

台風リスクの証券化に関する一考察

大同火災海上保険株式会社

友寄 一郎

2006/11/8

概要

地震や津波、洪水など大規模な自然災害の世界的な発生に伴い、再保険市場における再保険料はタイト化しており、リスクの証券化による代替的リスク移転は一つの重要な選択肢として注目に値する。特に台風損害において安定的なリスクカバーが必要な沖縄県においては再保険市場の不安定化による再保険料の高騰は元受リスクの保有キャパシティに影響する重要な問題であり、安定的なリスク移転先の確保は喫緊の課題といえる。本稿では、特に沖縄県における台風リスクの証券化について、そのスキームの構築やプライシングにおいての具体的方法について考察を行い、証券化を行うにあたっての課題となる点について検討を行うこととする。特に実例の少ない台風パラメータを用いたトリガー設定の可能性について論じるものとした。

1 はじめに

近年、国内における自然災害発生リスクが高まる傾向にあると同時に世界的にも大規模自然災害の発生リスクが高まっており、このことが再保険市場における再保険料高騰および再保険料率不安定化の原因となっていることは周知のとおりである。自然災害の増加は特に火災保険分野での元受損害率の悪化にもつながり、再保険スキームの見直しを行うことにより、高額な再保険料を負担するか元受保険金額を制限して保有額を減少させるかの選択を迫られている。このような事象を背景として近年再保険に代替するリスク移転手段としてリスクの証券化が新たな選択肢として注目されているところである。

台風リスクもその一つであり、特に沖縄県など元受の契約において台風襲来のリスクが大きい地域に偏在している保険会社にとっては、台風の来襲頻度により、元受損害率が不安定化しており、また、再保険コスト高騰化にいかに対処するかは元受会社のキャパシティを確保する上で極めて重要な課題となっている。

元受契約がこのような台風リスクの高い地域に集中している場合、地域的なリスク分散が効かず損害率は安定しないものの、一方では台風損害のカバーに対するニーズは高く、損害保険事業の社会的使命として安易な制限は難しい状態となっている。

リスクの証券化はリスクの移転先を再保険市場における受再者に替えて資本市場に求めようという考え方で、資本市場のキャパシティの大きさに着目して発展してきた考え方である。しかしながらこの手法は未だ再保険を代替する決定的な手法になるには至っておらず、試験的に導入されている向きが強いと言える。さらにこのようなリスクの証券化に関する取り組みは地震リスクに関して何件かの事例が見られるものの、台風リスクに関して

は、これまで実現化された実例が少なく、金融市場でどの程度受け入れられるか、プライスをどの程度に設定すべきかあるいは、証券化にあたりどの程度のコストが必要になるかなどの不確定な部分が多いことから、実際の導入に当たっては慎重な検討が必要になるであろう。比較的実績の多い地震リスクと台風リスクの違いについて考えてみると台風リスクについては次の特徴が挙げられ、証券化のスキーム構築やトリガー設定、プライシングに関し工夫が必要であることが分かる。

1. 発生の時間的特徴

地震リスクの特徴は時間的に一時点（瞬間的）に発生するのに対し、台風は時間的に継続して損害をもたらす。即ち同じ規模の台風でも滞留する期間が長ければ長いほど損害額は大きくなり、逆に規模の大きな台風でも滞留期間が短ければ損害額が大きにならない場合もある。

2. 発生の空間的特徴

地震リスクは震源を特定でき、ある地点に定点的に発生することにより、その震源からの距離に応じて損害が広がっていく。これに対し、台風リスクは空間的に移動していくため、広範囲に損害を与える。また、特定された地点に対しての台風を中心からの距離によって損害額も異なり、台風の規模に対しての損害額の予測を困難なものにしている。

3. 潜在リスクの評価

地震リスクの場合、政府の地震調査研究推進本部によって地域的な潜在リスクの大きさ、すなわち予測される発生頻度がある程度評価されているが、台風の場合はその経路はまちまちで地域的な潜在リスクを評価することが難しい面があり、リスクの分析は容易ではない。

以上の特徴を鑑みると、地震のパラメタは震源の位置、規模（マグニチュード）、震源からの距離など数項目で表現できるが、台風の場合のパラメタは、台風の経路、強さ（風速・気圧）、移動する速度、降水量など多種に及び、更にこれを時系列的に分析することから、証券化にあたってのトリガー設定やプライシングを一層複雑なものにし、証券化実務を困難なものにしているといえる。

