

金利変動期における伝統的生命保険商品の潜在価値を保全するための、債券

ヘッジを使った方法の実証実験結果

エーオンベンフィールドジャパン 服部 真 君

エーオンセキュリティーズ Kaitlyn Zhou 氏

司会 それでは、時間となりましたので、セッションE「金利変動期における伝統的生命保険商品の潜在価値を保全するための、債券ヘッジを使った方法の実証実験結果」のセッションを開始いたします。発表者はエーオンベンフィールドジャパンの服部真さん、エーオンセキュリティーズのケイトリン・ジョウさんです。それでは、よろしくお願いいたします。

服部 服部でございます。皆様、朝早くからお集まりいただきましてありがとうございます。このセッションは大変長い題名で、最近長い題名の小説や映画がはやっていますので、私も少し長めにつけてみました。結局何をするのかと言いますと、伝統的な、いわゆる普通の終身保険を金利ヘッジして、潜在価値をキープしてしまおうとするものです。要するに、金利によって潜在価値は動きますけれども、ヘッジしてしまうと、その値が現在の値に固定できるという、理論的にはそうなるんですけれども、それをどのように証明するか、その方法を考えて、実証実験したものです。

目次

- ❖ 概要
- ❖ ヘッジしない場合の収支分析
- ❖ 外れ値の分析
- ❖ ヘッジの概要
- ❖ ヘッジした場合の収支分析
- ❖ 資産と負債の変動の分析
- ❖ 外れ値の改善
- ❖ 金利ヘッジの実務
- ❖ 結論

2
Proprietary & Confidential



ベースになりますのは、北米における変額年金のヘッジの実務です。変額年金のヘッジと言いますのは、株価のヘッジと金利のヘッジの両方やらないとうまくいかないのですが、伝統的終身保険の場合は、金利のヘッジだけやればいいということで、共同研究者のエーオンセキュリティーズのプーヤン・ジャハニ、彼がアセット側の専門家なんですけれども、「それならできそうだ」という感じではじめたプロジェクトです。

私が日本の生命保険商品を設計し、プーヤンにアセットに関するヘッジの手法をいろいろと指導していただき、こちらにおります、ケイトリン・ジョウがモデルを担当しました。計算ツールは、弊社の商品でありますPathWiseという保険数理プラットフォームなのですが、それを実行するスクリプトが、今はやりのPythonでして、そのモデルを、こちらにおりますケイトリンにやっていただきました。

このような目次ですすめています。ヘッジしない場合の収支分析をした後、外れ値の分析、ヘッジをどうやればいいのかという概要、ヘッジした場合の収支分析、それから資産と負債の変動の分析、きちんとヘッジが追いかけているかということも分析しました。その場合の外れ値がどのように改善されているか、それから金利ヘッジの実務はこういう形ですとおさらいした後、結論です。

概要・紹介

- ❖ 日本の金利市場では20世紀の末より今日まで、20年以上の期間にわたり低金利が続いている。この1年間には上昇の兆しが見えたものの、将来の金利の動向は予断を許さない。
- ❖ しかも、金利上昇期における契約者の金利選好行動を考えれば、金利の上昇が必ずしも生命保険会社の経営に肯定的に影響するとも言いきれない。
- ❖ 日本の金利環境の動向は、上昇・下降ともに、生命保険会社の経営に不確実な影響をたらすものであると想定される。
- ❖ **本報告は、このように金利市場の動向に左右される生命保険契約の価値を、金利ヘッジの手法を用いることで有効に保全できるかを、確率論的シミュレーションの手法を使って検証したものである。**
- ❖ 以下の代表的な保険商品を検証の対象とした。
 - LCV(低解約返戻金型、5年ごと利差配当)終身保険
 - 有配当終身保険
 - 無配当終身保険
- ❖ 分析には、金利に感応する**動的解約モデル**を使った。
- ❖ この分析には、一契約に対して**10億個近くの評価計算**が必要となる。このような大量の計算が実務の範囲の時間で完了することができるのは、高性能GPUプロセッサを利用した**HPC**(ハイパフォーマンス・コンピューティング)の発達のおかげである。

まず、能書きを書いていますけれども、要するに、金利がこのまま下がっていけば、やはり今の終身保険の潜在価値は悪くなってしまいうでしょう。それでは高くなれば大喜びかと言いますと、逆に今度はお客さまの動的解約の行動によって、保有契約が少なくなってくるので、やはり潜在価値が悪くなってしまいます。どちらに動いても、やはり今の低金利で売ってしまった終身保険の潜在価値は少し危ういかなという状況にあります。

そこで、本報告は、金利市場の動向に左右される生命保険契約の価値を、金利ヘッジの手法を用いることで有効に保全できるかを、確率論的シミュレーションの手法を使って検証したものです。理論的には可能性はあるのですが、これがうまくいくかどうかを検証するためには、いろいろなセットアップをしなければなりません。そのセットアップのための計算がものすごくたくさんあって、実際に有効かどうかを見るためには、なかなか計算量と計算の時間が大変ですので、できなかったのですが、それを今回やってみたものです。

商品としては三つの商品を選んでみました。LCV終身保険と言いますのは、皆さんご存じのように、低解約返戻金型終身保険と言いまして、保険料払込中の解約返戻金を主に通常の場合の7割に押さえることによって、その分だけ保険料を安くするという商品です。今回の場合、これに5年ごと利差配当を加えた商品にしてみました。

それから、有配当終身と無配当終身。有配当はすべての配当を一定率、利差、死差、費差を一定値、30%と設定しましたがけれども、払い戻すという設定です。分析には、金利によって動的に解約するという、動的解約モデルを入れてみました。この分析には1契約に対して、今からご説明申し上げますけれども、10億回近くのプロジェクションが必要です。この10億回近くのプロジェクションと言うのは、保有契約にして10億件の分析をすることに想定します。普通、10億件の保険契約の一通りキャッシュフローを出すだけでも、何日もかかってしまいますけれども、最近はGPUというものができまして、これがCPUの数百倍の速さで回ります。これを利用することによって、こういう分析が可能になったということです。

GPUと申しますのは、グラフィック用のCPUでして、昔はプレイステーションの2に入っていたそうで、弊社のトロントのGPUを使っている人たちがプレイステーションをわざわざ買って来て、そこからむしり取って使っていたそうです。今はNVIDIAというところが発売しております。皆さんよくご存じのように、NVIDIAの株価は大変な勢いで上がっています。

このようなGPUを使った計算というのは、いわゆる「京」というスーパーコンピュータにも使われています。色の混ぜ具合を上手に扱うグラフィック用のプロセッサですので、パラレルラン、並行処理が非常に得意ということで、われわれのやっているような仕事は同じパターンのものを同じパターンで流すだけですので、それとの親和性が非常にいいと思います。これを使うことによって、アクチュアリーを行うシミュレーションは、本当に革新的に速く、全く見えなかったものがきちんと見えるようになってくると思います。これからお見せいたしますのは、ある意味、天文学者がハッブル望遠鏡を宇宙に上げたら、何とか星雲が実は星が生まれているところだ、ということが分かったというようなもので、実際にいろいろと計算して結果を出してみ、それを観察して何が起きているかを見るという検証方法です。

終身保険内容

項目	内容
商品	1. LCV(低解約返戻金型、5年ごと利差損のみ配当)終身保険 2. 有配当終身 3. 無配当終身
契約者内容	男性、35歳
保険料	80,000円
払方	月払
予定利率	解約返戻金の計算用として0.5%
保険料払込期間	10年間
死亡保険金額	10,000,000円
解約前提	穏やかな動的解約

- ❖ 保険料額は検証結果の比較のため、**保険種類にかかわらず同じ**としている。現実には有配当契約の保険料が高く、無配当、低解約返戻金型の保険料が比較的廉価に設定される。
- ❖ 配当率は、LCV、有配当とも、**同一の一定割合**とした。
- ❖ 配当率が十分高ければ、市場金利に対する動的解約行動は抑制されると考えられるが、比較のため、配当の有無、**配当率の規模にかかわらず**、市場金利に対する動的解約行動は**同じ**とした。

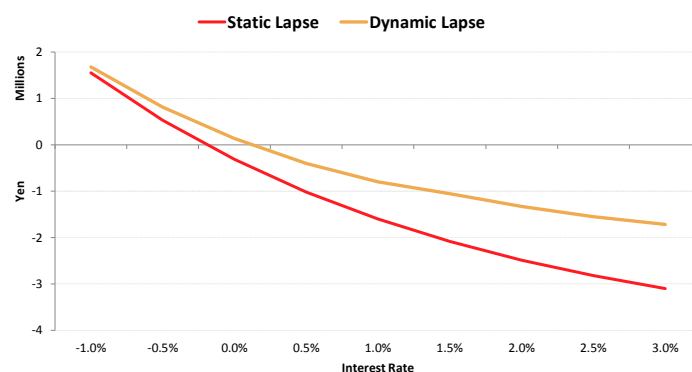
保険商品として、次のような設定をしました。LCV終身保険と、有配当終身、無配当終身、男性35歳、保険料を8万円月払い、と固定しました。商品性によって本来保険料は違って来るものなのですが、ここでは比較のため、8万円の決め打ちでやっております。それから、解約返戻金の計算用として予定利率は0.5%を前提として使い、保険料払込期間を10年に抑え、死亡保険金1,000万円、今回の場合は解約

の前提として、穏やかな動的解約ということを入れました。

穏やかな動的解約というのは、金利がたくさん上がっても、通常の解約よりは、それほど解約が増えないという場合です。実はこの穏やかな動的解約以外にも、著しく解約してしまう、例えば解約率が10倍になるような例も検証してありますが、これはこのプレゼンテーションに間に合いませんでした。しかし、実は明日のJARI Pに提出する同じようなペーパーには間に合まして、きちんと書いてあります。もしよろしければ、明日、JARI Pに参加していただくと、別のお話をする事ができると思います。

配当率は、先ほど申しましたように、LCVの利差配当は利差だけの一定割合を配当で出すことにしました。有配当終身の場合は、利差、死差、費差、全部に対する配当です。また、配当率が充分高ければ、市場金利に対する動的解約は抑制されるだろうと予想されますが、今回は比較のため、配当の有無や配当率の規模にかかわらず、市場金利に対する動的解約は同じとしました。ですので、配当を出しているからと言って、動的解約が抑えられるとか、そのようなことは今回は考慮していません。ですから、商品の差はLCV終身保険の収益性の差と、配当をたくさん出しているか、出していないかの差だけです。

