どのような実務をやっているのか、ヨーロッパの状況、それからアジアでの状況につきまして、特に香港のRBCといった、規制当局のモデリングに対する取り組みについて、お話をしたいと思っております。

確率モデリングが必要な理由は？

では、まず、なぜ確率モデルが必要なのかというところから、話をしていきたいと思っております。

主な市場のテーマ/見解

IFRS第17号会計基準

Discount rates (paragraphs B72–B85)

An entity shall adjust the estimates of future cash flows to reflect the time value of money and the financial risks related to those cash flows, to the extent that the financial risks are not included in the estimates of cash flows. The discount rates applied to the estimates of the future cash flows described in paragraph 33 shall:

- (a) reflect the time value of money, the characteristics of the cash flows and the liquidity characteristics of the insurance contracts;
- (b) be consistent with observable current market prices (if any) for financial instruments with cash flows whose characteristics are consistent with those of the insurance contracts, in terms of, for example, timing, currency and liquidity; and

ソルベンシーII (技術仕様)

V.6. On this basis, the following hierarchy of high level principles for valuation of assets and liabilities should be used:

- i. Undertakings must use quoted market prices in active markets for the same or similar assets or liabilities.
- ii. Where the use of quoted market prices for the same assets or liabilities is not possible, quoted market prices in active markets for similar assets and liabilities with adjustments to reflect differences shall be used.
- iii. If there are no quoted market prices in active markets available, undertakings should use mark-to-model techniques, which are alternative valuation techniques that have to be benchmarked, extrapolated or otherwise calculated as far as possible from a market input.

負債の市場整合的な評価

世界各地のソルベンシー・ガイドラインや規制にも類似のテーマや概念がある。例えば・・・

- » ICS
- » 香港RBC
- » 日本のソルベンシー規制等...

しかし、これは実務では何を意味するのか.....

MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 4

バリュエーション、保険負債の評価におきまして重要な原則といたしましては、やはり、現在の市場価格と整合的であるということが重要であります。つまり、様々な規制、そしてガイダンスといった指針がありますので、それを反映することが重要です。IFRS17号は、ソルベンシーIIといった技術の仕様にもあります。市場価格を反映しなくてはバリュエーションができないということになります。

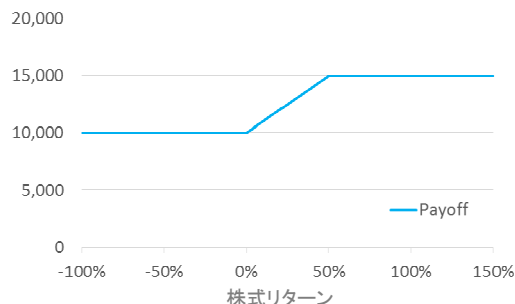
では、保険の負債に関してですけれども、これは時といたしまして非常に複雑な経路、依存的なモデル化が必要です。資産価格は、必ずしも負債価格と一致するようにはなっておりません。ですから、モデルアプローチが必要になります。そうでないと、やはり、このような複雑な保証に対する評価ができないということになるわけです。

多くの場合、このモデルアプローチにおきましては市場価格が必要です。また、市場整合的なアプローチが必要であります。そして、統一的にこれを取り入れてカリブレーションすることが必要であります。それで、同じようなICS、香港のRBCにおきましても、また日本のソルベンシー・ガイダンスにおきましても、それが求められております。

単純な例: 保証付きエクイティボンド

資本へのリスクを最小限に抑えつつ、株式市場に連動した潜在的な成長に投資

- » 保証付きエクイティボンドは、株式指数のパフォーマンスに連動した6年間の固定期間投資
- » パフォーマンス:
 - 株式指数の伸び率の100%
 - 最大で当初の投資の50%までのリターン
 - 満期時に当初の投資額10,000米ドルの受け取りを保証



保険会社にとって、この商品/負債の価値は？

MOODY'S ANALYTICS

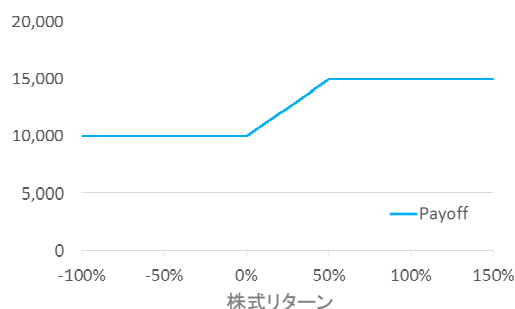
生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 5

では、次に、例がありますけれども、この複雑な保証の保険負債について見ていきたいと思います。これは非常に簡単な例でありまして、Guaranteed Equity Bond という保証付きのものです。保証付きということで、6年の固定期間があります。そして、契約者といたしましては、当初の元本を受け取ることができます。当然、市場の成長分に関しては、それまでも受けるということでもあります。株式市場の伸び率は受け入れられます。

単純な例: 保証付きエクイティボンド

資本へのリスクを最小限に抑えつつ、株式市場に連動した潜在的な成長に投資

- » 分析的手法
 - このペイオフは、コールオプションとプットオプションの組み合わせに対するペイオフと似たものとなる可能性がある
 - 市場のコール / プットの価格はすでに判明している
 - このバニラオプションの評価に用いることができる分析式やモデルがある
 - ブラックショールズ・モデル
- » モンテカルロに基づくアプローチ
 - シナリオに基づく分析 → 確率論的モデリング



MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 6

そうした場合、その保証付き商品の負債はどのようになるのか、ということを考えなくてはなりません。ご存じかもしれませんが、このように、チャートを見ますと、ご覧いただくように、デリバティブの同じようなものになるわけです。コールオプションと同じような形状をしていることが、お分か

りいただけると思います。

ですから、これを使いまして、この価値を見ることができるようになります。契約によりましては、このソリューション、ペイオフが非常にタイトになって、分析的なアプローチを取ることによりまして、この負債を評価することもできます。従いまして、ブラック・ショールズ・モデルが必要、あるいは、その他、モンテカルロに基づきバリュエーションが必要であります。

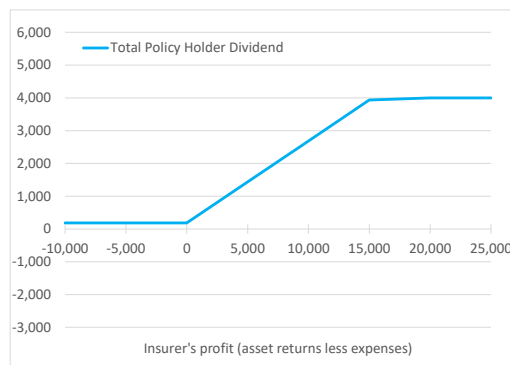
ただ、保険の負債は非常に複雑であります。ですから、非常に幅広い前提に基づくものであります。ということで、これが見えるものは特定の限定された状況だけということになるわけでありまして。

これは、モンテカルロベースに基づいたアプローチであります。一般的なアプローチといたしましては、より多くの広い問題にできるような形でなくてはなりません。これは強力なもので、例えば、非常に一般的な状況に見えるものでなくてはならないということになるわけなんです。

別の例: 配当付き終身保険商品

資本へのリスクを最小限に抑えつつ、保険商品を購入する顧客を引き寄せる

- » 配当付き終身保険は、保険契約者が保険会社の利益を共有することができる保険契約
- » 保険契約に対して支払われる配当:
 - 最大で保険契約の現金価値の40%まで
 - 保険会社の利益の25% (投資、引受、および費用実績)
 - 保険契約者に対し、保険契約の現金価値の1.85%を提供することを保証



保険会社にとって、この商品/負債の価値は？

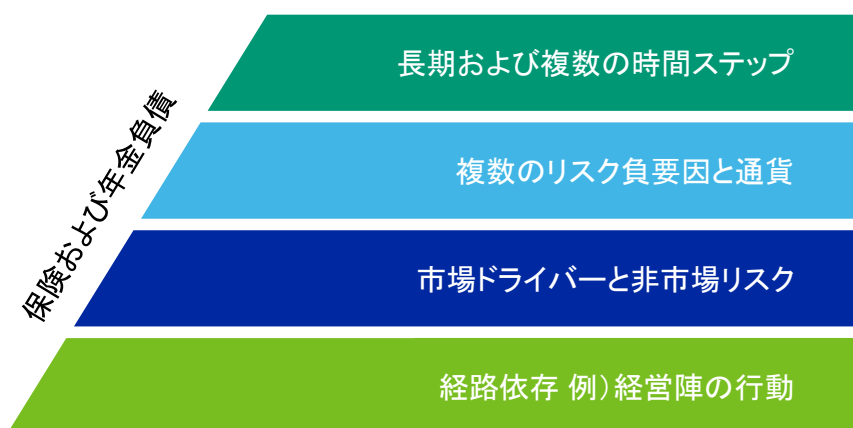
MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価

7

それで、別の例で考えてみますと、様々な終身保険などにも適用できます。ペイオフを見ますと、やはり、若干違ってきます。ご覧になる契約は、配当が出る保険商品です。利益に対しまして支払われる配当が出てくるわけです。それで、このような例の場合、様々な変動要因がありますので、これによりましてペイオフの価値も変わってきます。

モンテカルロ・モデリング手法が必要な理由は？



MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 8

ここで、確率モデル、モンテカルロ的なバリエーションにおきまして、こういった一貫した形で市場整合的に対応できるわけでありまして、非常に幅広い保険商品に使えるということが分かります。

ですから、幅広い様々なペイオフ、ストラクチャーがあるということになりまして、長期的なものもございまして、それから、様々なタイムステップに感度が高いもの、最終的なペイオフに影響を与えるものもございまして、また、様々なリスクファクターも関わってくるということになるわけであって、実際に契約の価値が変わってくるわけでありまして。

ですから、一つの株式資産だけでなく、様々な株式資産、様々な通貨が関わってくるということになりますので、単にマーケットリスクということで、例えば金利やインフレなどだけでなく、非市場リスク、死亡リスク、あるいは寿命、様々なリスクにも関わってくるということになるわけです。

やはり、ここでの大きな特徴といたしまして、こういった契約は経路依存的だということでありまして、つまり、最終的に契約者が受け取るペイオフは経路依存型であることです。ですから、株式市場がどうなるのか、下落するのか、成長するのか、あるいは、最初に下落してから上がるのか、あるいは、初めに相場が上がってから下落ということだと、それぞれ違うということでありまして。

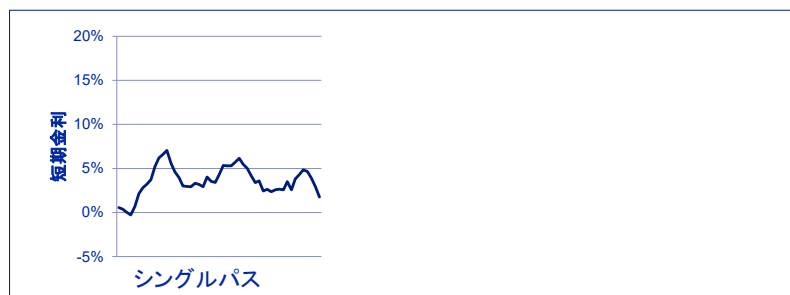
モンテカルロ法に基づくシナリオアプローチにおきまして、このような複雑な負債を評価することが、非常に有益だということになってまいります。

確率シナリオとは？ また、モンテカルロ・シナリオ の生成の仕組みは？

では、確率シナリオとジェネレーターを見て、モンテカルロ・シナリオ生成の仕組みを見ていきたいと
思います。

Economic Scenario Generatorとは？

- » モンテカルロ・シミュレーションを用いて、さまざまな経済変数や資産リターンに関するシナリオを生成
 - 多くの異なるリスクドライバーを確率的にモデル化することで、経済の異なるパスを1000通り生成
 - 金利、株式リターン、社債リターン
 - ブラウン運動の正規分布された増分を「サンプリングする」→ **ショック**とも呼ばれる
 - 変数によって異なる**確率モデル**を用いて、これらを主要変数に変換する
- » **シミュレーション**は多くのパス
(トライアル)の集合



MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 10

このような問題に対応するために、経済シナリオ・ジェネレーターを使います。これは、確率モデルの
集合でありまして、様々な変数として支払額に影響を与える変数を見ていくわけですが。このようなジェネ
レーターは、経済シナリオとしまして、金利や株式のリターン、あるいは信用スプレッドなど、様々な経
済手法をカバーしております。これに応じて様々なデータセットがありまして、評価を行うわけですが。

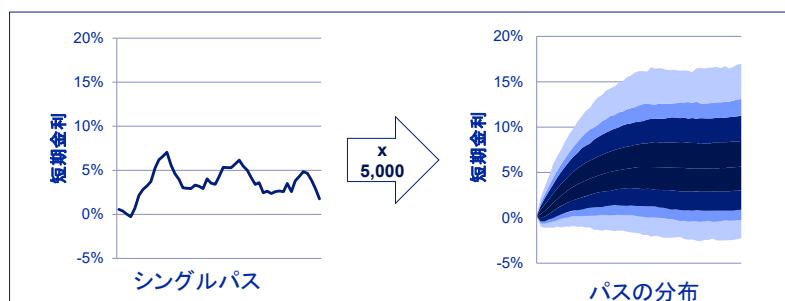
一般的に、このようなシナリオは、乱数のジェネレーターで正規分布のショックからサンプリングする
ということで、数学モデルを適用しまして、各リスクファクターにそれを適用するということとなります。

例えば、金利に一つのモデル、あるいは株式のリターンに対する確率モデルという形で、それらを組み合わせることによりまして、様々な形で評価をしていくということになるわけです。

それで、シミュレーションを行うということ、リスクファクターを全て評価していきます。これを大きなデータセットにまとめることによりまして、計算して、最終的に複雑な保険商品の評価を行うということになるわけです。

Economic Scenario Generatorとは？

- » モンテカルロ・シミュレーションを用いて、さまざまな経済変数や資産リターンに関するシナリオを生成する
 - 多くの異なるリスクドライバーを確率的にモデル化することで、経済の異なるパスを1000通り生成
 - 金利、株式リターン、社債リターン
 - ブラウン運動の正規分布された増分を「サンプリングする」→ **ショック**とも呼ばれる
 - 変数によって異なる**確率モデル**を用いて、これらを主要変数に変換する
- » **シミュレーション**は多くのパス（トライアル）の集合



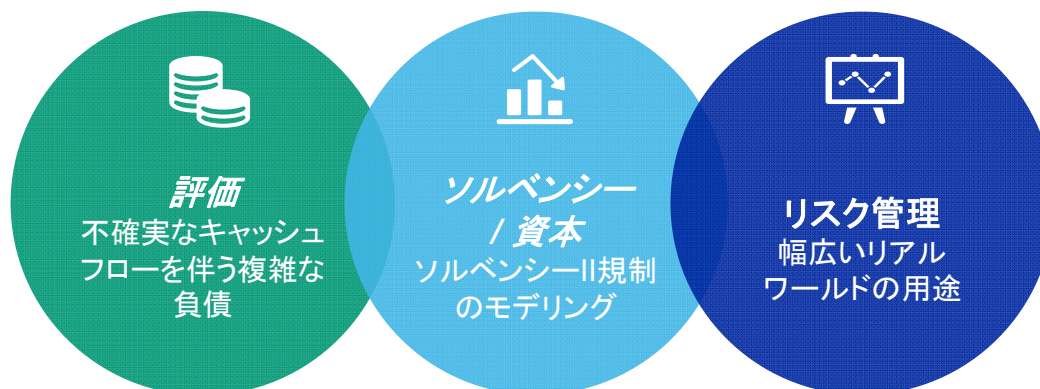
MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 11

では、こちらのグラフをご覧ください。これは短期金利ということで、かなり単純な動きから上下変動があります。当然、生成しました乱数によりまして上下変動するわけでありまして、ここで全体像としましてショックを見ていくということになるわけです。

ですから、分布を見ていくと、何千本のシナリオが右側のようなパスの分布と見られます。濃い色の方は、シナリオが多く、あるいは確率として集中していますが、浅いの方はシナリオの頻度が低い、あるいは確率として低いということになるわけでありまして、これはパーセンタイルで、数字として確率度で表わすことになるわけです。

保険会社の要件



MOODY'S ANALYTICS

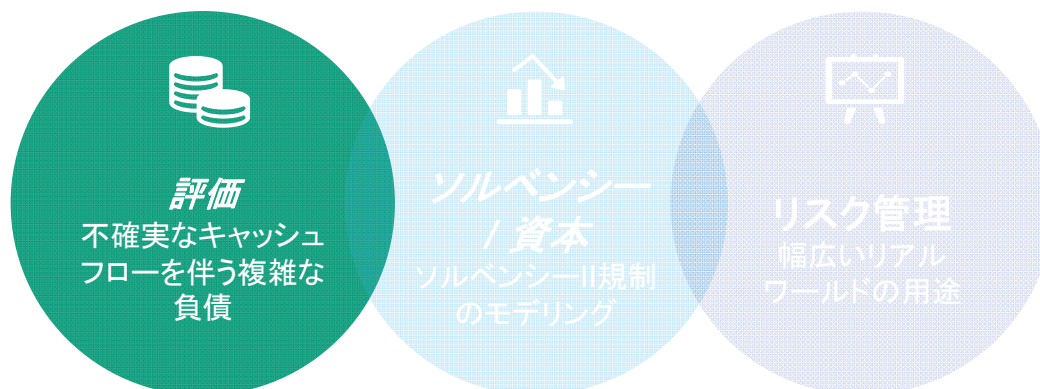
生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 12

ですから、保険会社は、この確率モデルを使いまして様々な応用ができます。先ほど、バリュエーションということで複雑な保険負債を評価することもできます。更には、保険会社が、このシナリオを使いまして、その他の応用、アプリケーションといたしましては、確率モデルを使いまして、資本金、資本、それは規制上の資本、あるいは内部モデルといたしましてALMを行う場合もできます。また、テールリスクを見ることもできます。そのような計算をすることによりまして、規制資本を見ることができるようになります。

それから、経済資本ということでソルベンシーなどを見ることもできる、また、リスク管理もできるということになります。複数年の期間、例えば4年、5年の間に、リスクファクター自体と各ファクターの関係が変わり、一年と異なったALMの問題を見るようになります。確率モデルによりまして、どのような確率的なリスクへの対応ができるのか、また、それによりましてビジネス上の決定、ビジネスの企画、経営、計画などもできます。

ですから、戦略的な資産配分を決めたり、ビジネス上の判断をしたりすることもできるわけです。

保険会社の要件



MOODY'S ANALYTICS

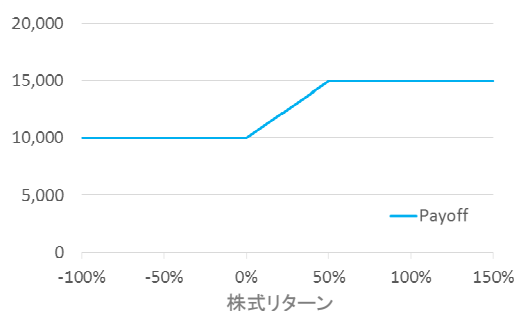
生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 13

では、本日のセッションにおきましては、この中でも一番左側の評価、バリュエーションというところで確率モデルを使いまして、どう評価をしていくかというところを見ていきたいと思います。かなり重要な特徴を持つものなので、ご紹介していきたいと思っております。

単純な例: 保証付きエクイティボンド

資本へのリスクを最小限に抑えつつ、株式市場に連動した潜在的な成長に投資

- » 保証付きエクイティボンドは、株式指数のパフォーマンスに連動した6年間の固定期間投資
- » パフォーマンス:
 - 株式指数の伸び率の100%
 - 最大で当初の投資の50%までのリターン
 - 満期時に当初の投資額10,000米ドルの受け取りを保証



