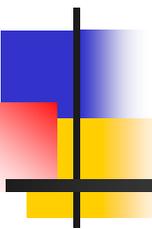


欧州の先進的な保険リスク管理システムに関する研究会

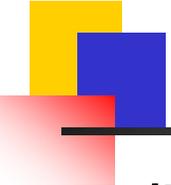
損害保険における 負債評価と保険リスク



田口 茂 (東京海上日動火災)

浜野雅章 (三井住友海上火災)

2007年10月3日



本日のアジェンダ

-
- 損害保険の負債の概要と現行の実務 (P.3-P.7)
 - 経済価値ベースの損害保険負債の評価... (P.8-P.9)
 - 既経過責任部分の負債評価と具体例 (P.10-P.13)
 - 未経過責任部分の負債評価と具体例 (P.14-P.15)
 - リスクマージン (P.16-P.18)
-
- 巨大災害リスクの評価 (P.20-P.21)
 - 工学的災害発生モデル (P.22-P.26)
 - リスク統合とリスクメジャー (P.27-P.33)
 - EUソルベンシー の保険引受リスク (P.34-P.35)
 - 日本における導入の際の留意点 (P.36)
- } [PART1]
田口
- } [PART2]
浜野

損害保険の負債の概要と現行の実務

< 全体像 >

(1) 既経過責任の負債の評価

損害保険事業の場合、一般的な事業とは異なり、保険料(売上高)が先に計上され、保険金(売上原価)がその後に発生する構造となっているため、期末に未払となっている保険金を「支払備金」として見積っている。(普通備金及び「B NR備金」)

(2) 未経過責任の負債の評価

- ・収入した保険料は、一旦全額を当期に計上するが、翌期以降の保険期間に対応する部分(未経過保険料)を責任準備金として繰入れている。
- ・また、翌期以降に発生する保険責任の支払準備ファンドを積立する考え方もある。(保険業法施行規則第70条による初年度収支残の積立)

普通責任準備金(責任準備金に計上)の積立

(3) 異常災害の発生による巨額損失部分の評価

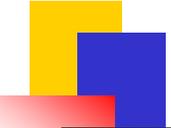
保険料の料率は「大数の法則」により設定されているが、単年度の収入保険料では吸収し得ない異常災害が発生する可能性があり、これに備える必要がある。

異常危険準備金(責任準備金に計上)の積立

(4) 積立保険料部分の取扱

積立型保険の積立保険料部分及びその運用益を責任準備金として積立している。

払戻積立金、契約者配当準備金(責任準備金に計上)の積立。



損害保険の負債の概要と現行の実務

< 既経過責任に関する負債 >

1. 支払備金の種類

保険会社は、毎決算期において、次に掲げる金額を支払備金として積み立てている。

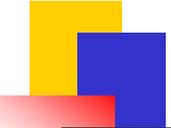
(1) 普通支払備金

保険契約に基づいて支払義務が発生した保険金等(当該支払義務に係る訴訟が係属しているものを含む。)のうち、保険会社が毎決算期において、まだ支出として計上していないものがある場合は、当該支払のために必要な金額

(2) IBNR 備金

(Incurred But Not Reported Reserve: 既発生未報告損害備金)

まだ支払事由の発生の報告を受けていないが保険契約に規定する支払事由が既に発生したと認める保険金等について、その支払のために必要なものとして金融庁長官が定める金額



2. 支払備金に関する最近の動向(統計的見積手法の導入)

(1) 概要

法令改正(保険業法施行規則、告示、監督指針)により、地震、自賠償を除く全種目でIBNR備金の積立が義務化されるとともに、支払までに長期間を有する種目(ロングテール)に対し、IBNRの見積精度を向上させるため、一定の条件に該当する種目に対しては、原則として統計的見積手法によるIBNR備金の積立が求められるようになった。

(原則として2006年度決算より適用)

従来IBNR備金の積立においては、法令に規定される算式に基づき見積るのが主流であったが、これでは支払までに長期間を有する種目に対する見積りとしては不十分との指摘があったため、諸外国で一般的に用いられている統計的見積手法が導入されることになった。統計的見積手法は、特定の算式に依らず、過去の事故統計データに基づき将来支出を見積もるものであり、負債評価の適正化や国際化の一環とも言える。

(2) 統計的IBNRの算出例

保険金及び備金データを事故年月別(又は契約年月別)に集計。

時間経過と発生保険金のパターン(ロスディベロップメント)を把握。

を使って将来発生ロスを推定することで、IBNRをより適正に見積もる(見積り手法には様々なものがある)

損害保険の負債の概要と現行の実務

< 未経過責任に関する負債 >

1. 責任準備金の種類

普通責任準備金

未経過保険料 + 保険料積立金と初年度収支残高のいずれか大きい方を積立てる

- 未経過保険料 + 保険料積立金: 未経過期間に対応する責任に相当する金額

例えば、未経過保険料の場合、収入した保険料に「未経過期間 / 保険期間」を乗じた金額を基礎として積立てる。

- 初年度収支残高: 当期の収入保険料から当該契約の保険金・支払備金・事業費等を控除した金額

異常危険準備金

- 異常危険準備金は大数の法則が機能しない危険に対する責任準備金として、積立を複数事業年度にわたり累積的に行うとともに、異常災害が発生した年度に取り崩すという形態を取っている。
- 具体的には、保険種目別に定められた限度額(特に限度を定めていない種目もある)に至るまで、毎事業年度、正味保険料の一定割合以上(例えば3%以上)を積み立てるとともに、当該事業年度の正味保険金が正味保険料の一定割合(たとえば50%)に相当する金額を超えた場合に、その超えた部分の金額を取り崩す。

払戻積立金

- 保険料を運用することによって得られる収益の全部または一部の払戻しを約した保険契約については、払戻しに充てる部分を責任準備金として積み立てる。

契約者配当準備金

- 損害保険株式会社は、積立保険の契約者配当に充てる金額を契約者配当準備金として積み立てる。損害保険相互会社にあっては、社員配当準備金が積み立てられる。



2. 責任準備金に関する最近の動向

従来、責任準備金は、一部の特殊なもの(自賠責・地震・契約者配当)を除き、収入した保険料をベースに積立を行ってきた。しかしながら、保険料の自由化を踏まえた負債の適正化や会計の国際的な動向を踏まえ、将来の支出見込額に基づいて必要積立額を算出し、この金額が従来保険料をベースとした責任準備金を上回る場合には、将来の支出見込額に基づいて責任準備金を積み立てる制度が導入されている。