金利の変動による終身保険の負債



- ❖ 市中金利(横軸)が保険期間を通じて一定であったとしたときの契約時点の負債額(時価評価額、後述)をプロットした。
- ❖ 契約時点の負債額が負とは、その商品が収益の上がるものである事を意味する。
- ❖ 静的解約と動的解約のプロットの差は、配当と動的解約に関するTVOGを意味する。
- ❖ 金利の変動による負債額の変動を、如何にイミュナイズするかが検証の目的である。

5
Proprietary & Confidential

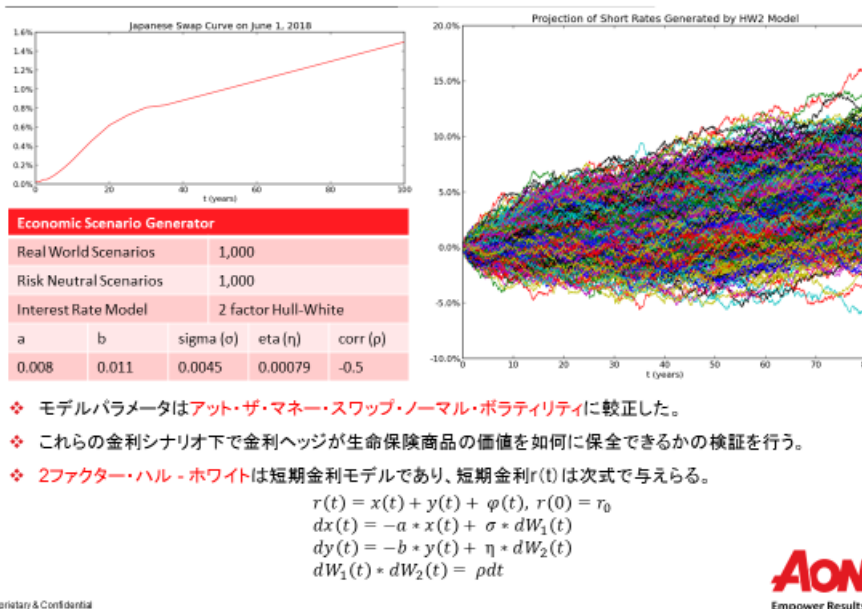


このグラフは経済価値ベースの負債の額をフラットな金利に対して計算し、契約当初の額をプロットしたものです。横軸がその金利です。たとえば、フラット3%で計算しますと、赤線がStaticな失効、静的な解約ですから、動的解約を入れなかったときの責任準備金。黄色の線は動的解約を入れたときの責任準備金になります。この責任準備金がマイナスになっているというのは、私たちは、純保険料式で慣れていますので、責任準備金は最初はゼロだろうということになります。そうではなくて、時価会計になれば、t=0時点の責任準備金というのは、その商品のバリュー・オブ・ニュービジネスに当たりますので、当初の責任準備金がマイナスになっているということは、この商品は収益の上がる商品ということになります。

この額がプラスになっていないと、要するに責任準備金が契約当初にマイナスになっていないと、商品は売らないという結論になると思うのです。ですので、金利がフラット3%ならばこの商品は売れる。しかし、マイナス1%、マイナス0.5%のフラットな金利なら売れないということになります。このようなイ

メージの商品を、ここでは金利に対してグラフが斜めになっていますけれども、契約の初期だけでなく、保険期間を通して、金利に対してまっすぐにしてしまおうというのが目的です。

金利の経済シナリオ生成



6
Proprietary & Confidential

AON
Empower Results®

そのために、金利のシナリオを生成いたしました。左上のグラフが、2018年の6月1日におけるスワップのカーブです。40年以降は、まっすぐに補外しております。この40年以降の補外に工夫がないように見えますけれども、後から見ますように、この40年以降の金利というものが結果にほとんど影響しません。

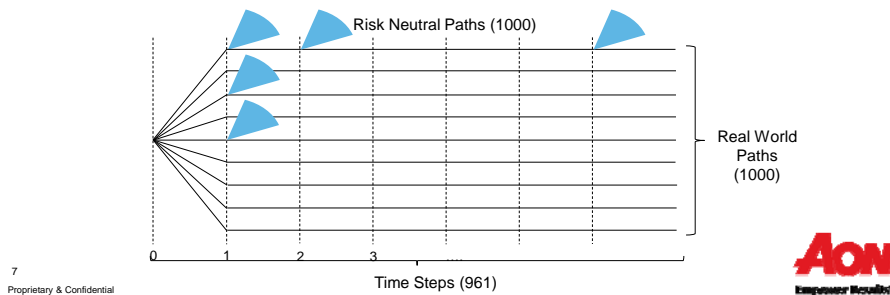
モデルパラメータは、アット・ザ・マネー・スワップ・ノーマル・ボラティリティというもので較正いたしました。実を言いますと、この辺りの技術は私もよく分かりません。プーヤンの専門分野なので、もしこの辺で質問がありましたら、今日はお答えできないかもしれませんが、また後ほどきちんとお答えいたします。

使いましたのは、2ファクター・ハル・ホワイトモデルという、マイナスの金利も生成する金利モデルです。昔はハル・ホワイトはマイナスの金利を出すから使わないと言っていたのですが、最近はマイナスの金利を出すから使うというものです。簡単に、その下にモデルの算式を書きおきましたけれども、2ファクターと言いますのは、結局はこのWの部分のことです。このWの部分というのは、ここですけれども、ノーマルランダムが二つあるという意味です。

これでキャリブレーションした結果、a、bなどのパラメータは、このような数字になりました。右側に描いていますのは、そのパラメータで1,000本生成したときのスワップレートのグラフです。これは、Pythonのラッパーであるマット・プロット・リブ(Matplotlib)というものに、1,000本の金利を投げ入れてあげると描いてくれたものです。われわれが何時も見慣れているのはエクセルのグラフなのですが、最近では、今はやりのPythonを使うとこのように、何と云うのか、本当にここに1,000本あるのかと思えるくらいの絵なのですが、とにかく描いてくれるということで、さすが、最近皆さん使われているだけあって、Pythonは精度が違うなという感想を持ちます。

シナリオ・オン・シナリオ(SoS)シミュレーション

- ❖ 1000のリアル・ワールド(RW)の金利シナリオを80年の予測期間(961月ステップ)にわたり生成する。金利ヘッジが有効であるかを評価するポイントが合計961,000個あることを意味する。
- ❖ 各961,000の評価ポイント各々で、1000個のリスク・ニュートラル(RN)シナリオを生成する。これは、将来のPLが金利依存(動的解約、利差配当)であるためである。
- ❖ この結果、1契約につき合計9億6100万個の評価数の負債価値および感応度を計算することになる。8個のGPUを使用してこの約10億ループの計算を約90分で行うことができた。
- ❖ 実際の金利ヘッジでは、RN1000個のシナリオによる感応度計算が必要なだけである。約10億ループの計算は約100万件の保有契約に対する金利ヘッジ計算に相当する。
- ❖ このような大量の計算が可能になったのは高性能GPUプロセッサの発展があるからである。



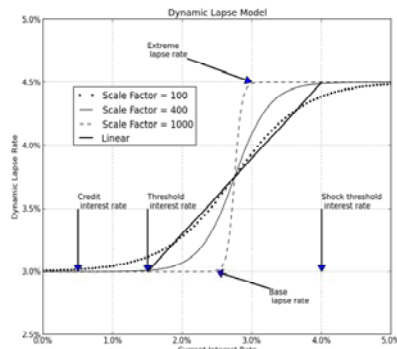
テストの方法です。評価点というものを考えます。横軸が月数で書いてあります。契約年齢が35歳、115歳までの死亡表ですので、保険期間が80年です。加えて最初の $t=0$ がありますので、961カ月に対して、外側のリアルワールドのシナリオが1,000本。月数が961あって、シナリオが1,000本ありますので、このクロスしている点が96万1,000個あるわけです。今からこれら96万1,000個の評価点それぞれにおいてヘッジをやっていきます。その点それぞれで96万1,000通りのヘッジの有効性の分析をします。

その96万点でヘッジをして、評価するのですが、そのために普通1回シナリオを出せばいいのではありません。動的解約がありますので、扇形が描いてあるように、ここでの評価に必要なシナリオは1本ではないのです。有配当の評価や、動的解約の評価をするためには、価格にいわゆる上方硬直性があるのでオプションのつもりで計算してやらなければなりません。オプションのつもりで計算してあげるために、またここで内側の1,000本のシナリオを出します。従って、全部で96万個 \times 1,000、約9億6,000万個のキャッシュフローのチェックをするということになります。

保有契約を1件ごとにプロジェクションしようとする、多い会社さんで2,000万件くらいの保有契約がありますので、大変な計算量です。今回は10億件の保有契約の計算をしなければならないということに相当するので、とても大変な計算量なのですが、GPUを8個使って約90分で終わります。最近はまだこれが進んで、最新のケイトリンの情報によると、8個で40分、16個で20分くらいで済むそうです。GPUを16個使えば10億件の保有契約のキャッシュフローを20分で計算できるということです。

われわれは開発環境で使っていますので、8個とか16個とかいう個数なのですが、北米や韓国の生命保険会社で、実際にこういうHPCを入れてヘッジやIFRSに対応する計算を行っている会社が使っているのは、100とか120という数のGPUだそうです。真面目に新会計を実務に入れようとなると、そのくらいの数量を使って計算することになります。

動的解約のモデル



- ❖ 動的解約率のモデルとして、ハイパーボリック・タンジエントを利用する。
- ❖ スケール・ファクターbを調整することにより、線形、S字曲線、階段型に似た曲線を得ることができる。

一般式

- ❖ $Tangh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$, $-\infty < x < \infty, Tangh(0) = 0$
- ❖ $GTangh(x) = a \cdot tangh(b(x - c)) + d$, where
- ❖ $-\infty < x < \infty, -a + d < GTangh(x) < a + d$, or
- ❖ $-a < GTangh(x) - GTangh(c) < +a$, where $GTangh(c) = d$
- ❖ b: scaling factor

具体例

- ❖ $a = \frac{\text{Highest lapse rate} - \text{lowest lapse rate}}{2} = \frac{3\% - 1.5\% - 3\%}{2} = 0.75\%$
- ❖ $d = \frac{\text{Highest lapse rate} + \text{lowest lapse rate}}{2} = 3.75\%$
- ❖ $c = \frac{r_0 + r_1}{2} = 2.75\%$, where
- ❖ r_0 = highest market rate that induces dynamic lapse = 1.5%
- ❖ r_1 = lowest market rate that induces extreme lapse = 4.0%
- ❖ b = 100 (for linear), 400 (for curve), 1000 (for step)