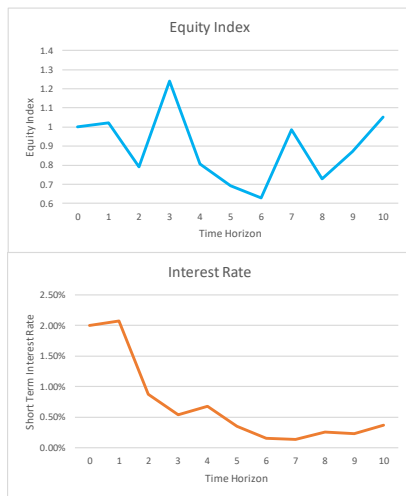
保険会社にとって、この商品/負債の価値は？

MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 14

では、少し戻りまして、単純な例、先ほどご紹介したものの、保証付きのエクイティボンドでご紹介したいと思います。これは保証付きのエクイティボンドでありますけれども、6年間でペイオフ、支払いがあるということです。それで、株式指数の伸び率の100%を享受できるというものであります。

モンテカルロのプライシング・アプローチ



» 資産要因とリスク要因の経路を作成

MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 15

これを、確率シナリオでバリュエーションしますと、このプロセスといたしましては、このようになるわけです。まず、確率シナリオとして株主のリターンがどれぐらいかを、左側の青のチャートで見っていきます。それから、金利のシナリオも見っていくわけであります。

モンテカルロのプライシング手法



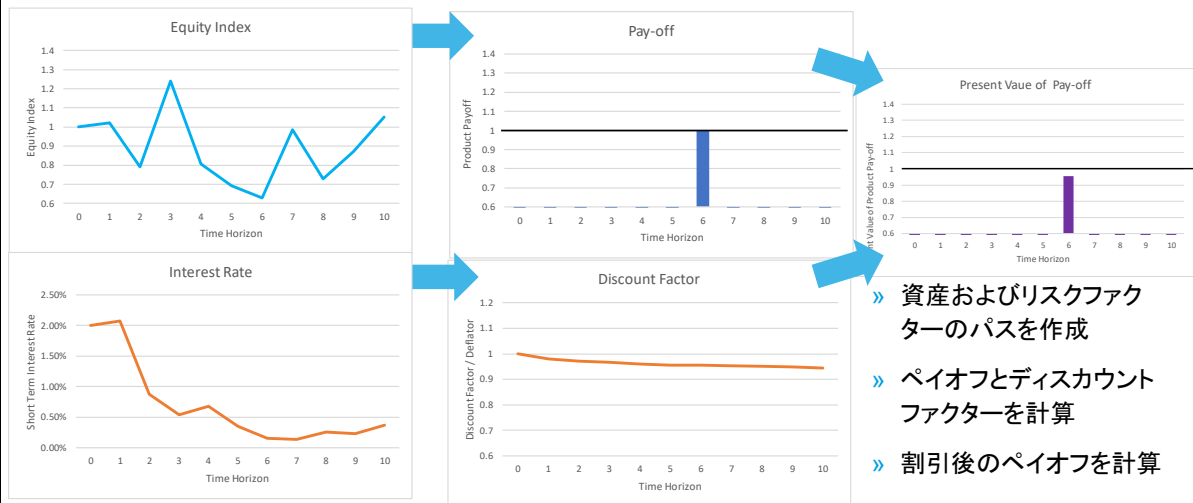
» 資産およびリスクファクターのパスを生成
 » ペイオフとディスカウントファクターを計算

MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 16

このシナリオにおきましては、株式のリターンに関しまして、まず、ボラティリティが起き、上下変動が起きるわけですが、6年後に関しましては、株式市場がどのようなシナリオになるかということで、6年間を見ていくわけです。

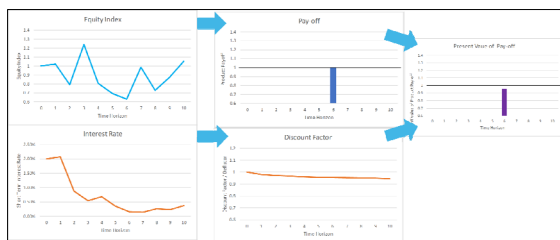
モンテカルロのプライシング手法



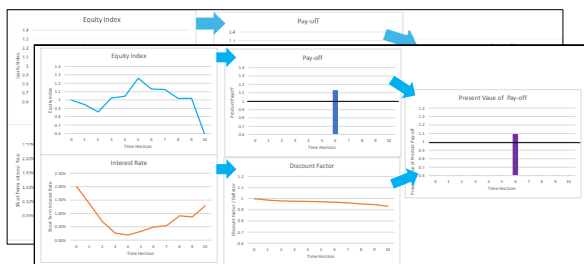
- » 資産およびリスクファクターのパスを作成
- » ペイオフとディスカウントファクターを計算
- » 割引後のペイオフを計算

それから、このペイオフがどうなるかということを見ていきます。支払いは、まず、保証額があります。契約者といたしましては、当初の元本に関しましては元本保証されているわけでありまして、それに加えて、現在価値として、このペイオフの現在価値に割り引いて考えます。将来で受け取るわけですが、これを現在価値にまで落としていくわけでありまして、ですから、割引率といたしまして、計算率をどう作るのかということになります。ですから、金利の経路を基に割引率を計算して、この将来的に支払う金額を現在価値に割り引くわけです。それで、同じように、この二つを組み合わせるということになりまして、割引価値といたしまして、割引後のペイオフを計算することができるということになります。

モンテカルロのプライシング手法



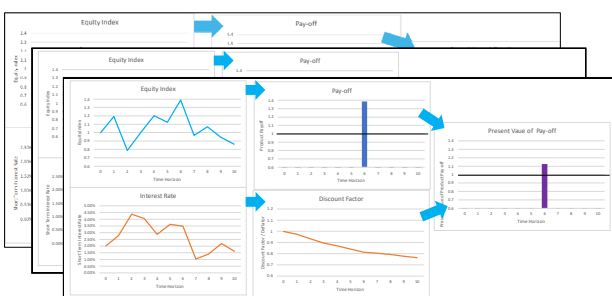
モンテカルロのプライシング手法



MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 19

モンテカルロのプライシング手法



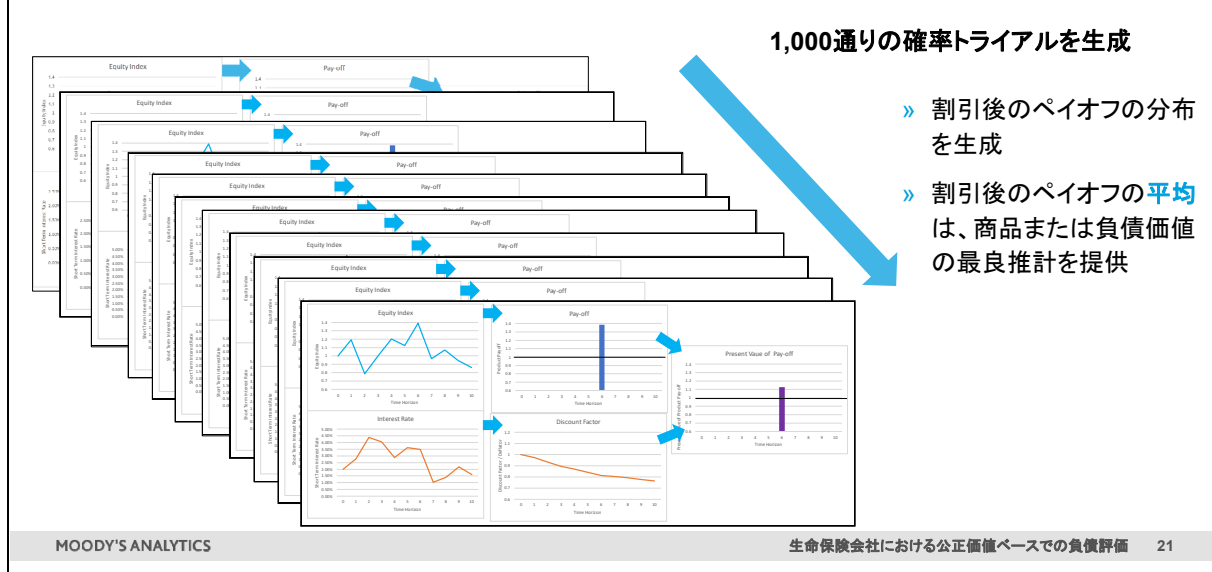
MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 20

これは単に一つのシナリオだけでございますので、現実問題といたしましては、これを何回も繰り返す、他のシナリオも何回も行うということになります。経済シナリオ・ジェネレーターを使いまして、ランダムナンバーを使いまして、シナリオを多く作っていくわけです。

ご覧いただいているものは、株式市場がもっと良かった場合、6年後にはプラスリターンになった場合といったものを組み合わせているわけです。その他の例といたしましては、金利が高かった場合。そうしますと、割引率としましては、より小さくなるといったような形で、そのような現在価値に落とした割引率を、小さいものでシナリオも作成できます。

モンテカルロのプライシング手法



このようなシナリオを、何千という形で繰り返すわけです。100、1,000、あるいは5,000といった形で繰り返すわけです。そして、最終的にペイオフがどれぐらいになるかという現在価値を見ていくわけです。

リスク中立評価

この計算を数学的に表すと次のようになります。

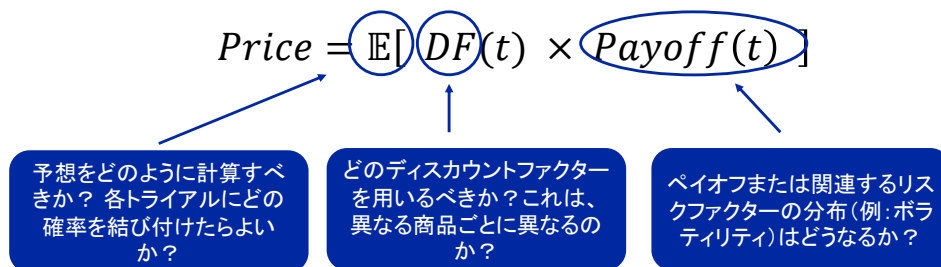
$$Price = \mathbb{E} [DF(t) \times Payoff(t)]$$

では、この計算がどうなっているかということで、公式で説明したいと思います。

まず、価格が期待価値であるということ、これはディスカウントファクターということですね。このEとDFで示しています。複雑になりますので、ペイオフは様々な要素の関数になります。しかし、このバリュエーションのところは非常にクリーンです。

リスク中立評価

この計算を数学的に表すと次のようになる。

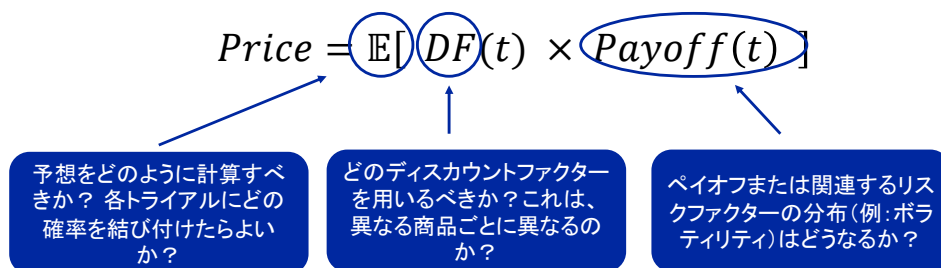


ということで、このような質問をしていけばいいと思います。まず、この期待を、どのように計算するのか。これは、全ての単位の平均なのか、それとも幾つか考慮すべきなのか。

まず、割引ファクターについては、どのようなファクターを使うべきなのか。これはアセットに依存すべきなのか、あるいは契約なのか、それともリスク回避なのか、あるいは、それを計算している人になるのか、どのディスカウントファクターを使うことが一番適切なのか。それから、ペイオフといったときに、これは幾つかのことに對して感度があります。株式市場の分布はどうなっているのか、それから、どのような極端な結果があるのか、ボラティリティはどうなのか、このような要素を考慮していきます。これは、幾つかのことを考慮しなければならないと思います。

リスク中立評価

この計算を数学的に表すと次のようになる。



幸い、これらの質問を単純化できる素晴らしい数学的トリック/手法がある。

リスク中立指標/ 確率

しかし、幸いにも、このプロセスを簡素化することができます。まず一つ、標準的なアプローチにはリスク中立評価という手法があります。ここにはリスク中立なアプローチを入れて、そして、この負債を評価し、この計算をすることができます。これは、ちょっとした数学的なトリック、手法があります。詳しくは言いませんけれども、これは金融工学の標準的な手法でして、詳細については、きちんとありますので。

リスク中立評価

この計算を数学的に表すと次のようになる。

$$Price = \mathbb{E}[DF(t) \times Payoff(t)]$$

確率トリアル全体の単純平均

ディスカウントファクターは、全資産で同じであり、リスクフリー・レートのロールアップ/アキュムレーションである

ペイオフ/リスクファクターの分布は、幅広い観察可能な市場価格を再現するために選択される

MOODY'S ANALYTICS 生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 25

このアプローチのメリットとしましては、この計算を合理化するという事です。どのような、まず、予想を取っていくのかといいますと、非常に、このようにシンプルになっていきます。

割引ファクター、どのようなものを使いたいのかということは、実は、全資産、どの契約であっても、どの商品であっても、同じなのです。そして、このリスク中立の枠組みについては、全てがリスクフリー・レートになる。それでリターンを計算します。ということは、リスクフリー・レートをあらゆる商品に対して、ファクターとして使うことができます。

それから、ペイオフに関しましては、やはり、ボラティリティ。これは、いろいろなペイオフをけん引するリスクファクターを考慮しなければいけません。そのために、計算の市場整合性というところが重要になってきます。

リスク中立評価

この計算を数学的に表すと次のようになる。

$$Price = \mathbb{E}[DF(t) \times Payoff(t)]$$

この手法は、複雑な経路依存の保険保証を正確かつ信頼性の高い方法で評価するための標準的な手法であり、企業間の結果の一貫性と比較可能性を実現します。

検証が単純

幅広い商品タイプに一貫して適用

高度に自動化された拡張性のあるアプローチ

監査が容易

MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 26

ということで、アプローチとしてまはしては、ボラティリティの価値をまず選んで、そして、この計算を既知のコールオプションや、プットオプションなどというところに対して適用するときには、市場価格を、そこで再現できるようにします。このテクニックは、非常にパワフルです。恐らく、これは、保険会社が使う標準的な手法でもあります。

幾つかのアドバンテージがあります。例えば、比較的簡単に検証するので、明確な選別条件を書くことができます。そうすることによって、適切な商品に対して適用することができます。このモデルの枠組みを幅広い商品に適用できるということは、アサンプションのカスタマイズ、それぞれの保険負債について検証する必要がないということで、これは拡張性が高いということになります。そして、いろいろなストレスがあった場合には、様々なシナリオの範囲で確認することができます。

もう一つのアドバンテージは、簡単に監査しやすいということです。明確な検証基準がありますので、簡単に監査することができる。そうしますと、様々な組織でも評価が容易になります。

リアルワールドと市場整合

- » **リアルワールドシナリオ**は、「リアルワールド」確率指標に基づきモデル化される。
- » この指標に基づくと、このシナリオセットの結果の確率は、同じ結果のリアルワールドの確率に対応する、すなわち、シナリオは現実的なものとなることを意図する。
- » よって、結果の確率に関心がある場合に、このシナリオが有用となる。
 - 資本計算 (VaR、CTE)
 - ALM (投資目標の到達確率等)
- » キャリブレーション手法は、一般的にヒストリカルデータ、現在価格、フォワードルッキングな予想の組み合わせを用いる。
- » **市場整合的シナリオ**は(一般的に)、「リスク中立」の指標に基づきモデル化され、リスク中立シナリオと呼ばれることもある。
- » リスク中立評価とは、キャッシュフローの評価を簡単にするための数学的トリック(リスクフリーレートでの割引き)である。
- » しかし、これは評価が容易な反面、シナリオのイベントの発生確率が現実的でない、つまり個々のトライアルが直感的な意味を持たない可能性があることを意味する。
- » 市場整合性は、モデルのキャリブレーション(市場価格と整合するようにパラメータを設定すること)により実現される。

それでは、この最後の部分は、少し、幾つかの用語のまとめをしたいと思います。

まず、ここで幾つか使った言葉について、市場整合性ということがありますし、よくリアルワールドシナリオという、この確率論的な言葉があります。少し振り返りたいと思います。これは、とても一般的に使われている言葉でして、様々なユースケースでもご覧いただきたいと思います。

このような確率論的なシナリオにおいて、リアルワールドシナリオというものは、資本強化、それから、リスク管理では一般的です。ここでのリアルワールドシナリオというものは、現実的な評価が結果に対してであるということです。様々なリスク要素に対してあるということ。リスクプレミアムもありますし、これは株式市場のアセットクラスに対してもそうですし、それから、確率については、結果の確率によってシナリオも有用となってきます。ということで、特定のイベントが起きる確率性、あるいは、リスクについて計算することができます。評価することができます。

右側にあります、市場整合的シナリオというものは全く違っていきまして、このバリユエーションのところの計算に焦点を絞っています。シナリオを変えることはできます。といいますのも、このリスク中立になるように呼ばれていますので、これを使ってモデルの評価、カリブレーションをします。そして、このシナリオに基づき負債評価します。

確率分布は、現実にあるものとは違っています。あるいは、どちらかというところプライシングとマーケット価格を再現することに注力しています。そして非常に頑健な、この根底にあるリスク要素に基づく市場価格をパラメータとして設定することができます。

これに対する保険会社の 実務での対処方法は？

では、これは、保険会社は、実際の実務では、どのように使っているかということ、どのようにこの問題と直面、対応しているかを説明したいと思います。

単純な例: 評価プロセスの流れ

関連するリスクファクターをすべてカバーする確率モデル式を選択し、
評価対象の保険商品のダイナミクスを適切に捕捉



モデルを市場価格に合わせてキャリブレーション

モデルのアウトプットが、市場の金融商品および追加的な定量アサンプション/基準を確実に再現するように、モデル・パラメータを選択・最適化する。



確率シナリオの生成・検証

モデルが生成した一連の確率シナリオについて、市場整合性とリスク中立性を評価・検討する。



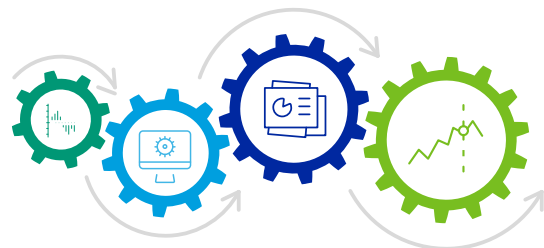
割引後のペイオフの計算（ヘビー・キャッシュフロー・モデル）

シナリオはキャッシュフロー・モデルまたはALMシステムに投入され、各確率トライアルに必要なキャッシュフローの計算が可能になる。



各トライアルのペイオフを平均して、負債の最良推計（BEL）を算出

これは一般的にキャッシュフロー・モデルまたはALMシステムで実行される。また、BELおよびその他のキャッシュフロー・モデルのアウトプットは、この段階で検証される。



MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 29

これは、シナリオジェネレーター、それから、どのようなバリュエーションの分析をするのかということで、幾つかのステップがあります。まずは、リスク要素を動かす、根底にあるモデルです。この後、幾つかのスライドで示しますね。これは、どのようなプロセスになるのか、それで、どこにフォーカスを行うのか。それで、あるモデルを選ぶとすると四つの主なステップがあります。各バリュエーション・データで、このようなものがあります。

