

貯蓄性商品のリスク特性に関する一考察

小林 育生

1 概要

生命保険会社の販売する伝統的な貯蓄性商品（保険金額および解約返戻金額があらかじめ約定されている貯蓄性商品）においては、金利上昇により新契約の予定利率が加入時よりも高まった場合、解約・再加入（以下、乗換という）により、保険金額を引きあげることが可能となることがある。そこで、このような乗換を織り込んだ将来収支分析の手法を構築し、リスク特性の分析を行う。

2 金利上昇時の契約者行動と、生命保険会社が負うリスク

金利上昇時には、乗換により保険金額や利回りを引き上げることが可能となる。乗換の発生時期は、以下の通り、契約者が保障効用と貯蓄効用のどちらを重視するかによって異なる。生命保険会社の販売する貯蓄性商品には死亡保障要素が含まれることを意識し、本論文では保障効用を重視する前提で契約者行動のモデリングを行う。

(1) 保障効用を重視する場合

契約者は、受取保険金額の期待値を最大化するよう、金利上昇時に時期を見計らって乗換を行う。

(2) 貯蓄効用を重視する場合

契約者は、ある一時点における利回りを最大化するよう、金利上昇時に時期を見計らって乗換を行う。

なお、保険金額の最大化と利回りの最大化に本質的な違いはない。しかし、乗換時には新契約費が差し引かれ乗換直後は利回りが低下することから、(1)の前提では乗換が発生する場合でも、(2)の前提では乗換が発生しないことがある。

また、このような契約者の乗換行動が、自社内での乗換か、他社への乗換かによって、以下の通り生命保険会社側の負うリスクの性質が異なる。本論文では、2つの場合それぞれについての収支を分析する。(危険選択の影響等により、乗換しない場合もありうるため、乗換しない場合の収支についても、分析を行う。)

(1) 自社内での乗換の場合

乗換時点でキャッシュアウトは起こらないが、保険金額が大きくなるため、保険事故発生時の支払が加入時の約定金額よりも大きくなる。

(2) 他社への乗換の場合（他社に同等の商品があると仮定）

乗換時点でキャッシュアウトが起こる。したがって、金利上昇により生じた債券の含み損が実現する。

3 乗換を織り込んだ収支分析手法の構築

3.1 前提

収支分析手法の構築において、以下の前提をおく。

(1) 保険種類：一時払終身保険

(2) 予定利率：残存 X 年の割引債利回り $- Y\%$ (式 1)

(金利変動に応じて新契約の予定利率が変動するものとする)

(3) 金利モデル：金利に平均回帰性を仮定した Vasicek モデルを用いる。

$$dr = a(b - r)dt + \sigma dz \quad (\text{式 2})$$

(b は金利の平均回帰水準、 a は平均回帰力を示す)

(4) 契約者行動：2 に記載したとおり、契約者は、受取保険金額の期待値を最大化するよう、時期を見計らって乗換を行うものとする。つまり、ある時点で乗換により保険金額を引き上げることが可能であったとしても、すぐに乗り換えずに次の時点以降に乗り換えた方が受取保険金額の期待値が高い場合は、その時点での乗換は見送るものとする。
(論理的には 2 回以上の乗換も発生しうるが、新契約費が差し引かれる回数が増えるため、かなり大幅な金利上昇が起こらない限り、保険金額の最大化につながらない。このため、収支分析の前提としては、乗換は 1 回までとする。)

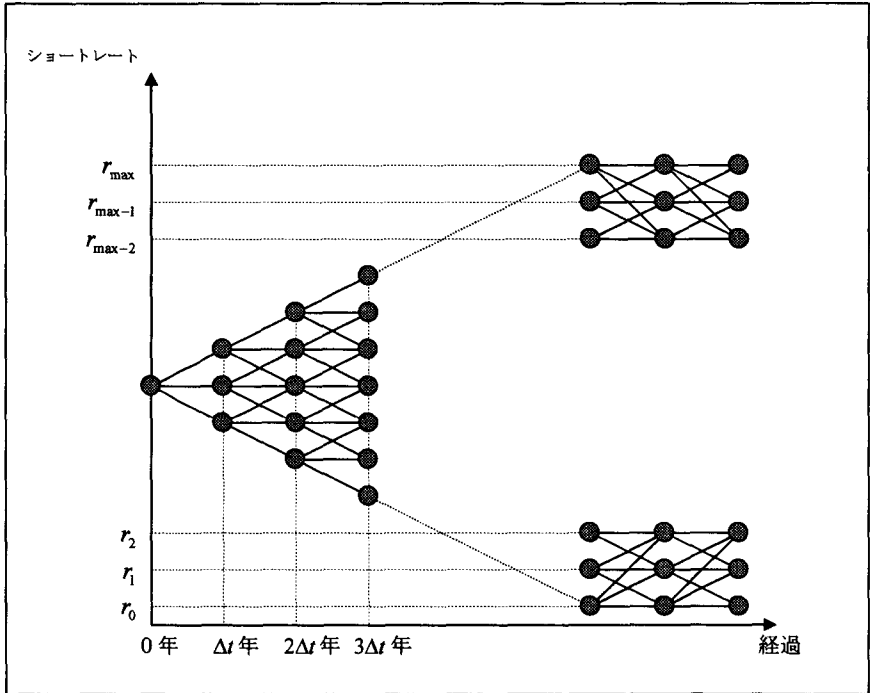
(5) 運用利回り：加入当初一定年数はその年数を残存期間とする割引債で運用すると考え、当該割引債の価格変動率を運用利回りとする。その後は短資で運用すると考え、ショートレートを運用利回りとする。

(6) その他：配当はゼロとする。(金利上昇時には債券価格が低下し、配当が期待できないため。) また、死差損益、費差損益や標準責任準備金などの積立負担は考慮しない。

3.2 ショートレートの推移モデル

ショートレートの推移モデルとして、Vasicekモデルを前提とした3項格子モデルを、
図1のように構築する。

図1 3項格子モデルのイメージ



格子点間のショートレートの差は等間隔に、 $\delta r = \sqrt{3\sigma^2\Delta t}$ とする。ただし、金利が平均回帰性をもつため、金利が上昇するにつれて下落方向に、逆に金利が下落するにつれて上昇方向に、回帰する力が働く。この力は、平均回帰水準からの乖離が大きくなるほど強くなる。このことを考慮し、 r からの3つの遷移先のうち、中央の遷移先が $r + E(\Delta r)$ に最も近い格子点となるよう、モデル上の下限 r_0 と上限 r_{\max} を設定する。

