生命保険概論2

生命保険を支える理論
～生保ALMの基礎2

OLIS-プルデンシャル･ジブラルタ生命保険寄附講座

December 1, 2011

森本　祐司
ymorimoto@capitas.jp

前回の復習

- 生命保険数理に市場金利を導入した
  - 「ほぼ確定的」なキャッシュフローの存在
    - 大数の法則
  - 収支相等の原則
- いくつか意外な結果も
  - 予想以上に高い予定利率
  - 想定を超える金利リスク
  - 金利変動如何ではかなり高い利回りが要求されることも
- そうした状況を作り出す理由
  - イールドカーブの特性（フォワード）
  - 保険キャッシュフローの特性（キャッシュの出入りが将来に存在）

今回のテーマ

- 保険の「解約」を考慮するとどうなるか
  - 解約率が一定である場合
  - 解約をオプション（権利）と考えた場合
  - 実際にはどのように解約が起こると考えられるか

- 保険のキャッシュフローは本当に「確定的」なのか
  - キャッシュフローの不確定要素を「価値」に換算するには

解約の考慮

- 一歩現実に近づくために解約を考える

- 現実には、保険契約者は保険を途中で解約することができる
  - その際には、今後カバーしない将来部分の備えは返済するのが道理
  - その際に支払われる金額：解約返戻金

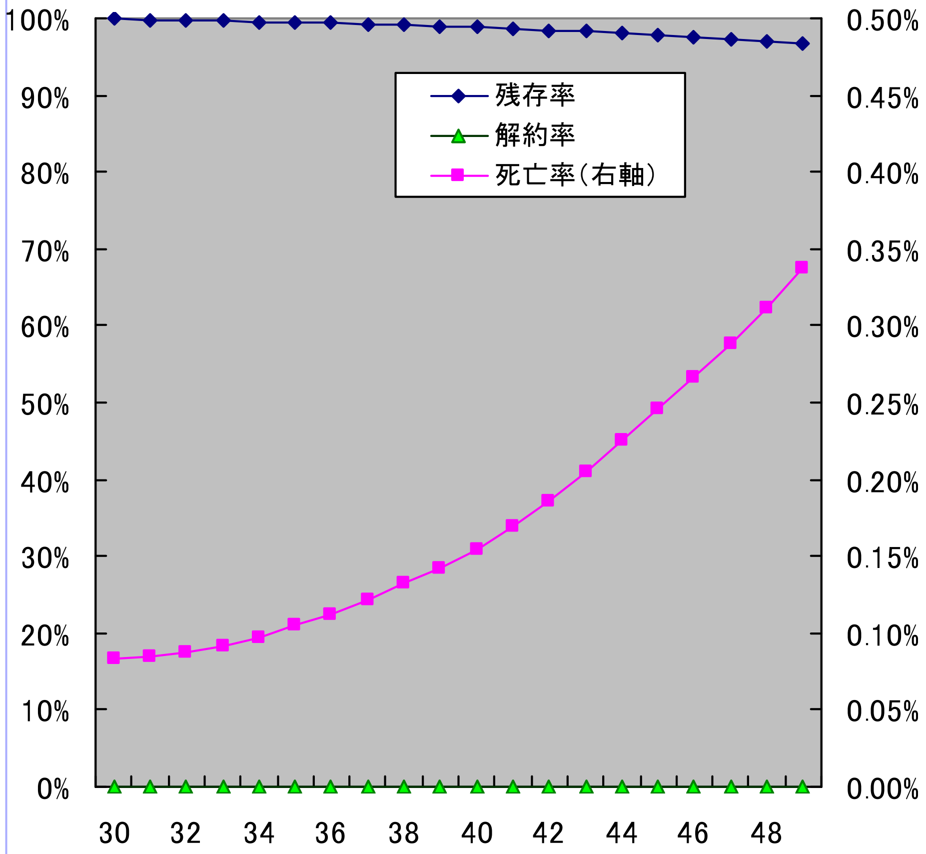
- 解約返戻金
  - 一般的なルール：解約返戻金＝「責任準備金」－解約控除
  - 解約控除額は「販売時初期費用（α）の回収」という意味合い
  - 「責任準備金」とカッコをつけたのは、厳密な意味での定義が若干通常の責任準備金とは異なっているから（大きな差はそれほどないと考えてよい）
  - つまり、純保険料だけ考えた場合には、解約返戻金＝責任準備金と考えてよい