最初のステップとしては、まず、モデルをキャリブレーションする必要があります。ということは、パラ

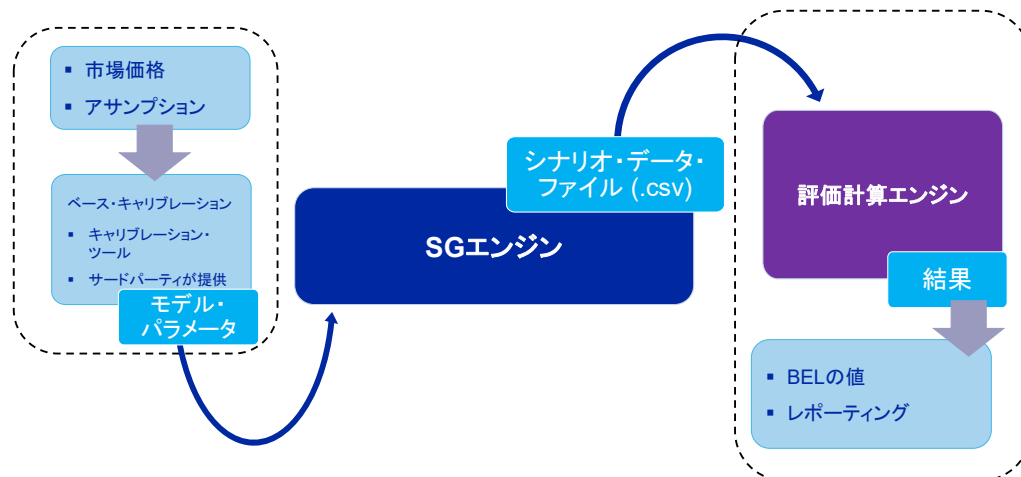
メータを選ばなければいけません。そうすることによって市場価格を再現することができます。これは、一般的には、名目金利だったり、債券、スワップ、それから金利デリバティブですね。それから、株式オプションであるようなもの。例えばスワップションのボラティリティ、ATMとOTMのオプションでもいいと思いますし、様々なオプションということもあると思います。

そして、これはカリブレーションしますと、確率シナリオの生成をしていきます。これは、関連するリスク要素を全て入れていきます。そして、これが計算モデル、キャッシュフローモデルの中に投入されます。そうすることによって、割引ペイオフを計算することができます。そして、最後に、これが、このトライアルのペイオフを平均して、そしてBELと呼ばれる負債の最良推計を算出していきます。



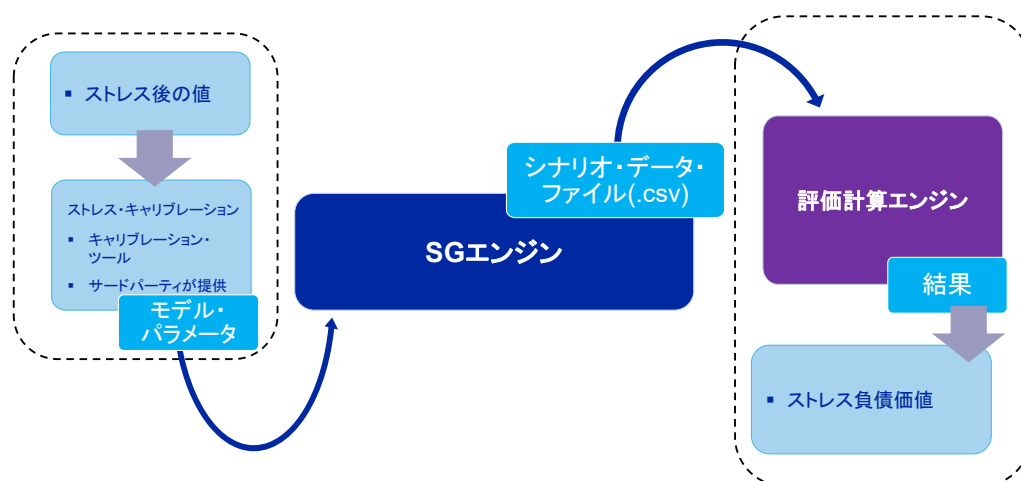
これがベースランです。ただ、多くの資本のレジームについては、もし、マーケット状況が違ったら、金利が高かったら、あるいは低かったら、どう変わっていくのか、あるいは、株式市場のボラティリティが異なるポジションだったらどうなるかということで、この計算を繰り返すことができます。まず、最初のインプットを変えていきます。例えばパラメータを変えて、ストレスの状況を反映させます。そして、まず、それぞれのストレスシナリオのバリューを計算していきます。

プロセス・チャート – ベース評価



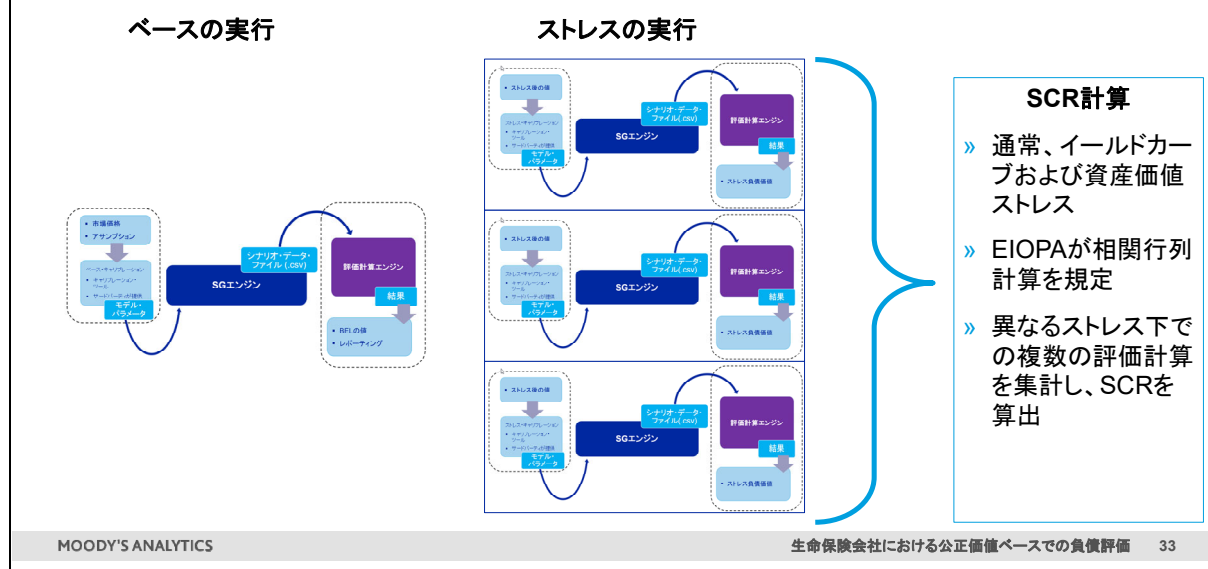
ということで、ワークフローですけれども、多くの企業は、これと似たような手法を取っています。まず、市場価格やアサンプションなどのデータを収集します。そして、このモデルをカリブレーションし、モデルのパラメータを設定します。そしてSG、シナリオ・ジェネレーション・エンジンの方に、これをフィードし、様々なトライアルのシナリオ・データ・ファイルが生成されますので、これが評価計算エンジンに入れ込まれて、そして、結果、BELの値やレポートイングなどが可能になります。

プロセス・チャート – ストレス評価



そして、このプロセスを繰り返します。今度は、異なるマーケットデータのインプットをしていきます。例えば、ストレスシナリオ、ストレスイールドカーブなどを入れていきます。

プロセス・チャート – ストレスおよびソルベンシーII SCR計算



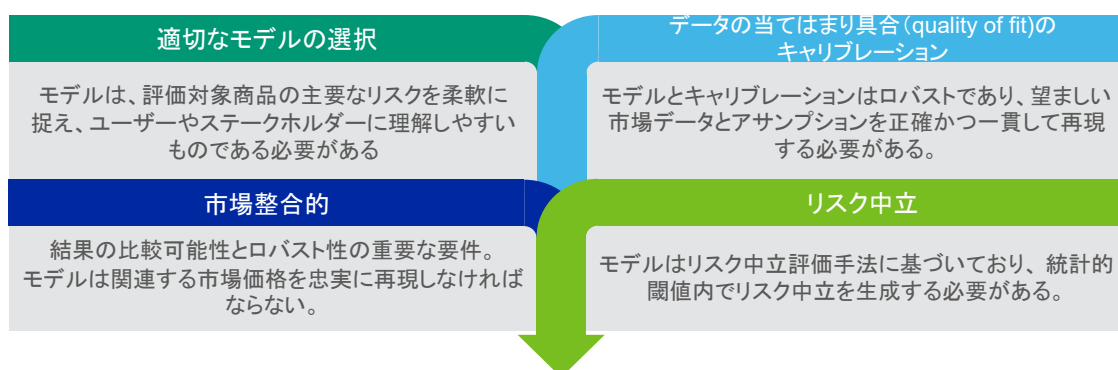
そして、この評価、例えばソルベンシーIIのような欧州の規制を考慮しますと、これら全ての結果を集め、そして、このような資本の計算をしていきます。これは、規制を反映した形で行っていきます。

ご覧のように、シナリオ・ジェネレーションのプロセスとしましては、一つの経路で自動化しまして、そして、重要なものを見ていくわけです。例えば、ストレスが数十になる場合もございます。資本計算をしていくということで、内部モデルで何百といったストレスを設定する場合もございます。

適切な確率モデルの選択

では、次に、適切な確率モデルを選択するにはどうしたらいいのか、ということを見ていきたいと思えます。やはり、実際に、本番に使う前に、どのような決定で、どのモデルを使っていったらいいのか、ということをお話していきたいと思えます。

評価計算を成功させるための重要な要素

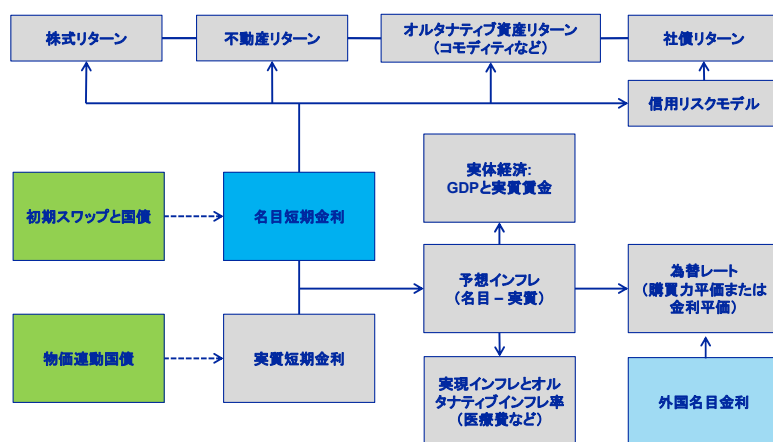


保険会社の商品/事業に適切な高品質のシナリオ

四つ重要な点がございます。モデル、あるいは、シナリオ全体の質を判断するために、適切なモデルの選択が、まず第1点。例えば株式のリターンに対しまして。それから、マーケットデータ、マーケット市場に対しまして、整合的かどうかというものが2番目の要素です。それから、バリデーションの基準として重要なものは、シナリオが市場整合性かどうか、あるいは、市場の価格を複製できるかどうか、それから、ここにありますように、リスク中立かどうか、ということです。

ですから、全てリスクフリー・レートに平均として戻るかどうかということが、シナリオの生成過程で見られるかどうか、それを、定量的に、どのようなシナリオでありましても全て検証できるかということが重要です。この四つの要素を全て判断いたしまして、意思決定、それから、適切なモデルを選んでいただくということになります。

シナリオ生成経済モデルの構造



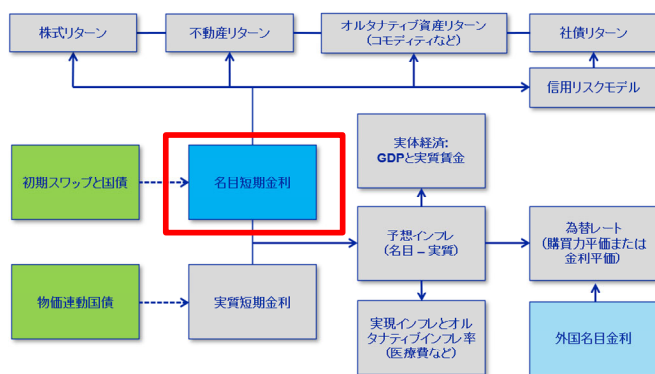
MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 36

このようなリスクを考えたときに、様々な要素を考えなくてはなりません。このグラフを見ていただきますと、通常よく見られる構造でありまして、経済モデルの構造をご覧いただいております。様々なリスクファクターがあります。様々な確率モデルがあります。金利があり、株式のリターンがあり、それから信用スプレッドがあります。そして、様々な、それぞれごとにモデルがありまして、それを関連します、あるいは依存関係があるものもあります。ただ、また、これは相関的に大きな、同じ方向に動くというものもあるわけです。

このようなリスクファクターは、一つの経済、あるいは複数の経済ということでもありますし、為替レートを入れる場合もあります。また、このようなリスクファクターは、シミュレーションの中に、やはり入れ込んで見ていくわけです。

シナリオ生成経済モデルの構造



» ディスカウントファクター

» 資産リターン

» 経済変数

– イールドカーブ

– インフレ指数

– 為替レート

– その他多数...

名目金利モデリングは、この手法のロバスト性に重要

MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 37

ただ、このような最も重要なものは、名目の金利モデル、名目の短期金利が非常に重要です。特にディスカウントファクター、割引ファクターがどうなっているかということがあります。

多くの人が、このようなモデルアプローチを取るときに、ツリー・プライシング・モデルを使うということで、それぞれのモデルコンポーネントごとに独自のものを使うわけですが、ただ、明確なメカニズムとして、この期待リターン、あるいは、どのようなモデルを、資産などを見ても、リスク中立になっているかどうかということを確認することが重要であります。ですから、慎重に選んでいかなければなりません。特に名目金利モデルに関しましては、慎重な選択が求められるということになります。

MC評価のイントロダクション: 確率金利モデル

では、次に、名目金利モデルにつきまして、これを、どのようにカリブレーションしていったらいいの

かということを見ていきたいと思います。

市場整合的金利モデリング: イントロダクション

- » 市場整合的(MC)モデリングの目的: リスク中立手法を用いて、負債価値の最良推計を計算すること。
- » 関連する金融商品の入手可能な市場価格と可能な限り厳密に一致するようにモデルをキャリブレーションすることが重要。
 - 「関連する」市場金融商品は、評価される負債と同様の特性を有しなければならない。
 - アット・ザ・マネー(ATM)とアウェイ・フロム・ザ・マネー(AFTM)スワップションが一般的に用いられる。

Swap Maturity \ Swap Strike	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30
1	35%	30%	27%	25%	23%	22%	21%	20%	19%	18%	18%	18%	18%	18%
2	30%	27%	25%	23%	22%	21%	20%	19%	18%	18%	18%	18%	18%	18%
3	27%	25%	23%	22%	21%	20%	19%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%
4	25%	23%	22%	21%	20%	19%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%
5	23%	22%	21%	20%	19%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%
6	22%	21%	20%	19%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%
7	21%	20%	19%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%
8	20%	19%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%
9	19%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%
10	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%
15	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%
20	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%
25	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%
30	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%

MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 39

名目の金利ですけれども、これも市場整合的な金利モデルを選ばなくてはなりません。つまり、それぞれのバリエーション、資産に関連のあるものでなくてはなりません。ですから、モデルといたしましても、債券、あるいはスワップを複製できるものでなくてはならない。それも正確に複製できなくてはならない。そして、モデルとしまして、なるだけ簡潔なものが必要なわけです。

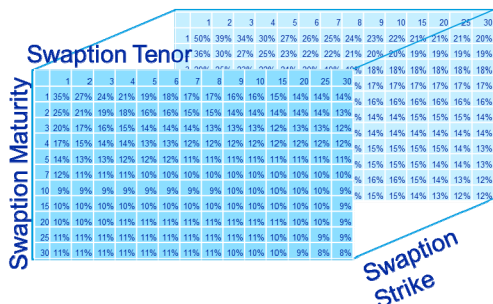
ということで、それに加えて、金利のボラティリティ、上下変動が分からなくてはなりません。スワップションなどを見ますと、市場の情報としまして、それを基にパラメータ化することにより使えるということなわけです。

ご覧いただいておりますものは、スワップションキューブであります。そうしますと、様々なスワップションの市場の動きが見られるわけです。当然、満期があります。満期オプションが期限を迎えますと、当然、満期があるわけです。また、様々なオプションの価格もあると思います。ですから、3次元で市場価格を様々な側面から見て、パラメータ化することができるわけです。

それで、このようにカリブレーションいたしますと、時として、単に、立体でなく、その立体のスライスを見ることもあるわけです。例えばアット・ザ・マネーだけ、あるいは、特定の満期時だけというような形で見るわけですが、そうではなく、全てを見ていくことが必要であります。

市場整合的金利モデリング: イントロダクション

- » 市場整合的(MC)モデリングの目的: リスク中立手法を用いて、負債価値の最良推計を計算すること。
- » 関連する金融商品の入手可能な市場価格と可能な限り厳密に一致するようにモデルをキャリブレーションすることが重要。
 - 「関連する」市場金融商品は、評価される負債と同様の特性を有しなければならない。
 - アット・ザ・マネー(ATM) とアウェイ・フロム・ザ・マネー(AFTM)スワップションが一般的に用いられる。



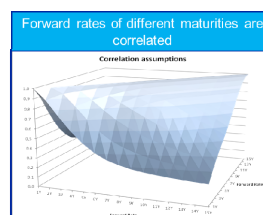
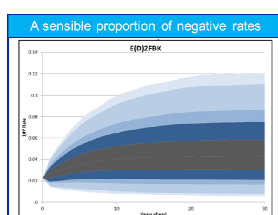
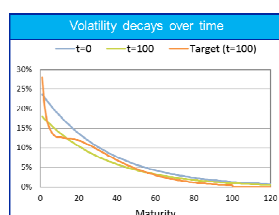
- » 当初の名目イールドカーブは正確に適合しなければならない。
- » モデルは、理想的には理解が容易でなければならない。
- » モデルはキャリブレーションを迅速に行えなければならない(自動化されていると有利)
- » モデルのアウトプットは、下流のALMシステムと互換性がなければならない。(すなわち、極めて高い金利は問題となる可能性がある)
- » MC評価に用いられるモデルは、アービトラージフリーでなければならない。
- » モデルは計算効率が優れていなければならない。

では、キャリブレーションでありますけれども、様々なことを保険会社としまして見ていくということになります。市場データは重要であります。それから、当初のイールドカーブ。それから、例えば、債券、スワップションの価格も重要ですけども、理想的にはモデルとして理解できるもの、そしてコミュニケーションできるもの、モデルとしまして簡単にキャリブレーションできるものといったものが重要であります。それから、モデルのアウトプットとしまして、下流のALMシステムと互換性がなくてはなりません。ですから、使いやすいものでなくてはならないということになるわけです。

ご覧のように、様々な演算能力が必要であります。ただ、モデルとしまして、迅速に分散して、様々な演算システムに分散ができれば、非常に利点大きいということにもなります。

市場整合的金利モデリング: イントロダクション

- » 保険負債は複雑で、経路依存のオプションや保証が含まれる場合がある。そのため、モデルは下記をモデル化する能力を持ち、現実的なダイナミクスを示すことが理想的である。
 - イールドカーブ上の異なる点と点の間の現実的な相関構造(シフト、傾斜、およびツイストが示せることが理想的)
 - 金利の平均回帰(経験的に観察された定型化された事実)
 - 金利および満期別のボラティリティの期間構造(これはATM スワップションサーフェスの捕捉にも役立つ)
 - 時間的に変化する、理想的には確率的な、ボラティリティのモデル化(これはATFM スワップションサーフェスの捕捉にも役立つ)
 - 金利水準とボラティリティの合理的な関係(「分散の弾力性」とも呼ばれる)
 - 理想的には、金利分布における極めて低いマイナスの/高い金利の割合を最小限に抑制



次に、モデルの選択ということで考えてみます。様々な、定型化された事実がありまして、重要なところを考えなくてはなりません。どのような金利の特質があるのか。例えばモデルを選ぶ際に、そのような配慮が必要です。これを一部挙げてみました。通常考えているもの定型化された事実ということで挙げてみましたけれども、やはり、確実に見ていくものはイールドカーブ、金利の点です。イールドカーブのどこにあるかということによりまして、現実的な相関関係が違います。これによりまして、シフトが起こったり、傾斜が起こったり、要はツイストが示されるということが理想的であります。

また、資産と負債が、デュレーションも異なりますし、期間も違います。このような様々なミスマッチなども測られることが重要です。一般的に見まして、金利は平均回帰するということになります。金利は、特に、平均的には、観察された、定型された事実でありますので平均回帰します。また、スワップションの価格のボラティリティも、期間によって変わります。それによりまして、バリュエーションの評価のデータも変わります。

また、ボラティリティと、当然、金利の満期によりまして、関係は異なってきます。金利の水準が変わってくるということになりますと、金利のボラティリティも変わってきます。特に金利が高い国におきましては、よりボラティリティが高くなるということになります。また、経済によりましては、金利が低いということになりますと、ボラティリティは低くなるわけです。ただ、金利が低く、ゼロ金利であったとしても、ボラティリティはゼロにはなりません。

ですから、このようなスタイルファクターというものを考慮して、モデルを選ぶことが重要です。ですから、モデルを選んで、このような金利のダイナミクスを捕捉できるかどうかということが、モデルを選ぶ上で重要だということになるわけです。

リスク中立性と市場整合性のテスト

リスク中立性のテスト:

- » モデル化された資産リターンはリスクフリーレートで推移するか？
資産マルチンゲールテストを用いてテスト。
- » モデル化されたリスクフリーレートは、当初モデル化されたイールドカーブと整合的か？
ゼロクーポン債マルチンゲールテストを用いてテスト。

The chart, titled 'Asset Martingale Test - Price', plots four data series over 35 periods. The y-axis ranges from 0.8 to 1.1. The 'Expected' series is a constant horizontal line at 1.0. The 'Estimated' series fluctuates around 1.0. The '2.5th Percentile' series starts at 1.0 and trends downwards, reaching approximately 0.85 by period 35. The '97.5th Percentile' series starts at 1.0 and trends upwards, reaching approximately 1.1 by period 35.