モデル上の下限 r_0 は、加入時のショートレート r をとしたときの $r, r - \delta r, r - 2\delta r \dots$ のうち、 $E(\Delta r) > \frac{\delta r}{2}$ を満たす最大値とする。このように定めた r_0 からの3つの遷移先を $r_0, r_0 + \delta r, r_0 + 2\delta r$ とすると、中央の遷移先 $r_0 + \delta r$ が $r_0 + E(\Delta r)$ に最も近い格子点となる。ただし、このように定めた r_0 が0以下となる場合は、 $r, r - \delta r, r - 2\delta r \dots$ のうち、0を超える最小値を r_0 する。

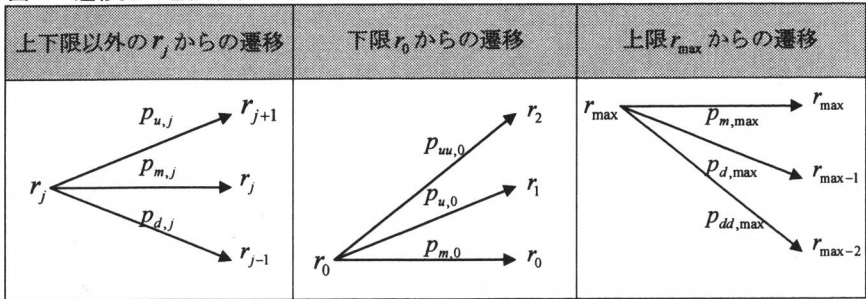
また、モデル上の上限 r_{\max} は、 $r, r + \delta r, r + 2\delta r \dots$ のうち $E(\Delta r) < -\frac{\delta r}{2}$ を満たす最小値とする。このように定めた r_{\max} からの3つの遷移先を $r_{\max} - 2\delta r, r_{\max} - \delta r, r_{\max}$ とすると、中央の遷移先 $r_{\max} - \delta r$ が $r_{\max} + E(\Delta r)$ に最も近い格子点となる。

設定された上下限に基づき、格子上のショートレートを $r_j = r_0 + j\delta r (j=0,1,2,\dots)$ とする。

3.3 格子点間の遷移確率

ある時点におけるショートレートが r_j の場合、次の時点では、 r_{j+1}, r_j, r_{j-1} の3通りに遷移する。それぞれへの遷移確率を $p_{u,j}, p_{m,j}, p_{d,j}$ とする。ただし、モデル上の下限 r_0 からの遷移先は、 r_2, r_1, r_0 の3通りであり、それぞれへの遷移確率を $p_{uu,0}, p_{u,0}, p_{m,0}$ とする。また、モデル上の上限 r_{\max} からの遷移先は、 $r_{\max}, r_{\max-1}, r_{\max-2}$ の3通りであり、それぞれへの遷移確率を $p_{m,\max}, p_{d,\max}, p_{dd,\max}$ とする。

図2 遷移先と遷移確率



(1) 上下限以外の r_j からの遷移確率 ($p_{u,j}$ 、 $p_{m,j}$ 、 $p_{d,j}$) の算出

遷移確率と $E_j(\Delta r)$ および $E_j(\Delta r^2)$ との関係から、次の連立方程式を導く。

$$\begin{cases} E_j(\Delta r) = \delta r p_{u,j} + (-\delta r) p_{d,j} \\ E_j(\Delta r^2) = \delta r^2 p_{u,j} + (-\delta r)^2 p_{d,j} \\ p_{u,j} + p_{m,j} + p_{d,j} = 1 \end{cases} \quad (\text{式 3})$$

この連立方程式を解くことで、式 4 が導かれる。

$$\begin{cases} p_{u,j} = \frac{E_j(\Delta r^2) + E_j(\Delta r)}{2\delta r^2} - \frac{E_j(\Delta r)}{2\delta r} \\ p_{m,j} = 1 - \frac{E_j(\Delta r^2)}{\delta r^2} \\ p_{d,j} = \frac{E_j(\Delta r^2)}{2\delta r^2} - \frac{E_j(\Delta r)}{2\delta r} \end{cases} \quad (\text{式 4})$$

$E_j(\Delta r)$ および $E_j(\Delta r^2)$ の値を以下の通り計算し、式 4 に代入することで、遷移確率 ($p_{u,j}$ 、 $p_{m,j}$ 、 $p_{d,j}$) が求まる。

$$E_j(\Delta r) = a(b - r_j) \Delta t \quad (\text{式 5})$$

$$E_j(\Delta r^2) = \sigma^2 \Delta t + \{E_j(\Delta r)\}^2 \quad (\text{式 6})$$

(2) 下限 r_0 からの遷移確率 ($p_{uu,0}$ 、 $p_{u,0}$ 、 $p_{m,0}$) の算出

遷移確率と $E_0(\Delta r)$ および $E_0(\Delta r^2)$ との関係から、次の連立方程式を導く。

$$\begin{cases} E_0(\Delta r) = 2\delta r p_{uu,0} + \delta r p_{u,0} \\ E_0(\Delta r^2) = (2\delta r)^2 p_{uu,0} + (\delta r)^2 p_{u,0} \\ p_{uu,0} + p_{u,0} + p_{m,0} = 1 \end{cases} \quad (\text{式 } 7)$$

この連立方程式を解くことで、式 8 が導かれる。

$$\begin{cases} p_{uu,0} = \frac{E_0(\Delta r^2)}{2\delta r^2} - \frac{E_0(\Delta r)}{2\delta r} \\ p_{u,0} = -\frac{E_0(\Delta r^2)}{\delta r^2} + \frac{2E_0(\Delta r)}{\delta r} \\ p_{m,0} = 1 + \frac{E_0(\Delta r^2)}{2\delta r^2} - \frac{3E_0(\Delta r)}{2\delta r} \end{cases} \quad (\text{式 } 8)$$

$E_0(\Delta r)$ および $E_0(\Delta r^2)$ の値を以下の通り計算し、式 8 に代入することで、遷移確

率 ($p_{uu,0}$ 、 $p_{u,0}$ 、 $p_{m,0}$) が求まる。

$$E_0(\Delta r) = a(b - r_0)\Delta t \quad (\text{式 } 9)$$

$$E_0(\Delta r^2) = \sigma^2 \Delta t + \{E_0(\Delta r)\}^2 \quad (\text{式 } 10)$$