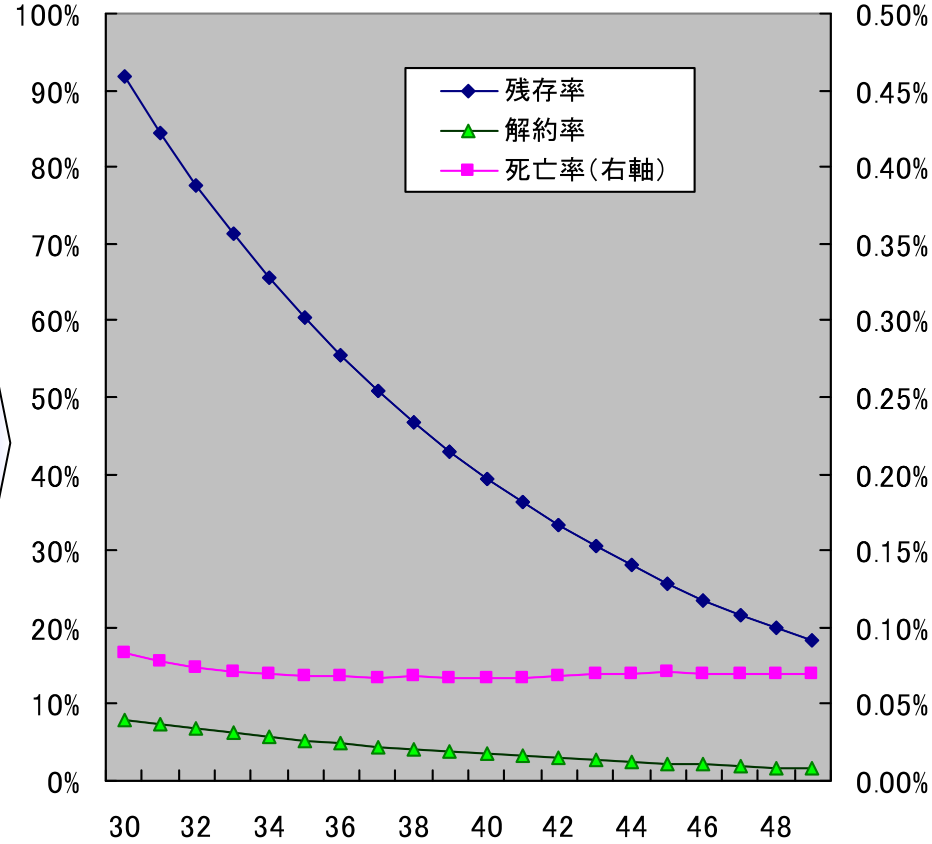
解約率について

- 一般の保険での解約率は8%程度
  - 2007年度全社平均での失効解約率は7.9%
  - 現実の解約は様々な影響によって変動する
  - そうした効果については後述
  - ここでは当面一律8%としておく
- 解約率をどのように計算に反映させるか：一般的な考え方
  - 解約率をθとする
  - 死亡と解約が発生して、残存数が減っていく
  - 実際に観測される死亡率・解約率の中には「その年に解約した後死亡」したものや「解約をするはずだったが先に死亡」したものが含まれる

解約率を考慮すると……

- 解約を導入することにより、残存・死亡率は次のように変化する





経済価値ベースで考える場合

- 経済価値ベースで考える場合でも、解約返戻金は従来の「生保数理」上の責任準備金を返す必要がある点に注意

- 解約率を織り込んだ場合、前回計算した経済価値ベース保険料で足りるか？
  - ここでは純保険料だけを考えているので、解約が発生した際にはその時の「責任準備金」が解約返戻金として支払われるものとする
  - 足りているかどうかはどういうふうに考えればよいのか？

- 言い換えれば、解約を織り込んだ場合の「適切」な保険料とは？

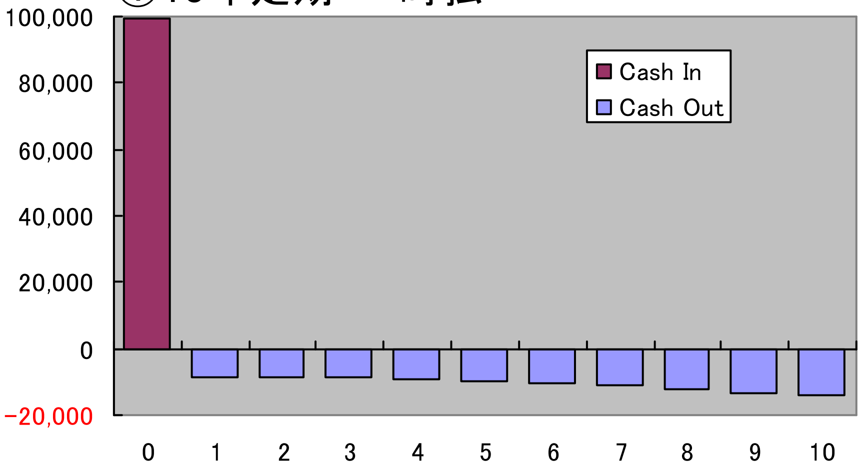
- 具体的な計算は若干面倒
  - 解約返戻金を計算するには従来の「責任準備金」が必要
  - つまり予定利率が分からないといけないので……