以下本稿では、元受リスクが地域的に偏在しているケース¹を念頭に台風リスクの証券化のスキーム構築について考察し、伝統的再保険スキームによる場合との比較検討を行うことを目的とする。第2章では、証券化を行うスキームについて簡単に説明し、第3章では証券化によりヘッジされるべき元受リスクを評価する方法を考察するとともに、台風リスク指標に対しどの程度のカバーが必要になるかを計測する方法について考察する。続く第4章では証券化するにあたり、実務上証券化に必要なトリガー等各種数値を算出する方法について検討し、最後に第5章では、伝統的再保険との費用面での比較並びに適用される税制面での留意点について検討を行う。

¹具体的には、我が国でも台風リスクが最も高い地域である沖縄県に元受リスクが集中している保険会社を想定している。

2 証券化スキームの仮定

証券化のスキームとして、元本が台風の発生（襲来）規模に応じて減額され減額分が台風リスクに対する填補にあてられる「元本リスク型債券」と台風の発生に応じて元受会社が発行する社債を引き受ける契約を特別目的会社（SPV）と締結する「信用リスクスイッチ型債券」に分けられる。このうち、信用リスクスイッチ型債券は災害発生時に急場の資金繰りを手当するという側面が強く、再保険の代替的機能は比較的薄いことから本稿では元本リスク型債券を考察の対象とすることとする。

元本リスク型債券とは、台風災害の発生規模に応じて元本が減額されるタイプの債券で、減額方法については、後述するトリガーの設定により異なってくるが、通常は減額される額の確率的期待値にある程度の付加プレミアムを上乗せする形で満期時に高めの利息を付して償還される形となっている。実際のスキームとしては、保険会社と投資家の間に特別目的会社（SPV）を介在させ、SPVが投資家に対し債券を発行し、投資家より払い込まれた資金を信託勘定にて運用する。満期時には信託勘定より金利（リスクフリーレート）が上乗せされた元本がSPVに償還され、投資家にはさらにプレミアム分が上乗せされてSPVより償還される。期間中に台風損害による損害が発生しトリガーが発動された場合は信託勘定より元本の一部が支払われ、保険会社にトリガーに応じて資金が充当される。他方投資家には元本が減額された残額が支払われる。

証券化にあたり、保険会社側が負担するコストはSPVの設立に関するコスト、証券の販売に関するコスト、投資家にリスク負担させるために支払うプレミアムなどである。他方投資家はリスクフリーレートの金利の上にプレミアム部分を加えた分を表面利率として受け取ることが出来る。

3 元受保有リスクの評価

証券化を行う手順としては、大まかには以下のようになる。

1. リスク要因の分析

台風に関し、元受正味保険金に影響を及ぼすと思われる要因を整理し、証券のトリガーとしてどのような指標を用いるか検討する。例えば、台風の年間上陸数、上陸した台風の最大瞬間風速、気圧の低下量など、どの指標が損害額との相関があるかを見積もっておくとともに、具体的に台風パラメタが利用できないと思われる場合は実損トリガーのスキームを検討する。

2. リスク感応度の分析

気象要素の変化に対する元受正味保険金額の変化を把握する。例えば上陸した台風の最大瞬間風速と支払保険金額を時系列データとして用意しその相関を分析することにより最大風速の1kt増加に対しどの程度損害額が悪化するかを把握する。

3. 支払条件の決定

証券化により資金が填補されるスキームを設定する。具体的には、トリガーの種類、エクセスやリミット、TV²の水準を決定する。また、証券化により填補される金額と実際の損害額に乖離が発生する場合があるのでその乖離の度合い（ベシスリスク）を把握しておく必要がある。

4. リスクヘッジの導入

リスクの証券化に必要なコストを総括し、費用対効果を検証した上で方針を決定する。

このほか、格付の取得や目論見書の作成、債券の販売などの実務的作業が伴う。

まず重要な作業として証券化によってカバーされるべき金額を見積もっておかなければならない。具体的には発生する台風のパラメタと元受損害額との間の相関関係を分析する必要があるが、これには次の方法が考えられ、それぞれの概要について紹介しておくこととする。本稿では、簡便な方法として主に時系列データを用いた分析を行う。