(3) 上限 r_{\max} からの遷移確率 ($p_{m,\max}$ 、 $p_{d,\max}$ 、 $p_{dd,\max}$) の算出

遷移確率と $E_{\max}(\Delta r)$ および $E_{\max}(\Delta r^2)$ との関係から、次の連立方程式を導く。

$$\begin{cases} E_{\max}(\Delta r) = (-\delta r)p_{d,\max} + (-2\delta r)p_{dd,\max} \\ E_{\max}(\Delta r^2) = (-\delta r)^2 p_{d,\max} + (-2\delta r)^2 p_{dd,\max} \\ p_{m,\max} + p_{d,\max} + p_{dd,\max} = 1 \end{cases} \quad (\text{式 } 11)$$

この連立方程式を解くと、式 12 が導かれる。

$$\begin{cases} p_{m,\max} = 1 + \frac{E_{\max}(\Delta r^2)}{2\delta r^2} + \frac{3E_{\max}(\Delta r)}{2\delta r} \\ p_{d,\max} = -\frac{E_{\max}(\Delta r^2)}{\delta r^2} - \frac{2E_{\max}(\Delta r)}{\delta r} \\ p_{dd,\max} = \frac{E_{\max}(\Delta r^2)}{2\delta r^2} + \frac{E_{\max}(\Delta r)}{2\delta r} \end{cases} \quad (\text{式 1 2})$$

$E_{\max}(\Delta r)$ および $E_{\max}(\Delta r^2)$ の値を以下の通り計算し、式 1 2 に代入することで、

遷移確率 ($p_{m,\max}$ 、 $p_{d,\max}$ 、 $p_{dd,\max}$) が求まる。

$$E_{\max}(\Delta r) = a(b - r_{\max})\Delta t \quad (\text{式 1 3})$$

$$E_{\max}(\Delta r^2) = \sigma^2 \Delta t + \{E_{\max}(\Delta r)\}^2 \quad (\text{式 1 4})$$

3.4 乗換が発生する範囲

(1) 各ショートレート水準に対応する割引債利回りおよび割引債価格

Vasicek モデル ($dr = a(b - r)dt + \sigma dz$) では、係数 a 、 b 、 σ を用いて、ショートレート水準 r_j に対応する残存 t 年の割引債利回り $R_{t,j}$ および割引債価格 $B_{t,j}$ が、以下の算式で計算される。

$$R_{t,j} = b - \frac{\sigma^2}{2a^2} + \frac{H(t)}{t} \left(r_j - b + \frac{\sigma^2}{2a^2} + \frac{\sigma^2}{4a} H(t) \right) \quad (\text{式 1 5})$$

$$\text{ここに、} H(t) = \frac{1 - e^{-at}}{a} \quad (\text{式 1 6})$$

$$B_{t,j} = \exp(-t \cdot R_{t,j}) \quad (\text{式 1 7})$$

(2) 各格子点における乗換後保険金額

まず、以下のとおり記号を定義する。

$W(i)$: 経過 $i\Delta t$ 年における解約払戻金額

$P(x, r)$: 加入年齢 x 歳、予定利率 r の一時払保険料率

$S(i, j)$: 経過 $i\Delta t$ 年、ショートレート r_j (格子点 (i, j)) における乗換後保険金額

式 1 より、格子点 (i, j) における乗換後の予定利率は、各格子点における残存 X 年の割引債利回り $R_{x,j}$ から $Y\%$ を差し引いた水準となる。解約払戻金額をそのまま一時払保険料に充当するとし、乗換後保険金額 $S(i, j)$ を、以下のとおり算出する。

$$S(i, j) = \frac{W(i)}{P(x+i\Delta t, R_{x,j} - Y\%)} \quad (\text{式 18})$$

(3) 各格子点における受取保険金額期待値

まず、以下のとおり 2 種類の受取保険金額期待値を定義する。

$E^-(i, j)$: 経過 $i\Delta t$ 年では乗換が発生せず、経過 $(i+1)\Delta t$ 年以降乗換が発生するとした場合の、経過 $i\Delta t$ 年、ショートレート r_j (格子点 (i, j)) における受取保険金額期待値

$E(i, j)$: 経過 $i\Delta t$ 年でも乗換が発生しうるとした場合の、経過 $i\Delta t$ 年、ショートレート r_j (格子点 (i, j)) における受取保険金額期待値

まず、 $E^-(i, j)$ を求めるために、経過 $i\Delta t$ 年では乗換が発生せず、経過 $(i+1)\Delta t$ 年以降乗換が発生するとした場合の受取保険金額期待値を整理すると、表 1 のとおりとなる。

表1 経過 $(i+1)\Delta t$ 年以降乗換が発生するとした場合の受取保険金額（期待値）

経過 $i\Delta t$ 年におけるショートレート	経過 $i\Delta t$ 年から経過 $(i+1)\Delta t$ 年までの生死		経過 $(i+1)\Delta t$ 年におけるショートレート		受取保険金額期待値
		確率		確率	
$r_j = r_{\max}$	死亡	$q_{x+i\Delta t}\Delta t$	—	—	1
	生存	$1 - q_{x+i\Delta t}\Delta t$	r_{\max}	$p_{m,\max}$	$E(i+1, \max)$
			$r_{\max-1}$	$p_{d,\max}$	$E(i+1, \max-1)$
			$r_{\max-2}$	$p_{dd,\max}$	$E(i+1, \max-2)$
$r_1 \leq r_j \leq r_{\max-1}$	死亡	$q_{x+i\Delta t}\Delta t$	—	—	1
	生存	$1 - q_{x+i\Delta t}\Delta t$	r_{j+1}	$p_{u,j}$	$E(i+1, j+1)$
			r_j	$p_{m,j}$	$E(i+1, j)$
			r_{j-1}	$p_{d,j}$	$E(i+1, j-1)$
$r_j = r_0$	死亡	$q_{x+i\Delta t}\Delta t$	—	—	1
	生存	$1 - q_{x+i\Delta t}\Delta t$	r_2	$p_{uu,0}$	$E(i+1,2)$
			r_1	$p_{u,0}$	$E(i+1,1)$
			r_0	$p_{m,0}$	$E(i+1,0)$

したがって、 $E^-(i, j)$ は、以下のとおり計算される。

$$E^-(i, j) = \begin{cases} q_{x+i\Delta t}\Delta t + (1 - q_{x+i\Delta t}\Delta t) \\ \times \{p_{m,\max} E(i+1, \max) + p_{d,\max} E(i+1, \max-1) + p_{dd,\max} E(i+1, \max-2)\} \\ (j = \max) \\ \\ q_{x+i\Delta t}\Delta t + (1 - q_{x+i\Delta t}\Delta t) \\ \times \{p_{u,j} E(i+1, j+1) + p_{m,j} E(i+1, j) + p_{d,j} E(i+1, j-1)\} \\ (1 \leq j \leq \max-1) \\ \\ q_{x+i\Delta t}\Delta t + (1 - q_{x+i\Delta t}\Delta t) \\ \times \{p_{uu,0} E(i+1,2) + p_{u,0} E(i+1,1) + p_{m,0} E(i+1,0)\} \\ (j = 0) \end{cases}$$