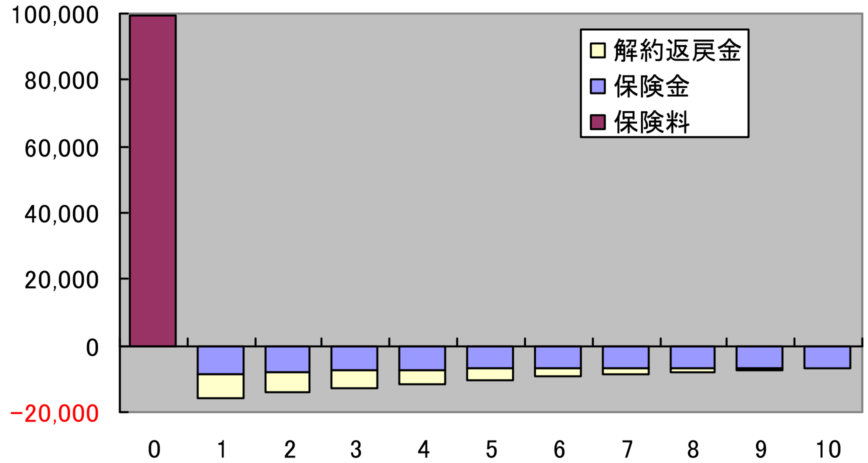
解約を考慮した「適正」保険料計算手法のアイデア

- 次のようなシートを作成する
  - 死亡率、解約率、生存率（残存率）を計算する
    - 簡便のため、解約は年末にのみ発生（死亡等がすべて発生した後）と仮定する
    - 養老保険の10年目の場合、満期保険金を受け取るので解約はゼロと想定
  - 保険料を仮決めする（適当な値を入力する）
  - 解約を考慮しない死亡率・生存率を別途計算し、保険料と保険金のキャッシュフローから予定利率を導出する
  - 導出された予定利率を用いて、従来型の責任準備金を計算する
  - 責任準備金に解約率を乗じて解約返戻金キャッシュフローを導出する
  - 保険金、保険料、解約返戻金の期待キャッシュフローを解約率を考慮した死亡率等を活用して導出し、無リスク金利で現在価値化する
  - これらの和がゼロ（収支相等になる）ように保険料を設定する
    - 実際には、エクセルの「ソルバー」機能等を用いれば計算可能
- 前回計算した4つの保険に解約率を入れたらどうなるだろうか？

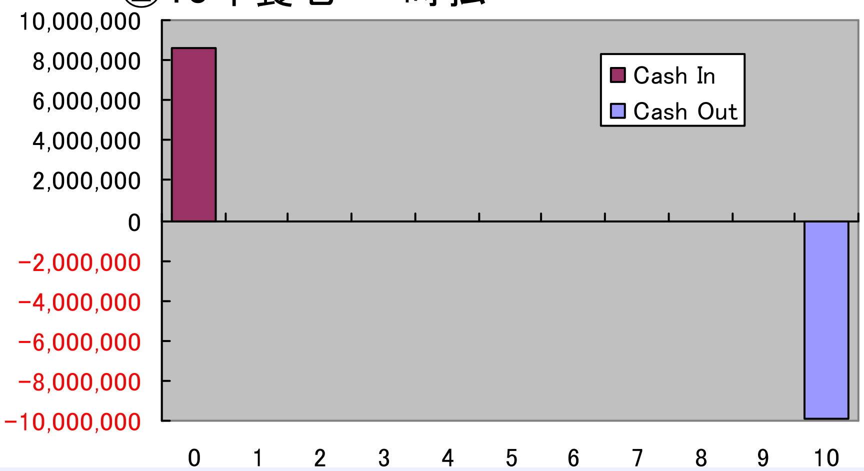
キャッシュフロー上の変化(1)