3.1 時系列による元受損害率による方法

通常の会計情報として得られる火災保険の元受正味保険料、元受正味保険金の時系列データを用いる方法である。このデータに併せて各保険年度における台風の襲来個数、最大瞬間風速、最低気圧等のデータと重ね合わせることで、台風のパラメタとの相関関係を分析する。この手法はモデルの構造が比較的単純であり、工学的なリスクモデルの構築が困難な場合に特に有効である。また、データについても比較的入手がし易いことから、簡便な方法として有用である。しかしながら、時系列データの取り方に工夫が必要であり、データの補正などを適切に行わなければ、精緻な分析はできないという問題を有する。時系列で集計されたデータを用いる場合、数年では大数の法則が働かないために十分なデータ数を確保しようとすると、少なくとも数十年のデータを利用しなければならない。しかし実際は、この間において元受契約の建物構造に変化が生じていることが多くこれを現在ベースのデータとして利用したい場合には適切な補正が必要といえる。また、物価水準の違いに係る補正や保険料率を改定したことによる補正などが必要になる場合もあり、取扱いは注意が必要である。

更には、データとして把握されている支払保険金額については内訳として台風損害に係る部分がどの程度なのか把握されていない場合もあり、この場合台風パラメタと支払保険金額との相関が得られず、精緻な分析が出来ない場合もあることに留意しておかねばならない。

3.2 モンテカルロ・シミュレーションによる方法

この方法は、工学的リスクモデルを用いてモンテカルロ・シミュレーションを行い、仮想の台風を多数発生させることにより元受正味保険金額と台風パラメタの関係を分析する方法である。通常工学的リスクモデルの基礎となるモデルは過去に発生した台風データから台風パラメタの確率的分布を想定し、乱数を発生させることで仮想の台風を発生させた上でリスクカーブを特定するものである。この方法は台風パラメタと台風損害額との関係

²Tick Value と称する。先物の値段の動きで最小変動単位による収益の変化をいう。

把握する上で有用な方法であり、相関関係についてより精緻な分析が可能となる。また、単に損害額の時系列データを用いる場合と異なり、仮想台風の発生数を増やすことで十分なデータを確保することができ、特に、発生頻度の小さい巨大災害についても分析することが出来ることから、より堅牢性の高いスキームを構築することが可能となる。

しかしながら、モデルの構築には時間と高度なノウハウを要することから費用が高みがちとなるとともに、モデルの設定を誤ると現実と乖離する結果が生じるリスク（モデルリスク）があることにも留意しておかねばならない。実際には、元受会社単独でこのようなモデルを構築することは困難な場合が多いと考えられることから、例えば損害保険料率算出機構で算出される風災リスクカーブ³などを活用する方法がある。

4 トリガーの設定とベースリスクの評価

リスクとして台風災害を想定する場合、トリガーとして採用し得るものとして、大きく分類すると、実損によるトリガー、パラメタによるトリガー、インデックスによるトリガーに分類されるが、本稿では主にパラメタによるトリガーとインデックスによるトリガーについて考察する。

4.1 実損トリガー

実損トリガーは最も単純なトリガー設定方法であり、伝統的再保険取引に近い形でのカバーを提供することができる。すなわち、元受ベースでの損害額が1イベント（台風）で一定の損害額を超えた場合に元本を取り崩すというトリガーを設定した場合E L C再保険に近いカバーの内容を得ることが可能となる。

トリガーの設定については、E L C再保険と同様にエクセス、リミットが設定され、元受損害額がエクセス額を超過した場合にその超過分が元本から取り崩される。取り崩し額については元本の総額を超過することは出来ないのでリミットを設定しておく必要がある。

4.1.1 実損トリガーにおけるプライシングの例

実損トリガーにおけるプライシングについてはリスクカーブを用いて次のとおり求められる。

N ：年間の台風襲来数（ポアソン分布など）

X_i ：予想発生損害額（1イベントベース）

S ：予想発生損害額（年間ベース）

$$S = X_1 + X_2 + \dots + X_N$$

³算出機構が提供するリスクカーブはイベントカーブなので年間の台風発生個数を加味したリスクカーブに補正することも検討する必要がある。発生個数については、平均発生個数を用いたポアソン分布を想定し、モンテカルロシミュレーションにより個数分布とイベントベースのリスクカーブを合成して、年間ベースに換算するという方法が考えられる。