- ❖ 例えば、
b = 100 → 線形
b = 400 → S字曲線
b = 1000 → 階段型

8
Proprietary & Confidential



動的解約のイメージ図です。ご案内のように金利が上がれば徐々に解約率も上がっていくでしょう。その解約率はどのように上がるか、経験値がありませんし、また、なかなか調査する方法もありませんので、ここは少し悩ましいところです。本来でしたらこのようなものをきちんと調査したいのですが、今回はこちらに主眼がないものですから、穏やかな動的解約と著しい動的解約と、そういう動的解約の設定によるシミュレーションの差という検証でとどめております。

今回は動的解約を考慮する前の最善前提条件として、3%の平坦な解約を想定します。LCV商品を設計された方はご存知のように、保険料率設定の段階で、大体3%くらいをお使いだということからです。

例えばこのモデルは、予定利率が0.5%のとき、金利が4%に上がってしまったときには、解約率は1.5倍、4.5%までどんと増えるでしょうとしています。この4.5%という数字は私としては少し穏やかだなと感じます。今までの経験から言って、事例は違いますが、ショック・ラプスと言うと大体30%や40%という経験がありますので、本来これは10倍くらいまで伸ばすようなことがあってもいいかもしれません。

金利差がどのくらいに上がったらかどのくらい解約するのかということによく使われているのが、Base lapseとExtreme lapseとの間をS字型でつなぐパターンであったり、黒実線で描きました直線のパターンであったり、もしくはずっとため込んでぼんと上がるといった階段型であったり、いろいろなパターンがあります。今回はこのS字の例を使ってみました。このS字の部分の算式としていろいろ言われています。アークタンジェントの例がありますが、アークタンジェントの収束が悪いので、今回はハイパーボリック・タンジエントというのを使います。スライドに書いてありますが、これは e^{bx} と e^{-bx} の二つを計算してあげれば出しますので、意外に簡単に実装ができるということで、この形を使いました。

細かくはここに書いてありますように、こういうポイントの位置とパラメーターをキャリブレーションしてあげると、ここに一つ例を書いておきましたが、こういうS字カーブができます。このbの値をいろいろと変えてあげることによって、直線に近くなったり、階段状になったり、S字型になったりします。今回はb=400のS字型のものを使っております。

動的解約の前提条件

❖ 次の前提を置く (特に 3 , 4 , 5) :

1. 解約率のベースは会社最善前提(例えば年3.0%)とする。
2. 解約返戻金の予定利率はプライシング時の利率(例えば0.5%)とする
3. “市場金利”が予定利率から1.0%乖離すると解約が始まる。
4. “市場金利”が予定利率から3.5%乖離すると極端な解約(最善前提の1.5倍の解約)が起きる。
5. 顧客が参照する“市場金利”は10年国債の利回りとする。

カテゴリー	前提条件	記述	例	コメント
解約	Best Lapse	ベースとなる解約率	3.00%	最善前提条件から
	Shock Lapse Scale	ショック解約係数	1.5倍	$=3.0\% * 1.5 = 4.5\%$
金利	Credit Interest	予定利率	0.5%	プライシングの前提条件
	Threshold	動的解約の開始する金利	1.5%	予定利率から1.0%乖離した市場金利
	Shock Threshold	ショック解約の発生する金利	4.0%	予定利率から3.5%乖離した市場金利
	Market rate	顧客の参照する金利	JGB 10	契約者は10年JGBの金利を解約判断の参照金利とする

9
Proprietary & Confidential



今の動的解約の前提条件を言葉で表したものです。解約率のベースは、会社の前提条件として3%、解約返戻金の予定利率はプライシング時の利率として、例えば0.5%。それからこの3、4、5が今回定めた推定です。その中で使われている市場金利は5で決めてあるように、お客さまは10年債券のゼロクーポン債の利回り、要するに市中の10年の金利と自分の持っている保有契約の予定利率を比較しながら動くのではないかと前提を置き、その金利が自分の予定利率から1%ずれ始めると、少し保険を変えようかなと考え始めます。その差が3.5%になってしまうと、もうこれは変えるしかないと言って、変えるということになります。

LCV終身保険の基準となる解約率(Base lapse)

❖ 商品：LCV 終身

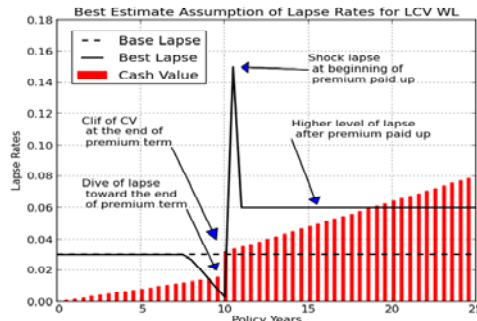
- 保険料払い込み期間終了時に解約返戻金の急増がある
- 解約率は保険料払い込み期間終了に向けて減少するが、その後は急増が予想される。

❖ 事例:

保険料払い込み期間10年

保険料払い込み期間満了に向けて解約率はゼロに近づく

保険料払い込み期間終了後は増加する



Policy year	0	...	4	5	6	7	10	9	10	11	12	13	...	20
Base lapse	3%	...	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	...	3%
Scale	1	...	1	1	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	5	2	2	...	2
Best lapse	3%	...	3%	3%	2.7%	2.1%	1.5%	0.9%	0.3%	15%	6%	6%	...	6%

10
Proprietary & Confidential

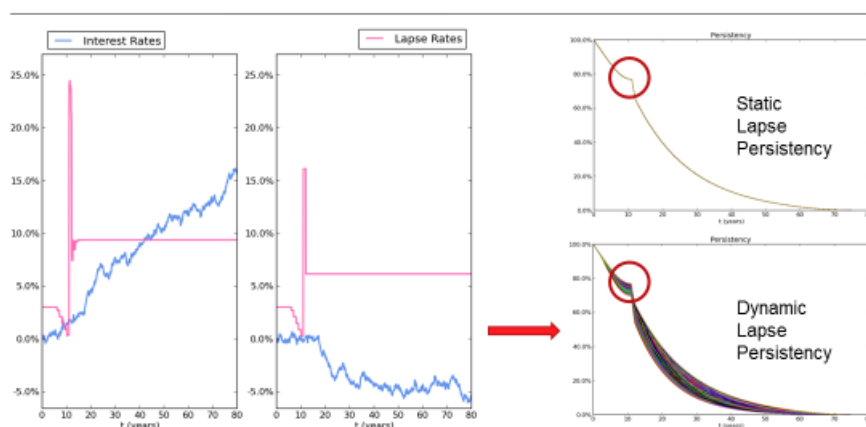


保険を乗り換える動機は、金利差だけではないと思います。いろいろな手間暇がありますし、アンダーライティングの問題もありますので、予定利率一つに限りませんけれども、例えば市中金利が、予定利率0.5%に3.5%を足した4%になってしまうと、自分の身体条件が悪化したとしても、ひょっとするとそのとき売られている終身保険の保険料のほうが安いかもしれません。ですので、ある程度金利が高くなってしまえば、アンダーライティングの条件うんぬんではなく、まず解約してしまうという想定のもとです。その上、健康状態に問題の無い契約は保険会社の収益の源泉ですけれども、そういった契約に限って躊躇することなく解約する傾向があるわけで、この部分の前提条件はやはり、保守的に設定してちょうど良いのではないのでしょうか。

(前頁下のスライドについて) 以上のような動的解約に加えて、先ほどの3商品のうちのLCV終身保険だけに関わる問題なのですが、この保険のアサンプションの設定上の難しいところは、最初の保険料払込期間は解約返戻金を7割に抑え、その後の解約返戻金は普通の終身保険と同じとなるという商品設計、つまり、保険料払込期間満了時に解約返戻金がジャンプするところです。解約返戻金がジャンプされてしまうと、お客さんの解約の行動もジャンプしてしまいます。保険料払込期間満了まで我慢していれば、解約返戻金が全然違うので、保険料払込期間満了の手前で解約率がぐっと下がり、保険料払込みが満了になって解約返戻金が増えれば、待っていましたとばかりに解約し、その後は通常よりも少し高めに解約するという前提です。

実は、これが非常に難しい性格のもので、また後から議論いたしますけれども、このおかげでヘッジがいくらか狂ってまいります。数字を追っていきますと、フラット3%のBase Lapseに、1倍、1倍、0.9倍と来て、0.3倍、0.1倍、5倍などのスケールをいったん掛け、動的解約を想定する前のBest Estimateが出ます。これが表中の一番下の行の数値です。ここにさらに先ほどの動的解約を組み合わせ、この二つを掛け算するとLCVの動的解約のBest Estimateが出るという手順です。この3%というベストが最高4.5%まで、15%のベストが最高22.5%まで上がることになります。

解約モデルの影響



- ❖ 金利上昇シナリオ(図上左)では下降シナリオ(図上右)と比較して、動的解約率が全体的に高い。
- ❖ 静的解約率には金利の影響はない。(図右上)
- ❖ 10年目の継続率の急激な低下(上記の赤い円で示されている)は、保険料支払満了における解約返戻金の急増によるものである。(図右下)

11
Proprietary & Confidential

AON
Empower Results®

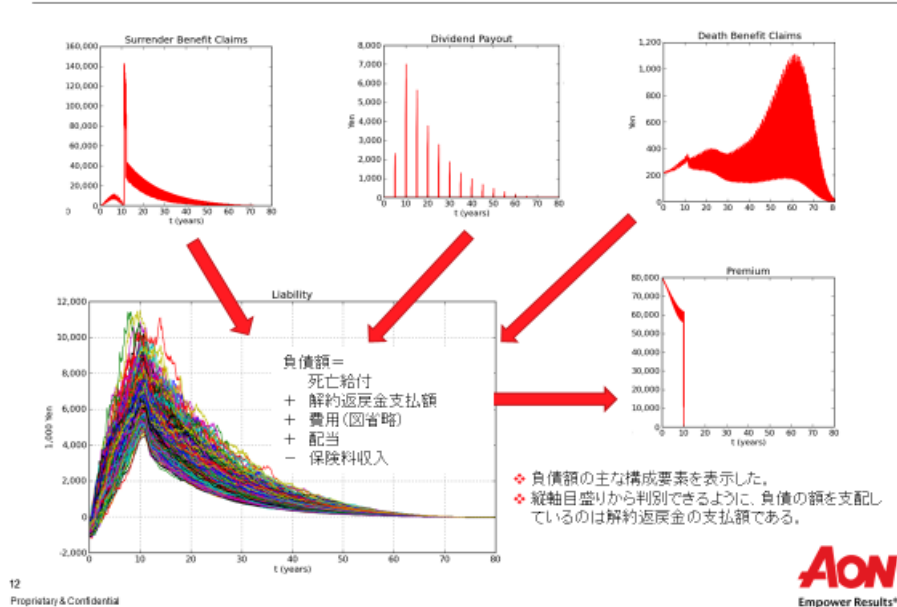
以上を図にしてみました。まず左側のグラフでは水色の線分が金利、紫色が解約率です。金利も解約率