MOODY'S ANALYTICS
生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 42

では、このようなスタイルに加えまして、二つの定量的なことを見ていかななくてはならない点があります。ご覧いただいているものが、この2点であります。

まずは、リスク中立性のテストということになります。これは非常に重要なテストでありまして、非常に幅広く、全ての資産クラスで使えるかどうか、そして、想定、シミュレーションで扱っている資産全部

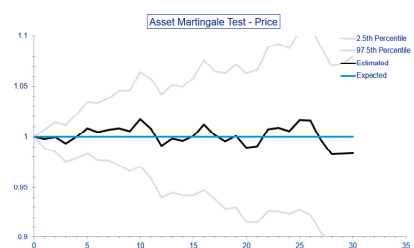
にカバーできるかどうか、ということが確認できます。リスク中立をテストするためには、資産リターンが平均としてリスクフリー・レートで推移するかどうかというところを確認するわけです。

右側の図を、ご覧ください。これが、マーチンゲールテストであります。マーチンゲールテストを使いましてテストをいたします。平均といたしまして、割引率がリスクフリー・レートで推移するかどうかということを見ていくわけです。黒が確率で想定されたものであります。青い線が目標です。灰色のところ、それぞれの推定であります。このような確率テストを行うことによりまして、確率的にモデルがリスク中立になっているかどうかというところを、確認し、そして、リスク中立度があるということであれば、質が高いということが言えるわけです。

リスク中立性と市場整合性のテスト

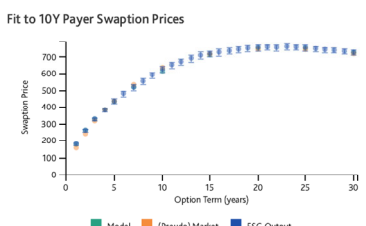
リスク中立性のテスト:

- » モデル化された資産リターンはリスクフリーレートで推移するか？
資産マルチンゲールテストを用いてテスト。
- » モデル化されたリスクフリーレートは、当初モデル化されたイールドカーブと整合的か？
ゼロクーポン債マルチンゲールテストを用いてテスト。



市場整合性テスト:

- » 確率シナリオを用いて計算されるバニラ・オプションの価格は、足元の市場価格と一致するか？
オプション分析テストを用いてテスト。
- » リスクドライバーモデルは、足元の市況に合わせて初期化されるか(例: 当初のイールドカーブおよび足元の社債スプレッド)?
モデルのキャリブレーション・プロセスで確保。



正確な負債評価に用いられるシミュレーションは、一般的にはリスク中立的と市場整合的の両方である。

MOODY'S ANALYTICS 生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 43

それから、2番目として確認できるものは市場整合性であります。これは、直接シナリオのデータと市場価格とを比較いたしまして、カリブレーションを行うということになります。このときには、一つのスワップションの立方体のスライスを見ていくということになります。様々なテナーのところ、様々な行使価格のところ、様々な満期のところに見ていきます。そして、そのスワップションの計算値が直接シナリオから取ったものと、市場価格を比較するということになるわけです。カリブレーションがうまくいくかどうか、モデルがうまく価格と合っているかどうかということで、負債の推定が、金利の動きに、また、金利のダイナミクスに対して、市場価格に関しまして一貫性があるかどうか、整合性があるかどうか、というところが確認できるわけであります。

では、二つほど重要な測定値があります。やはり、非常に、それぞれ計算するとき、いろいろと変動があります。ですから、二つのチャートだけでなく、様々なシナリオにおきまして、非常に数多くのシナリオを持ってチャートを用意するということになるわけであります。

モデルの比較: 金利へのフォーカス

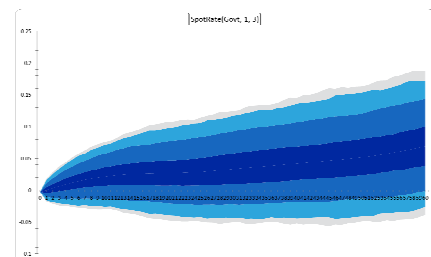
では、次に、モデルの比較ということで、特に金利に焦点を当てて見ていきたいと思います。リスクの中立性、それから市場整合性ということで、モデルのパフォーマンスを見ていけたらと思っております。

MC金利モデルの比較:「1ファクター・ハルホワイト」モデル

1ファクター・ハルホワイト・モデルは、当初のイールドカーブを評価できる最も単純な教科書的金利モデルである。

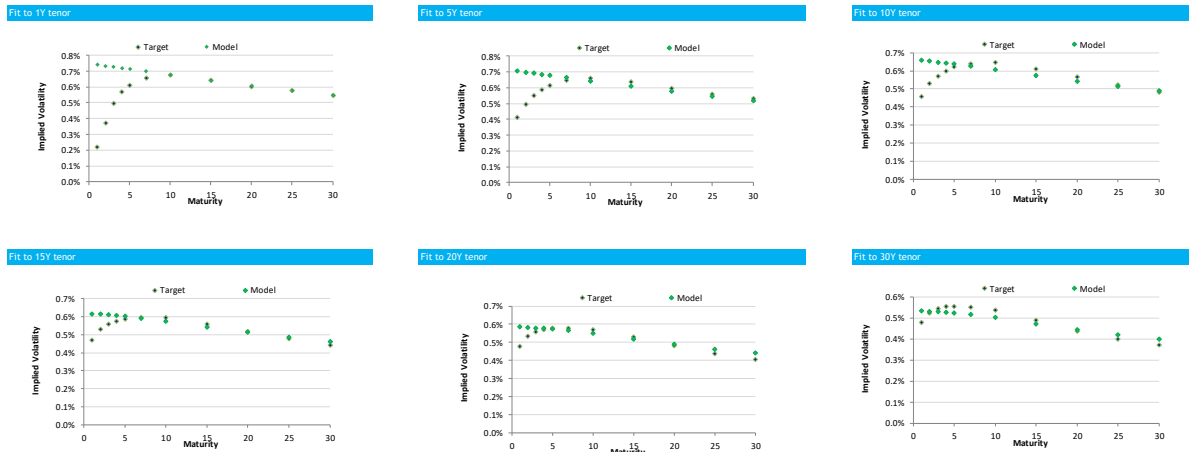
主な特徴:

- » 当初のイールドカーブに正確にフィット
- » ボラティリティ・サーフェスにフィットさせるための2つのパラメータ
- » 正規分布した金利(マイナス金利の割合が高くなる可能性あり)
- » ATMスワップションIVへのフィットは、一般的にかなり劣る。
- » AFTM市場IVは捕捉できない(正規IVは、行使価格に伴う変化がない)。
- » 現実的な相関またはボラティリティ・ダイナミクスを示さない。



最初に、比較的単純なモデルを見ていきます。1ファクター・ハルホワイト・モデルであります。これは金利モデルの比較でありまして、幾つかのパラメータがございますけれども、スワップションの表面に合うようになっています。かなり柔軟性があります。当初のイールドカーブに正確にフィットします。ただ、パラメータは二つしかありませんので、ボラティリティ・サーフェスにフィットさせるためのパラメータは二つに限定されます。それから、このモデルに出てくる金利につきましては正規分布であります。ですから、モデルでは、十分な変動金利等に関しましては対応があまりできないということになります。

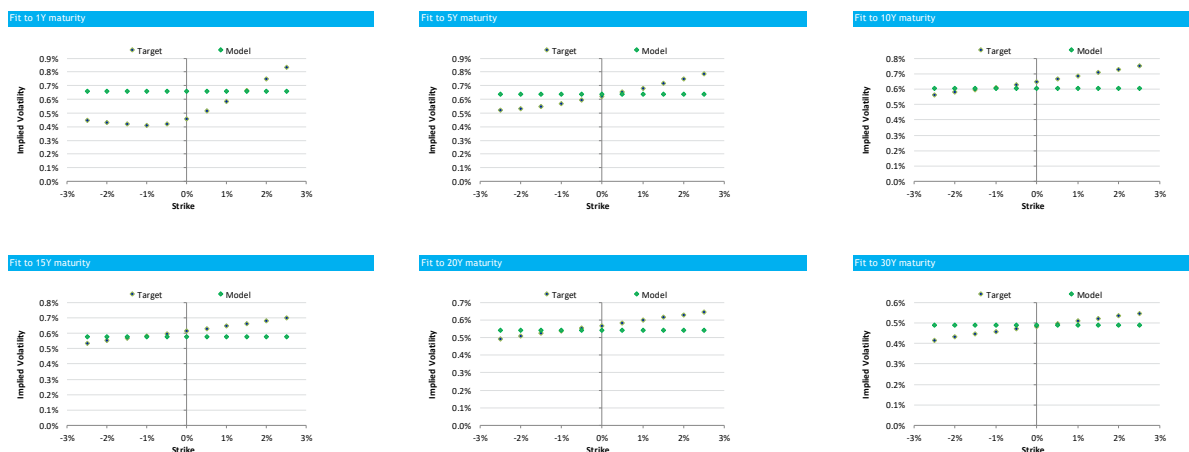
MC金利モデルの比較:「1-ファクター・ハルホワイト」モデル



» ATM スワップション IV サーフェスの曲率を捕捉できない。

この市場へのフィット性を見ますと、このチャートを見ていきますと、幾つかのスライス、スワップションキューブのスライスを見えています。アット・ザ・マネーの行使価格のところ、それが6個ありますけれども、それぞれスワップションの様々なサーフェス、市場価格のところで見てみます。Y軸がボラティリティです。X軸の方が、満期であります。ご覧のように、モデルといたしましては、平均レベルとしまして様々なスワップションキューブで捕捉できますけれども、ただ、角度、カーブまで、曲率が捕捉できないということになります。

MC金利モデルの比較:「1-ファクター・ハルホワイト」モデル

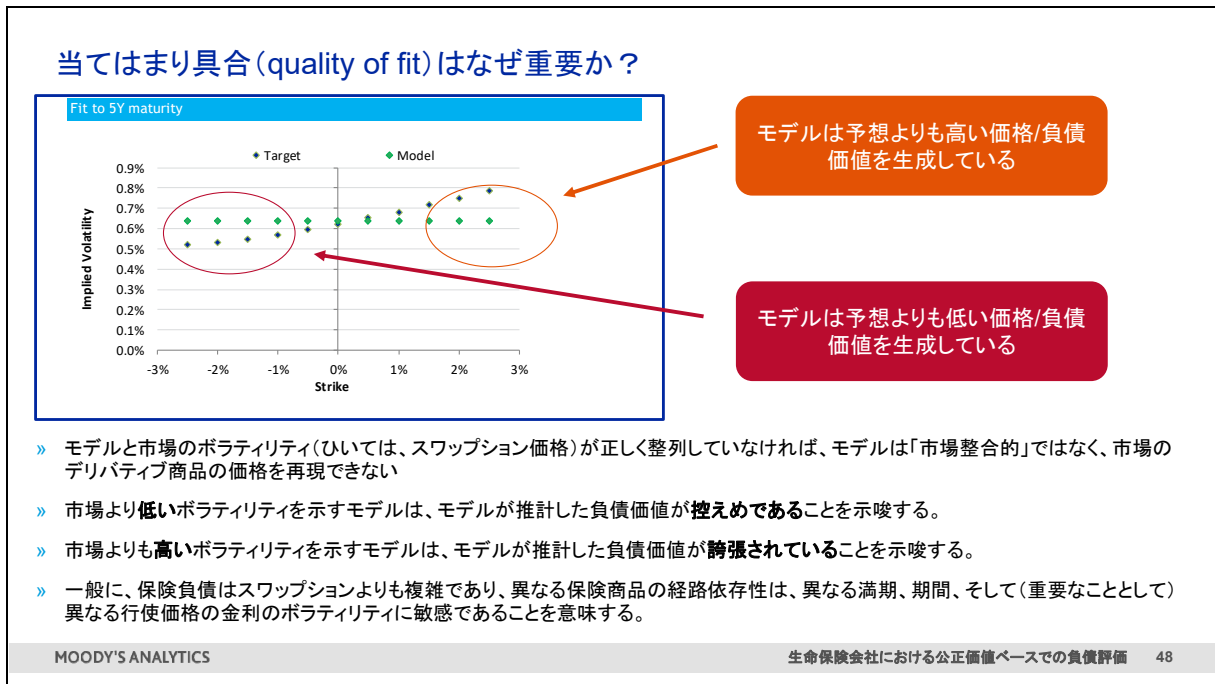


» AFTMスワップション IV サーフェスの傾斜または曲率を捕捉できない。モデルのバシュリエ IV サーフェスはフラット。

では、続けていきます。更にアウェイ・フロム・ザ・マネーの行使価格の側面、これはスワップションのサーフェスのところですが、そこを見てきますと、少し様相が違ってきています。同じチャート

を見ていますけれども、これはX軸で行使価格です。緑のドットはモデルで、青がマーケットデータです。

マーケットデータは、典型的なボラティリティを示しています。これは、いろいろな行使価格にまたがって、モデルは、基本的にはフラットです。特にマーケットに見られるような特徴を捉えていません。ボラティリティがモデル、マーケットデータより高いときには、これは、私たちが過剰評価してしまうリスクであるわけです。そして、市場よりもボラティリティが低い場合には、負債価値が控え目になるということです。そして、保険契約の負債は唯一の価値が存在するわけではありません。これは、商品の性質によって、いろいろなところにありますし、経路依存性も異なっているということで、かなり複雑になってきます。



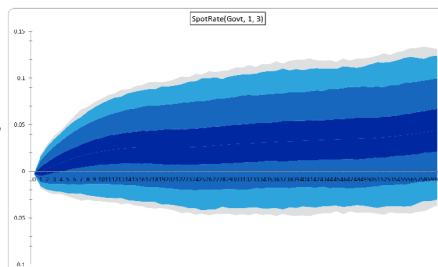
ですから、これを意識しているということが重要です。このサーフェスを正確にフィットしていない場合には、そのような要素があるということを見て、考えていかなければなりません。

MC金利モデルの比較:「2ファクター・ハルホワイト」モデル

2ファクター・ハルホワイト・モデルはさらなる複雑性をもたらす: 市場IV(より多くのパラメータ)を捕捉する自由度が高い

主な特徴:

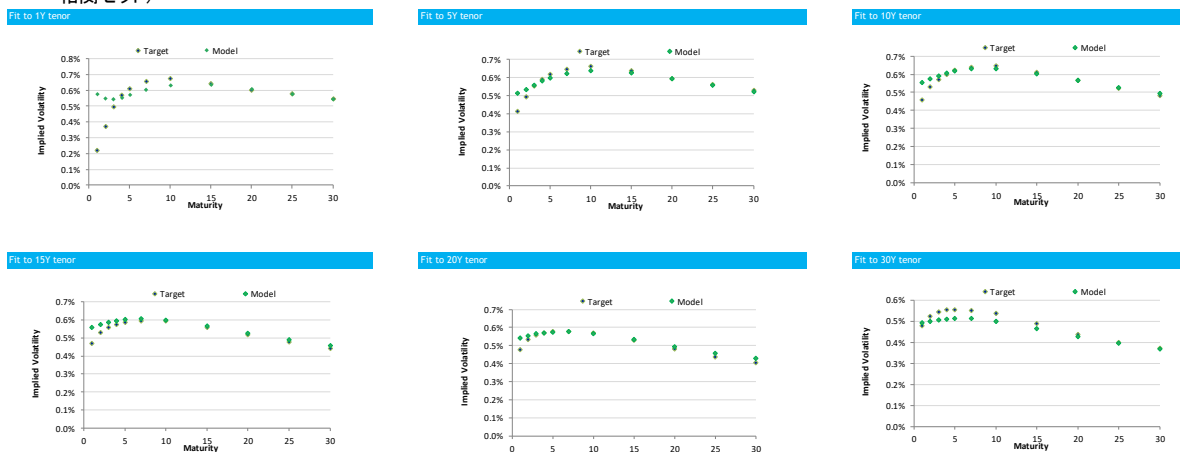
- » 当初カーブに正確にフィット
- » ボラティリティ・サーフェスにフィットさせるための5つまでのパラメータ
- » 正規分布金利(マイナス金利の割合が高くなる可能性がある)。
- » AFTM市場IVは捕捉されない(正規IVは行使価格に伴う変化がない)。
- » ボラティリティのダイナミクスは現実的ではない(時間によって変化しないまたは満期依存ではない)。
- » イールドカーブ上の点と点の相関が不完全(1F HWよりは良好)。
- » ATMスワップションIVへのフィットは、1ファクター HWモデルよりは優れている。



これは、もう一つ、今説明していたこと、バリュエーションしたときに、なぜ、再現できないのかということを示しています。それで、1ファクターの延長であります、もう一つの確率論モデルがありまして、これは2ファクター・ハルホワイト・モデル、非常に面白いモデルですけれども。これはイールドカーブを正確にフィットしていますが、より多くのパラメータをフィットさせるために使うことができます。このボラティリティ・サーフェスにフィットさせるために、五つまでのパラメータを使います。

MC金利モデルの比較:「2ファクター・ハルホワイト」モデル

- » 4つのパラメータをすべてサーフェス全体にフィットさせることで、ATMサーフェスの曲率を捕捉できる(RWで導出された値に対する相関セット)

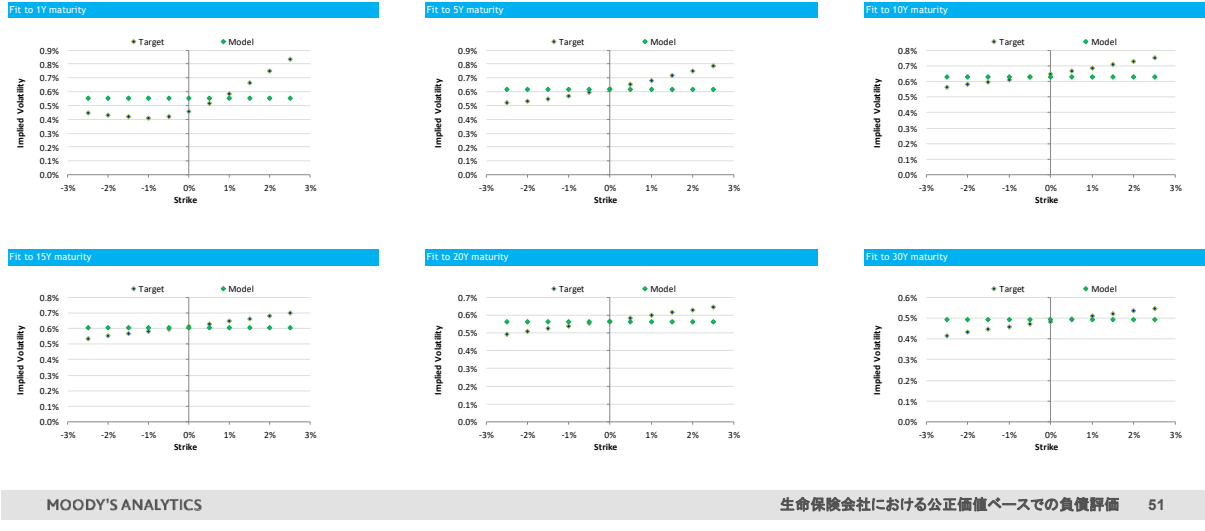


それからショートとロングエンドで、それぞれ別々に動きを示すことができます。それから、1ファクターと同様に、これは正規分布のモデルです。ですから、似たような特徴が見られると思います。アット・ザ・マネーのところで見えていきますと、非常にいいフィットがあることがお分かりいただけます。それか