S の分布よりリスクカーブ $1 - F_S(t)$ を求める。

ただし、スキームとして発生損害額の判定を年間ベースでなく、イベントベース（1台風ベース）とする場合はリスクカーブとしてイベントベースの風災リスクカーブをそのまま用いることができる。

具体的な例として風災リスクカーブを用いて実損トリガーの証券化を行った場合におけるプレミアムを計算すると次のようになる。

スキームとしては、発生損害額が10億円を超えた場合に超過額10億円を上限に取り崩すものとする。

$$P = \int_{1000}^{2000} g(t)dt + 1000g(1000) = 249.8$$

ただし、 $g(\cdot)$ は発生損害額の確率密度関数とし、上記計算結果は損害保険料率算出機構により提供されたリスクカーブに基づき算出した。単位は100万円とする。

付加プレミアムとして25%を付加するものとすると、

$$P' = 1.25P = 312.2$$

証券の額面総額を100億円、証券化のための発行コストを1億円とすると保険会社がリスクヘッジのために負担するコストは、

$$100 + 312.2 = 412.2$$

すなわち、約4億1千万円となり、この金額が同スキームで交渉する再保険料を下回ればより有利なリスクヘッジ手段を確保することができる。

証券の償還期間を1年、リスクフリー金利を0.5%とすると、この証券の利回りは

$$(50 + 312.2)/10000 = 0.036$$

すなわち、3.6%となる。

4.1.2 実損トリガーの特徴

実損トリガーの場合は発生した元受損害額に対し、設定されたリミットの範囲内であれば再保険と同様に損害額のうち填補が必要な額と実際に填補される額に乖離が生ずることがない。すなわちベースリスクが無いといえる。したがって実損トリガーは再保険の代替的機能が強く、プライシングについても風災リスクカーブを用いることにより容易に評価を行うことができ、風災リスクに限定したリスクヘッジが可能となることも長所と言えるであろう。また、レイヤー（層）の設定についてもELC再保険と同様なスキーム設計を行うことができることから証券販売先のリスク引受キャパシティや証券価格決定の際に柔軟な対応をとることが可能となる。

他方、このトリガー設定方式は再保険に近い内容であるだけに一般投資家にとっては支払基準が不透明な部分が多くなる。通常、再保険取引においては、「最高の信義誠実」(Utmost Good Faith) という原則があり、再保険契約における再保険金が支払われる元となる元受

での支払内容について細部が明かされることがなくとも、ある種の信用に基づいて取引が行われるが、一般の投資家との間にはこの種の信用関係を期待することは出来ないため、事前に支払基準について十分な説明をしておくことが必要となる。このため、証券の販売にコストを要することとなり、また、十分な説明が行えるとした場合においても、引受先を確保出来ない場合も予想され、この場合は付加プレミアム部分を更に上乗せする必要がある、やはり高コスト化の一因となる。また、機能的には再保険取引に似ているものの、証券化によりリスク移転する場合においてはSPVとの取引の形態によっては会計上や税法上は再保険とは異なり、課税対象となることも考えられるため、その分のコスト増も考慮する必要がある。

4.2 パラメトリックトリガー

パラメトリックトリガーは気象指標をパラメタとしてトリガーに利用するものである。台風リスクを例に取ると年間に上陸する台風の個数や上陸した台風の最大瞬間風速、中心気圧低下、台風の都市部への滞在時間、降水量などがあり、これらの数値を元本毀損により支払を発生させる基準に用いるものである。

最も単純なものも年間に上陸する台風の個数をパラメタに用いるものであるが、単に上陸した個数というだけでは、数値が明確にならず、実際はエリア方式やゲート方式が採用される。このためには台風の経路を表すトラッキングデータが必要になるが、発表する機関によりデータが異なる場合があるので客観的かつ継続的に利用できるデータの提供先を確保しておく必要がある。

1. エリア方式

エリア方式はある地点を中心とする円や数カ所の地点を囲む領域に台風の状態（熱帯低気圧を除く）で進入した個数をカウントするものである。ただし、台風の経路がエリアの領域の周に接した場合の取り扱いや台風の状態でエリアに進入した後エリアの内部で熱帯低気圧になったり消滅したりした場合の取扱ルールについて詳細を取り決めておく必要がある。