(式19)

また、 $E(i, j)$ は、以下のとおり計算される。

$$E(i, j) = \text{Max}(E^-(i, j), S(i, j)) \tag{式20}$$

つまり、格子点 (i, j) で乗り換えなかった場合の受取保険金額期待値 $E^-(i, j)$ より

も、乗換えたときの保険金額 $S(i, j)$ の方が大きい場合には、格子点 (i, j) で乗換が発生するため、 $E(i, j) = S(i, j)$ となる。逆に、格子点 (i, j) で乗り換えなかった場合の受取保険金額期待値 $E^-(i, j)$ よりも、乗換えたときの保険金額 $S(i, j)$ の方が小さい場合には、格子点 (i, j) で乗換が発生しないため、 $E(i, j) = E^-(i, j)$ となる。

$E^-(i, j)$ と $E(i, j)$ は相互に関連する算式となっており、実際の計算では、

… $\Rightarrow E^-(i+1, j)$ の算出 $\Rightarrow E(i+1, j)$ の算出

$\Rightarrow E^-(i, j)$ の算出 $\Rightarrow E(i, j)$ の算出

$\Rightarrow E^-(i-1, j)$ の算出 $\Rightarrow E(i-1, j)$ の算出 $\Rightarrow \dots$

と、バックワードに交互に算出する。

こうして全ての格子点において $E^-(i, j)$ および $E(i, j)$ を求め、 $E^-(i, j) < S(i, j)$ となる格子点の範囲を「乗換が発生する範囲」とする。

3.5 モンテカルロシミュレーション

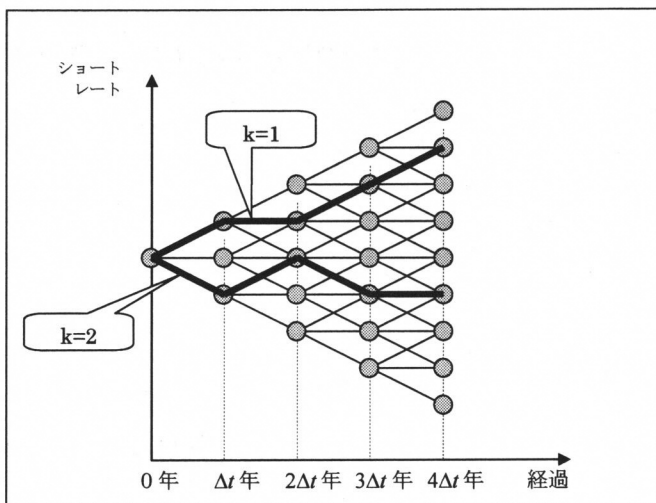
乱数に基づくショートレートのパスを 10,000 通り発生させ、各パス $k(k=1, \dots, 10000)$ において、乗換が発生する範囲に初めて到達する経過年数と乗換後の保険金額から、乗換前後トータルの累計収支現価を計算する。

具体的には、まず各経過 i に対し、0 以上 1 以下の一様乱数 $RN_{i,k}$ を 10,000 個 ($k=1, \dots, 10000$) 生成する。この乱数から、表 2 のとおり $J(i, k)$ を定め、パス k における経過 $i\Delta t$ 年のショートレートを $r_{J(i,k)}$ とする。

表2 乱数 $RN_{i,k}$ に基づく $J(i,k)$

$J(i-1,k)$ の範囲	$RN_{i,k}$ の範囲	$J(i,k)$
$J(i-1,k) = \max$	$0 \leq RN_{i,k} < p_{m,\max}$	max
	$p_{m,\max} \leq RN_{i,k} < p_{m,\max} + p_{d,\max}$	max-1
	$p_{m,\max} + p_{d,\max} \leq RN_{i,k} \leq 1$	max-2
$1 \leq J(i-1,k) \leq \max-1$	$0 \leq RN_{i,k} < p_{u,J(i-1,k)}$	$J(i-1,k)+1$
	$p_{u,J(i-1,k)} \leq RN_{i,k} < p_{u,J(i-1,k)} + p_{m,J(i-1,k)}$	$J(i-1,k)$
	$p_{u,J(i-1,k)} + p_{m,J(i-1,k)} \leq RN_{i,k} \leq 1$	$J(i-1,k)-1$
$J(i-1,k) = 0$	$0 \leq RN_{i,k} < p_{uu,0}$	2
	$p_{uu,0} \leq RN_{i,k} < p_{uu,0} + p_{u,0}$	1
	$p_{uu,0} + p_{u,0} \leq RN_{i,k} \leq 1$	0

図3 ショートレートのパスのイメージ (例)



各パス k において、3.4 で定めた「乗換が発生する範囲」 ($E^-(i,j) < S(i,j)$ となる格子点の範囲) に初めて到達した時点で乗換が発生するとして、乗換が発生する経過 $i(k)$ と乗換後の保険金額 $S(i(k), J(i(k), k))$ を求める。これに基づき、各パス k に対する累計収支現価を求める。

ここで、以下の通り記号を定義する。

${}^{(k)}\overline{A}_x, {}^{(k)-1}\overline{A}_{x:i(k)\Delta t}, {}^{(k)-1}\overline{A}_{x:i(k)\Delta t}, {}^{(k)-}\overline{A}_{x+i(k)\Delta t}$: 各パス k の運用利回り（当初は割引債の価格変

動率、割引債の満期後はショートレート）を利率として計算した支出原価

α : 保険金額比例の予定新契約費

（乗換時には α と同額の新契約費支出があるものと仮定）

P : 加入時の営業保険料率（加入時の予定利率で計算）

P^N : 加入時の純保険料率（加入時の予定利率で計算）

また、経過 $i(k)$ における契約者行動として、以下の3通りを想定する。

- ①乗換しない
- ②自社内での乗換
- ③他社への乗換

保険料1あたりの累計収支現価は、純保険料と支出現価との差を営業保険料で割ったものとし、想定される3種類の契約者行動に対して表3の算式で計算する。

表3 想定される契約者行動に対する、保険料1あたりの累計収支現価

想定される契約者行動	保険料1あたりの累計収支現価
①乗換しない場合	$\frac{P^N - {}^{(k)-}\overline{A}_x}{P}$
②自社内での乗換の場合 (乗換時点以降、保険金額が上昇)	$\frac{P^N - \left\{ {}^{(k)-1}\overline{A}_{x:i(k)\Delta t} + {}^{(k)-1}\overline{A}_{x:i(k)\Delta t} S(i(k), J(i(k), k)) \left(\alpha + {}^{(k)-}\overline{A}_{x+i(k)\Delta t} \right) \right\}}{P}$
③他社への乗換の場合 (乗換時にキャッシュアウト)	$\frac{P^N - \left\{ {}^{(k)-1}\overline{A}_{x:i(k)\Delta t} + {}^{(k)-1}\overline{A}_{x:i(k)\Delta t} W(i) \right\}}{P}$