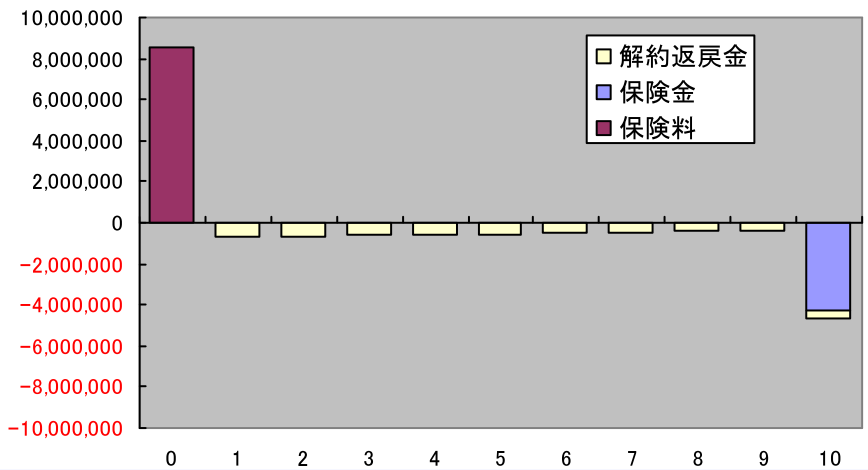
①10年定期・一時払





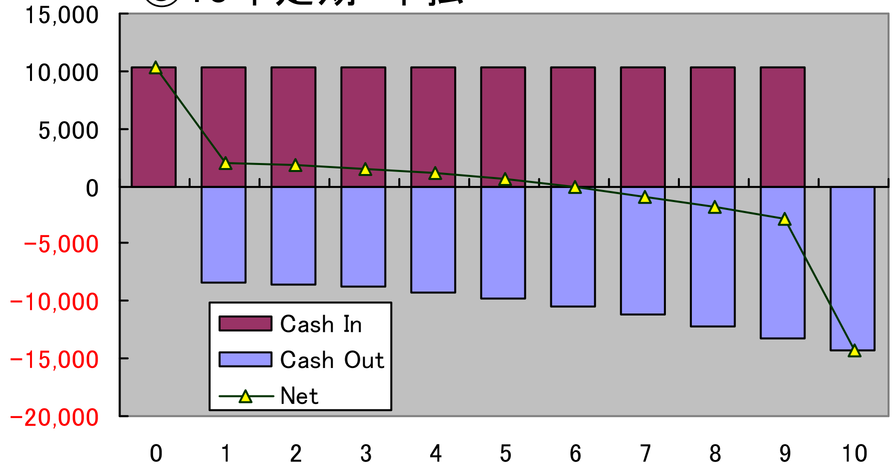
②10年養老・一時払

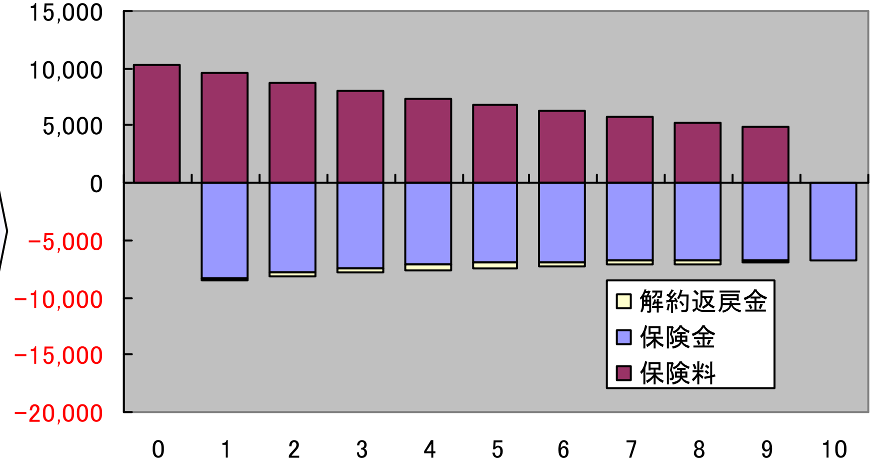




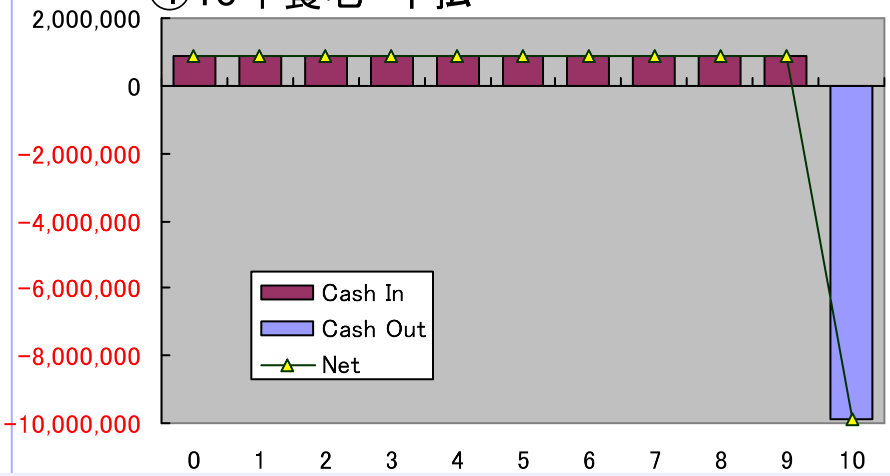
キャッシュフロー上の変化（2）

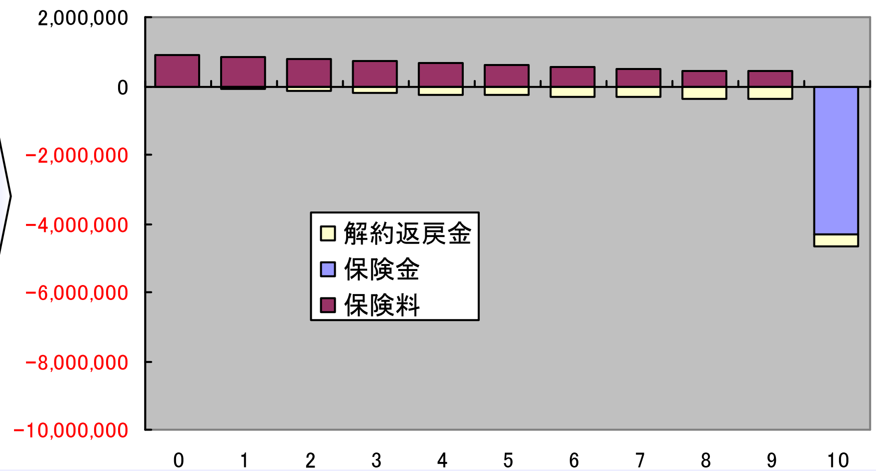
③10年定期・年払





④10年養老・年払





解約を考慮した「適正」保険料

- 実際に計算した結果は下記の通り
  - 全体的に保険料が高くなる
  - 予定利率は低下する
  - 何故そのようなことになるのか

	解約なしのケース		解約を想定したケース	
	経済価値保険料	予定利率	経済価値保険料	予定利率
①10年定期・一時払	99,361	1.089%	100,242	0.936%
②10年養老・一時払	8,618,827	1.504%	8,799,100	1.294%
③10年定期・年払	10,403	1.551%	10,431	1.364%
④10年養老・年払	902,422	1.949%	910,361	1.791%

解約を考慮すると何故保険料が変わる？

- 何故このようなことが起こるのだろうか

- 一般に、金融商品は途中で手放すことは可能
  - 住宅ローンの期限前償還
  - 定期預金の解約
  - 債券の売却

- このうち、債券の売却は、それを考慮したとしても価値は変わらない
  - その時々の「時価」で売買されるだけ
  - それ以外のものは、手放すときの「価格」が事前に決められている