例: 自然災害リスク対応の責任準備金(平成10年 大蔵省告示第232号他)

< 未経過保険料 >

- ・ 現行保険料が「あるべき(理論上の)保険料」に対して不足していないかどうか検証し、不足している場合は、その係数を現行の未経過保険料に乗じて追加積立を行う。
- ・ 大規模自然災害リスク(再現期間30年超の自然災害損失)を担保する理論上の保険料は、合理的なリスクモデルから求める
- ・ 係数の算出方法(係数が1未満の時は1とする)

$$\text{係数} = \frac{\text{あるべき保険料} + \text{(R)大規模自然災害ファン ド に対する保険料相当額}}{\text{実績保険料} + \text{(P)既経過保険料実績}}$$

R: 合理的なリスクカーブに基づき算出した再現期間30年超の自然災害損失に対応すべき金額

E: 過去の実績に基づく再現期間30年以下の損害(過去平均値)及び事業費(直近年度値)相当額

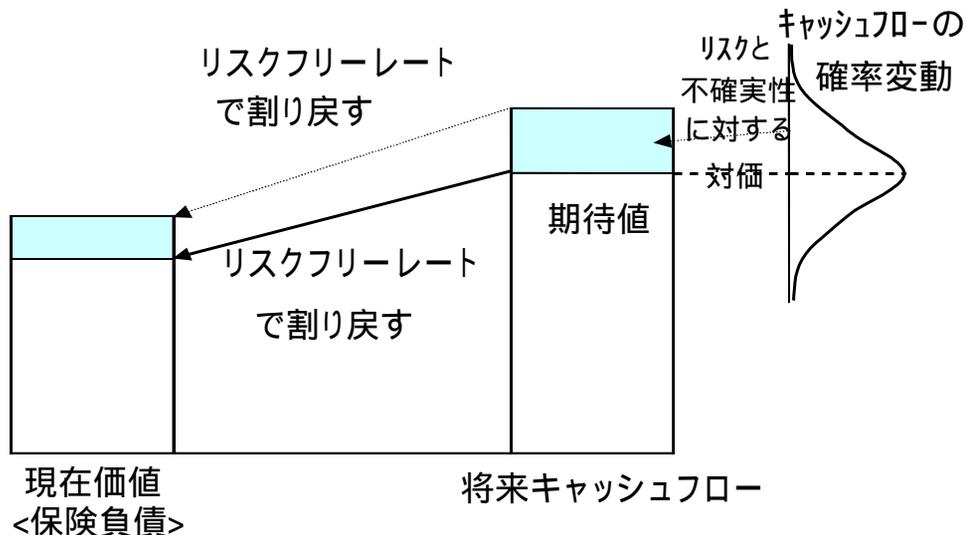
経済価値ベースの損害保険負債の評価

基本的な考え方

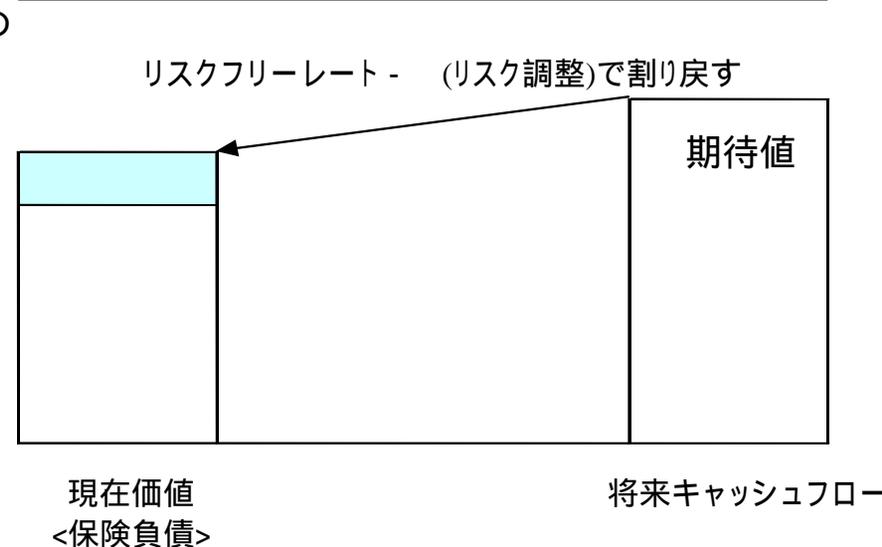
負債評価額 = 将来キャッシュフローの期待現在価値 + リスクマージン

- 確率論的アプローチと決定論的アプローチとがある
- 期待現在価値とは現在価値の期待値のこと
- 割引率としては期末のリスクフリーレートを使用
- リスクマージンは将来キャッシュフロー（保険金、事業費等）に含まれるリスクと不確実性に関する見積もり額のこと

確率論的アプローチ



決定論的アプローチ



保険負債の計算ステップ

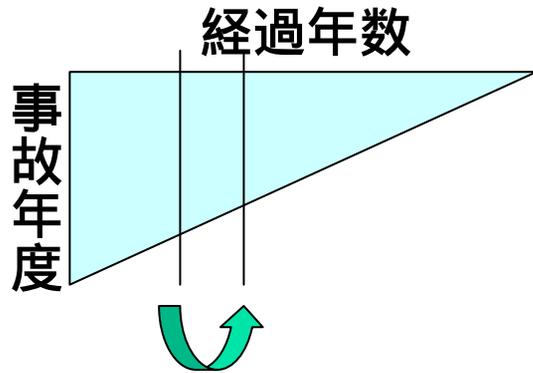
- STEP1 . 平均的な将来保険金を点推定する。
STEP2 . リスクマージンを考慮するために、将来保険金の変動状況を予測する。
保険金は「点」ではなく「幅」で予測される。
STEP3 . 将来保険金の支払時期からキャッシュフローを作成する。
STEP4 . 現在価値を算出するために必要な割引率(金利)を用意する。
STEP5 . 将来保険金のキャッシュフローと割引率から将来保険金の現価を計算。