（ここで、 ${}^{(k)-}\overline{A}_x, {}^{(k)-1}\overline{A}_{x:i(k)\Delta t}, {}^{(k)-1}\overline{A}_{x:i(k)\Delta t}, {}^{(k)-}\overline{A}_{x+i(k)\Delta t}$ は、割引債の価格変動率を利率として計算

した支出原価であり、割引債の価格が下落した場合には負値の利率を用いるため、キャッシュアウト時の債券価格の含み損の実現分も、上記の収支には反映される）

4 収支分析の実行

4.1 金利モデルの係数の設定

ショートレートの推移モデル ($dr = a(b-r)dt + \sigma dz$) の係数 a, b, σ を、2006/10/20 時点の金利水準を参考として、以下のとおり設定する。

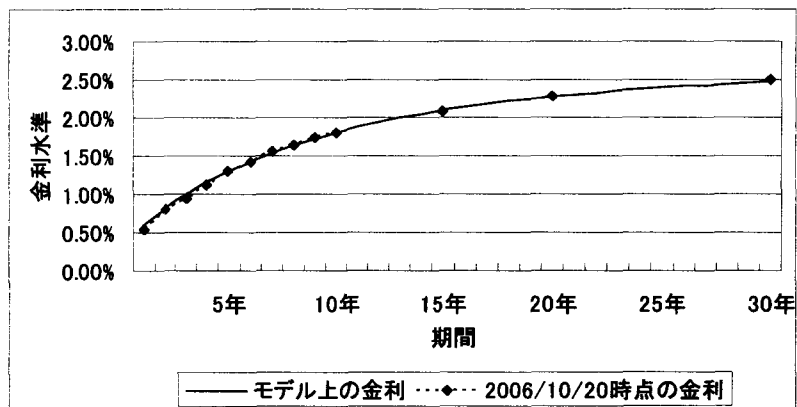
a (金利の平均回帰力) : 0.2

b (金利の平均回帰水準) : 2.9%

σ (金利変動幅の標準偏差) : 0.25%

実際、この係数を(式15)に代入し、各年数の金利を求めると、図4のとおり、概ねこの時点の金利水準を再現できる。

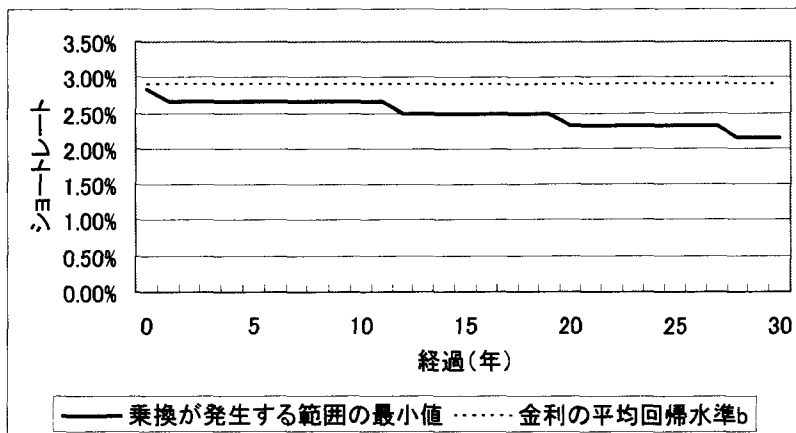
図4 上記の係数によるモデル上の金利と、2006/10/20時点の金利



4.2 上記の設定に基づく、乗換が発生する範囲

上記の金利モデルの係数の設定に基づき、「乗換が発生する範囲」を求め、その最小値をとると、図5の通りとなる。つまり、乗換が発生する範囲は、図5のグラフの上側の範囲となる。

図5 乗換が発生する範囲の最小値（男性、50歳加入）



この最小値は、金利の平均回帰水準（ $b=2.9\%$ ）をやや下回る値であり、経過年数が長いほどその値は低下している。つまり、金利が平均回帰水準を下回っていても、平均回帰水準からの乖離幅が小さい範囲では $E^-(i, j) < S(i, j)$ となっている。これは、将来の金利上昇が見込まれる場合でも、金利上昇を待たずにすぐに乗り換えた方が、直後に死亡する場合の受取保険金額が大きくなることに起因する。（特に経過を経た高年齢ほどすぐに死亡する可能性が高くなるため、乗換の発生する金利水準は低下する。）

4.3 収支分析結果 I <契約者行動による収支の違い>

ショートレートの水準が 4.2 で求めた「乗換が発生する範囲」に到達した際の契約者行動として、①乗換しない、②自社内での乗換、③他社への乗換、の3通りを想定し、それぞれについて、表3の通り累計収支現価を計算する。

ところで、3.1において運用利回りについての前提を以下のとおりとした。

<再掲>

(5) 運用利回り：加入当初一定年数はその年数を残存期間とする割引債で運用する
と考え、当該割引債の価格変動率を運用利回りとする。その後は短
資で運用する考え、ショートレートを運用利回りとする。

そこで、収支分析においては、割引債で運用する年数を1年～40年とし、それぞれ
について保険料1あたりの累計収支現価を10,000通り求め、その平均値、下位10%点、
下位1%点、下位0.1%点をグラフにプロットする。