ら、AFTMサーフェスの曲率は、1ファクターに比べると捕捉は改善されています。

MC金利モデルの比較:「2ファクター・ハルホワイト」モデル

» AFTMスワップションIVサーフェスの傾斜または曲率を捕捉することができない。

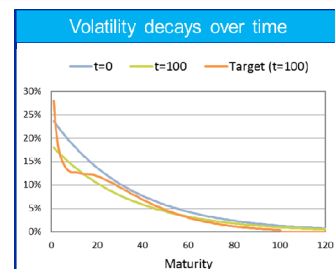
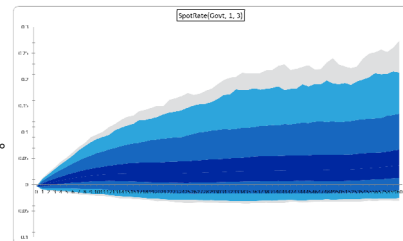


これは四つのパラメータを使って、サーフェスへのフィットを改善しています。そして、ボラティリティは引き続きフラットですし、このマーケットデータの全て、曲率を捕捉することはできていません。これは、AFTMの場合です。

MC金利モデルの比較:「LMM+」モデル

主な特徴:

- » 当初のイールドカーブに正確にフィット
- » 個々のフォワードレートモデル(カーブ全体のリッチダイナミクス)
- » ボラティリティ・サーフェスにフィットさせるための約10以上のパラメータ
- » ATMおよびAFTMスワップションIVへのフィットが非常に優れている(正確性の高いMC評価)。
- » ボラティリティの補外(およびその結果として、負債価値)をコントロール
- » 多くの短期金利モデルより現実的なモデリング機能:
 - 確率的ボラティリティ(AFTM市場IVの捕捉を支援)。
 - 満期依存のボラティリティ・モデリング(ATMおよびAFTM IVに対するフィットを支援)。
 - イールドカーブ内の相関は、現実的にモデル化可能。
- » 変位パラメータは、下記を実現:
 - マイナス金利のモデル化
 - 分布の形状がコントロールされる(すなわち、爆発的な金利上昇と極端なマイナス金利のバランスを実現することができる)。
 - 金利水準およびボラティリティ間の関係がコントロールされる



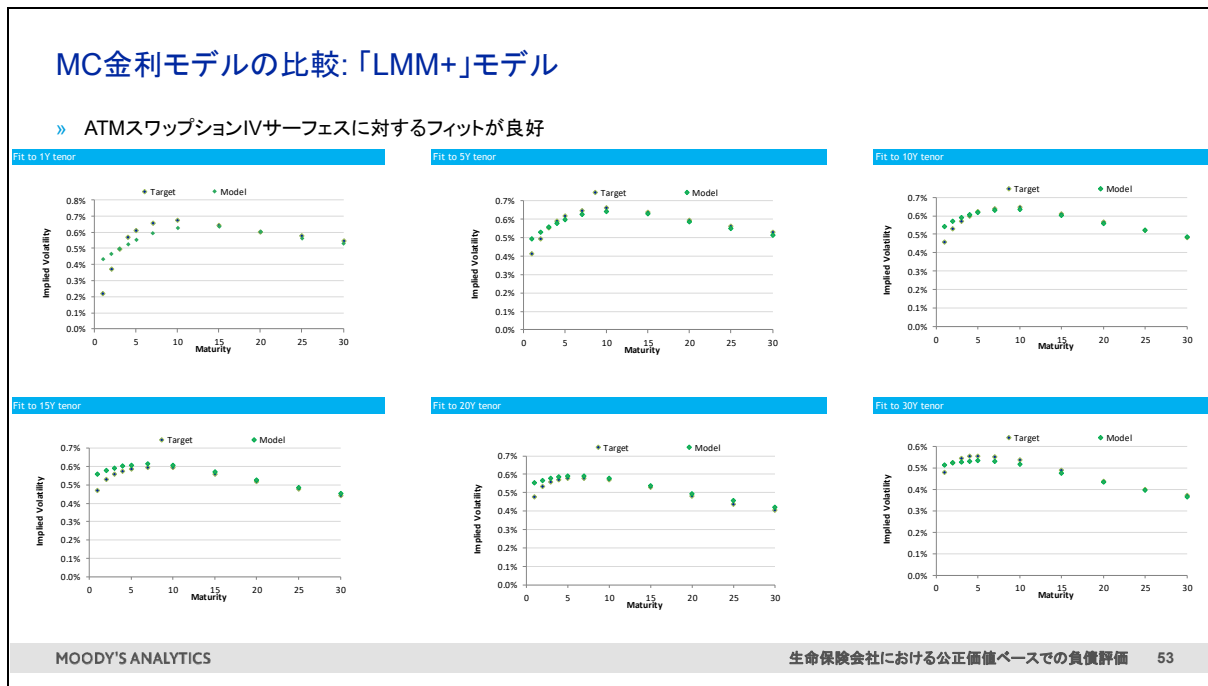
MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 52

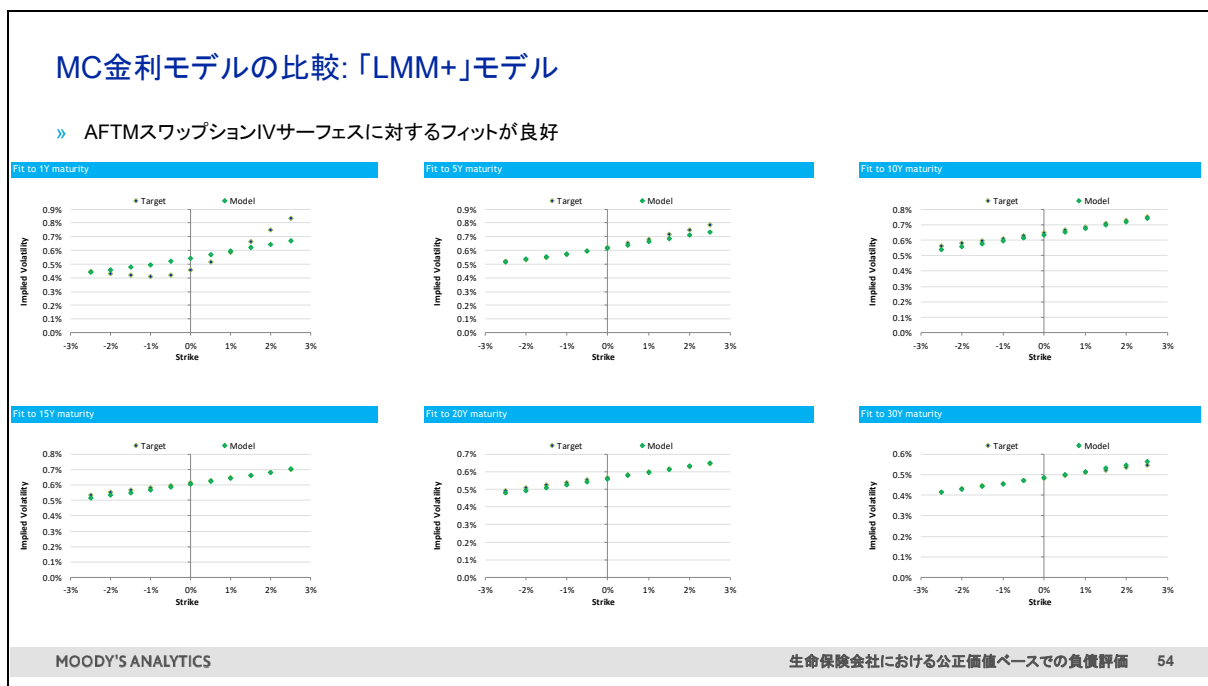
ということで、より質の高いフィットを目指す人にとっては、ショートではなくて、フォワードレートモデルを使うことが多いと思います。LIBORマーケット・モデルプラス、LMM+の方が、人気が高まってきています。このモデルは、先ほど見ていた1や2ファクターのハルホワイトよりも多くのパラメータが使われています。約10以上のパラメータをフィットさせるために使っています。それから、より

現実的な、ダイナミックな要素も入れています。

そして、ボラティリティは一定ではありません。これは、確率論的にはそうになっていますし、この変位ファクターというものがあります。ですから、金利が今のボラティリティが高いようなところには、そのようなものがモデル化することができますということで、このような現実的なダイナミック、そして、マーケットのデータを反映することができるモデルとなっています。



それで、どのようなところでフィットができるかということを見ていきますと、ここには、ATMスワップションIVのサーフェスに対してフィットが非常に良好だということが分かります。テナーを見ても非常にいいと思いますし、マーケットデータとも一致しています。



アウェイ・フロム・ザ・マネーのところを見ていきますと、これは行使価格で見えていますけれども、フィットが良好だということが分かります。テナーも、非常に正確にマーケットを捕捉しています。スワップションのサーフェスが非常によく捕捉されています。

ということで、ハイ・パフォーマンスなモデル、そして、マーケットデータにしっかり合ったものを探している人にとっては、そして十分なパラメータを持っているということであれば、このモデルが選考されています。

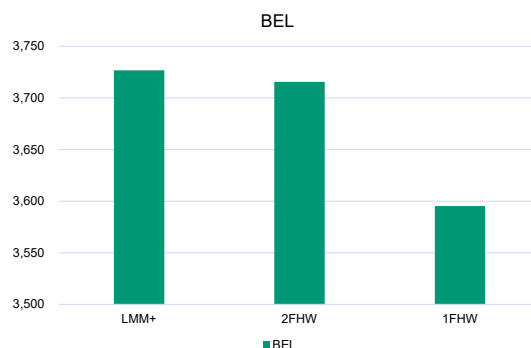
MC金利モデルの比較: まとめ			
1F HW	2F HW	LMM+	
✓	✓	✓	» 理解が容易 / 直観的な経済解釈
✓	✓	✓	» 迅速なキャリブレーション、MAの自動化モジュールで簡単に自動化
✓	✓	✓	» 当初のイールドカーブに正確にフィット
✓	✓	✓	» アービトラージフリー
✓	✓	✓	» 計算効率が良い
✓	✓	✓	» マイナス金利の確率
x	✓	✓	» ATM市場IVサーフェスの捕捉
x	x	✓	» AFTM IVサーフェスの捕捉
x	x	✓	» 確率的ボラティリティ
x	x	✓	» 満期依存のボラティリティのモデリング
x	x	✓	» 異なる満期の金利間の現実的な相関
x	x	✓	» ボラティリティの補外(およびその結果として、負債価値)のコントロール

ということで、こちらにまとめてみました。モデルを選択するときに、どのようなところを見ていただくかということで、少し比較してみました。このモデルは、要素はこれだけではありません。他にも様々なモデルのバリエーションがありますので、使っていただけるものがあると思いますが、これが、大きく三つのモデルそれぞれ、シンプルなものから複雑なもので比較しています。

簡単に、どれも迅速なキャリブレーションができる、自動化されたモジュールがあるということ、それから、イールドカーブに対しても非常に正確にフィットしている。しかし、LMM+を見ていきますと、例えばAFTMサーフェスの捕捉ができる、それから、ボラティリティのモデルにもできる、そして、非常に現実的な相関が、金利間で見られるということが出来ます。これは、異なる満期の金利間の現実的な相関ということです。

これは日本の保険負債にとって何を意味するか？

例：LMM+、2FHW、1FHW三つのモデルにて生成されたシナリオで計算された国内保証付き保険商品の最良推計負債(BEL)比較



LMM+の方がより正確な負債価値を捕捉できる

では、これは、保険の負債について、どのような意味をもたらすのかということ、バリデーションで見るといいですけども、実務上どうなるのかということ、ここを見ていただきますと、この三つのモデルで、保証付きの保険商品でBELを比較したものになります。

ということで、これは先ほど申し上げた冒頭の配当付き保証付きの保険商品に比較した場合です。左側が、最も低い負債評価になっています。ですから、LMM+が一番高いということですね。ですから、保守的なカリブレーションモデルということは、LMM+の方が高い評価が出ていることです。もし、いろいろなモデルから推計を得るという場合には、このような結果になるということを見ていただきたいと思います。

ということで、モデルのご紹介は以上になります。

業界における実務

次に、Will Halley からは、業界におけます実務ということで、様々な課題や、私たちの経験について、共有させていただければと思います。

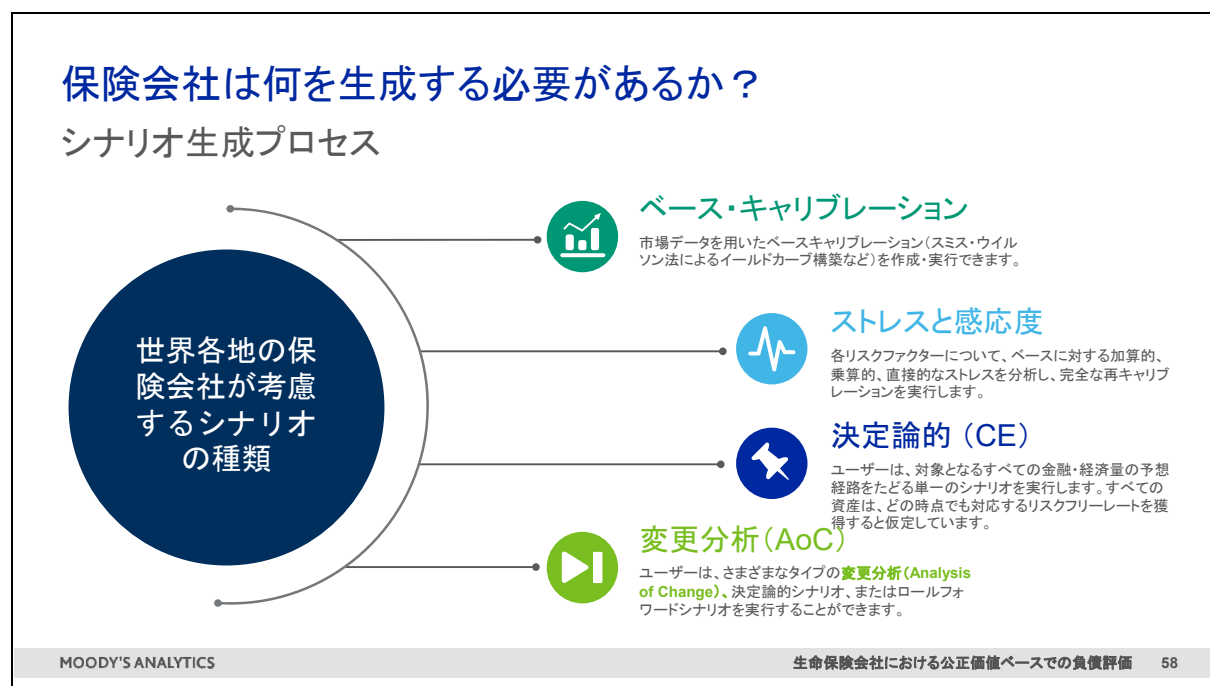
Will Halley Jack、ご紹介ありがとうございました。Jack が言ったように、では、私からは、実務的な課題、見解について、お話ししたいと思います。

欧州の保険会社とも取り組みを行っておりますし、このICSのようなソルベンシーの資本規制においても、他の地域でも取り組み始めていますので、ご紹介できればと思います。

この要件というものは、見た目は少し違うかもしれませんが、この公正市場の評価の概念、中核は非常に類似しています。ということで、日本の保険会社の皆様にも、他の市場の経験を活用することができるのではないかと考えています。

保険会社は何を生成する必要があるか？

シナリオ生成プロセス



では、Jack は既に、これに関する理論について説明してくれましたので、私の方からは、保険会社は、まず、実務上、実際にどのようなものを生成しなければいけないのか、そして、このようなストレス関連の資本要件の計算をすればいいのかということ、これは幾つかの要件があります。

まずは、ベース・ケース・シナリオです。まず、今の市場のポジションを理解する必要があります。今のバランスシートの状態を理解し、そして、それに関連して幾つかのシナリオのキャリブレーションをし、バランスシートの評価を行います。その後、次に、ストレスとの相関を考える上では、ストレスや相関、それから感応度などを考えなければいけません。まずベースケースを取って、それにストレスを掛けて、そして、様々な、必要なストレスについては、また話はあると思いますけれども、これは、例えば五つから六つぐらいのシナリオを実行します。

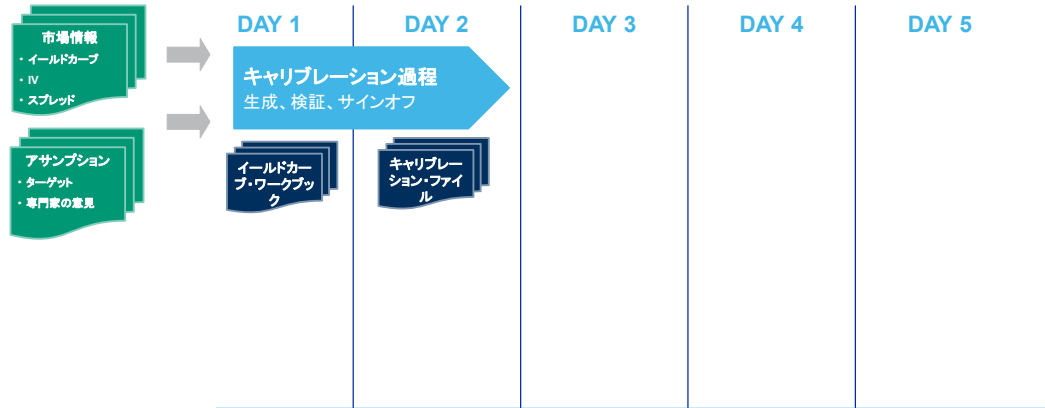
それで、もし、その後、オプションの価値を確立したい、振り分けたいということになった場合、また、決定論的なCE (certainty equivalent、確実性等価) を行う必要があります。つまり、モデルでビジネスを評価する。これは、確率シナリオと同じように評価をする必要があるわけです。ただ、これは決定論的であり、ボラティリティやバリエーションのようなものではありません。ですから、オプションの価格としましてはゼロになるわけです。

ですから、その確率的なシナリオと決定的なものを比較いたしまして、そのオプションの価値を導くことができるわけです。それで、この変化の分析も見ていくということになります。

それから、最後に、これはオプションでありますけれども、特にシニアのステークホルダーの場合、何か資本要件が変わった、四半期ごとに変わった、あるいは報告義務といたしまして変更した場合には、変更分析も行います。様々な一連の追加のキャリブレーションを行いまして、分析を行って変更分析をする必要があるわけです。変更によってどのようなものが生じるのか、といった変更分析を行うことができるわけです。

実際の作業スケジュール

高度なモデルとキャリブレーションサービスと共に自動化ソフトを用いることで、シナリオ生成の作業時間を大幅に削減



MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 59

では、実際の作業スケジュールはどうか、ということをご覧いただきたいと思います。Jackの方からもありましたとおり、実際のメソドロジーと一緒に、ベース・カリブレーション、ベースシナリオ、カリブレーション・サービスを行うわけですが、これを数日かけてシナリオを作っていくという、シナリオ生成の作業時間が必要であります。典型的には、かなり短期間で必要なシナリオを作成していきます。全体の報告業務を、やはり短期間で行う必要があるわけです。