- (1) 決定論的アプローチ = リスクマージンをリスク調整後レートに反映する方法
将来保険金 = 「保険金の期待値」とし、現在価値の算出の際にリスクマージンを織り込んだ調整後レートを用いる方法。
- (2) 確率論的アプローチ = リスクマージンをキャッシュフローに反映する方法
将来保険金 = 「保険金の期待値」 + 「振れ幅分に対応するリスクマージン」とし、現在価値の算出の際に使用する割引率はリスクフリーレートを用いる方法。

例: 期待値 + リスクマージン = 期待値 + リスク量 × 資本のコスト率

既経過責任部分の負債評価 (決定論)

将来保険金予測の代表的方法としては、現行の統計的IBNRの推計等に用いられているチェーンラダー法がある。



将来保険金は実績の累計発生保険金にロスディベロップメントファクターを乗じることで予測できる。これは事故の発生パターンが過去も将来も変わらないことを前提としている

D_{ik} : 事故年度「 i 」経過年数「 k 」の累計発生保険金 (累計保険金 + 未払保険金)

経過年数が1年増えたときの、保険金の増加割合を

ロスディベロップメントファクター(LDF)と呼ぶ

$$\hat{f}_k = \frac{\sum_{j=1}^{N-k} D_{j,k+1}}{\sum_{j=1}^{N-k} D_{j,k}}, \quad 1 \leq k \leq N-1$$

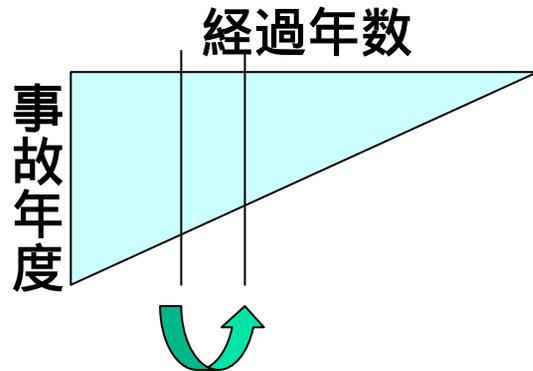


最終発生保険金

$$\hat{D}_{i,N} = D_{i,N+1-i} \hat{f}_{N+1-i} \cdots \hat{f}_{N-1}$$

既経過責任部分の負債評価 (確率論)

	最終発生保険金に幅をつけることができる。	保険金が従う確率分布	将来保険金のキャッシュフローに幅をつけることができる
マックモデル		制限なし	×
ベイジアンメソッド		対数正規分布	×
ランダムウォーク法		対数正規分布	
超過分散ポアソンモデル		超過分散ポアソン分布	



		経過年数				
		1	2	3	4	5=最終
事故年度	2003				2006	2007
	2004			2006	2007	
	2005		2006	2007		
	2006	2006	2007			
	2007	2007				

2007年度保険金
キャッシュフロー

既経過責任部分の負債評価 具体例

損保の保険金については様々な確率分布が用いられているが、「保険金の期待値と分散に比例関係がある」、つまり保険金が大きいために分散も連動して大きくなると考えられる場合には、超過分散ポアソン分布を用いることができる。

確率変数 C_{ij} を事故年度「 i 」経過年数「 j 」の単年保険金

$$E[C_{ij}] = m_{ij} = x_i y_j \quad \text{Var}[C_{ij}] = \phi x_i y_j$$

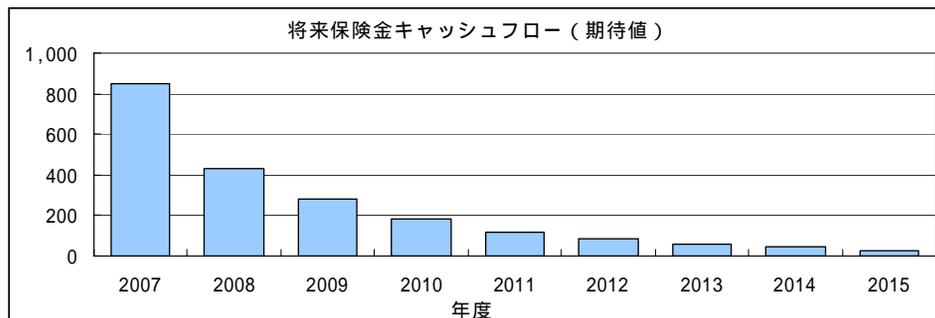
使用するデータ

【例】現行の統計的IBNRで用いている事故年度別・経過年数別の保険金データ

		経過年数									
		1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年
事故年度	1997	234	125	58	23	22	10	9	6	14	8
	1998	197	139	67	34	15	13	7	8	2	
	1999	218	183	62	64	26	10	11	4		
	2000	240	188	68	39	32	14	11			
	2001	251	226	42	44	34	23				
	2002	271	273	112	62	62					
	2003	309	222	74	71						
	2004	324	225	113							
	2005	336	266								
	2006	356									