図6 ①乗換しない場合（男性、50歳加入）

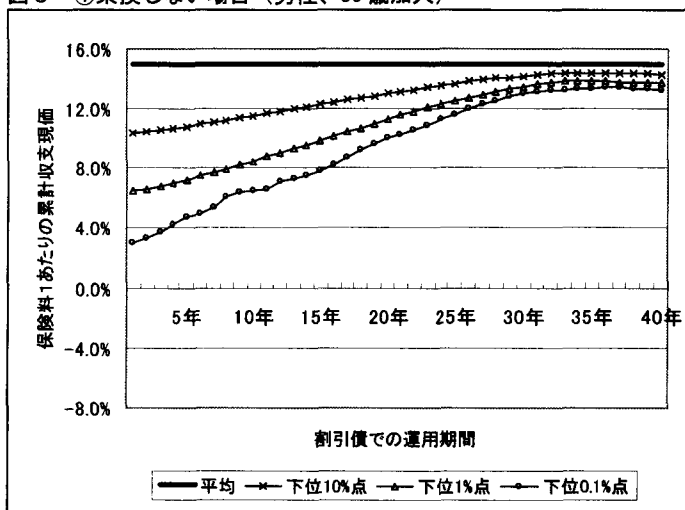


図7 ②自社内での乗換の場合（男性、50歳加入）

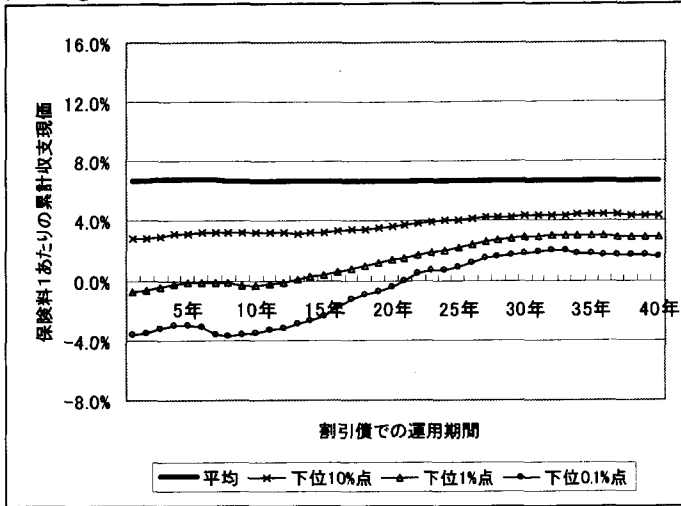
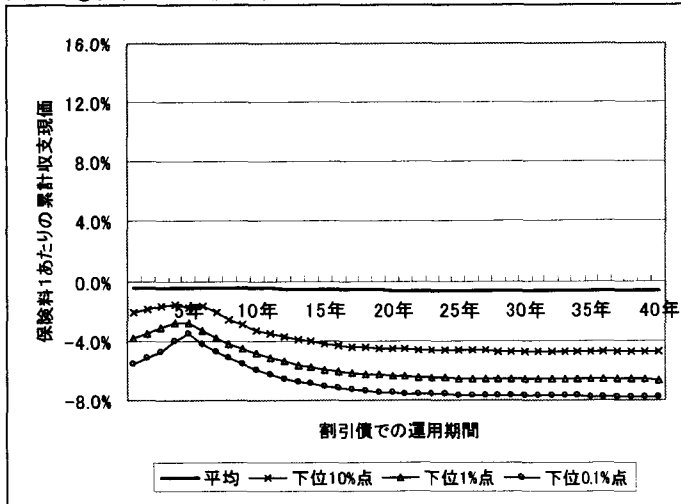


図8 ③他社への乗換の場合（男性、50歳加入）



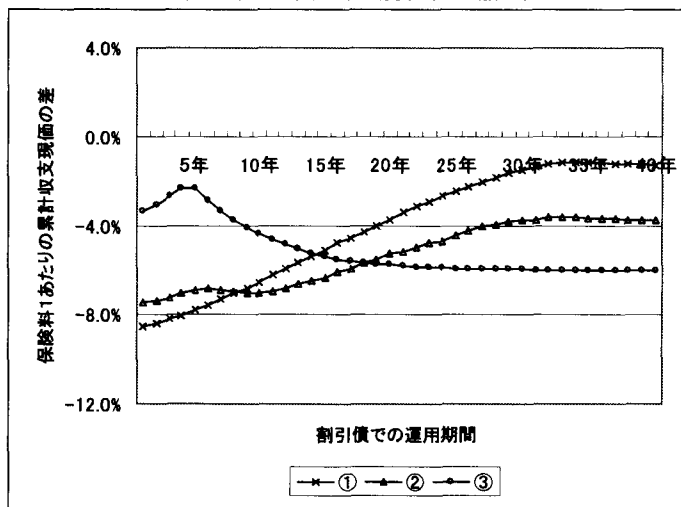
ここでは、シミュレーションにおける金利モデルの係数を、割引債価格の前提とする金利モデルの係数と同一としている（異なる場合については4.5参照）。つまりリスク中立な前提でシミュレーションを行ったため、各パスkの運用利回り（当初は割引債の

価格変動率、割引債の満期後はショートレート) を利率として計算した支出原価 $A_x^{(k)}$, $A_{x:(k)\Delta t}^{(k)-1}$, $A_{x+i:(k)\Delta t}^{(k)-1}$, $A_{x+i+(k)\Delta t}^{(k)-1}$ の平均値は、割引債での運用期間にかかわらず一定である。このため、図6～図8において、平均収支が割引債での運用期間にかかわらず一定となっている。

水準としては、平均収支、下位収支ともに、「①乗換しない場合」がもっとも高い水準となり、「②自社内での乗換の場合」、「③他社への乗換の場合」の順に収支の水準が低下する。つまり、乗換の発生により収支の悪化が見られ、その悪化幅は「②自社内での乗換の場合」よりも「③他社への乗換の場合」の方が大きい。

また、平均収支と下位収支の差により、収支の下振れリスクを把握することが出来る。

図9 下位1%収支と平均収支の差(男性、50歳加入)

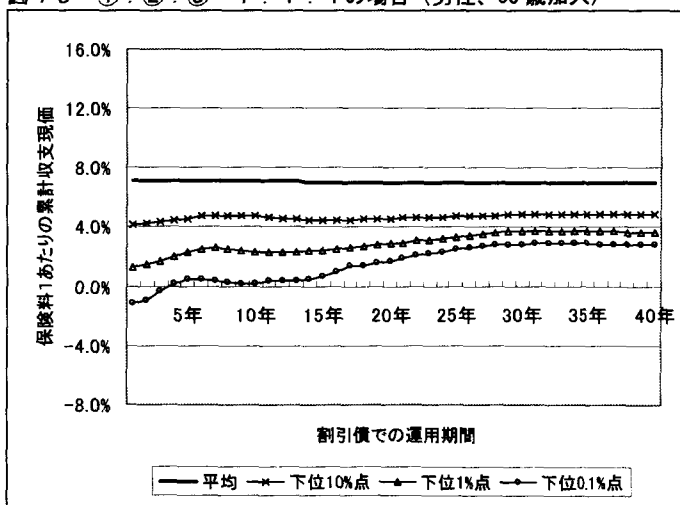


「①乗換しない場合」および「②自社内での乗換の場合」では、図9のグラフが右上がりとなっており、割引債での運用期間が長いほうが収支の下振れリスクが小さい。これは、乗換時にキャッシュアウトが発生せず、加入からキャッシュアウトまでの期間が長いためである。