も同じ左軸目盛りです。ゼロから始まった金利がどんどん上がって15%まで上がるようなシナリオを選んでいますが、そうすると、解約率は最初は下がりますが、10年目でぼんと上がってしまいます。4.5%の5倍くらい、22.5%に上がってしまいます。

その右側は金利が下がる例ですけれども、金利が下がってしまうと、動的な解約が起動しません。このときの解約率は先ほどお見せしました動的解約を想定する前のLCVの解約率そのものになっているという図です。右側の上のグラフは一つの金利のシナリオのもとでの残存率です。残存率もご覧のように初めはなだらかで10年目で尖って下がっていきます。この尖るのは、先ほど申しましたように保険料払込期間満了の手前だからです。

これを先ほどの金利シナリオに従って、何本も残存率を重ねたのが右側の下のグラフなのですが、やはり10年目に尖った部分がでてきて、分析を邪魔をすることになります。

経過月数にわたる負債の変動の詳細



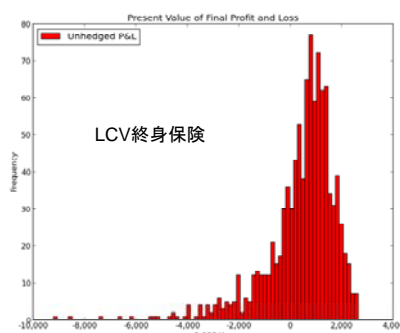
このスライドは、生成した金利シナリオに従ってキャッシュフローを生成し、経済価値の負債額をプロットしたものです。1,000本のシナリオに従って計算した負債額がプロットしてあります。負債額としては、死亡給付、解約返戻金、費用、配当から保険料収入を引くという、皆さんおなじみのものです。

それぞれの要素に分けたグラフが周りの表で、費用だけは載っていませんけれども、左上が解約返戻金、真ん中が配当、5年ごとに出ております。そして右上が死亡保険金で、右下は保険料の払い込みです。保険料は10年目で、すっとなくなるということです。

横軸は、年単位で書いてありますが、プロットは月単位でプロットしています。あたかも死亡保険金が一番大きそうに見えますが、実は目盛りが違います。死亡保険金は最高1,200円くらいで、解約返戻金は最高16万円くらいですので、支出の大部分は解約返戻金の支出で成り立っているということです。

ヘッジ前の収支の現在価値の分布:LCV終身保険

- ❖ ヘッジ前P&L = PV(現金流入 - 現金流出)
- ❖ 収益性 = ヘッジ前P&L / PV(保険料)
- ❖ 我々が通常認識する保険商品の収益性は右記の分布の平均値のことである。
- ❖ 収益性は5.25%と許容範囲の値であるが、損の側に大きくすが広がっていることがわかる。
- ❖ 金利変動により、9,214,961の損失が発生するケースもある。



	平均値	最小	最大	範囲 (最大-最小)	標準偏差	CTE90	CTE95	CTE99
ヘッジ前P&L	433,233	-9,214,961	2,653,655	11,868,616	1,395,888	-2,721,761	-3,734,694	-6,309,477
収益性	5.25%	-111.72%	32.17%	143.89%	16.92%	-33.00%	-45.28%	-76.50%

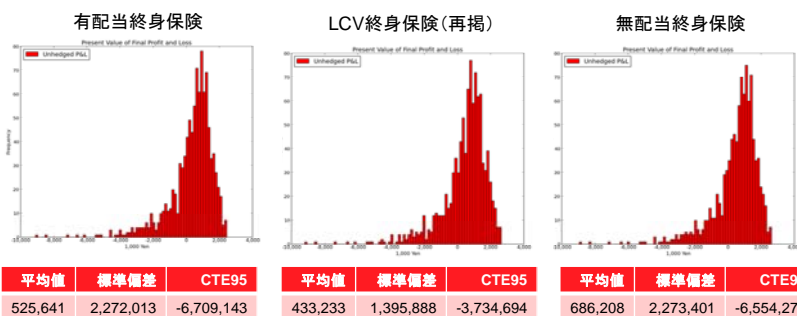
13
Proprietary & Confidential



ヘッジする前のLCV終身保険の収支の現在価値の分布図です。横軸が現在価値の目盛りで、縦軸がその頻度なのですけれども、ゼロの辺りに大変集中しております。平均値が43万円、ここが200万円ですので平均は分布図全体から見てきわめてゼロに近いところにあります。平均値でわれわれはいつも計算していますので、ここにあるように、例えば保険料の現在価値で割った収益性が5.25%なら、大体どの計理人さんもオーケーと言うでしょう。

ヘッジ前の収支の現在価値の分布:その他の2商品

- ❖ ヘッジ前P&L = PV(現金流入 - 現金流出)



- ❖ 有配当終身保険、無配当終身保険でも、LCV終身保険と同様のパターンの収支の分散が観察される。
- ❖ どの商品も、マイナスの収支が大きく左に分布している様子は同じである。
- ❖ 保険料の額を同じとしているために、上記の収益性が個々の商品の収益性を特徴付けているわけではない。
- ❖ 分位数はきわめて低金利の、利差配当も無く、動的解約も発動しないシナリオの場合と考えられる。よって無配当と有配当の分位数に大きな差が無い。

14
Proprietary & Confidential



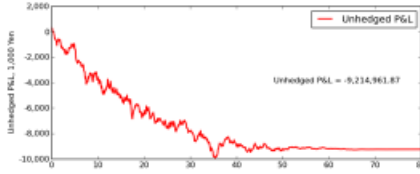
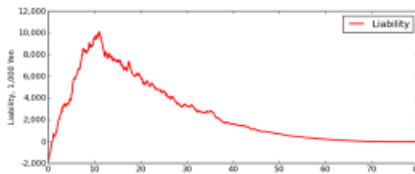
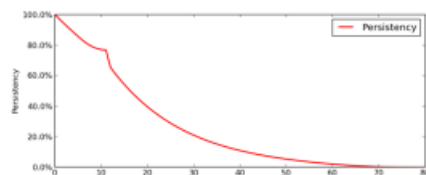
収益性が十分であるので安心するところですが、しかし、実はこのようにテールが長いわけです。プラスの方も裾が長いですから、予定外にもうかることも充分あります。しかし、予定外に大損することも

たくさんありまして、CTEを見ていただきますと、マイナス600万円、最小がマイナス900万円、標準偏差が135万円ということで、平均値は45万円と、ゼロに本当に近いところなのですけれども、その左右のテールが非常に長いわけです。われわれは、いつもこのようなものを扱って、平均値が5.25%だと言って売っているわけです。

(前頁下のスライドについて) 同じように有配当商品と無配当商品の場合も計算しました。真ん中のLCVは先ほどの図の再掲なのですが、これは商品性が少し違いますので、CTEが他のものより少し良く、マイナス300万円くらいなのです。有配当と無配当はそれぞれCTEが670万円、655万円なのですが、要するに、悪いシナリオというのは金利が悪いシナリオですので、有配当の場合の配当が出ないということで、悪いところは有配当と無配当はよく似てしまいます。その代わりに、ここには細かく書いてはいませんが、金利が上がってくると有配当の収益性は、配当を払った分だけ悪くなるという傾向があります。それから、本来この3商品は、先ほども申し上げましたように、内容によって保険料が異なるはずのところ、今回は皆、同じ額にしましたので、ここに出てきていますそれぞれの商品の収益性の比較が、その商品の商品性の比較にはなっていないということだけ、一つお断りしておきます。

最悪のシナリオの分析:LCV終身保険

- ❖ 最悪の場合のシナリオとは、ヘッジ前の収支が最も低くなる金利シナリオのことである。
- ❖ 最悪のシナリオにおける金利、継続性、負債キャッシュフローを表示した。
- ❖ このとき収支の現在価値は ▲9,214,961である。
- ❖ 10年ゼロクーポン債の金利が今後30年をかけて▲5パーセントまで下落する。
- ❖ 一般常識的には「ありえない」シナリオとしてリスク管理の対象外にするシナリオである。



- ❖ P&Lは収支の累積現価のプロットである。



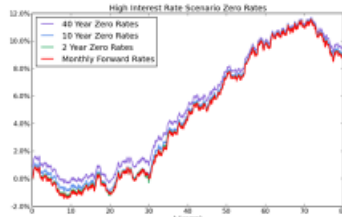
15
Proprietary & Confidential

このような計算値の中の最悪のシナリオはどのようなシナリオかを見てみたものが上のスライドです。最悪のシナリオと申しますのは、収支の現在価値の最小値を与えているもののことです。その最小値であるマイナス920万円を与える金利シナリオを抽出したものです。左下のグラフを見ていただくと、0%から始まって、20年、30年と、マイナス5%までいってしまうというパターンです。マイナス5%の金利までリスク管理をしなければいけないのか、このようなものはもう想定外でいいのではないかと、普通は見ません。

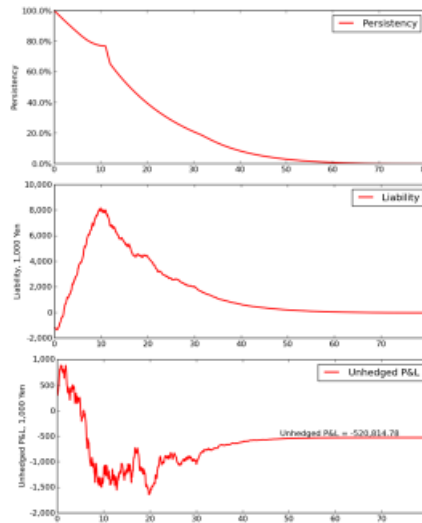
しかし、これが金利ヘッジでどうなるかも一度やってみましょうということです。とてもエクストリームなケースで噴飯もので、こういうところまでリスク管理をやっている人が見なければいけなくなったら、辞めさせてくださいと言いたくなってしまうようなものなのですけれども、これもヘッジの対象として入っております。ヘッジがどうなるかは、また後でお見せします。