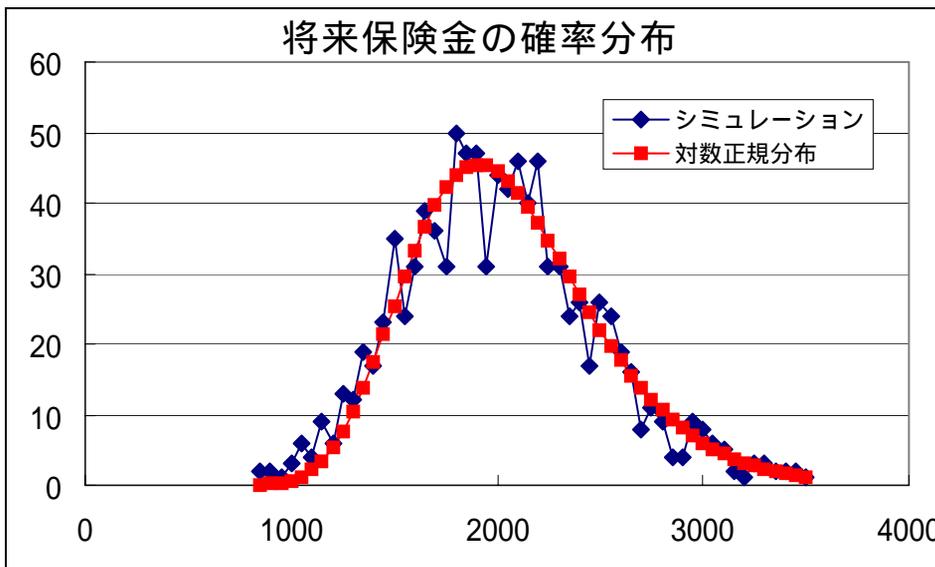
2. 将来保険金の期待値

現行の統計的IBNRで用いている手法(例:チェーンラダー法)により将来保険金のキャッシュフローや現在価値を求める。



3. 将来保険金の確率分布

超過分散ポアソンモデルにより将来保険金の現在価値が従う確率分布を算出する。(右のグラフは1,000回のブートストラップシミュレーション結果と、保険金の現在価値を対数正規分布に当てはめた場合の結果)



4. 負債の評価額 (既経過責任部分)

この確率分布からリスクマージンを算出し、期待値を加えて評価額とする。

負債評価額 = 期待値 + リスクマージン = 期待値 + (99%点 - 期待値) × 資本のコスト率

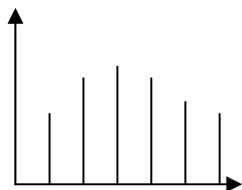
未経過責任部分の負債評価(確率論)

総保険金Zのモデル

$$Z = 1\text{番目の事故の保険金 } X_1 + 2\text{番目の事故の保険金 } X_2 \\ + \cdots + K\text{番目の事故の保険金 } X_K$$

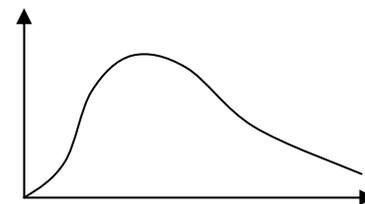
- 事故件数K:ポアソン分布などに従う確率変数
- 支払保険金 X_1 、 X_2 、 \cdots X_K :対数正規分布などに従う確率変数

事故件数Kの
分布モデル例



- ポアソン分布
- 負の二項分布

支払保険金Xの
分布モデル例

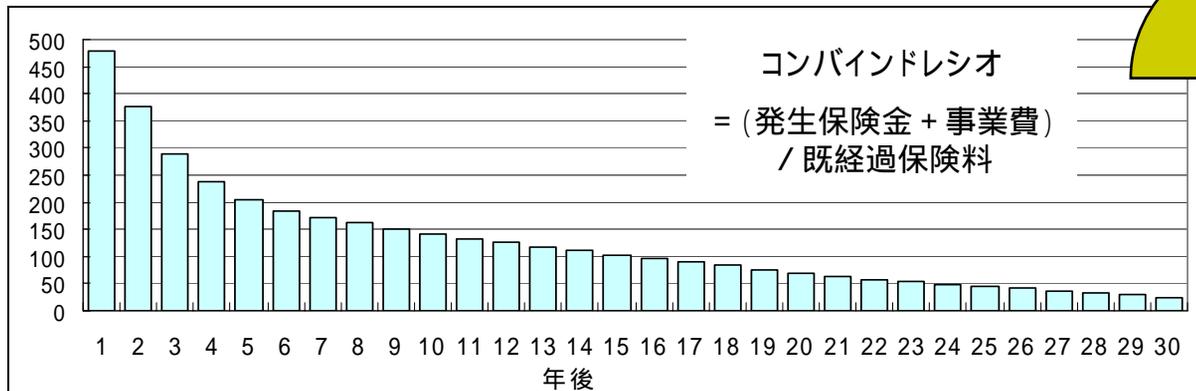


- ガンマ分布
- 対数正規分布

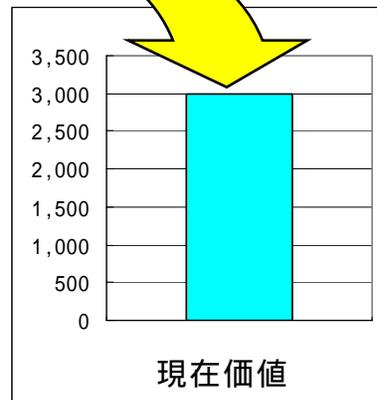
未経過責任部分の負債評価 具体例

1. 使用するデータ

【例】将来CF(各年度の既経過保険料 × 予想コンバインドレシオ)



リスクフリーレートによる割引



2. リスク量の算出

【例1】内部モデル(DFA)をもとにキャッシュフローの確率分布を求め算出

【例2】現行ソルベンシーマージン比率の係数から算出

(一般保険リスクのリスク係数 + 巨大災害リスクのリスク係数)

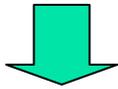
3. 負債の評価額(未経過責任部分)

期待値 = 上記1のキャッシュフローの現在価値 = 3,000

リスクマージン = 期待値 + リスク量(一般保険リスク + 巨大災害リスク) × 資本のコスト率

リスクマージンと安全割増

損害保険の保険料



期待値 + 安全割増

安全割増の水準は各種事情
を勘案の上決定

金融商品の価格



マーケットが決定

(期待値 + リスクプレミアム)

安全割増の設定方法

- (1) 期待値原理 = 保険金の期待値の定数倍を安全割増とする方法
- (2) 分散原理 = 保険金の分散の定数倍を安全割増とする方法。
- (3) 標準偏差原理 = 保険金の標準偏差の定数倍を安全割増とする方法で最も一般的
- (4) 分位原理 = 保険金の高分位点 (99%点などの α 点) とする方法