- もしも、解約返戻金を「その時の経済価値ベース責任準備金」と決めていれば保険料は変わらない、ということになる

解約という行動を考える

- 死亡とは異なり、解約は顧客の判断で自由にできる
  - 大数の法則で考えてよいのか？
  - どんなときに解約をしたいと考えるか
    - 資金ニーズ
    - もっといい保険があるので乗り換え
    - その他（保険会社が信頼できない、など）
    - 他にも何か考えられるか？
  - いずれにせよ、いずれも行使できる契約者の権利＝オプション

- 同様のオプション
  - 住宅ローンの期限前返済
  - 定期預金の解約

簡単な事例

- ５年間お金を借りることを考える
- 100万円借りると5年後に103.6450円返すことになる
- ただし、仮にここで「3年後に102万円返すということもOK」という選択肢が与えられたとする
- どんな時に「3年後に返す」という選択肢をとるか
- 比較対象：その時点で「2年後の103.6450円」の価値が102万円よりも高いかどうか

簡単な事例（続き）

- 仮に3年後、「2年後の1,036,450円」の価値が102万円となっている場合、3年後の2年金利は

$$\left(\frac{1{,}036{,}450}{1{,}020{,}000}\right)^{1/2} - 1 = 0.8032\%$$

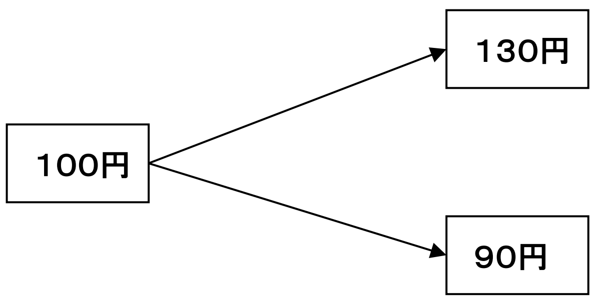
- これよりも金利が高ければ……
- これよりも金利が低ければ……
- この権利の価値はどのように考えればよいか

簡単な事例（続き）

- 3年後、「2年後に1,036,450円払うために今102万円もらう」という取引をする、という権利の取引＝オプション
  - 2年割引債（1,036.450円分）を102万円で売る権利、ということ
- こういった取引も実際には行われている
- ただし、割引債の取引はやはり少ない
- メジャーな取引：スワップを実施する権利
  - スワプション：一定期間後に、ある定められた金利でスワップを実行することができる権利
  - 固定金利をもらう場合、レシーバーズスワプション、固定金利を払う場合、ペイヤーズスワプションという

オプション価値をどう考えるか

- こんなオプションを考える
  - 原資産:A(株式だと想定、配当はなし)
  - 行使期日:1年後
  - 行使価格:110円
  - オプション・タイプ:コール・オプション(110円で買う権利ということ)
  - 現在の価格:100円
  - 1年後の価格:確率50%で130円、確率50%で90円
  - 現在の1年金利:5%



オプション価値をどう考えるか(続き)

- 考え方1
  - 損得で考えると
  - 株価が上がれば20円儲かる(110円で買って130円で売る)
  - 下がればオプションを行使しない
  - ということは、確率50%で20円儲かる→期待値としては10円
  - 1年後に10円儲かる、ということはその現在価値は10/1.05＝9.52円

- これだと損得ゼロなので、儲けを考慮するか？
  - どのくらいの儲けを見込むのが適正なのか？
  - もしこの確率が違っていたら？
  - 何度もやればよいが、一発勝負の場合これで大丈夫か？

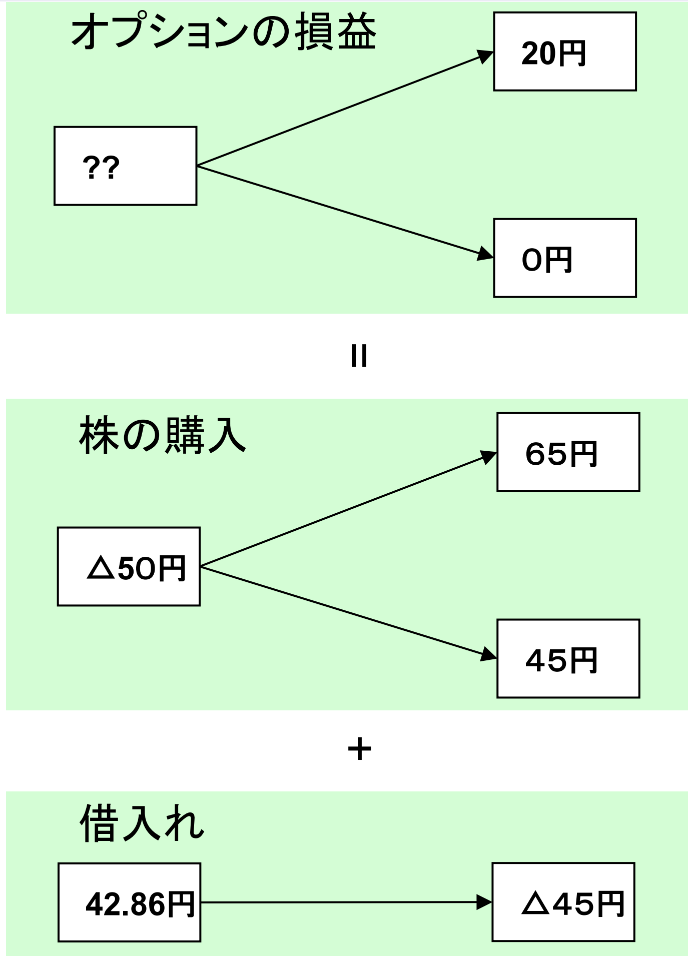
- ここから先が進まない.....