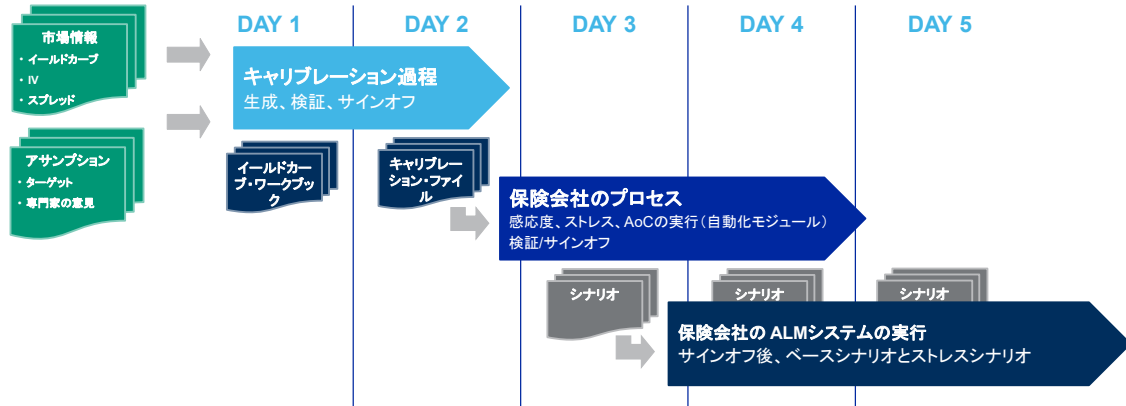
ただ、ここでは、かなり焦点を当てるべき領域があります。といいますのは、これは第1ステップとして、モデルを、特に負債に対しまして行わなくてはなりません。ですから、なるべく早くシナリオを作成しないと、残りのプロセスが始まらない。そちらの分析の方が時間がかかりますので、このシナリオ生成のところで時間が節約、短縮できれば、後の分析のところに時間的な余裕もできるわけです。やはり、分析して、解釈をして、そして報告をするというところで、少し余裕が出てきます。

典型的な作業スケジュールを、ご覧ください。市場が当然月末で締めたときに、市場データを取ってきます。当然、クリーニングをいたします。アノマリーなどがありますので、そのようなものをクリーニングする必要があるわけです。

それから、もう一つ、シナリオへのインプットといたしまして、観察できないアサンプションといった前提があります。長期的な前提、金利がどうなるのかといった長期的なアサンプション、長期的なボラティリティが何なのかといったところも、インプットとして出てきます。典型的に長期的なものに関しましては、毎日変わるというものではありません。ですから、もう少し早めて入れることができるということで、時間的なプレッシャーは、あまりないということになります。

実際の作業スケジュール

高度なモデルとキャリブレーションサービスと共に自動化ソフトを用いることで、シナリオ生成の作業時間を大幅に削減



MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 60

では、数日かけまして基本的なカリブレーションを行います。そこで、カリブレーション作業を開始するということになるわけです。ベースとなるカリブレーションが終わった段階で、次に行うこととしては、ベースシナリオを走らせます。そして、それをモデルにして処理をするということなわけです。それから、ベースシナリオを基に、またストレスを適用させまして、ストレス感応度といったものを見ていくということになります。

繰り返しになりますけれども、このような変更分析を、ここで行ってもいいわけですし、また、プロセスのもう少し終わりの段階で行っても構いません。ただ、シナリオセットが準備できましたら、これによりまして、並行してモデルの処理に入るわけです。

ただ、ここで重要なことは検証ということでありまして、これが重要なステップです。実行後、本番後のところに移るわけですが、やはりバリデーションを行いまして、ドキュメンテーションを行います。そして、更に分析を深めるところはどこなのかということを見まして、それでサインオフをするということになります。

といいますのは、きちんと堅牢でないものでないと、やはり、かなり長期の時間がかかってしまうということがありますので、非常に非系統だったものになってしまいますので、検証とサインオフが必要です。この検証レポートが出てきた、検証プロセスが一旦終わったということになりますと、これは、香港の場合では、今は、このような、まあ、当初でも時間はかかりましたけれども、これに関しましては、時間の経過とともに、より慣れて精練されてくるとは思いますけれど、当初は、この検証のところは、かなり時間をかける必要があると思います。

ICS の標準手法

リスク、定義、および計測手法

保険リスク	市場リスク・ストレス	信用リスク	オペレーショナルリスク
死亡リスク(生保): ストレス	金利リスク: ストレス	信用リスク: 係数	オペレーショナルリスク: 係数
長寿リスク(生保): ストレス	非デフォルト・スプレッド・リスク: ストレス	実際の債務不履行、および債務不履行による遷移リスクやスプレッド・リスクなどを含む、債務不履行になる手前の債務者の信用力の悪化の予期せぬ変化。	内部プロセス、人員、およびシステムが不十分または有効に機能しないこと、または外部事象に起因するものを含むオペレーション上のイベント。オペレーショナルリスクには、法務リスクが含まれるが、戦略リスクと風評リスクは含まれない。
罹患・障害リスク(生保): ストレス	株式リスク: ストレス		
解約・失効リスク(生保): ストレス	不動産リスク: ストレス		
経費リスク(生保): ストレス	為替リスク: ストレス		
保険料リスク(損保): 係数	資産集中リスク: 係数		
支払備金リスク(損保): 係数			
巨大災害(CAT)リスク: CATを除くストレス			

MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 61

では、これを、かなり迅速に行いまして、堅牢な体制を作るわけでありまして。なぜかといいますと、実際にプロダクションのときに、本番稼働で回すということになりますと、やはり、これで報告をしなくてはなりません。規制当局への報告義務があるわけでありまして。数字を報告しなくてはなりません。ただ、これは、かなり大変な、短期的に行わなくてはならない業務になるわけです。

ヨーロッパにおきましても、香港におきましても、また、当然、日本にも導入されるわけですが、ICSスタイルのソルベンシーを計算するということになりまして、やはり、市場リスクに焦点を当てるということになります。市場整合的なオプション、負債の評価をするということになりまして、このリスクファクターが、やはり、大きく変わり、それによって評価も変わってくる影響が大きいからです。

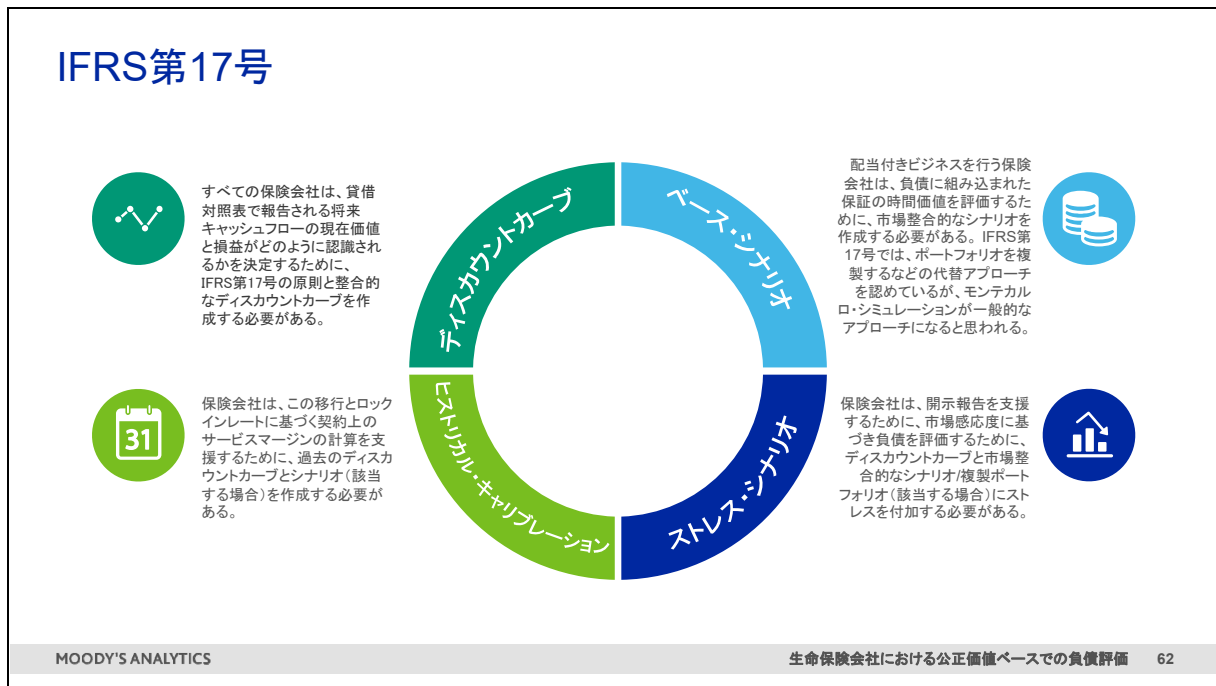
ベースシナリオに加えまして、当然、様々なストレスを与えたシナリオも用意するわけです。ここには五つ挙げましたが、必ずしも全てのカリブレーション、確率モデルのやり直しを、各ストレスに対して行う必要はありません。単に株式リスクだけを行うという場合もあるでしょう。ただ、全ての確率モデルを全てやるという必要はありませんので、やり直しということではなくて、単純に株式リスクだけを見ていくということもできるわけです。

ただ、やはり、ストレスをかける分に関しましては、当然、依存関係があるわけでありまして、そのストレスによりまして、他のモデルに対するケースで依存性もあるわけです。ですから、イールドカーブにストレスをかける、あるいは流動性のプレミアムに関しましてストレスをかける。そうしますと、イールドカーブもかかりますから、だからほとんどのモデルに関しましては、ほとんどの場合に、高度なモデルの場合ですと、やはり、当然、モデルのカリブレーションをし直す、再カリブレーションが必要であり、曲線が変わってきます。そして、サーフェスも変わってくるわけです。

従いまして、それによりましてスワップションやLIBORなどに関しまして、misquotationがないようにしなくてはなりません。ですから、イールドカーブに対しましてストレスをかけるツイストを行います。様々な信用スプレッドなども関わってきます。株式オプションのボラティリティ、あるいは、スワップション・オプションのボラティリティを見たときには、このようなボラティリティ・サーフェスに対

しまして、ストレスをかける必要があります。そうしますと、もう1回、カリブレーションが必要で、もう1回、モデルを走らせる必要があるわけです。

更に五つ、六つのシナリオを行いまして、ソルベンシーを測定していくということです。



また、IFRSの17号に関しましても報告義務がある、あるいは、それを選択するということになりますと、これに関しましても、更にシナリオの生成が必要になってきます。IFRS17号は、やはり公正価値ベースで見えておりますので、同じような作業が必要です。

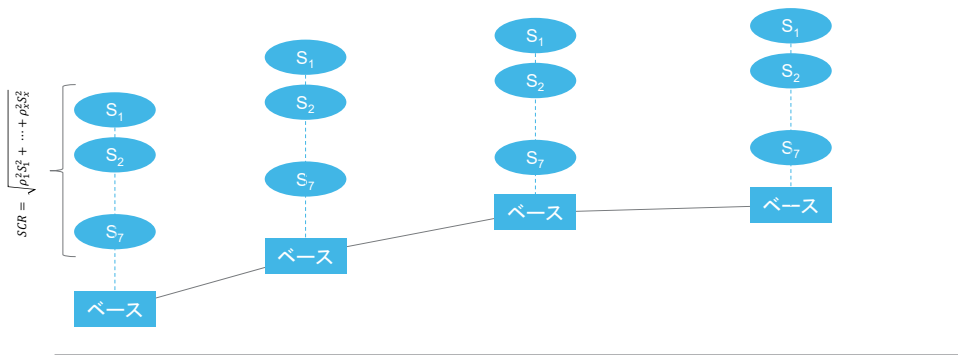
ご覧いただいておりますものは、IFRS17号は非流動性プレミアムを、かなり粒度を高く見ていきます。ですから、流動性プレミアムを、それぞれの事業、それぞれの法人、エンティティごとに見ていく必要があります。ですから、本質的には、このイールドカーブのストレス、カリブレーションの観点から見えていくわけです。ですから、様々な異なったイールドカーブで、ベースカーブに加えまして様々なシナリオを見てくということ、粒度を細かくしていかなくてはなりません。それぞれのシナリオセットを作って見ていく必要があるわけです。そして、評価をしていきます。

そのときに、ストレス感応度を、それぞれのシナリオに与えるということもできます。また、IFRS17号を最初にやるときには、過去の履歴分析を行うこともできます。シナリオを設定し、それぞれの要求に応じて見ることが出来るわけです。

ピラー 2/ORSAの要件は？

ORSAの課題

- » 目的: 1、2、3年間の予測期間で経済ソルベンシーを生成すること
- » ブルートフォース ~ ベース + 7つのストレス x 期間数 -> 約32の確率的実行



MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 63

ORSAの2柱のところですが、極めて関心の高い要件かと思います。香港におきましては、現在、1柱のところはかなり対応できているということで、どのようにして2柱に対応するかというところに議論が移っております。どのようにして予測をして、そのリスクをバランスシートの多くで理解するのか、ソルベンシーレシオをどう理解するのかという、2柱の段階に移ってきております。

幾つかのやり方としまして対応ができます。必ずしも、これに関しましてはフルで、この場合には、ブルートフォースという形で、全てのソルベンシーをポジションとして計算する必要はないわけです。ただ、やはりオプションとして、これは検討できると思います。

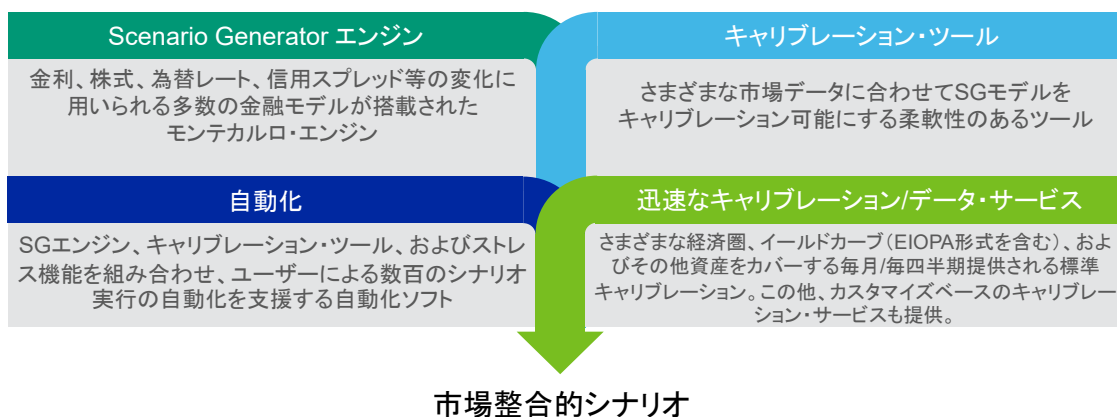
ですから、ここで申し上げていることは、例えばナレーティブ経路があるとビジネス、あるいはソルベンシー・レートが、どのような経路でのパフォーマンスになるのか、経済パスが1、2、3年後にどうなるのかということ、年間のタイムステップでどうなるかということがあるわけです。それをしたときに、ビジネスをゼロからやり直すということになりますと、ベースシナリオが元々あるわけですから、ソルベンシーの値が、そのベースシナリオのときには得られておりますので、可能性としましては、それは、ビジネスを決定論的な経路に基づいてローリングするとしてソルベンシーを見ていくということになります。

ですから、新しい前提に基づきましてベースをやり直すと、その上にストレスを与えたものを見ていくということになります。このような要件に関しましては、それほど時間がかからずに対応できるでしょう。

ただ、繰り返しになりますけれども、様々な議論が今行われておりまして、どのようにこの問題にアプローチしていったらいいのかが検討されております。その他のやり方もありますし、保険会社といたしまして、いろいろなやり方があると思いますので、近似プロキシを使うか、あるいは、より高度なオプションを使うか、といったこともできます。

ただ、様々なことを検討して、やはり追加的なシナリオの要件が出てくるということは当然かと思いません。ORSAのプロセスから追加的なシナリオは、当然、必要になってくるということにはなるでしょう。

保険会社におけるシナリオの生成方法は？



MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 64

では、一つ重要な点としましては、どのようなツールキットが必要かということでもあります。このような必要なシナリオを継続的に作成するには、実際にモデルに使うものである経済シナリオのジェネレーターが必要です。これによりまして、モデルを効率的に処理することができます。

それから、キャリブレーション・ツールも必要です。各モデルごとに初期化して現在の市場に合わせて、ストレスシナリオに合わせてキャリブレーションするといったようなツールが必要です。

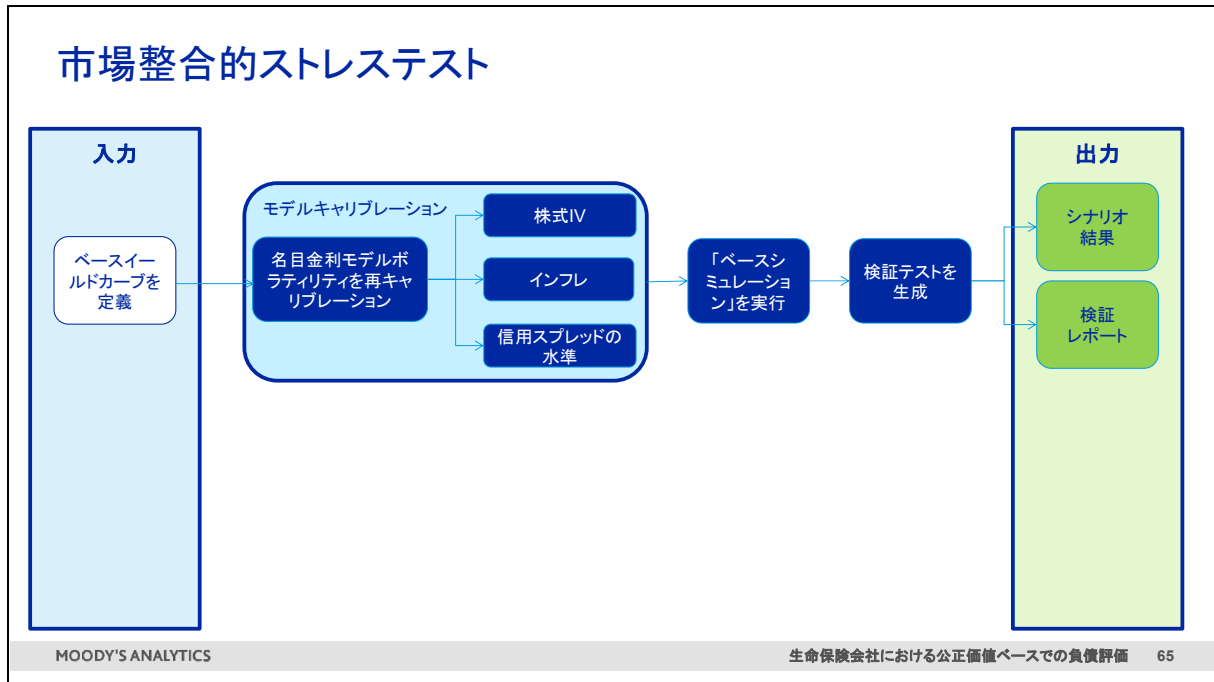
それから、自動化のツールも必要でしょう。各シミュレーションを自動化するというでもあります。キャリブレーションを自動化するということもできると思います。それから、バリデーションのための自動化も必要です。

このようなものが全てあれば、やはり、本番のときのプロダクションタイムも節約できるわけです。必ずしもボタンをクリックするだけということではなくても、完全に自動化するということまで行かなくても、一部、マーケットクローズから、オーバーナイトで夜間に処理するというものでも問題ないと思います。

ただ、そのためには、マニュアルステップがあまりないということでない、真夜中に自動化はできません。やはり、ボタンを押して帰るわけですから、マニュアル作業が短いところに関しましては、夜間プロセス、夜間事項などによります。