すなわち、保険金の分布関数 $F(x) = P(X \leq x)$ を用いて

$$P = F^{-1}(\alpha)$$

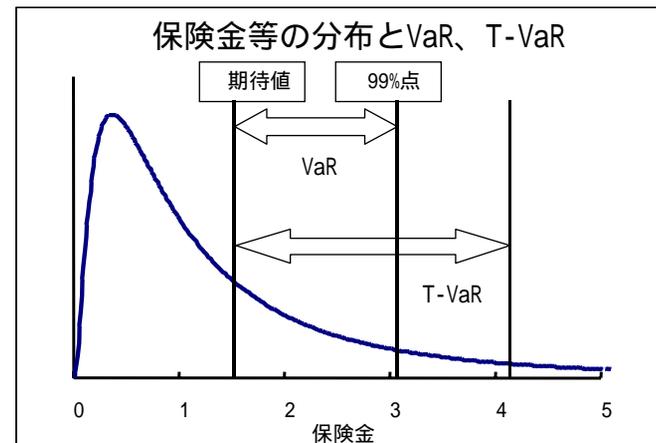
とする。なお、リスク管理等において用いられているバリュー・アット・リスク (VaR) やテール・バリュー・アット・リスク (Tail-VaR ; VaR を超える部分の期待値) は分位原理の考え方に基づいているものと考えられる。

➡ **リスクマージンは市場が求める適正なマージン**

資本コスト法によるリスクマージン

この方法は、標準偏差、VaR、Tail-VaRなどのように保険金等の変動状況を指標化したものに、資本のコスト率を乗じてリスクマージンとする方法である。

例：スイスソルベンシーテスト



VaR、Tail-VaR を用いたリスクマージンの計算手法は、それぞれ次のようになる。

- ・リスクマージン = 「VaR - 期待値」 × 資本のコスト率
- ・リスクマージン = 「Tail-VaR - 期待値」 × 資本のコスト率

ここで、保険金等の確率分布をもとに VaR は保険金等のパーセンタイル（99%点等）として算出できる。一方、Tail-VaR は VaR を超える部分の保険金の平均値として算出できる。保険金の分布関数を $F(x)$ 、基準となるパーセントを α （=99%等）とすると、VaR と Tail-VaR は次の計算式となる。

$$\text{VaR} = F^{-1}(\alpha)$$

$$\text{Tail-VaR} = E(X | X > \text{VaR}) = \text{VaR} + E(X - \text{VaR} | X > \text{VaR})$$

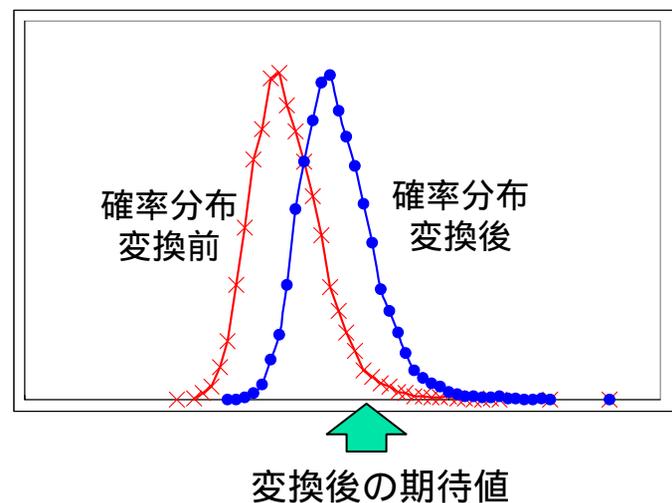
測度変換法によるリスクマージン

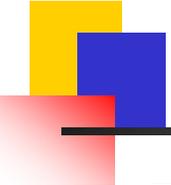
- 金融商品: マーケットとの関連性を考慮してリスクマージンが設定
- 「測度変換法による安全割増の計算方法」
= デリバティブなどのリスクマージンの計算に利用
- 直接法とも呼ばれる
- 保険金等が従う確率分布を変換して変換後の確率分布における期待値を負債評価額(期待値+リスクマージン)とする方法
- 具体的に確率分布を変換する手法: エッシャー変換、Wang変換

負債の評価額

= 期待値 + リスクマージン

= 「確率分布変換後の期待値」





【PART2】

- 巨大災害リスクの評価 (P.20-P.21)
- 工学的災害発生モデル (P.22-P.26)
- リスク統合とリスクメジャー (P.27-P.33)
- EUソルベンシー の保険引受リスク (P.34-P.35)
- 日本における導入の際の留意点 (P.36)

巨大災害リスクの評価

現行の負債評価においては、CATリスク(の保険金。以下省略。)に対して異常危険準備金を用意されている。一方、経済価値ベースの評価では、通常リスクと同様に、将来キャッシュフローの期待現在価値にリスクマージンを加えて評価される。

CATリスク部分の負債の評価の際に留意すべき点は

- (1) 将来キャッシュフローの算出に特別な工夫が必要(災害シミュレーション)
- (2) 通常災害とくらべると相対的にリスクマージンが高いものになると予想される

CATリスク(=巨大災害リスク)を「社会的な損害額が巨額となり得るリスク」とすれば、以下のように多様な災害が考えられる。

	損害保険会社に 巨額な保険金支払が発生する ことが想定されるリスク	左記以外のリスク
自然災害リスク	地震、風災、(洪水・高潮・内水 氾濫を含む)水災、雪災、ひょう災、 噴火、津波、隕石落下	-
上記以外のリスク	(石油精製工場等の)火災・爆発、 (航空機が高層ビルに激突するよ うな)物体衝突事故、テロ、(アス ベストス集団訴訟のような)賠償事 故	戦争、暴動、革命、内乱、(感 染力の強い)感染症、(放射能 汚染等の)原子力、(大恐慌等 による)株・債券・不動産等 の大暴落、(大恐慌等による) 企業倒産多発