オプション価値をどう考えるか(続き)

- 考え方2
  - 次の2つのポートフォリオを考える
  - ポートフォリオ1:コールオプションを買う
  - ポートフォリオ2:借金をして資産Aを買う
  - 適当な組み合わせにすると、両者の将来価値は完全に一致する
- 問題:どう組み合わせれば2つのポートフォリオの将来価値は一致するか?
- 一物一価の法則が成り立っているとすれば......

オプション価値をどう考えるか(続き)

- オプションと同じ損得が必ず出るポートフォリオを作る
  - 株価が上がれば20円儲かり、株価が下がれば損益ゼロとなるようなポートフォリオを作れないか
- まず株を0.5株買う
  - 株が上がれば65円、株が下がれば45円
  - これには50円必要
- どちらのケースも1年後には45円余分な損益があるので、この時点で45円を返すように借入をする＝45/1.05＝42.86円借りる
- つまり、50円－42.86円＝7.14円
- 何故解けたのか？→オプション理論の世界へ



保険の解約を考える

- 次のようなものが計算できれば「合理的な解約価値」を計算することが可能
  - 将来時点における「現契約」と同条件の保険の保険料
  - 将来時点における解約返戻金（これは一般に分かっている）

- もちろん現実には…
  - 経済合理的な解約は殆ど発生していない模様

- 保険特有の問題：契約者の健康問題
  - 健康状態が変わってしまうと保険に入れない、という問題
  - 逆にものすごく健康であって、そのことを認めてくれて保険を設計してもらえればよいが……（健康体の割引など？）

保険の解約を考える(続き)

- 一方、余命の短い人にとっては解約は損
- 解約するくらいならば誰かに「将来の保険金の現在価値」を買い取ってもらいたい?
- 生命保険買取というビジネス
  - 日本では公式には認められていない
  - 欧米では認められている国もある

代替案：解約返戻金を固定しないという方法は？

- そもそも解約返戻金のルールが話をややこしくしている

- 理想的な方法：そのときの「経済価値的責準」を返済すればよい
  - MVA（Market Value Adjustment）という
  - 日本ではごく一部の保険商品で用いられている

- 何故認められていないか？
  - 消費者に分かりにくい
  - 確定していないと不安を与える
  - そもそも経済価値的責準が分からない

- それですべて解決するのか？　→　一つだけ問題がある

保険キャッシュフローは本当に確定的？

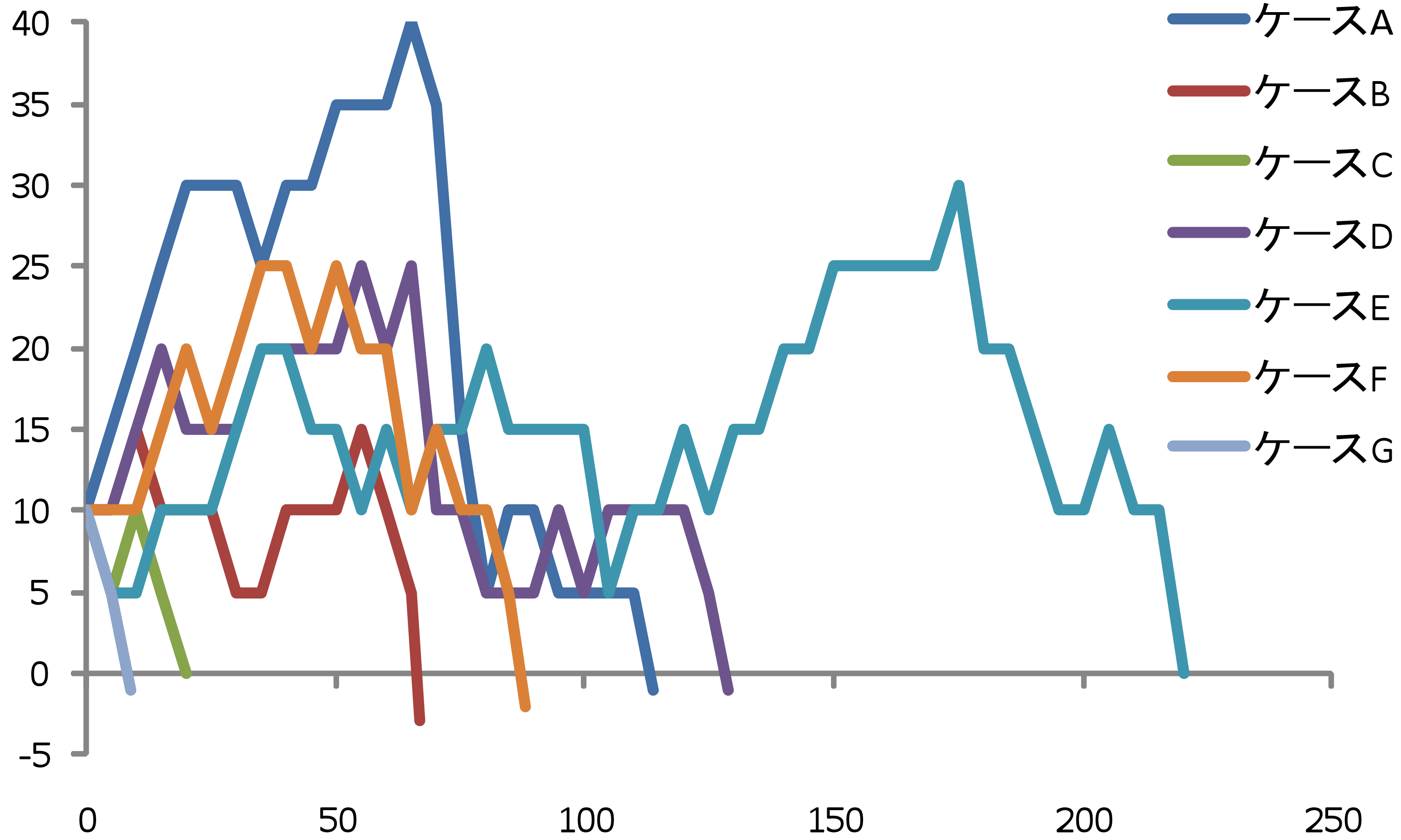
- ここまでは大数の法則と収支相等の原則で考えてきた
- 実際には、保険キャッシュフローは完全にリスクのないものとは言い切れない
  - 死亡率の年単位での変動
  - 死亡率のトレンドの変動
  - 急激な災害などによる変化
  - 事業費キャッシュフローの変動（インフレ等）
  - 金利リスクは？
- そこで、保険商品のプライシングでも、ここまで考えてきた大数の法則に準拠した「期待現在価値（現在推定とか最良推定などと呼ばれる）」に加えて、「リスクに見合う対価」を考慮することが必要と考えられている