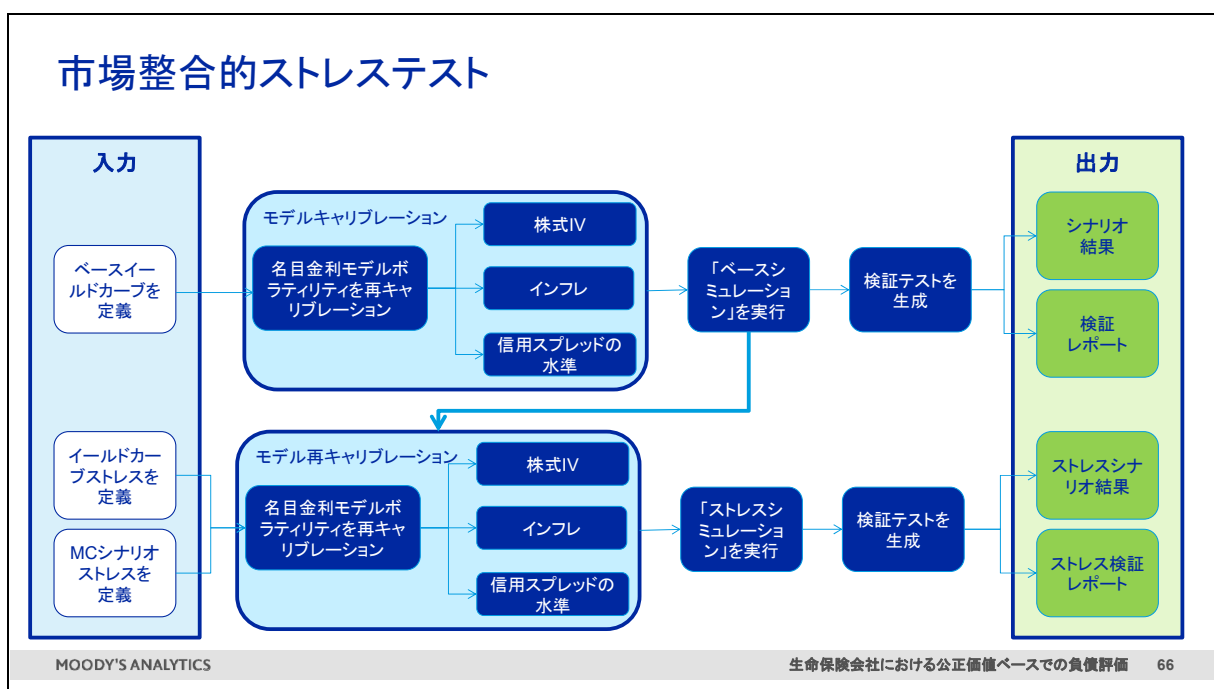
それから、最終的な迅速なキャリブレーション・ツールが必要であります。様々な形でベースのキャリブレーションを行うわけですが、ゼロから標準キャリブレーションを行うことに加えまして、カスタマイズベースのキャリブレーション・サービスといったものも提供されておりますので、そのようなものを検討できます。

また、様々な資産をカバーするような、ある特定の期間ごとの標準キャリブレーション、カスタマイゼーション、キャリブレーションが必要です。これを、通常、組み合わせていくと思います。ですから、標準キャリブレーションのツールの上に、イールドカーブや、それぞれのアサンプションなどに基づきましてカスタマイズして、オーバーレイをするということが、通常行われている方法かと思えます。



では、次に、市場整合的なストレステストについても見ていきたいと思います。Jackの方から既に全般的な話はさせていただきましたので、やはり、日常の業務を見ていきますと、どのような形になるのかを、ご覧ください。プロセスとしましては、ツールセットの観点から見ていきたいと思います。

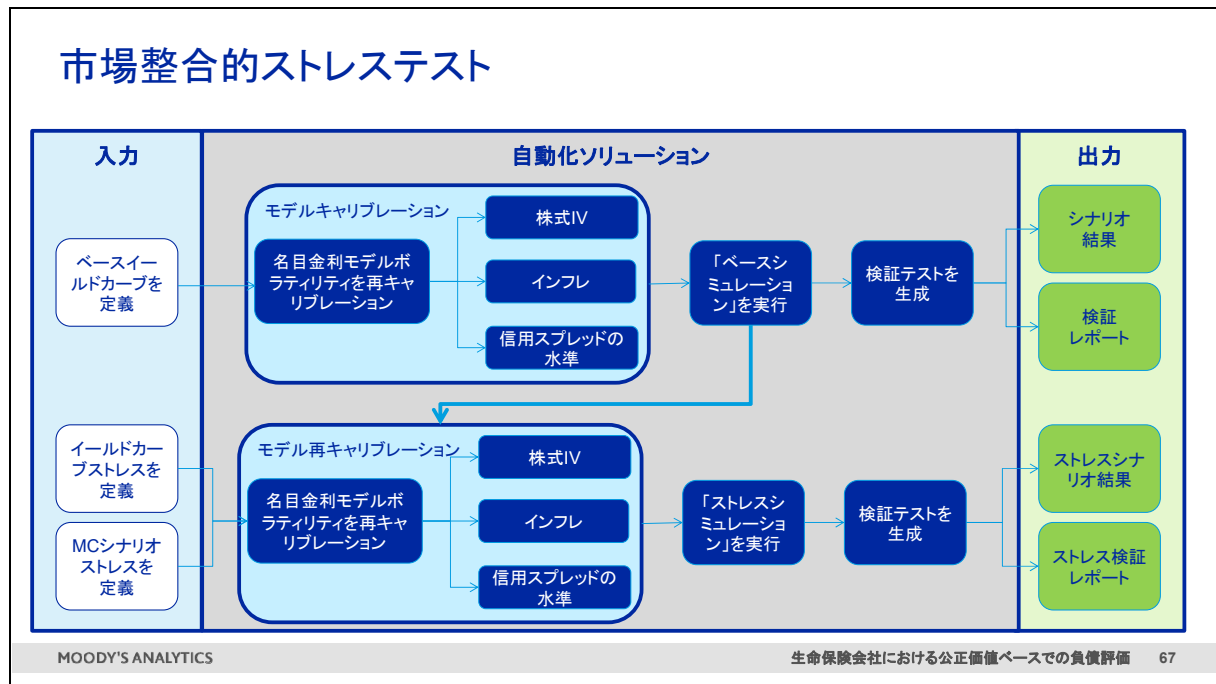
この場合、前提としまして、ベースのキャリブレーションはもう行った、あるいは、もうそれは入手済みである、というところから始まります。ただ、そうであったとしても、やはり、調整、が必要です。オーバーレイをするということ、非流動性プレミアム、あるいは、他の項目を調整するということが必要になってくる場合もあるでしょう。



ですから、アップデートをしまして、再キャリブレーションをしまして、元々の株式インプライド・ボラ

ティリティ、インフレ、信用スプレッドを見ていくということができます。それによりまして、バリデーション・レポート、ベース・シミュレーションを実行して、検証テストを生成するということができるわけです。

先ほど言いましたように、このベース・カリブレーションを基に、ストレスを与えるということになります。ストレスに対して、どのような相関があるかを見まして、一つの処理を複数行くと、このプロセスを様々なストレスで繰り返していくということになるわけでありまして。



ですから、自動化というところに戻りますけれども、やはり非常に堅牢なシステムが必要であります。これは、複数回、何回も行うわけですので、ベースがあって、それを様々なストレスでシミュレーションをやり直すということになります。それから、当然、報告日によりまして、それを再度行うということがありますので、複数回行うということを見てもいいわけでありまして。

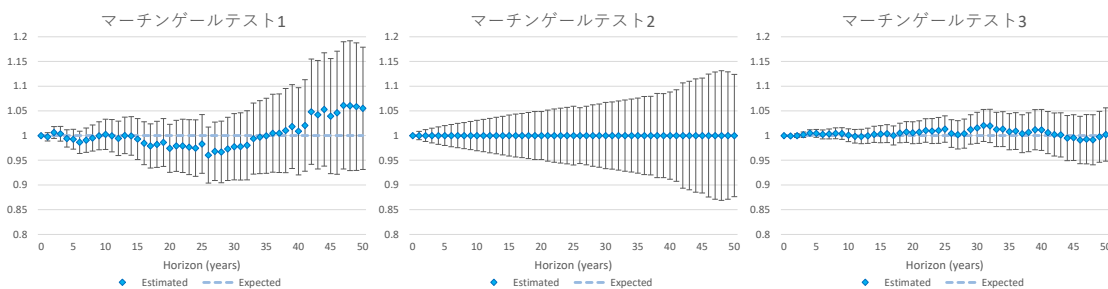
ということで、これは実務的なところで少し詳しいお話をさせていただきました。

欧州と香港から学ばれた教訓

それでは、幾つかの教訓について、お話をしたいと思います。保険会社とお話をする中で、どのような課題に彼らが直面しているか、皆様の参考になれば幸いです。このようなプロセスを設定しようと考えていらっしゃる方の、少しお役に立てれば幸いです。

投票質問

下記のマーチンゲールテストの結果を踏まえて、どのシナリオが負債価値を最も正確に推計すると考えますか？

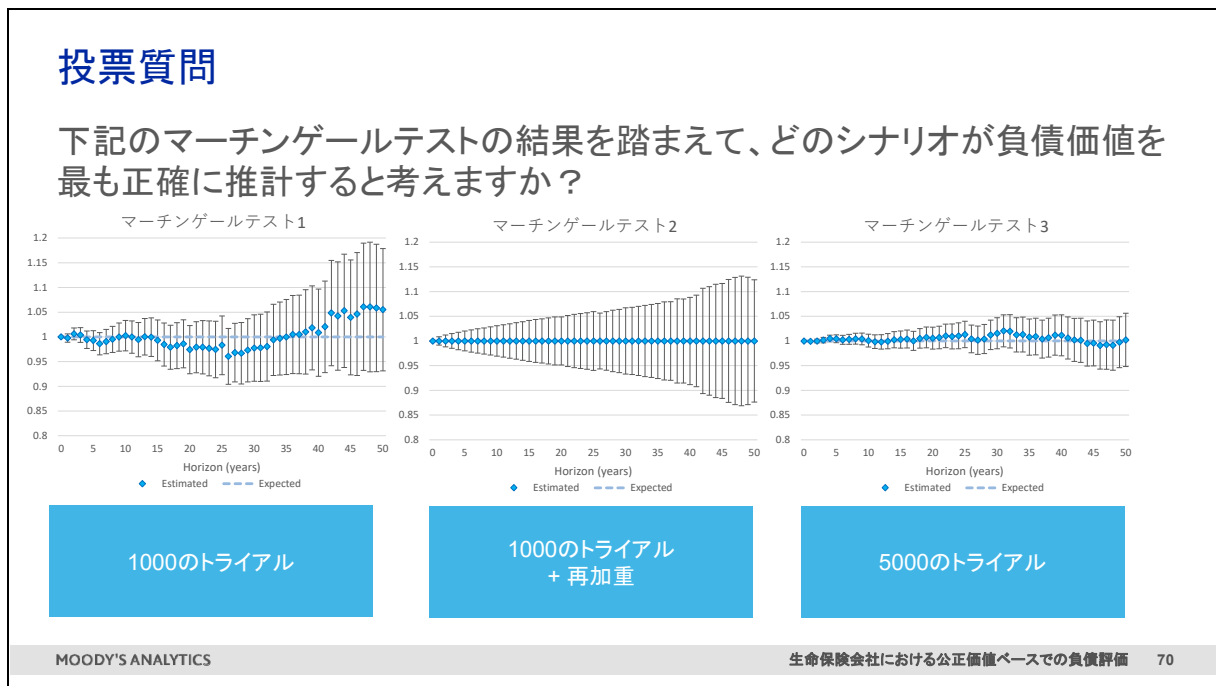


MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 69

ただ、その前に、少し背景設定をしたいと思います。Jack からも、先ほど、マーチンゲールテストについて説明があったと思います。三つの株式市場のマーチンゲールテストの結果が、ここにあります。これから投票質問していきたいと思いますが、このどのシナリオが最も正確な負債価値を推計すると考えますか？他に情報がなかったとします。これだけを見たときに、どれだと思いますか？では、投票を始めてください。ご覧いただけますでしょうか。少しお時間を差し上げたいと思います。結果も見えてい

きたいと思います。



結果につきまして、後でお話したいと思います。

もう少し内容説明をしたいと思います。左側は、シンプルなマーチンゲールテストの結果になっています。1,000のトライアルの実行によって得られたものです。ここには、割引後の株式リスクフリー・レートをグラフ化しています。ここで一つ申し上げたいことは、これらを見てきましたけれども、これは一つの経路です。ですから、適切にそれを検証します。そして、これをモデルとして見たならば、これはリスク中立のモデルだと思います。

二つ目のマーチンゲールテスト。これは同じく再加重したものです。同じ1,000のトライアルですが、再加重ということで、少しスキームをオーバーレイしています。この後、詳しく説明します。

三つ目、右側にありますものが、同じシナリオセットですが、いわゆる同じカリブレーション、設定ですが、1,000ではなくて5,000のトライアルを実行しています。

この質問に対するテクニカルな答えは、実は、どれが一番正確な負債価値の推計をしてくれるということとは分かりません。ただ、恐らく一番右と、皆さんも答えるのではないかと思います。

もちろん、マーチンゲールテストは、イコール1ではないので、X軸で正確に1というわけではないですけれども、サンプリングエラーがあり、そして、ばらつきがありますので、ここが訂正されると、もう少し結果に自信を持てるようになると思います。

シナリオ予算への対応 – 分散低減

理想的には、非常に多数のシナリオを実行する。

結果の収束性を確保し、サンプリング誤差を最小化。

ただし、実務では、これは実行できないことが多い。

モデルの実行時間やコストが大きい
ため、現実的なタイムラインで実行できるシナリオの数に制約がある。



分散低減手法

こうした状況では、例えば、次のような分散低減手法を用いて、推計値を改良する方法がある。

- » 対称変数
- » シードの選択/最適化
- » パス調整
- » シナリオの再加重



完全なマーチンゲール ≠ 完全な評価

マーチンゲールテストを「完璧」にパスすることは可能。ただし、マーチンゲールテストの結果だけで、すべてを語ることはできない。

- » モンテカルロ手法の目的は、負債価値の推計を提供すること。
- » 技術的なことに疎いステークホルダーとコミュニケーションするのは困難となる可能性がある。ただし、どのような推計値にも不確実性が伴うことが予想される。
- » 推計誤差を無視するよりも、その大きさを認識し、把握する方が良い。「明らかに間違っている」ことは回避する。

ということで、保険会社の皆さんから、最近よく話題になっていて聞かれることが、このシナリオの管理、マネジメントです。そして、それによる分散低減のテクニックを見ていきたいと思います。

モンテカルロアプローチは、統計的なサンプルエラーがあります。つまり、無限のシナリオがありますけれども、評価の計算は推計です。ですから、これは実際の価値ではないということなので、真のモデルの価値を、私たちは推計しなければいけません。真のモデルの価値は、もし、私たちが無限のトライアルを実行した場合の数字になります。

ということで、もし、異なる数字で実行するならば異なる答えが出るということで、そうなりますと幾つかの統計エラーが出てきます。そのために、結果を見るときには、それを考慮する必要があると思います。これは、あくまでも推計値であり、不確実性が伴うということ意識する必要があります。

これが一つのテーマなのですが、1,000 のトライアルがあっても、エラーがあったとするならば、これを減らしたいと思うわけですね。そして、その確実性を高めたい、正確さを上げたいと考えることは当然です。そのために二つの手法があると思っています。サンプルエラーを減らす方法。

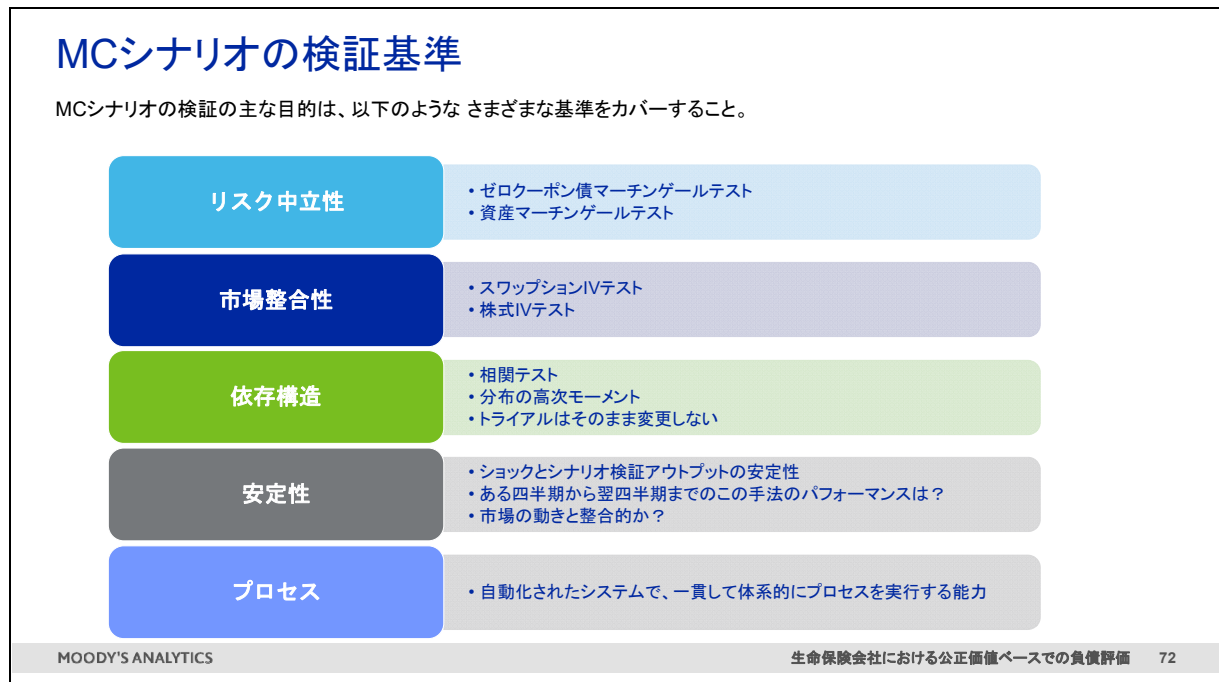
最初が、より多くのトライアルを実行するというので、1,000 ではなくて5,000 を実行します。そうしますと、確率、信頼度が高まります。ただ、問題は、実務上よく非常にヘビーなモデルを実行しており、かなり処理が集中するというので、この作業の要件には制約があるということなので、実際に実行できるシナリオの数は、現実的には限られてしまいます。毎月、あるいは、レポートサイクルのシナリオの件数には制約があるということなので、これはシナリオの上限にもなるわけです。この制約は、シナリオの生成ということよりも、どちらかと言うと、このモデリングが重たいということになります。

そこで、もう一つの方法として、分散低減手法というものがあります。といいますと、このシナリオセットに調整するかということです。つまり、シナリオ・ジェネレーターに与えるショックやインプットをどのように調整し、そして、そのアウトプットのばらつきを減らすというものです。ヘビーモデルの実行には制限があるということなので、このような分散低減手法を見ることになります。

これには、幾つかの適用できる範囲がありまして、プラス、マイナス、それぞれ長短あるのですけれど

も。そうしますと、幾つかの影響があると考えなければいけません。例えば、私たちの推計のエラーにもばらつきがあるということで、分散低減手法をオーバーレイするのであれば、その影響を配慮する必要があります。

ここで一番申し上げたいことは、分散低減手法を使って完璧なマーチンゲールテストの結果を満たすことができるかもしれませんが、この完璧なテストがあるからと言って、この負債価値が完璧な推計になるということではないということです。ここを慎重に扱わなければいけません。



もし、このような分散低減法を使うのであれば、私たちがやっていることが妥当で、そして、推計の妥当性を担保することができるのか、考えなければいけません。

幾つかの基準があります。これは、もちろん標準的なシナリオセットもそうですけれども、この分散低減手法にも基準があります。まずは、リスク中立性。これは、先ほど説明も詳しくありましたので、私からは詳細は割愛します。

二つ目が、マーケット価格へのフィットです。例えば、オプション・インプライド・ボラティリティでシナリオをテストして、このような分散低減法を適用したとしても、その価格が妥当かどうかの確認をする必要があります。