CATリスクの保険負債算出の流れ

CATリスクのリスクカーブを求める。



リスクカーブからキャッシュフロー展開を行い、
将来キャッシュフローの期待現在価値を算出する。

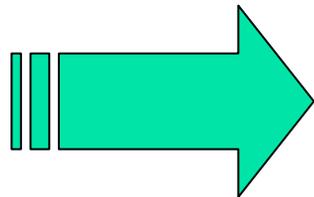
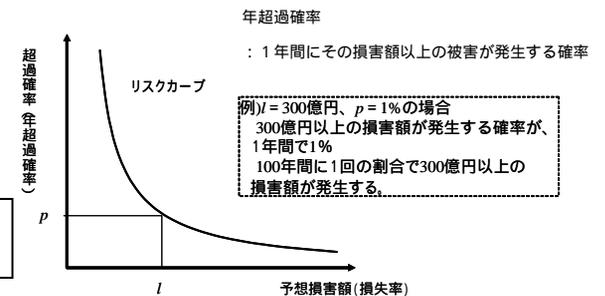


リスクマージンを算出する。



将来キャッシュフローの期待現在価値にリスク
マージンを加算して、保険負債を算出する。

予想損害額の分布関数 $F(x)$ に対し、
 $1 - F(x)$ をリスクカーブという



「工学的災害発生モデルによる算出」

「理論分布的災害発生モデルによる算出」

工学的災害発生モデルによる算出

災害の発生場所、強度等を地震学・気象学などの学術的な理論を用いて確率的に算出する。

当該災害によって発生する現象を学術的な理論を用いて算出する。

	地震の場合	風災（台風）の場合
発生場所	震源地	台風中心の経路
強度	マグニチュード	台風中心気圧
発生する現象	上記と地質・地盤などから算出される地点毎の震度	上記と地形などから算出される地点毎の最大(瞬間)風速

当該現象と保険の目的の構造・用途等から保険の目的の損傷率・損害額を算出し、さらに保険金支払条件から支払保険金を算出する。

(1 災害毎に契約ポートフォリオ(元受保有契約の構造、用途、保険金額、保険金支払条件(免責金額等))から支払保険金の合計を算出する。)

～ を仮想発生災害毎に繰り返し算出(コンピュータによるシミュレーション)することによって、リスクカーブを描くことができる。

地震リスクの評価

地震リスクの評価は一般的に、対象建物の脆弱性の評価と、当該建物所在地での地震危険度の評価の2つの部分に大別できる。

台風(風災)リスクの評価

台風リスクの評価は、地震リスク評価と同様に、対象建物の脆弱性を評価する部分と、当該建物所在地での台風危険度を評価する部分の2つからなるのが一般的である。

理論分布的災害発生モデルによる算出と使い分け

過去の支払保険金統計、一般の災害統計等に適切な補正を加えて、現在の契約ポートフォリオ等に基づくリスクカーブを統計的手法から最も適合性が高いと思われる理論分布(対数正規分布、パレート分布など)として算出する。

「工学的災害発生モデル」と「理論分布的発生モデル」の使い分けは？

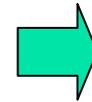
基本的には工学的災害発生モデルを使用することがグローバルスタンダードであることから、妥当性が高いと思われるが、モデルがない場合もある。

算出対象	例	算出方法
・工学的災害発生モデルが存在するリスク・地域・保険種目の場合	風災 / 日本 / 火災保険	工学的災害発生モデルを利用して算出
・工学的災害発生モデルが存在しないリスク・地域の場合	水災 / 日本 / 火災保険 他	理論分布的災害発生モデルを利用して算出
・工学的災害発生モデルが存在するリスクであるが、当該保険種目にはない場合	地震 / 日本 / 傷害保険	主要種目の予想保険金に一定の係数を乗じて算出

どのリスク・地域・保険種目が左記のどれに該当するかの決定方法とモデルの選定基準が課題

モデル選定上の課題と対応案

各種リスク評価モデルの基本的な考え方はほぼ同じだが細部には多数の相違点がある。このためリスクカーブもモデルによって差異が出ることは明らか



どのようにモデル選定を行うか？

【対応案】

- ア．行政当局等が(少なくとも主要なリスク・地域・種目・保険種目においては)使用するモデルを(1社ないし数社)特定する。特定以外のモデルについては個別に承認を得る。(1社に限定されない場合には、差異は出るが、妥当性は確保できる。)
- イ．各社(およびその会計士)判断による。ただし、妥当ではないモデルを使用することの防止として、行政当局等で何らかの最低基準的なものを定める。

この他の問題点として「モデルの改良による差の問題」もある。

モデルは最新のデータ、知見等に基づいて毎年のように改良されており、改良の内容によっては、年度毎の差額が相当大きくなる可能性もある。

モデル化に必要な条件とデータの修正

モデル化に必要な条件

偶然性に支配された制御不能なリスク
過去のデータが存在するリスク

データ観測期間

発生確率が一般的に低いためできるだけ
長い観測期間をとる必要がある

データ観測値の修正

- ・物価調整
- ・普及率や担保内容の変化による修正
- ・その他
(リスク規模の増減、リスクの集積状況
の変化、リスクに対する予防措置の
進展など)

理論分布によるモデル化

年間の総支払額を確率
変数とみなす方法

事故発生件数と一事故
あたりの損害額を確率
変数とみなす方法

「確率分布やパラメータ
の推定方法」と「理論分
布と実績値との適合
チェック」が重要

CATイベントの支払保険金キャッシュフロー

過去のCATイベントについて、イベント発生から保険金支払までの所要期間を調査

CATのキャッシュフローは短く、例えば台風、地震の場合はイベント発生から半年以内で最終支払保険金の約90%、1年以内で約98%が支払われている。豪雨はさらに支払が早く、半年以内で最終支払保険金の約98%が支払われている。

イベント固有の特徴は余りみられない。

CATイベントと通常災害の間に顕著な差は見られない。通常災害の場合も、イベント発生から半年以内で最終支払保険金の約90%、1年以内で約98%が支払われている。

既報告未払保険金・IBNR のキャッシュフロー展開

「キャッシュフローのタイミングの変動」を特に考慮しないで行えると考えられる。つまり、チェインラダー法などを用いて経過期間毎の支払割合を計算し、保険金の支払総額に各期間の支払割合を乗じてキャッシュフローを作成する

将来保険金の キャッシュフロー展開

工学的アプローチ
DFAなどを用いてタイミング変動を加味したキャッシュフローを生成
理論分布アプローチ
決定論的に用いた支払割合を用いてキャッシュフロー展開を行う