一方、「③他社への乗換の場合」では、図9のグラフが、一定年数（5年程度）をピークにして途中から右下がりとなっており、割引債での運用期間が長いほうが収支の下振れリスクが逆に大きい。これは、乗換時にキャッシュアウトが発生し、加入からキャッシュアウトまでの期間が短いためである。つまり、キャッシュアウトまでの期間と割引債での運用期間が乖離するほど、収支の下振れは大きくなる。

このように、想定される契約者行動により収支特性が異なるが、契約者全員の行動が①、②、③のいずれかに集中する状況は考えにくく、実際には3つの契約者行動に分散すると考えられる。したがって、①、②、③の比率をなんらか仮定して、それぞれの収支の加重平均をとることで、実際の収支分布が求められる。契約者行動は、被保険者の健康状態（再加入が可能かどうか）や、契約者の効用最大化に対する意識、もしくは会社から契約者への働きかけなど、様々な要素に左右されるものである。ここでは簡単のために、「①：②：③＝1：1：1」と仮定して、以降の分析を行うこととする。

図10 ①：②：③＝1：1：1の場合（男性、50歳加入）



4.4 収支分析結果Ⅱ <加入年齢による収支の違い>

ここまで、男性 50 歳加入を前提とした収支を見てきたが、加入年齢による違いを把握するために、加入年齢が 30 歳のケースと 70 歳のケースのそれぞれについての収支分析結果を以下に示す。

図 1 1 男性、30 歳加入の場合 (① : ② : ③ = 1 : 1 : 1)

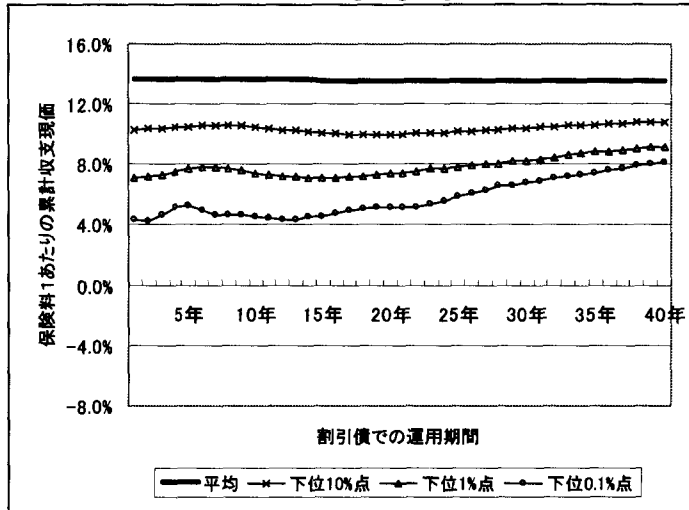
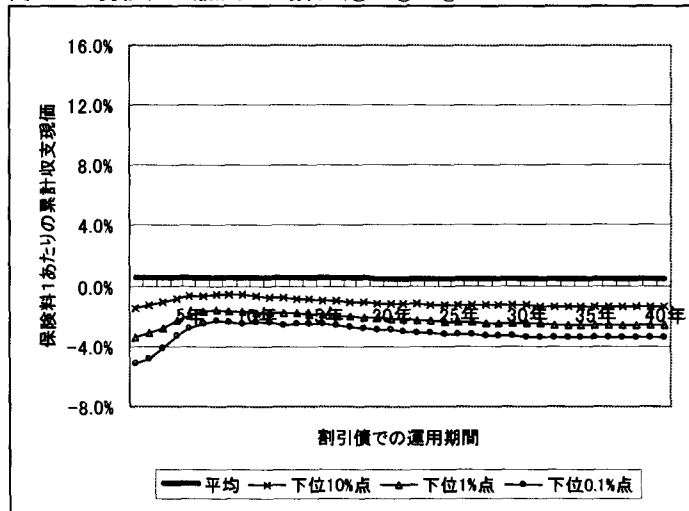
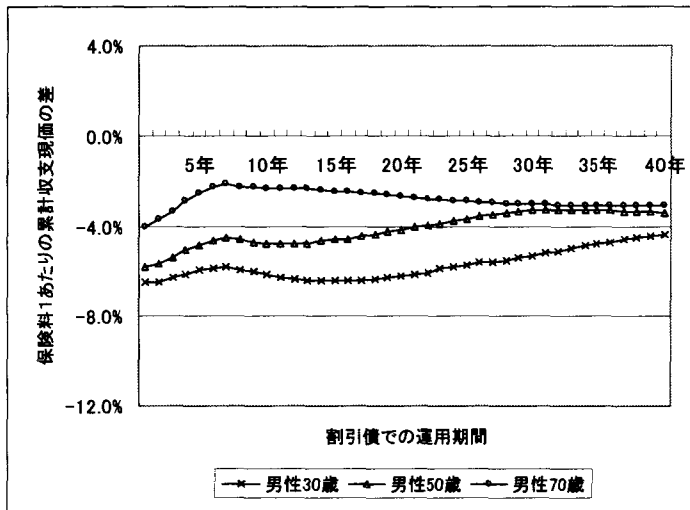


図 1 2 男性、70 歳加入の場合 (① : ② : ③ = 1 : 1 : 1)



まず、収支の水準を比較すると、平均収支、下位収支ともに30歳が最も高く、50歳、70歳の順に低下する。これは、予定利率は加入年齢によらず一律であるのに対し、加入年齢が低いほど、加入からキャッシュアウトまでの期間が長く、運用利回りが高くなるためである。

図13 下位1%収支と平均収支の差 (①:②:③=1:1:1)