対価はなぜ必要か？

- 有名な保険の法則「リスクをとる場合、期待値よりも高い保険料設定しなければ、保険会社は必ず倒産する」
- どういうことか？
- こんな実験をしてみる
  - 保険会社は最初に資本金を10もっている、とする
  - 簡単な保険を引き受ける（確率20%で保険金額が5発生するという保険）
  - 一回に保険を一単位引き受ける
  - 保険料は期待値通りならば1でよい
  - 事故が起きなければ保険料分が儲け（資本が1増える）、事故が起きれば差し引きで損をする（資本が4減る）
  - この場合、保険会社はどのように推移していくか

実験結果

- 儲かっている時もあるが、いつか必ず「破産」する



伝統的な計算方法は大丈夫か？

- 古典的保険数理では保険料計算時に収支相等の法則を用いている
  - □ ということはリスクをとる対価はない？

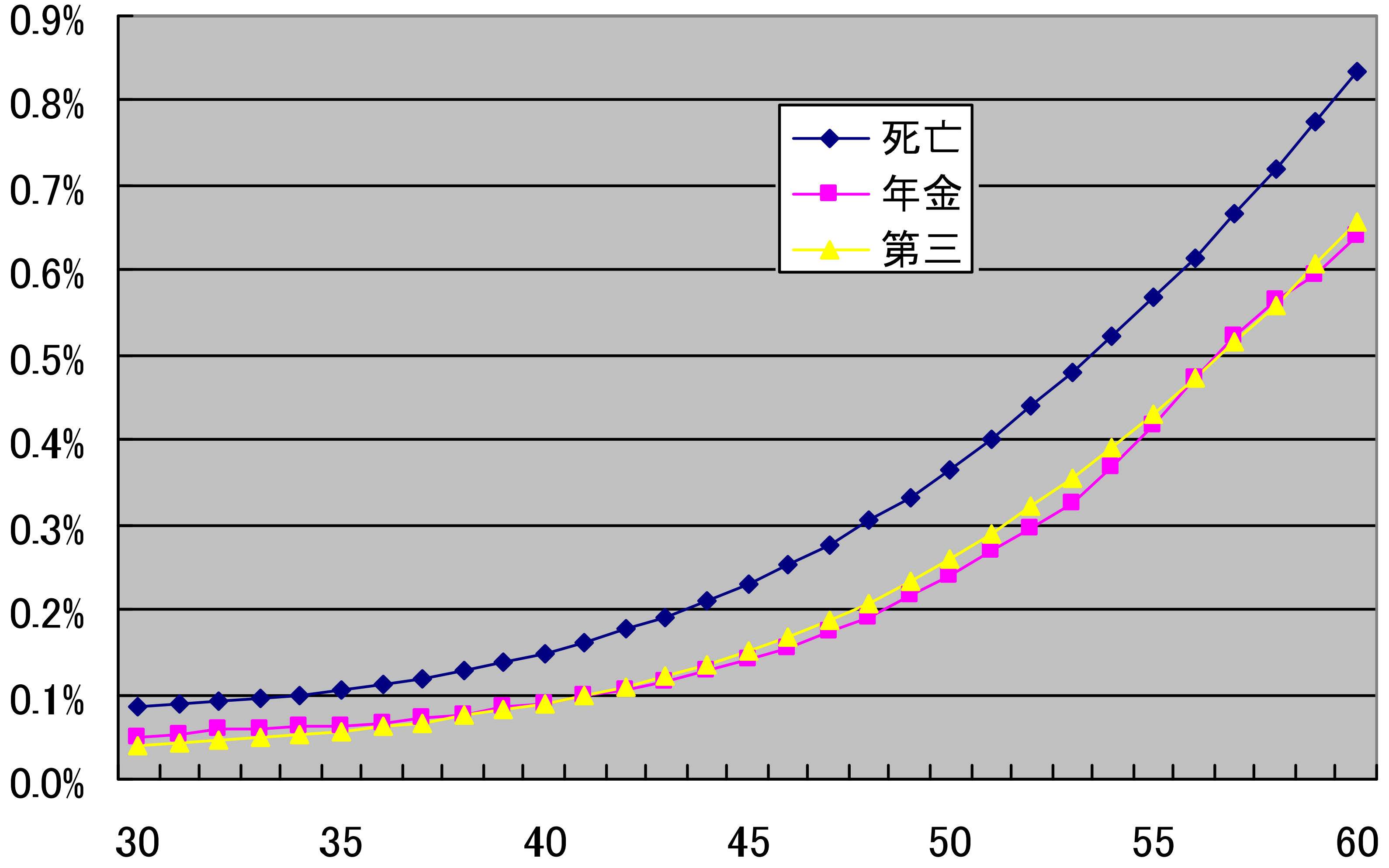
- 実際には
  - □ 基礎率（予定死亡率や予定事業費率など）は「保守性」を考慮するという名の下に、期待値とは異なる数値が用いられている
    - 死亡保険用の死亡率と、生命年金用の死亡率は違う！（詳細次頁）
  - □ さらに、保険に入る場合には「事前審査」などがある
    - 選択効果と呼ばれている
    - 健康状態に問題があると入れない
  - □ 事業費率なども実際には予定事業費率よりも低いのが一般的