それから、モデルの安定性ですね。ショックもそうです。もし、四半期ごとに結果を、あるいは、ベース対ストレスを比較するのであれば、同じショックのセットを使う必要があります。つまり、サンプルエラーでばらつきがないようにするためには、それが重要です。二つの結果を比較するとき、ストレスの変化、あるいは市場環境の違いというものが私たちの結果の違いになってほしいわけで、追加の、あるいは代替の統計エラーが導入されたから変わったということにはならないようにしなくてはなりません。混乱してしまいます。

そして、プロセスという観点からも、モデルを実行するときには、この分散低減法によって負担が大きくならないように、これは何度も繰り返さなくてはいけないようなことではなくて、自動化されたもので一貫したものになるようする必要があります。

ここで鍵になることは、結構見逃されてしまうのですけれども、やはり、このシナリオの依存構造や相関などというものを維持する必要があります。リスク中立性を保つ、きちんとマーケット価格にフィットさせるためには、もちろん、それが鍵となるのですけれども、私たちがここでやりたいことは、負債評価をすることです。そして、負債評価には、市場で観察できるような同等はないということなので、同じような特徴がないかもしれません。

例えば、それに対する市場のキャッシュフローと、その負債の価格が同等ということではできません。ですから、負債は複数のリスクファクターによって、しかも相関するものに依存しているので、同じ相関と依存の構造がある必要があります。そして、これを変えるということは、この負債の推計を変えるかもしれません。このようなテクニックをオーバーレイするときには、それに注意する必要があります。

シナリオ予算に対応するための手法の比較			
目的	シードの選択	経路の調整	シナリオのリサンプリング
リスク中立性: ・ゼロクーポン債マーチンゲールテスト ・資産マーチンゲールテスト 例えば、マーチンゲール・パフォーマンスで、期間100年まで、90%の信頼区間でマーチンゲールにパスできるようにする	✓ 一般的に、資産クラス全体で良好な改善を実現することができる。 ただし、非常に高いボラティリティの株式がすべて低い絶対誤差でパスできるようにするシードを見つけるのは困難な場合がある。	✓ ✓ 株式の平均リターンに適用して、優れたマーチンゲール・パフォーマンスを確保することができる。 ALMでプライシングされるため、債券に適用するのは、より困難となる。	✓ 債券および株式の両方について優れたマーチンゲール・パフォーマンスを発揮。ただし、パフォーマンスは、十分な制約の設定と良好な開始シードを条件とする。
市場整合性: ・スワップションIVテスト ・株式IVテスト	✓ IVと市場IVの整合性が優れている。	✓ IVと市場IVの整合性が優れている。	✓ IVと市場IVの整合性が優れている。
相関、依存、および高次モーメント: 各トライアルが変更されないようにする	✓ Yes	✗ 株式リターンについては各トライアルが変更される	✓ Yes
相関、依存、および高次モーメント: ・相関テスト ・分布の高次モーメント	✓ トライアル回数が多いほど相関が高いが、サンプリング誤差により若干のずれがある。	✗ 特にボラティリティの高い株式では調整が大きく、相関に対してより大きな変化が見られる。パーセンタイル・モーメントと高次モーメントが大きく歪む可能性がある。	✓ シードの選択と同等の相関パフォーマンス

MOODY'S ANALYTICS

生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 73

ということで、私たちが使っている幾つかの主要な手法です。ここには、まとめてあります、この基準に合致しているかどうかということを示していますけれども、左側にはシードの選択というのがあります。これは、概念的にはシンプルなアプローチだと思います。例えば、カリブレーションをモデルに設定し、これを実行し、そして検証し、この全ての項目を検証しますけれども、マーチンゲール、あるいはインプライド・ボラティリティのテストに合格しないのであれば、別のシードを試すことができます。

ということで、いろいろなランダムな数字の組み合わせで実行してみる。そうすることによって、合理的な、あるいは頑健性の高い結果を得ることができるかもしれません。

それから、2番目の経路の調整といたしましては、単にランダム・ナンバーシートを使うのではなくて、例えば、マーチンゲールの株式で、ある程度の情報が確実であるということで、それを基に再スケールいたしまして、シナリオを調整して、それが起こるようにするということができます。そうしますと、完璧なマーチンゲールテストを行えるといったような簡便性があります。また、それと同時に、市場価格とのマッチングも得られるわけであります。整合性は優れております。

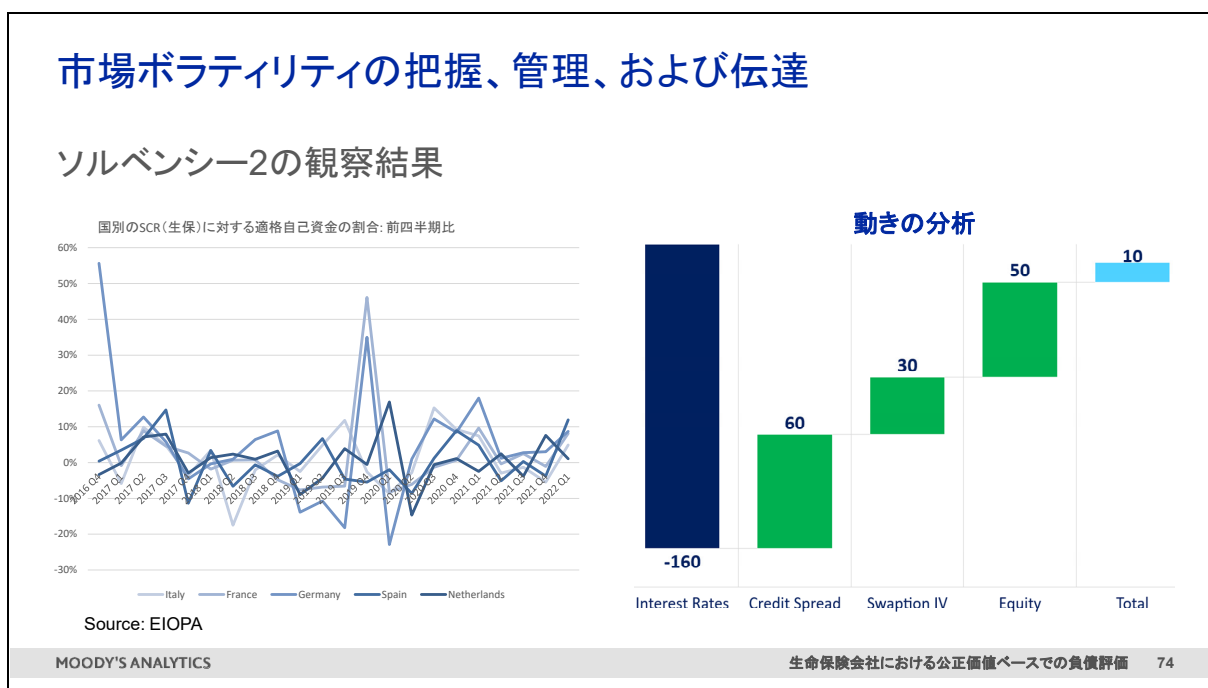
ただ、そうしますと、大きな影響を、依存性、あるいは相関モデルに与えるということになります。経路自体を変えるということになってしまいますので、シナリオの経路による影響は大きいです。

それから、一番右側にありますものが、リサンプリングのアプローチであります。これは、同様にするのか、あるいは特別なケースという意味で扱います。全てのランダムショックをシナリオで変更するのではなく、選択的に、試行錯誤的に選んで、ランダムシードを行って、基準を適用していくということになるわけです。

このようなプロセスを、十分制約をかけて、全ての重要な選別条件基準に対しまして、ここにあるようなものをチェックすることができれば、かなりいい結果が出るということになると思います。

ただ、そのために鍵となりますものは、これは、シード選択、あるいは、経路の選定よりも、よりコントロールが利いて、短時間で行えるということです。

ということで、一つ大きなテーマといたしまして、次の話題に移りたいと思います。



もう一つ、当然ながら、市場のボラティリティ、バランスシートのボラティリティというところが注目されており、保険会社、ステークホルダーといたしましては、やはり焦点を当てているものは、ボラティリティの変化、そして、ソルベンシーレシオがそれによってどう変わるのかということに、当然、なるわけであり、なるわけであり、なるわけであり。

左側をご覧ください。これが、欧州のEIOPAの例であり、平均的な主な国のソルベンシーIIの状況を見ております。公正市場価値ベースを見てみますと、市場価格によって影響が起きるわけであり、この2年間ぐらいは非常に大きな変動があったということは、当然のことかと思えます。

当然、ここで申し上げたいことは、市場環境を反映できているかどうかということであり、ある意味、これは、ボラティリティだけではなく、市場の価値を基にした公正価値の予測で、ヘッジにしましても、デュレーション・マッチングにしましても、そのような対策は取れるということになるわけですから、ソルベンシー比率でそれが反映できていけば、重大度も分かるということです。

ただ、ここで考えていただきたいことは二つほどございます。バランスシートのボラティリティと、それに対応ということで、まず、市場価格の変化について考えてください。これを是正するというはできませんけれども、やはり、理解するということが重要であります。やはり、分析、例えば変更分析など

についてご紹介しましたが、それを行うということが重要です。


右側を、ご覧ください。ベースシナリオがありまして、それぞれの様々なマーケットストレスごとに、この動きがどこから生じているのか、ということ进行分析することによりまして、何が実際に起こっているかということの理解が深まるということになるわけです。

それから、モデリングの観点からもう少し興味深いことは、いかに前提としてアサンプションの設定したものが、マーケットデータ・ドリブンで見たときに、バランスシートの価値が変わってくるのかということを見ることです。例でありますけれども、アサンプションといたしまして、皆さんの関心がありますものは、最終的なフォワード・レートであります。金利の動向がどうなるのか、長期的な金利がどうなるのか、ということが当然、負債評価に影響を与えるわけでありまして、このアサンプションを理解いたしまして、それを外挿していく必要が当然あるわけでありまして、この影響も当然理解する必要があります。

同じようにUFRに関しましては、何が重要なのかということに関しまして、規制についてお話ししました。それほど、これは懸念対象ではないかもしれませんが、各保険会社さんで対応できるものだと思います。

ただ、その他の前提としまして、長期的な株式、それから、インプライド・ボラティリティの前提、また、規制で明確に指定されていない領域もあるでしょう。そのようなところが、潜在的にも結果に影響を与えますし、また、結果の安定性にも影響を与えます。ですからこのようなことに焦点を当てて、長期的なターゲットをどう設定するかということに留意していただきたいと思います。

公正価値手法の採用 – FAQ



Qu. 1
なぜこれを今考える必要があるのか？
この変更の影響を理解し、これが示唆する変化を検討し、対応するための十分な時間が提供されます。リスク中立手法への移行に留まらず、プロセスを整備し、改良させるための時間を確保できます。

Qu. 2
本当にリスク中立/確率モデル手法を用いる必要があるのか？
要件には、確率的（リスク中立的）なアプローチが必要であると示されていますが、実務では、これが実体となっている国や地域があります。

Qu. 3
ステークホルダーに対して変更の必要性についてどう説明したらよいか？
基準 / 規制は、公正市場価値手法の採用の必要性について明確にしています（公正市場評価はIFRS第17号の中核原則のひとつとなっています）。もし、主要なステークホルダーがこの手法に納得していないのであれば、それはプロセスを早急に開始する重要な理由となるでしょう。

Qu. 4
リスク中立手法に基づき、結果が妥当で適切であることをステークホルダーにどう説明するのか？
ステークホルダーがこの手法に馴染みがない場合には、困難な場合があります。その場合には、教育のプロセスをすぐに開始することが重要となります。欧州では、15~20年前に同様のプロセスを経ており、今ではこのような課題はほとんど見られないほど、この手法が定着し、一般的となっています。

MOODY'S ANALYTICS 生命保険会社における公正価値ベースでの負債評価 75

では、まとめに移ってまいります。

幾つか市場で観察したことをご紹介いたしました。よく聞かれる質問をご紹介します。どのような質問をよく受けるかということで、この2、3年で受けている保険会社様からの質問を、ここに挙げてみました。

まず、「なぜ、これを今考える必要があるのか」が、質問1です。

これまでお話をしてまいりましたが、様々な市場におきまして検討が進んでおりますけれども、やはり、

規制が導入される前に、数年前から準備をするということが重要であります。その対応が遅いということになりますと問題になるからで、やはり先に動けた保険会社の方が厳しいかもしれません。道を開かなくてはならない、様々な課題に対応して答えを見つけていかなくてはならないという厳しさはあるかと思いますが、ただ、それをすることによりまして道は開けますけれども、厳しさもあるということです。

保険会社としましては、パッシブになって、その後を追従するということになると、遅すぎるということになってしまいます。もう締切日に近くなってきますと、リソースが確保できない、コンサルタントも、どこも多忙で対応してくれない、といったようなことで、対応に間に合わないということもあるかと思えます。

それから、2番目の質問としまして、「本当にリスク中立確率モデル手法を用いる必要があるのか」という質問もあると思います。これに関しましては、保険会社様というよりは、テクニカルでないところから、よく受ける質問であります。

日本に関しましては、経済価値などをよく計算しておりますので、それほど質問はないかもしれません。けれども、欧州におきましては、長期的に確立したものがございますので、イギリスの要件などもソルベンシーIIの前からございました。ですから、ステークホルダーに関しましては、メソドロジーを理解している、あるいは、その合理性等も理解しているので、説明しやすいかもしれません。

ただ、このような質問に関しましては、やはり、保険会社がステークホルダーからアクチュアリーの方が聞かれる問題ではないかと思えます。

それから、下の二つに関しましては、手短にお話ししたいと思います。時間も迫っておりますので、簡単に説明いたします。

「変更の必要性について、どう説明したらいいのか」と。ステークホルダーによりましては、やはり、「これだけ大変な作業になるのではないか」ということを言うてくると思えます。ただ、願わくば、経済ベースのモデルによって、どのようなメリットがあるのかというところを使って説得できると思えます。

それから、最後、4番目ですけれども、やはり「コミュニケーション」が重要です。ステークホルダーに対しまして、どう説明するのか。リスク中立型のアプローチに慣れていないところに関しましては、啓蒙活動、教育活動というものが必要だと思えます。先ほども言いました通り、ヨーロッパ、あるいは、その他の地域におきましては、かなり慣れてきているということがありますので、短期的な、それほど痛みを伴わない説明で済むかもしれません。

ただ、テクニカルでない方に対しましては、時間がかかるかもしれません。新しいスタイルの考え方となりますので、それに慣れていない人には時間がかかるということになりますし、長期的に取り組んでいかないと、なかなか理解してくれないということになるかと思えます。

要約と結論

- » 市場整合的なリスク中立シナリオの使用に関する主要な動機と概念
- » **モデルの選択**の重要性と各リスクファクターにどのモデルを使用すべきかについての情報に基づく意思決定
- » 検証テストは、リスクファクターの分布に関する他の重要な基準と共に、**市場整合性とリスク中立性**を確保するさまざまなファクターをカバーする必要がある。
- » 保険会社は、要求される厳しいスケジュール（およびシナリオセット数）に対応するため、プロセスを確実に合理化できるよう、**高度な自動化**に対応したソリューションを求めている。
- » ステークホルダーとのコミュニケーション、モデルの検証 / 監査、および四半期ごとの負債および資本指標の変化はすべて、保険会社が直面しなければならない**新たな課題**である。
- » 保険会社がスキルアップし、知識を収集するのに役立つリソースは数多く存在する。また、ソルベンシーII（欧州）および香港のRBCの実務的な教訓からも**多くの学び**が得られる。

では、質疑応答に移ってまいりたいと思います。皆様方、ご清聴、ありがとうございました。よろしければ、質問に移りたいと思います。また更に、深掘りした説明が別途できるようでしたら、させていただければありがたいと思います。

ありがとうございました。

では、質問はありますでしょうか？

司会 質問の時間に入らせていただきます。

その前に、先ほど Slido で投票しておりますけれども、投票の結果につきまして、簡単にご説明いただければと思います。よろしくをお願いします。

Will Halley はい。ほとんどの人は、私と同じものを選んだと思います。なぜ合理的なのかということで、一番右の3を選んだ方がほとんどでありました。既にスピーチの内容を理解していただいて、3を選んでいたのだと思います。

司会 それでは、質問が二つ来ておりますので、お答えいただければと思います。

まず、一つ目になります。「東南アジアの実装例はありますか？ IFRS17号は東南アジアでも、そのまま採用されますが、スワップシジョンなどが十分に取引されていない環境において、市場整合的（リスク中立的）なオプション評価は、どう行っていけばいいか、アイデアはありますか？例えばリアルワールドシナリオによる評価で代替することは可能と思われませんか？」。

Jack Cheyne 非常にいい質問、ありがとうございます。

一般的に見まして、市場価格を見たときに慎重な評価が必要であります。やはり、深い、流動性の高い市場があるということが重要であります。それによって理解が深まるということになってまいります。

ただ、一部の地域におきましては、そのデータが、信頼がおけない、あるいは包括的でないということで、カリブレーションに使われないという場合があります。その場合には、恐らく、二つのアプローチが考えられると思います。

一つは、一番近い流動性の高い市場を代わりに使うという方法。ですから、例えば「regional approach」といったことで、隣国の経済市場を使う、あるいは、マーケットダイナミクスが非常に似たような市場を代わりに使うということができます。

ですから、直接その国の市場を使うのではなく、どのような前提を使うのか、スワップションや、株式市場のスワップションが同じ、他の市場を使うというやり方があります。

それから、もう一つとしましては、どのようなアサンプションなのかということに基づき、ボラティリティを見ていくという方法があります。その場合には、やはり気を付けていただきたいわけですが、このボラティリティが、どう、市場の状況によって変わるのかというところに気を付けてください。

といいますのは、一般的に、その先ほど言いましたバリエーションは、日々、変わるわけです。ですから、かなり長期的に変わる場合もありますので、それに気を付けていかななくてはなりません。

ですから、アプローチはどちらかを取りますけれども、やはり解釈をするときに少し気を付けていただきたいということでございます。

司会 それでは、二つ目の質問になります。「回答者は、どちらでも構いません。最近の中銀の利上げによって、金利モデルの選考は変わってきているのでしょうか？ マイナス金利がなくなったことなどの影響は、いかがでしょうか？」。

Jack Cheyne 大変いいご質問ですね。

モデルの選考については、私たちがやっていることでよく分かったことは、私たちは、いろいろな通貨でカリブレーションをやっています。そして、そのモデルの通貨は異なるダイナミクスがありますので、国ごとに異なるモデルを選ぶというよりは、私たちは、もっと一般的なアプローチを使っています。つまり、一つのモデルを使って適切なカリブレーションを、それぞれの異なる体制に適用します。

例えば、日本でしたら低金利。そして、これは、もう長い間、低金利な環境でした。そして欧州については、この10年ぐらいはプラスからマイナス金利になっていった、そして、今、利上げの局面にあります。ということで、モデルの選択肢を変えるというよりは、一般的に言えば、同じモデルを導入して行って、そして、それを包括的に、いろいろな異なるレジームをカバーします、ベーシックなモデルを使っています。

そして、もし、マーケットの特徴が取り込まれていないのであれば、もしかしたら、このようなイベントは、それを見直す機会になるかもしれません。そして、もう少し柔軟性のあるモデルを選ばれたらいいかと思います。

何かありますか？ はい、Will。

Will Halley もう一つ、そうですね、このモデルを考えるときに、どのカリブレーションをして、どのモデルを選ぶのかと言ったときには、今ある全ての情報を検討するわけです。ですから、例えば定型化された事実というところを見るわけですが、過去を振り返って何が起きたかを見て、それから、そのよ

うなイベントもしっかり捉えていきたいと思います。

ですから、金利上昇というものは、ほぼモデルに一致していると思います。私たちが使う典型的なモデルであれば、それは捕捉できると思います。

司会 それでは、申し訳ございません、お時間になりましたので、これで質問は終了とさせていただきます。以上で本日のセッションは終了したいと思います。

冒頭、私の方からご紹介が少し漏れてしまいましたけれども、本日発表いただいたお2人は、イギリスから来日いただいて発表いただいているという状況でございます。どうもありがとうございます。

Jack Cheyne 様と Will Halley 様、本日は、どうもありがとうございました。