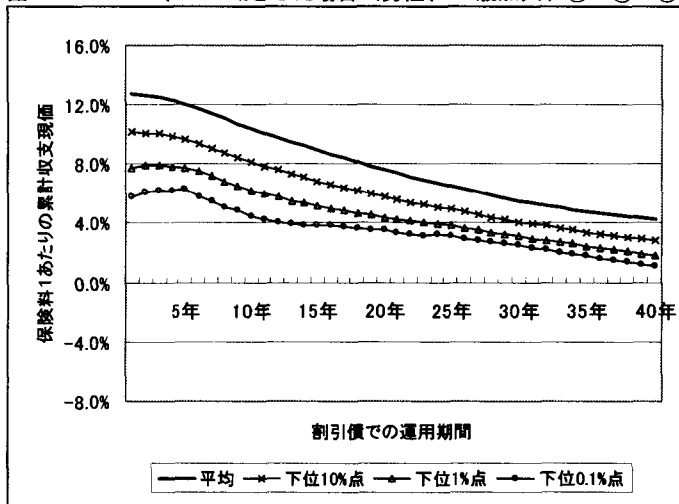
平均収支と下位収支の差、すなわち収支の下振れリスクの観点では、加入年齢が30歳では下振れリスクが大きく、50歳、70歳の順に下振れリスクは小さくなる。また、加入からキャッシュアウトまでの期間が長い30歳加入および50歳加入の場合は、割引債での運用期間が長い方が収支の下振れリスクが小さい(図13のグラフが右上がりとなる)が、加入からキャッシュアウトまでの期間が短い70歳加入の場合は、割引債での運用期間が短い方が収支の下振れリスクが小さい(図13のグラフが右下がりとなる)。

4.5 収支分析結果Ⅲ<シミュレーションにおける金利変動の前提による収支の違い>

ここまで、シミュレーションにおける金利変動の前提を、現時点のイールドカーブを再現できるモデルとしてきたが、金利変動の前提による違いを把握するために、金利推移モデルの係数を変えてシミュレーションした結果を以下に示す。なお、「乗換が発生する範囲」および「割引債価格」の前提は、これまでと同じとし、「シミュレーションにおける金利変動」の前提のみを変更した。

まず、「市場が織り込んでいる以上の金利上昇が見込まれる」と仮定し、金利の平均回帰水準 b を 2.9% から 3.5% に引き上げた場合、収支分析結果は図 14 のとおりとなる。

図 14 $a=0.20$ 、 $b=3.5\%$ とした場合（男性、50歳加入、①：②：③=1：1：1）

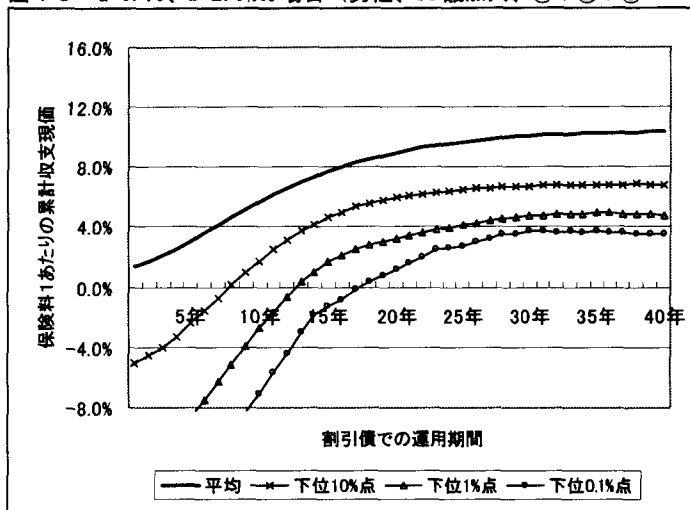


これまでと異なり、シミュレーションにおける金利モデルの係数を、割引債価格の前提とする金利モデルの係数とは違うものとしているため、平均収支は一定とはならない。

図 14 のように、平均回帰水準が現在の長期金利が織り込んでいる水準よりも高いと考えられる場合には、割引債での運用期間を短くしたほうが、平均収支、下位収支ともに高い水準となる。

つぎに、「現在の低金利が、市場が織り込んでいる以上に長続きする」と仮定し、平均回帰力 a を 0.20 から 0.10 に弱めた場合、収支分析結果は図 15 のとおりとなる。

図 15 $a=0.10$ 、 $b=2.9\%$ の場合（男性、50 歳加入、①：②：③＝1：1：1）



このように、平均回帰力が現在の長期金利が織り込んでいる水準よりも弱いと考えられる場合には、割引債での運用期間を長くしたほうが、平均収支、下位収支ともに高い水準となる。

将来の金利の変動については、唯一の「正しい前提」があるわけではないため、将来の金利の変動の影響による収支分析についても、唯一の「正しい結果」があるわけではない。また前提の置き方によって収支分析の結果が大きく変わってくる。したがって、このような分析を行う際には、前提を明確にすることや、前提による結果の変動性を認識する必要がある。

5 まとめ

本論文における分析の結果をまとめると、以下のとおりとなる。

- (1) 乗換ありの場合は、乗換なしの場合に比べ、平均収支が低下し、収支のぶれの幅も拡大する。また、自社での乗換よりも、他社への乗換の方が、収支の低下が大きい。
- (2) 若年齢加入の契約は、高年齢加入の契約よりも収支は高水準だが、収支のぶれの幅が大きい。また、高年齢契約の場合は、割引債での運用期間が短いほうが収支の下振れリスクが小さい。
- (3) 金利の平均回帰水準が市場の織り込む水準よりも高いと考えられる場合は、割引債での運用期間を短くしたほうが、収支は高水準になる。また、金利の平均回帰力が市場の織り込む水準よりも弱いと考えられる場合は、割引債での運用期間を長くしたほうが、収支は高水準になる。

また、本論文における分析の実務上の活用としては、

- ・会社の考える前提での試算結果がマイナスとなる場合には、割引債での運用期間の見直し、予定利率設定の見直しを検討する

などといったことが考えられる。

大数の法則が働く保険事故の発生率や、市場の動向から直接定まる金利などと異なり、解約などの契約者行動については、直接モデル化することが困難である。このため、契約者行動の動機（本論文においては、金利上昇時の乗換による保険金額の引き上げ）を想定し、動機となる事象をモデル化することで、契約者行動を間接的にモデル化することとなる。本論文では、金利変動のみを契約者行動の動機としたが、実際の生命保険の契約者行動は、様々な動機に基づいているものと考えられる。

生命保険商品の特性から、契約者行動の会社収支に与える影響は決して小さいものではない。今後も、より実態に即した契約者行動を実効的に収支分析に織り込む手法の構築が求められよう。

(日本生命保険相互会社 商品開発部)

(参考文献)

- [1] John C. Hull[2003], *Options, Futures And Other Derivatives FIFTH EDITION*,
Prentice Hall
- [2] David F. Babbel and Craig B. Merrill[1996], *Valuation of Interest-Sensitive
Financial Instruments*, SOA Monograph M-FI96-1

A study about risk characteristics of savings-related products

Ikuo Kobayashi

Traditional savings-related products sold by life insurance companies, those assure amount of insurance and surrender value in advance, allow for rising amount of insurance by withdrawal and reentrance (hereinafter called transfer) when interest rate rise. So I develop a method of cash flow analysis incorporate this "transfer" action, and I analyze risk characteristics.