- つまり
  - □ 現状の保険料計算も、真の意味では「収支相等」ではない！

目的別死亡率

- 標準生命表2007
  - http://www.actuaries.jp/info/seimeihyo2007.htmlより入手可能
- 作成概要には次のようなことが書かれている
  - 死亡保険用では、将来経験する死亡率が変動予測を超える確率を約2.28%（2σ水準）におさえるように補整するために、2σ水準を粗死亡率に加算している
  - 生命年金用、第三分野用では逆に2σ水準を粗死亡率から減じるようなことをしている
- 結果としての差異は次頁の通り
  - 男性の死亡率で比較
  - 差異は明確
  - その間が本来の「期待死亡率」？

目的別死亡率の比較



この違いが与える影響

- このような違いが結果にどのような影響を及ぼすか
  - 簡単のため、50歳、男性、期間1年の定期保険に入るとする
  - 生命表による死亡保険用死亡率：0.365%
  - 死亡率期待値：0.312%（＝（死亡保険用＋第三分野用）÷2）
  - 予定利率（今は仮に市場の一年金利と等しいと仮定）：1%
  - 保険金額：100万円

- 生命表を用いて計算される（純）保険料： $\dfrac{1{,}000{,}000 \times 0.365\%}{(1+1\%)} = 3{,}614$

- 実際、支払う将来キャッシュフローの現在価値： $\dfrac{1{,}000{,}000 \times 0.312\%}{(1+1\%)} = 3{,}089$

- 525円余分にもらっていることになる
  - これが「リスクをとる対価」？

保険料算出原理

- リスクを取る対価の決め方はきわめて難しい
  - ファイナンスでもいろいろと考えられている
  - 保険の世界での考え方＝保険料算出原理

- 保険料算出原理
  - 「伝統的な」保険料の考え方
  - 保険料＝保険リスクを引き受けるための「対価」

- 以下の前提
  - 支払保険金額（確率変数）: S
  - 保険金額の従う分布: F
  - 保険料: P
  - 保険金額（確率変数）を保険料に変換する汎関数: H

保険料算出原理の例

- 純保険料原理: $H[S] = P = E[S] = \int_{-\infty}^{\infty} x\,dF(x)$
- 期待値原理: $P = (1+\lambda)E[S],\ \lambda > 0$
- 分散原理: $P = E[S] + \alpha VaR[S] = E[S] + \alpha \int_{-\infty}^{\infty} (x - E[S])^2\,dF(x),\ \alpha > 0$
- 標準偏差原理: $P = E[S] + \beta \sqrt{VaR[S]},\ \beta > 0$
- 修正分散原理: $P = E[S] + \alpha \dfrac{VaR[S]}{E[S]},\ \alpha > 0$

保険料算出原理の例(続き)

- 効用の観点から見て「適正な」保険料を請求したい
  - サープラスに対する効用: $u(x)$

$$u'(x) > 0$$

$$u''(x) \leq 0$$

  - 初期サープラスがyであるとする
    →保険を引き受けた後でも効用の期待値を変えたくない

$$u(y) = E[u(y + P - S)]$$

  - これを満たすような原理:ゼロ効用原理
  - 初期のサープラスが結果に影響してしまうが.....
  - 特殊なケース:指数効用

$$u(x) = \frac{1 - \exp(-ax)}{a}$$

保険料算出原理の例（続き）

- 指数原理: $P = \frac{1}{a}\log\left(E\left[\exp\left(aS\right)\right]\right),\ a > 0$
- 平均値原理: $P = v^{-1}\left(E\left[v\left(S\right)\right]\right)$
  ここで、 $v'(x) > 0, v''\left(x\right) \geq 0$
- 分位原理: $P = \inf\left\{y : F\left(y\right) \geq 1-\alpha\right\},\ 0 \leq \alpha \leq 1$
- 最大損失原理: $P = \inf\left\{y : F_S\left(y\right) = 1\right\}$
  ここで、 $F_s\left(y\right) = P\left(S \leq y\right)$

次回のテーマ

- リスクマージンの続き
  - どのような性質を満たせばよいか
- このような計算方法とALMの関係について