低金利継続後、高金利のシナリオの分析: LCV終身保険

- ❖ 今後10年以上現在と同様の低金利が継続した後、金利が上昇する場合である。
- ❖ このときの収支の現在価値は ▲ 520,814 である。
- ❖ 最終的な金利が高い場合でも、必ずしも健全な収支につながるわけではない。
- ❖ 今後10年以上現在と同様の低金利が継続するシナリオは、「ありえない」シナリオとしてリスク管理の対象外にするシナリオであろうか。



16
Proprietary & Confidential

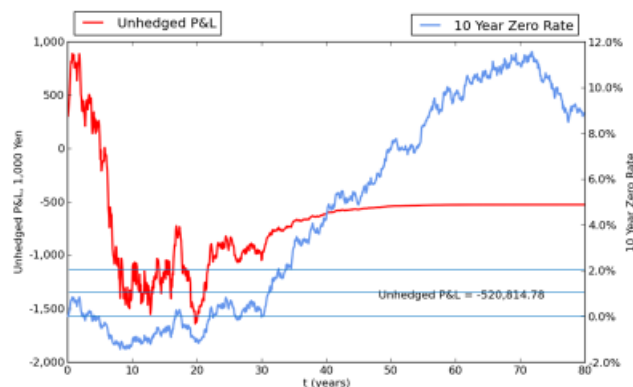


- ❖ P&Lは収支の累積現価のプロットである。

AON
Empower Results®

次は、それほど悪くならないけれども、今のアベノミクスがあと10年続いたらどうなるかという、ほぼそれに近いような金利シナリオです。日本は1989年から低金利です。アメリカは2008年から10年くらいで金利が戻ってきていますが、日本は30年近くかかってまだ低金利です。あと10年も今のままという想定は、想定外でしょうか。きっと想定内かもしれませんね。そういう場合でも、やはりこの商品の価値はマイナスになってしまいます。40万円の価値がマイナス50万円に終わってしまうということで、今後、大きな金利の下落を想定しなくても、ひょっとしてあり得るシナリオで、やはり価値が下がってしまう場合です。これも後でヘッジの効果を見てみます。

低金利継続後、高金利のシナリオの分析(再掲)



- ❖ 今後10年以上現在と同様の低金利が継続した後、金利が上昇する場合、最終的な金利が高くても、健全な収支につながるわけではない。
- ❖ P&Lは収支の累積現価のプロットである。

17
Proprietary & Confidential

AON
Empower Results®

前のスライドを細かく見てみたのですけれども、金利は右の軸目盛りですが、0%から2%の間を、少しマイナスにも入って動くのですけれども、価値は結局マイナス50万円までいってしまうというものです。

ヘッジの方法とDV01

- ❖ ヘッジ戦略は以下のようなものである。
 1. 全てのタイムステップ、全ての金利シナリオに対して、異なる金利セグメントに対する負債の感度(DV01、1ベースポイント変動時の変動額)を計算する。
 2. 上記1で計算した金利に対する負債の感応度を相殺するため、2年、10年および40年のゼロクーポン債券からなる資産のポートフォリオを構築する。
 3. 負債のDV01と一致するよう毎回(今回の場合は毎月)債券を購入または売却することにより、資産ポートフォリオを再調整する。
 4. 負債と債券の取引から生じるキャッシュ・フローからなる現金口座を設定する。
- ❖ DV01は、金利が1ベースポイント変動した場合の資産および負債の価値の変動である。
 1. $DV01 = \frac{(V^{up} - V^{down})}{2h}$ 、ここに、 V^{up} と V^{down} は、金利曲線にショックを与えて計算した資産および負債の価値の変動額であり、 h はショックの大きさ(ここでは1ベースポイント)である。
 2. DV01はデュレーション(= $\Delta DV01 / Liability$)と密接に関連している。

18
Proprietary & Confidential



次のようなヘッジを入れます。今回は検証が目的ですので手順が多いです。まず、すべてのタイムステップと、すべての金利シナリオに対して、異なる金利セグメントに対する負債の感応度、DV01というものを計算します。80年間のタイムステップと、外側の全シナリオに対して、金利にセグメントを設け、そのセグメントごとにDV01を計算するのです。こうして計算した金利に対する負債の感応度と対応させるために、資産として、2年もの、10年もの、40年ものを用意しています。ゼロクーポン債です。この負債のDV01と資産のDV01がマッチするように、先ほどの96万1,000個の評価点でリバランスを繰り返すわけです。

一つのシナリオで961カ月分、そのシナリオが1,000本です。資産の売買のために現金口座を設けて売買の結果を計上し、その現金口座に残った額がヘッジの収支ということになります。今、申し上げました金利のセグメントというものは、後ほどまたご説明申し上げます。DV01という概念なのですが、このDV01は、デュレーションの分子の部分です。このDV01をLiabilityで割ると書いてありますが、DV01を現在価値で割ったらデュレーションです。

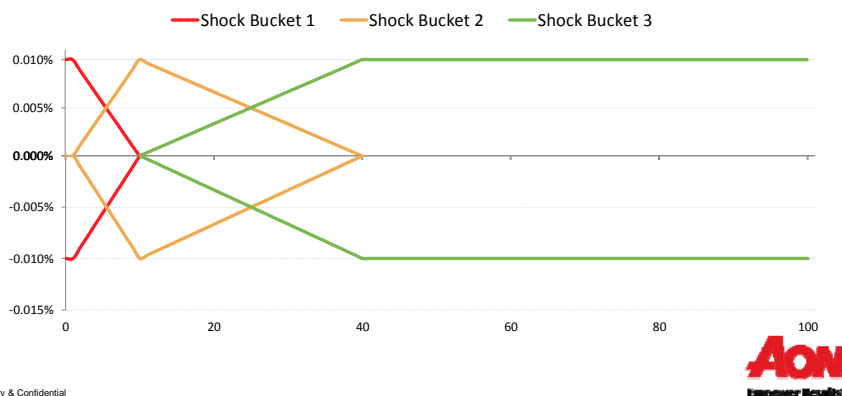
要するに、価値の微分を価値で割ればデュレーションなのですが、DV01というのは分子の価値の微分部分だけです。この微分部分だけというのが使いやすく、ヘッジをおやりになる方は、デュレーションではなくてDV01の方でおやりになります。デュレーションと申しますのは、いわゆる線形ではないのです。分母で割っていますので、線形ではありません。線形ではないというのは、要するに二つのもののデュレーションは、それぞれのデュレーションを足したものになっていないのです。ですけれども、DV01、これは分子しかありませんので、今から言いますように足し算が利くというところが、一つの有利な点です。

金利バケット

- ❖ 金利の期間構造の複雑な変動を追従するため、部分的なDV01値を「バケット」と呼ばれる曲線の一部のみにショックを与えることで計算する。今回は、以下のバケットを選択した。

(1)0から10年 (2)2年から40年 (3)10年以上

- ❖ また、ショックの加えられたすべてのバケットを合計して、金利曲線全体に対する平行・ショックを求め、これを金利曲線に適用することによって、全体のDV01を計算する。



19
Proprietary & Confidential



先ほど申しあげました金利セグメントのスライドです。表題の「金利バケット」、これは金利ではなくて本当は「ショック・バケット」と言うようにと、先日ケイトリンに怒られました。正しくは「ショック・バケット」と申します。価値の微分をするときに、微分値は解析的には求まりませんので、金利をほんの少し上げただけ、ここでは1ベーシスポイントなのですけれども、そのときのライアビリティの価値と、ほんの少し下げたときの価値の差を2ベーシスポイントで割る。これは微分の近似値なのですけれども、このときに、ほんの少し上げる、または、下げるときに、金利シナリオ全体を平行にシフトするのではなく、ここで見るように、最初の10年目、ここが10年目ですね、そして40年目で区切り、0.01と、マイナス0.01から始まる赤の線、次に重なるように黄色の線、緑の線と、こういうふうにショックを与えるわけです。

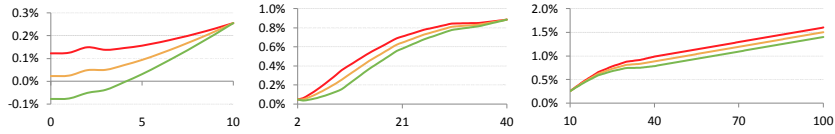
このようにショックを与えるとご覧のように、折れ線グラフのゼロから上の部分だけ足すと0.01%、下の部分だけ足すとマイナス0.01%ということになって、全体では平行にシフトさせていますけれども、金利の変動を一部分ずつ変化させてあげるのです。そしてその変化それぞれに、(1)に2年もの、(2)に10年もの、(3)に40年もの債券をマッチさせます。つまり最初の赤の部分だけのショックを与えて、ライアビリティのDV01を求めたら、対応する2年ものの債券のDV01が合うように、2年ものの債券をリバランスします。一つのデュレーションという、例えば大きな指標に合わせて、資産と負債を合わせるのではなく、部分ごとに合わせてあげるのです。すると、金利が動くときに、必ず平行にシフトするのではなくて、いろいろな形で動きますけれども、そのいろいろな形で動くところの支点を押さえておいて、その支点を上下に動かしてあげれば、いろいろな形の金利のシナリオに対応できるという発想です。

これは私たちの発明ではなくて、ヘッジの文献の中にもこういうことをやられているものがございます。これらのショックを加えると、平行のシフトになりますが、全体ではなく金利カーブの一部がそれぞれ変わるといことです。この一部分ずつの変化を与えて、3つのバケットのDV01を合わせにいきます。3種類の金利シフトでDV01を合わせにいくというイメージです。

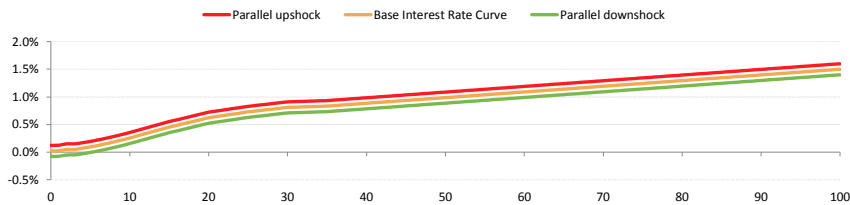
金利バケットごとのDV01と金利曲線の平行シフト

❖ バケットiのDV01_iは以下のように計算する。

❖ $DV01_i = \frac{V_i^{up} - V_i^{down}}{2h}$ ここに V_i^{up} および V_i^{down} は、バケットiにアップショックとダウンショックをそれぞれ加えることによって計算される資産および負債の価値であり、hはショックのサイズ (bps、ここでは1bps) である。