リスク統合とリスクメジャー

【現行のリスク計量化】

損害保険の一般保険リスク

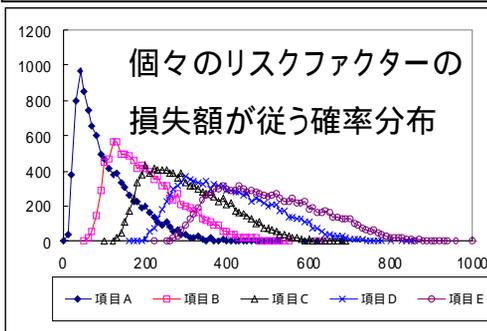
損害保険の一般保険リスクのリスク相当額の計算においては、保険料基準と保険金基準がある。両者のうち、大きいほうをリスク相当額とすることとなっている。

損害保険の巨大災害リスク

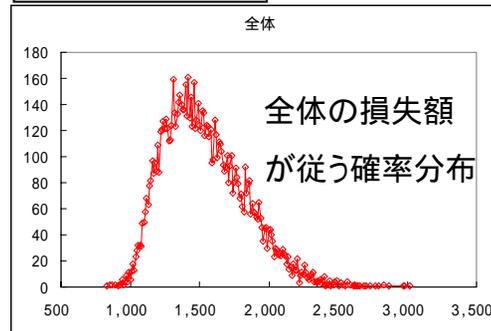
風水災害(現在の想定は伊勢湾台風に相当する規模の台風が発生した場合)及び地震災害(現在の想定は関東大震災が再来した場合)のリスク相当額をそれぞれ計算し、最終的にどちらか大きい方を巨大災害のリスク量としている。

【経済価値ベースによるリスク計量化イメージ】

個々のリスクファクター



リスク統合



リスクメジャー

リスクメジャーによりリスクを計量化

リスク統合の簡易手法

(1) 単純和によるリスク統合 $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$

(2) 独立和によるリスク統合 $R = \sqrt{R_1^2 + R_2^2}$

三平方の定理を応用し、各リスクの二乗和の平方根が全体のリスクと考えている。

単純和と独立和の組み合わせによるリスク統合

例1: 現行のソルベンシー・マージン基準におけるリスク量

$$R = \sqrt{R_1^2 + (R_2 + R_3)^2} + R_4 + R_5$$

R1: 一般保険リスク、R2: 予定利率リスク、R3: 資産運用リスク、
R4: 経営管理リスク、R5: 巨大災害リスク

例2: 単純和によるリスク統合と独立和によるリスク統合を重み付けする方法

$$R = \sqrt{(1 - \rho)(R_1^2 + \dots + R_n^2)} + \rho(R_1 + \dots + R_n)$$

➡ リスク統合の際にはリスク間の相関関係(係数 等)を考慮

多次元確率分布を用いたリスク統合手法

複数のリスク項目の損失額を並べ、同時に観測した場合の確率変動をリスク間の相関を考慮してモデル化



多次元
確率分布

代表的な多次元確率分布としては「多次元正規分布」「多次元t分布」があるが、両者ともに左右対称の確率分布のため、損害保険会社のリスク統合には使用できない場合もある。

【例】賠償責任保険や自然災害のように低い頻度で巨額な損害となるようなケースが想定されるリスク項目については、裾が厚い(ファットテールな)確率分布が実績にフィットしている。

個々のリスクファクターと損失額分布と
個々のリスク間の相関関係から
多次元確率分布を作成できれば良い



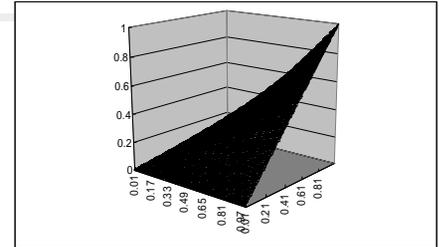
コピュラ

コピュラを用いたリスク統合手法

コピュラCとは次を満たす多次元分布 (n次元) の分布関数である。

ア. 定義域は $(0, 1)^n$

イ. 各成分の周辺分布は $(0, 1)$ 上の一様分布



多次元確率分布関数 = 個々のリスクファクターの分布関数をコピュラに代入

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = C(F_1(x_1), F_2(x_2), \dots, F_n(x_n))$$

コピュラを用いたリスク統合の手順

各リスクファクターの損失額分布を過去の統計データ等から作成する。

各リスクファクター間の相関関係を反映したコピュラCを用意する。

上記の式から、損失額の多次元分布を作成する。

全体の損失額の確率分布からリスク量を計算する。

相関関係を
反映したコピュラの
選択が重要

コピュラには様々なものがあるが
リスク統合への適用可能性があるのは
「正規コピュラ」と「tコピュラ」

裾での相互依存性
(tail dependence)
を考慮する場合は
tコピュラが有用

保険引受リスク統合の具体例

5 種目の保険金

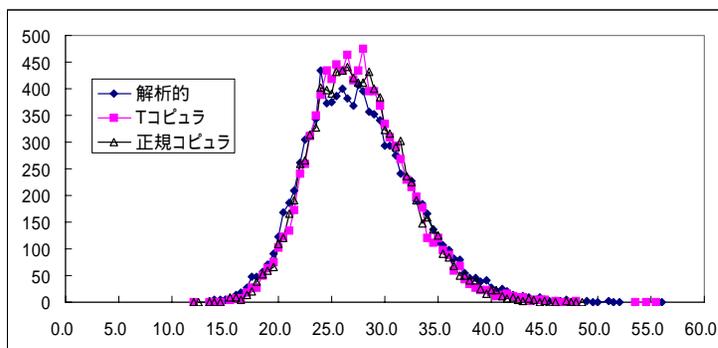
年間の事故件数 = 負の2項分布

1事故損害額 = 対数正規分布

	平均	標準偏差
種目1	2,922,217	776,032
種目2	999,335	155,308
種目3	19,962,854	4,671,610
種目4	3,712,415	1,045,998
種目5	174,514	113,671