❖ 上記の3つのシナリオのシフトを合成すると、以下の平行シフトとなる。



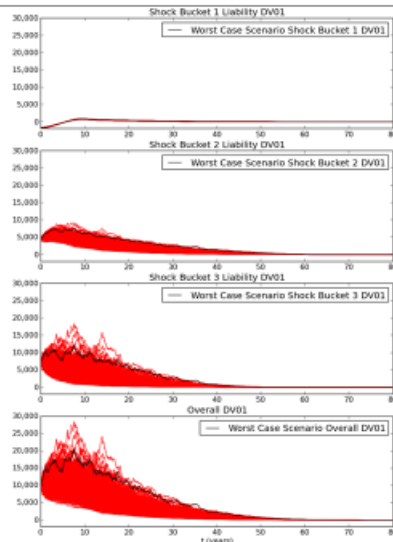
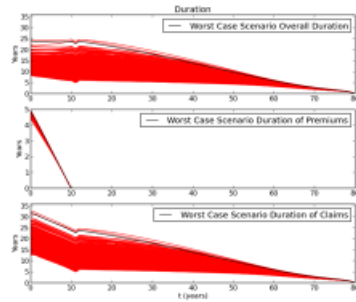
20
Proprietary & Confidential



このスライドは金利を1番目、2番目、3番目のバケットでショックを与えたときの、それぞれの金利カーブの動き方ですけれども、上の三つのグラフを足すと、下の平行シフトになっていくというイメージです。

負債のDV01

- ❖ すべてのシナリオとすべてのタイムステップにわたるすべてのバケットの負債のDV01を計算する。
- ❖ 負債のDV01は、時間とシナリオとバケットによって大きく異なる。
- ❖ 資産のDV01でマッチさせるには、動的な戦略が必要である。



21
Proprietary & Confidential

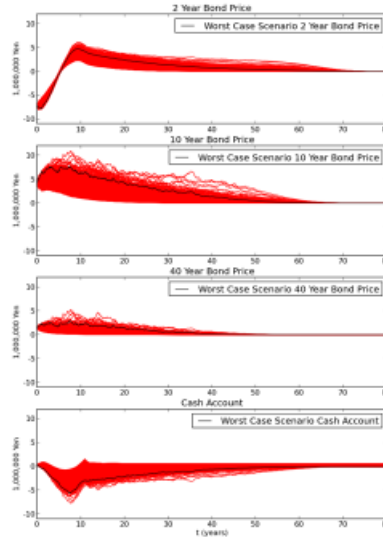


負債のDV01の計算結果とプロット図です。左側がデュレーションです。デュレーションのクレームの部分と、プレミアムの部分と、両者を足したものです。上の図の二つを足して3番目のグラフになるように全然見えませんね。右側のDV01は、1番目、2番目、3番目のバケット、4番目は全部足したものです。バケットによって変動させたときに、負債はどのように変わるかということで、赤でごちゃごちゃと書いてありますけれども、これは全部1,000本の線が重なったものです。

先ほど申しあげました最悪のシナリオを、黒字でプロットしてあります。黒字で書いたシナリオは意外に上の方をたどっているということが分かります。

ヘッジ資産のポートフォリオ

- ❖ すべてのシナリオとすべてのタイムステップにわたって、すべてのバケットの債券のDV01を計算する。
- ❖ 資産ポートフォリオは、2年、10年、および40年の債券と、キャッシュフローを管理する現金勘定で構成されている。
- ❖ 各タイムステップで、債券のDV01が債務DV01と一致するように適切な額の債券を取引する。
- ❖ グラフは、すべてのタイムステップにわたるすべてのシナリオについて、各債券タイプに投資された合計金額と現金勘定の金額を示している。



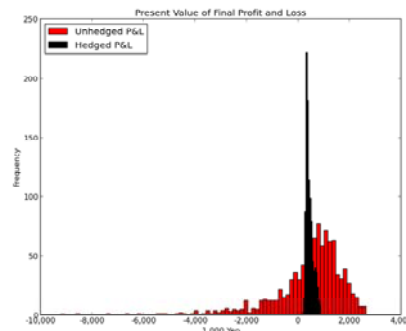
AON
Empower Results®

22
Proprietary & Confidential

続きまして、ヘッジをしている資産の側はどう動いているかをプロットしたものです。グラフは上から2年、10年、40年の資産の評価額です。一番下の現金勘定を見ていただくと大きくマイナスになっています。この図からもはっきりすることは、今回のヘッジの方法は、ヘッジに必要な債券を当初の保険料の収入だけでまかなえないので、大幅に現金を借り入れて当てているということです。「借り入れ」は、実際の借り入れでなくても、資本金だと思っていただければよいと思います。価値すなわち負債は、将来の収支の現在価値ですので、分割払の当初の入金ではその変動の追跡に不十分と確認できます。

ヘッジを行った場合の収支の現在価値の分布:LCV終身保険

- ❖ ヘッジ前P&L = PV(現金流入 - 現金流出)
- ❖ ヘッジ後P&L = PV(債券価値終価+現金流入-現金流出-リバランスコスト)
- ❖ 改善倍率 = ヘッジ前P&L / ヘッジ後P&L
- ❖ ヘッジ実施後の収益性の分布が大きく集約していることがわかる。
- ❖ ヘッジは最大値を下げるが、テールも大幅に制限し、標準偏差を大幅に引き下げる。
- ❖ 今回のヘッジ戦略の有効性が示唆される。



	平均値	最小	最大	範囲 (最大-最小)	標準偏差	CTE90	CTE95	CTE99
ヘッジ前P&L	433,233	-9,214,961	2,653,655	11,868,616	1,395,888	-2,721,761	-3,734,694	-6,309,477
ヘッジ前収益性	5.25%	-111.72%	32.17%	143.89%	16.92%	-33.00%	-45.28%	-76.50%
ヘッジ後P&L	451,296	167,626	895,418	727,792	138,789	285,815	267,608	224,606
ヘッジ後収益性	5.47%	2.03%	10.86%	8.82%	1.68%	3.47%	3.24%	2.72%
改善倍率				16.31	10.06			

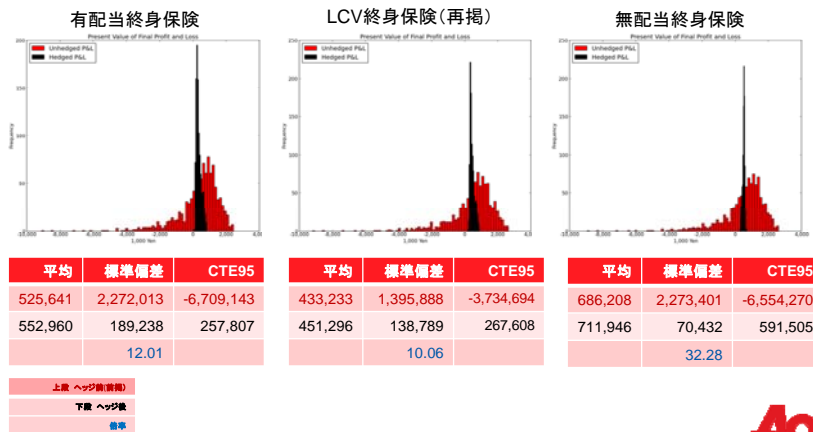
AON
Empower Results®

23
Proprietary & Confidential

ヘッジ後の結果です。先ほどの赤いグラフにヘッジ後の黒いグラフを重ねました。ご覧になってわかりますように、広がっているヒストグラムの分布がかなり圧縮されている様子がわかります。平均値はほとんど変わりません。しかし、テールと、最大、最小が極めて圧縮されている、極めて理想的なケースに見えます。

ヘッジを行った場合の収支の現在価値の分布:その他2商品

- ❖ 有配当終身保険、無配当終身保険に対して、同様のシミュレーションによる検証を行った。
- ❖ 平均値を維持し、標準偏差が大幅に減少し、分位数がプラスに転化している。
- ❖ これらの商品に対しても、金利ヘッジは有効に機能している。



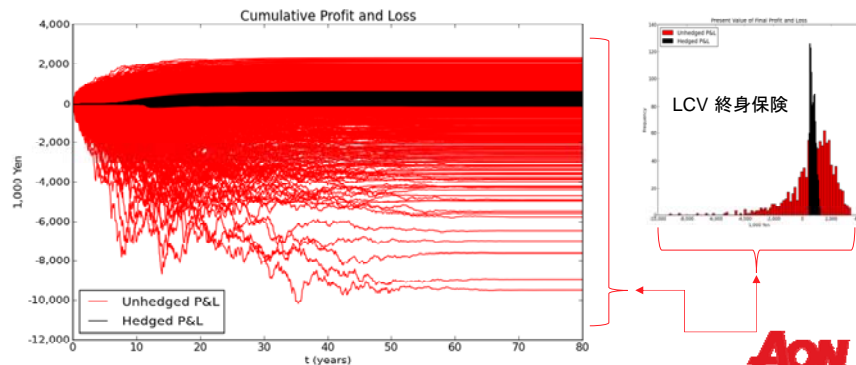
24
Proprietary & Confidential



同じように他の商品でも計算してみました。効果は同じです。有配当と無配当の結果の差は、先ほども言いましたように、配当の有無の差と思われます。標準偏差を見ますと12倍、10倍、32倍に縮小しています。どの商品でも標準偏差が大きく改善していることがわかります。

収支の累積現価の各月分布

- ❖ シナリオごとに収支の累積現価を月ごとに追った。
- ❖ $t=0$ から t までの収支の $t=0$ における現在価値(累積現価)を t にプロットした。
- ❖ 右端($t=80$)を横切る線分の濃淡が、収益性の分布を表す。
- ❖ 赤がヘッジ前、黒がヘッジ後である。通年を通して、ヘッジが収支の分散を抑えている様子がわかる。
- ❖ 40年以降は残存契約が少なく、保険期間を通じた収益性は経過40年ほどでほぼ決まっている。



25
Proprietary & Confidential



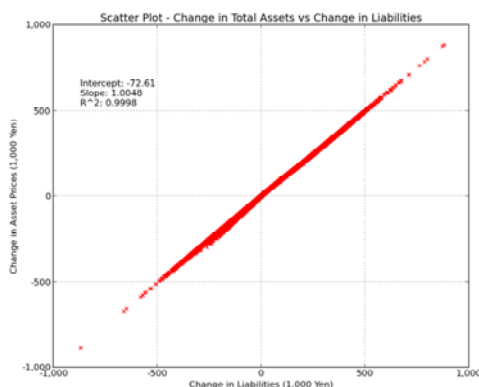
どういうときに、どういう形で現在価値の分布が圧縮されるかということを見たのがこのグラフです。これは1,000本の累積原価のプロットです。累積原価と言いますのは、例えばここにt=40がありますが、tの40のところに書いてあるプロットは、0から40までのシナリオに沿った収益と、その後の収益の予想の合計額を、0までディスカウントした値をこの40のところにプロットしたものです。左からどんどんディスカウントして足していったものをプロットしたもので、一番右端の赤線の濃度が、先ほどのヒストグラムになります。濃度が頻度に対応します。

見ていただくとわかるように、ヘッジをしますと、価値が行ったり来たりして、最終的に40万円になるのではなく、初めからずっとそれを40万円になるように押さえ込んでいっているわけです。ですので、そのような形でこの黒いグラフになったということです。

また、この40から先を見ていただきますと、ほとんどまっすぐです。つまり40年から先のところの、金利モデルの伸ばし方や、解約率の工夫などは、あまり効果がありません。大体物事は最初の40年くらいで決まってしまうので、エクストリームな金利を何%にするかというディスカッションは、あまり意味がないのではないかと分かります。

資産の変動と負債の変動の分析

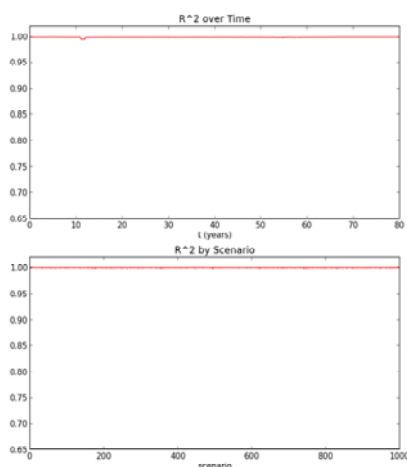
- ❖ **ヘッジが有効**であるためには、負債の変動は、各タイムステップおよびシナリオにおける**資産の変動と一致する**必要がある。
- ❖ 右記の散布図は、資産がどれだけうまく負債と整合して動くかを示す。このグラフには、961,000点(961月のタイムステップ×1,000シナリオ)がプロットされる。
- ❖ 傾き1.0は、金利の動きによって負債が1円変化したとき、資産も1円変化し、資産の動きが負債の動きに完全に一致することを意味する。
- ❖ 今回の実験では、**きわめてよい相関関係**が観測された。



これは、アセットとライアビリティがどのように上手にマッチして動いているかということを示したものです。このグラフには96万1,000個の点が打ってあります。そのように見えないのですが、少なくとも96万1,000個のペアを、Pythonのマットプロットリブに放り込むと、これを描きました。

横軸が負債の変動、縦軸が資産の変動です。先ほどの評価点の96万1,000個、それぞれのところで資産が動きました、負債が動きましたと、計算していますので、その組み合わせをプロットしてみると、見事に直線に並んでいます。R²が0.9998ということは、ほとんど1ですので、場合によっては、このくらいの精度でフォローできるということです。極めていい相関関係です。

時間ステップとシナリオにわたるR²



- ❖ 上のグラフは、1000個のリアルワールドのシナリオにおける資産の変化と負債の変化のR²を、各時間ステップ(月)にわたってプロットしたものである。
- ❖ すべての時間ステップ(月)におけるR²は**1.0に非常に近い**ものである。
- ❖ 下のグラフは、961の月次タイムステップにおける資産の変化と負債の変動のR²を、リアル・ワールド・シナリオにわたってプロットしたものである。
- ❖ R²はすべてのシナリオにおいて**1.0に非常に近い**ものである。

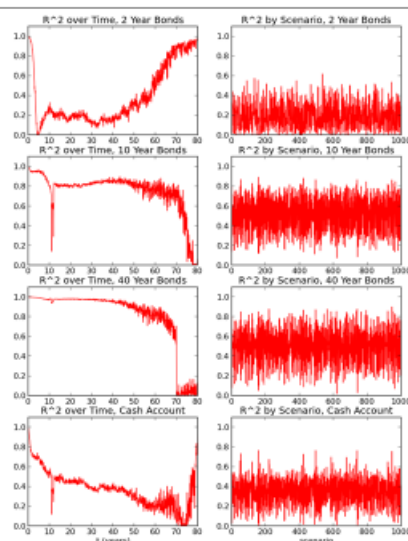
27
Proprietary & Confidential



続いて、その96万個を、今度は横軸に時間を取り、ある月を横切る1,000本のシナリオの資産と負債の変動のR²を計算してプロットします。その961カ月分を並べたものが上図です。10年のところでぽつんと落ちていますが、ほぼ、どのようなシナリオでも毎月のR²が1となっています。下図は逆にシナリオを1本ずつ追っていくと、961ヶ月を横切ることになり、その961個の組み合わせの資産と負債の変動のR²を取ってプロットし、その1,000本のシナリオ分を並べたものです。やはりこれも、1.0に並んでいます。異常値を出すシナリオが無いことがわかります。様々な面から切ってみると、金利カーブを三つのバケットに分けた手法は、非常にきれいにヘッジするということが分かります。

資産種類ごとのR²

- ❖ 左側のプロットは、各資産種類ごとのR²を時間ステップにわたってプロットしたものである。
- ❖ 右側のプロットは、各資産種類ごとのR²をシナリオにわたってプロットしたものである。
- ❖ グラフは、いずれの時間ステップ、いずれのシナリオでも、R²が1.0に近い債券はないことを示しており、ヘッジは1種類の債券のみでは有効ではないことを示している。
- ❖ 金利リスクを効果的にヘッジするには、満期の異なる債券が必要だと判断できる。



28
Proprietary & Confidential

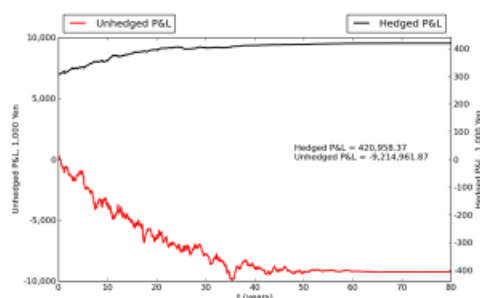
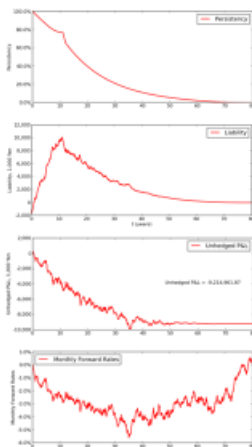


それぞれの資産バケットがどういう動き方をしているかのプロット図です。先ほどのスライド「時間ス

トップとシナリオにわたるR2」の上と下のグラフをバケットごとに分けたものです。これを見ていただくと、先ほどのように1に並んでいません。つまり2年ものだけを使っても、それは上手にヘッジできません。10年ものだけでもヘッジできません。40年ものだけでもヘッジできません。三つを合わせると、やっと先ほどのようなきれいな相関関係の結果になるのです。そういうことを意味するグラフです。

最悪のシナリオに対するヘッジの効果

- ❖ ヘッジ前の収支の現在価値▲9,214千円が、ヘッジによって420千円に改善している。
- ❖ 最悪のシナリオの場合でも、収支は大幅に改善されていることが見て取れる。



ヘッジ前P&Lは赤線、左目盛り、
ヘッジ後P&Lは黒線、右目盛り

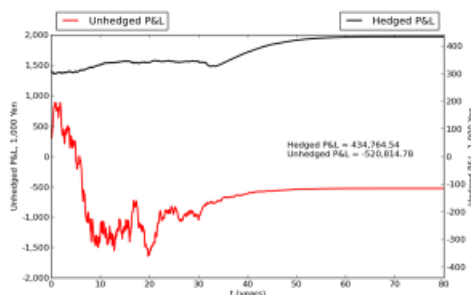
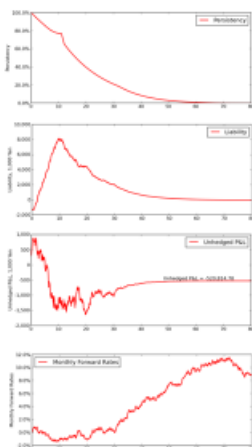
29
Proprietary & Confidential



続きまして、最悪のシナリオの例、マイナス 900 万円になった例です。右側のプロットでは、ヘッジ前の現在価値の推移を赤線で左目盛りで、ヘッジ後の現在価値の推移を黒線で右目盛りで表示しています。累積現在価値ですので、80年目の縦軸を横切る値が、t=0における収益現価に対応します。ヘッジ後の収支は、右目盛りでプラス40万円くらい。これを左目盛りで見ればゼロの辺です。

低金利継続後、高金利のシナリオにおけるヘッジの効果

- ❖ ヘッジ前の収支の現在価値▲520千円が、ヘッジによって434千円に改善している。
- ❖ 低金利継続後、高金利シナリオの場合も、ヘッジは 収支を固定している。



ヘッジ前P&Lは赤線、左目盛り、
ヘッジ後P&Lは黒線、右目盛り

30
Proprietary & Confidential



この（前頁の）スライドは、先ほど紹介した低金利の場合ですけれども、同様に、赤線のような結果になるものを、黒線のように押さえているということで、この場合もヘッジは収支を固定しております。ヘッジは、最終的につじつまを合わせているのではなくて、どういう経路をたどっても一定値に持ってこようとしているという動きを持っているということがわかります。