リスク統合



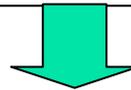
リスク量 (Tail-VaR) は「解析的」の場合が最も大きな結果となった。これは、1事故あたりの損害額を限度額により頭切りしているにもかかわらず、会社全体の保険金の確率分布を通常対数正規分布に当てはめていることに起因している。tコピュラと正規コピュラにおいては、tコピュラの結果が大きくなっている。

単位：千円

	解析的	正規コピュラ	tコピュラ
平均	27,771	27,872	27,872
標準偏差	5,037	4,582	4,589
Tail-VaR(99%)	44,208	42,049	43,081

リスク統合に用いる手法の使い分け

リスク間の相関関係のおき方によってリスク量は大きく異なるが、相関について利用できる情報はそれほど多くはない。
(特に裾における相関についてはほとんど情報がない。)



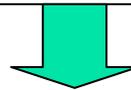
利用できる情報の量に応じた使い分け

相関の生じるメカニズムについて何らかの知識を有している場合



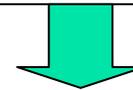
共通混合モデル・成分モデル等の相関構造モデル

ある程度統計的な情報を有している場合



コンピュータの利用

ほとんど情報を有していない場合



独立・単純和・多次元分布

リスクメジャー

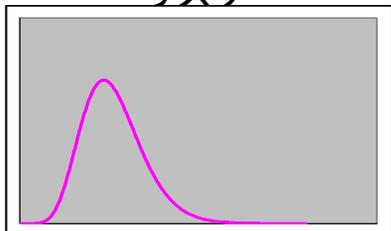
リスク

= 将来のある特定の時点における純損失を表す確率変数

リスクメジャー

= リスクと数値との対応関係

リスク



リスクメジャー

ある数値
= リスク量

リスクメジャーを決定する要素

計測期間

「将来のある特定の時点」までの期間

純損失の評価方法

会社の純損失をどのように捉えるか

リスクと数値との対応関係

リスクに対して数値を対応させるルール

期待値による割増

$$\rho(X) = (1 + \eta)E[X]$$

標準偏差による割増

$$\rho(X) = E[X] + \eta\sqrt{V[X]}$$

VaR

あるパーセンタイル値

$$\rho(X) = F^{-1}(\eta)$$

Tail-VaR VaRを超える部分の平均

$$\rho(X) = E[X | X > F^{-1}(\eta)]$$

リスク調整後期待値

リスク調整後確率のもとでの期待値

$$\rho(X) = E_Q[X]$$

例 Esscher変換

$$f_Q(x) = f(x) \times e^{\eta x} / E[e^{\eta x}]$$

Wang変換

$$F_Q(x) = \Phi(\Phi^{-1}(F(x)) - \eta)$$

$\rho(X)$: 市場価格 \rightarrow Q: リスク中立確率

EUソルベンシー における保険引受リスク評価

EUソルベンシー におけるリスク量は、前提条件

コンバインドレシオは対数正規分布に従う

コンバインドレシオの平均は「100%」

のもとで、リスク量 = 「99.5% VaRと期待値との差」としたものの

コンバインドレシオの変動状況に連動してリスク量を評価する必要がある。

EUソルベンシー のリスク係数

$$\rho(\sigma) = \frac{\exp\left(N_{0.995} \cdot \sqrt{\log(\sigma^2 + 1)}\right)}{\sqrt{\sigma^2 + 1}} - 1$$

改良案

$$\rho = \frac{M \exp\left(N_{0.995} \sqrt{\log\left(\frac{S^2}{M^2} + 1\right)}\right)}{\sqrt{\frac{S^2}{M^2} + 1}} - M$$

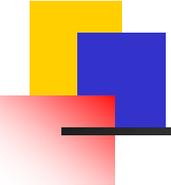
Mはコンバインドレシオの平均値
Sはコンバインドレシオの標準偏差

保険引受リスク評価の具体例

種目A, B, Cの過去5年間のコンバインドレシオの推移は次表のようになっているとする。平均値は、種目A = 100%、種目B = 80%、種目C = 60%であるが、標準偏差はどれも6.04%で同じになっている。なお、平均値に対する標準偏差の割合は一般に「変動係数」と呼ばれるが、種目A < B < Cの順番で、変動係数は大きくなっている。つまり、種目Cは一番変動状況が大きい種目である。

年度	2002	2003	2004	2005	2006	平均	標準偏差	変動係数 = ÷	リスク量 (EU)	リスク量 (改良)
種目A	108%	93%	104%	96%	99%	100.00%	6.04%	0.060	16.6%	16.6%
種目B	88%	73%	84%	76%	79%	80.00%	6.04%	0.076	16.6%	16.9%
種目C	68%	53%	64%	56%	59%	60.00%	6.04%	0.101	16.6%	17.3%

保険引受リスクをEUソルベンシーに基づいて計算すると、3種目ともに16.6%となった。これは99.5%相当のリスク量が、「保険料規模 × 16.6%」として評価されることを意味している。一方、改良版は、コンバインドレシオの平均値を100%でなく実績値としたものであり、計算結果は、種目A = 16.6%、種目B = 16.9%、種目C = 17.3%となり、コンバインドレシオの変動状況に連動してリスク量も種目A < B < Cの順番で大きく評価できている。なお、EUソルベンシーにおける計算では、コンバインドレシオの標準偏差が必要となるが、標準偏差が計算できるということは同時に平均値も計算できるということである。このため、改良型への変更の際には、追加でデータ収集を行う必要がない上、計算式もわずかな変更で済み、実務上の問題も発生しないといえる。



日本における導入の際の留意点

現行の制度で収集・構築したデータ・インフラを有効活用

- ・統計的IBNR、自然災害責任準備金
- ・将来収支分析、第三分野責準

負債評価(会計)とリスク評価(ソルベンシー)との整合性

- ・経済価値ベースのソルベンシー基準が前提となる。
- ・支払備金リスク、事業費リスクの定量化が必要。

「内部モデル」VS「標準モデル」

透明性、比較可能性の観点からは、当面、
標準モデルの高度化という方向性を探るべき？

実務作業に配慮したルール作り・運営態勢の構築

毎期、巨大な”装置“で算出するのは非現実的