金利ヘッジの実務

- ❖ 今回はヘッジ効率を予測する必要から**二重の確率論的分析 (SoS) 手法**を使用したが、金利ヘッジの実務では**必要ない**。
- ❖ 金利ヘッジの実務では、負債、資産、および対応するDV01の時価評価を、**時間ゼロで行うだけで十分**である。
- ❖ ただし、将来のキャッシュフローが金利感応的である(オプション性を持つ)ため、DV01を計算するためにシナリオを生成する必要がある。
- ❖ 今回は、ネットDV01(負債DV01 + 資産DV01)をゼロとし、金利の影響を相殺する設定で計算した。
実務では必ずしも**ゼロにする必要はない**。
- ❖ また、今回は月ごとに必ずヘッジのポジションを調整したが、必ずしも、**毎月ヘッジのポジションを変更する必要もない**。
金利が変動しないときは、ポジションを変更する必要はない。
- ❖ 例えば「 $\text{abs}(\text{net DV01}) > \text{負債DV01} \times x\%$ 」といったリスクの上限条件を設定し、取引のトリガーまたは**閾値として使用**することができる。取引コストの削減となる。
- ❖ そのためには、ブルームバーグなどの情報源から入手したリアルタイムの市場データで、資産と負債の**評価を絶えず行う必要がある**。

31
Proprietary & Confidential



金利ヘッジの実務に関する事項をまとめました。今回は検証が目的ですので、外側で 1,000 本のシナリオを発生させ、なおかつ、将来の 961 カ月分の計算を行いました。しかし実際の実務では、この 96 万件の評価は必要ございません。毎月リバランスするのでしたら、リバランスごとに 1,000 本のリスク・ニュートラルなシナリオを生成すればいいということになります。ですので、実際のヘッジでは今回の検証のために必要だった計算時間の 100 万分の 1 の時間で終わってしまいます。今回の検証は保険契約一件に対して行ったので、今回の評価に必要なだった 90 分という時間は、100 万件の保有契約に対して 1 回ヘッジをしたことに相当します。

今回は、月ごとにネットの値をゼロにする、つまり、月ごとに負債と資産のDV01を完全に一致させるようにしています。実務では、リバランスを何分に 1 回するのか、何日に 1 回するのかを決めなければなりません。今回は月に 1 回ですが、実際には月に 1 回する必要もありませんし、すれば良いと言うわけでもありません。あまりに頻繁にやると、今度はトランザクション・コストがかかりますし、頻繁にやらないとヘッジ・ポジションの追跡に遅れてしまいますので、その辺りの工夫が将来、実際には必要になってくると思います。

このスライドに書いてありますのは、例えば、この二つのDV01の差が、ある一定のリスク・クリテリアに引っかかったときヘッジをやりましょうという方法のことです。ただし、そのような場合でも、負債と資産のDV01、少なくとも負債のDV01を絶えず計算しておいてあげないといけないので、週に 1 回とか、月に 1 回とか、そういう計算をして、それをモニターしながら、それが閾値を越えたらヘッジに入る、そういうような手順が実務で必要になるだろうと思います。

観察と結論

- ❖ 金利リスクをヘッジすることにより、さまざまな種類の終身保険の収支のボラティリティを効率的に削減および管理することができる可能性がある。
- ❖ これは、契約者の解約行動に重大な影響を及ぼす、突然の金利の変動や解約返戻金率の急増の場合であっても当てはまると考えられる。
- ❖ 金利ヘッジは、金利の動向にかかわらず、伝統的生命保険商品の収支を保全し、その結果、潜在価値の保全をする有効な手段である可能性がある。

今後の課題

- ❖ トランザクション・コストを考慮した、より現実に近い収益性の評価
- ❖ 養老保険などへの対象商品の拡大
- ❖ キャッシュフロー・マッチングなど、ALMとの整合性の検証
- ❖ ヘッジ手段の、ゼロクーポン債から金利スワップなどへの拡張
- ❖ 過去の金利情報を利用したバック・テストの実施
- ❖ 現在のわが国の会計基準における制約条件下での有効性の検証

32
Proprietary & Confidential



観察と結論です。金利リスクをヘッジすることにより、さまざまな種類の終身保険の収支のボラティリティを効率的に削減および管理することができる可能性があります。これは契約者の解約行動に大きな影響を及ぼす突然の金利の変動や、解約率の急増の場合であっても当てはまると考えられます。金利ヘッジは、金利の動向にかかわらず、伝統的生命保険商品の収支を保全し、その結果、潜在価値の保全をする有効な手段である可能性があります。

今回はだいぶ理想的な環境を作っております。今後の課題として、トランザクション・コストを考慮した、より現実に近い収益性の評価、そういうものもやってみる必要があります。養老保険などへの対象商品を拡大する。キャッシュフローマッチングなど、ALMとの整合性の検証。今回は、ALMとは別に、1からヘッジをやっています。それからヘッジ手段をゼロクーポン債から金利スワップへ拡張すること。ゼロクーポン債の売買には、ゼロクーポン債を入手できないこともあるという障害がありますけれども、金利スワップでしたらもっと安く入手でき、その流動性が高いので、金利スワップにした方がより現実的なものになるでしょう。

過去の金利情報を利用したバック・テストの実施。実際に昔の金利の動き方を追いかけてみて、それに合わせて同じようなヘッジを繰り返していったら、実際にうまくいったかどうかというバック・テストが必要です。

それから最後に、今回は完全にIFRS17下の経済価値ベースのライアビリティに対して、経済価値ベースのアセットでヘッジしております。ですので、現在のわが国の会計基準における制約下で、どのように有効に活用できるかというのはまた別途検討が必要だと思いましたが、ライアビリティの側がロックインされておれば、まずヘッジは無理だと思いますので、この最後のところはあまり望みは持ってはおりません。国際会計基準になったときに、初めて可能になる手法ではないかと思えます。

ただし、経済価値ベースの負債は、MCEVにおける潜在価値と同じものでなので、金利ヘッジは、国際会計基準を待つことなく、MCEVの潜在価値を保全する目的に利用できると思います。

最後に

- ❖ ご清聴ありがとうございました。
- ❖ ご質問をいただきたい。

33
Proprietary & Confidential



以上、手短でしたけれども、私のプレゼンは終わります。ご静聴ありがとうございました。ぜひご質問いただきたいと思います。

司会 ご質問がある方は挙手をお願いいたします。

黒岩 メットライフ生命の黒岩です。どうもありがとうございました。非常に素晴らしい結果で、これほどすばらしくマッチングできるものなのだ結構感動しました。先ほどのお話にもあったのですが、動的解約の設定というのは結構難しいと思うのです。先ほどは動的解約をもっと極端にした場合は、明日別にご説明がありますという話でしたけれども、私もそうですが、多分行けない方が多いので、触りだけでも、うまくマッチングできているのかどうかだけでも教えていただけるとうれしいです。

服部 分かりました。動的解約を極端にした例と言うのは、先ほどの動的解約のところの倍数 1.5 倍を 10 倍にした場合です。その場合に気になるのは、この (スライド 26 の) 相関係数 0.9998 はどうなるかです。有配当、無配当の場合は、10 倍にしても、これが 0.99 まで保てます。LCV の場合は 0.97 です。大分ぶれるのですが、大体 3%、4% の規模でぶれるくらいでした。それは主に、動的解約の原因というよりも、LCV の独特な解約返戻金の形に誘引されるファクターのところ、例えば通常の 5 倍というような解約率の前提条件が立っていますので、そこでやられてしまいます。

ただし、北米の VA のヘッジの経験値でいきますと、皆さん 94% くらいの実績で実働されているそうです。ですので、97% くらいでしたら、完璧ではないですが、こういう理想的な形の 99.98% というようなものにはなりませんけれども、充分実務に耐えられる形ではないかと思っております。

ですので、動的解約をなるべく起こさないような商品性の工夫ですとか、配当の工夫というものをやった上でヘッジをすれば、より有効的であると思います。よろしいでしょうか。

黒岩 ありがとうございます。

服部 他には？

丹羽 アクサ生命の丹羽と申します。先ほど、平準払いの商品についてヘッジをするということで、最初にお金が足りなくなってしまうというようなお話があったと思うのですが、一時払いの場合は年限をずらして合わせるということは、自分のお金でできるとして、結局どこからかお金を借りてこないといけない、もしくは資本がないといけないということは、この商品を出すときにある程度リスクを取って収益を確保した上で、売れる量はそこで決まってしまうというような感じで、逆に今はそれを意識しないから売れるという部分もあるかと思うのですが、その辺りはどう考えておられますか。

服部 これは今回債券を使っていますので、金銭勘定のところで大きな借り入れが出ています。金利スワップにすると、これは全然消えてしまいます。なので、また金利スワップにしたときにどのくらい減るのかということを検証しないといけないのですが、この負担はヘッジ手段の方の工夫でだいぶ軽くなります。それは明日ではなくて、また半年後くらいにきちんとご説明に上がるか、もしくは、どこかいい機会があればそこでご説明したいと思っておりますけれども、そういう結果がもうケイトリンの方で出ておりますので、今、それをまとめている途中です。乞うご期待ということで、よろしいでしょうか。あと5分ほどございますが、よろしいですか。

司会 他にどなたかご質問がある方はいらっしゃいませんか。大丈夫でしょうか。

服部 われわれも、これが果たして本当に実務に乗るかどうかが、またいろいろ研究してみたいと思います。国際会計基準が導入されると、何か仕事が増えてしまう、というような考え方をお持ちかもしれません。私も大体そういうイメージで、会計が二つも三つもあると大変だなと思っていたのですが、この5月、韓国でSOAのセミナーがありまして行ってまいりました。韓国はご存じのように2021年に完全にIFRS 17に移行してしまいます。韓国会計を捨てて一つだけの会計になってしまうようです。そこで、もう準備が進んでいるのですが、この5月のSOA (Society of Actuary) のAPAC (Asia-Pacific Annual Symposium) でのプレゼンテーションを見てきました。もう完全に会計基準国際化の中で何をするかということのプレゼンテーションばかりでした。

例えばダイナミックなインベストメントをしなければだめですよとか、業界を上げて動的解約率の調査をするので、皆さんご協力お願いしますというように、協会と言いますか料率算定会のようなところがあるようなのですが、そこの方が韓国のアクチュアリーの方々にお願いしているなど、そういう意味で、あの国はだいぶ進んでしまっています。なおかつ、それを積極的に使おうという雰囲気が出ておりましたので、日本も早く追いつきたいと思っております。

以上です。それではどうもありがとうございました。またどうぞよろしくお願いたします。

司会 以上をもちまして、セッションE「金利変動期における伝統的生命保険商品の潜在価値を保全をするための債券ヘッジを使った方法の実証検証結果」を終了いたします。服部真さんとケイトリン・ジョウさんに今一度大きな拍手をお願いいたします。