2. ゲート方式

ゲート方式はある2地点（またはそれ以上）を結ぶ線分もしくは海岸線を台風の状態（熱帯低気圧を除く）で通過した回数をカウントするものである。ただし、台風の経路がゲートの端に接した場合の取り扱いやゲートを通過した後に熱帯低気圧になったり消滅した場合の取扱ルールについて明確化しておく必要がある。

4.2.1 パラメトリックトリガーにおけるプライシングの手順

パラメトリックトリガーを用いる場合のプライシングについては次の手順による。

1. データの取り込み

台風に関する十分な気象データを入手する。具体的には台風の経路（緯度経度、時刻）や風速、気圧に関する時系列データなどで、信頼するに足る機関からの入手が

必要である。公的機関より無料で入手できるものもあるが、必要に応じて有料データを購入する方法もあるほか、米軍等の海外データの利用も検討する。

2. データの補正

入手したデータにおいて、一部データが欠損していたり、異常値が混入していたりする場合があるので、必要な補正を行う。状況により補間データを使用する場合もある。

3. トレンドの補正

長期間のデータを使用する場合において明確なトレンドが見られる場合は補正を行い、将来の予想値を算出することも考える。

4. 統計処理

統計的方法を用いて純プレミアム部分を算出する。分布のあてはまりが良くない場合はモンテカルロ法を用いる。

5. 付加プレミアム部分を算出し、純プレミアムに上乗せしてプレミアムを算出する。

純プレミアム部分を統計的に算出する方法としては次の方法が採られる。

(a) 確率分布適合法

台風パラメタの分布を適当な分布で近似し、スキームに沿った支払が発生する期待値、標準偏差を確率分布より求める。

(b) パーンコスト法

設定したスキームに対して経験的データに適用し発生する元本の削減額の分布から平均および標準偏差を求め、純プレミアム、付加プレミアムを求める。

いずれかの方法を採用することにより、当然算出されるプライスは異なってくる場合があるが、その際はある程度経験的に判断する必要があるが、複数の方法により算出し、検証することが重要である。

4.2.2 パラメトリックトリガーにおけるプライシングの例

ここでは、最も単純なスキームとして台風の個数のみをパラメタとして用いるパラメトリックトリガーのプライシングについて考えることとする。この場合、あるエリア（またはゲート）を通過する台風の個数が一定の個数を超えた場合に1個あたり一定の金額を上限を定めて削減するものである。設定するものとして、エクセス（元本削減が発動となる基準値）、リミット（元本削減の限度）、TV（超過1個あたりに削減となる金額）があるが、パラメトリックトリガーを用いたスキームを設定するには、まずカバーすべき金額について把握したうえで、エクセス、リミット、TVを考慮しておかなければならない

ここでは那覇市（北緯26.212度、東経127.681度）を中心とする半径100kmの円及び宮古島と石垣島の中間地点（北緯24.573度、東経124.719度）

を中心とする半径100 kmの円を通過する台風の個数⁴と火災保険の元受支払保険金額の仮想データとの比較を行い相関関係を調べる。火災保険の元受支払保険金は台風によらない部分と台風の襲来による部分に分けて考えることとし、このうち台風によらない通常の火災等による損害は大数の法則によりほぼ安定した支払額となることが予想される。台風による損害は台風が襲来した個数に比例的に発生すると仮定した場合、

$$Y = a + bX + \epsilon$$

(Y:元受支払保険金額, X:エリアを通過した台風の個数)と考えることができ、回帰直線を求めると(単位:百万円),

$$Y = 245.495 + 164.688X$$

$$r^2 = 0.36351$$

となる。ここで、決定係数 r^2 が低い結果となっているが、これは火災保険の元受支払保険金額において、台風以外の支払(通常の火災など)も含まれていること、さらに台風の影響を台風の襲来個数という単純なパラメタ1つで説明していることによるものであり、ベースリスクの高さを補完するには説明変数を工夫したモデルが必要といえる。トリガーの設定において、損害額10億円超を10億円を限度に填補したい場合には、台風の個数5個目においてYは1,000を超え、11個目においてYは2,000を超えることから、台風の個数が4個を超えた場合に10個を限度に1個あたり1.65億円を支払う形にすればよいことになる。したがってパラメタのエクセスを4,リミットを10,TVをXの係数から、1.65億円とする。この上で元本棄損額の平均及び標準偏差を求め、プレミアムとして「元本棄損額の平均+元本棄損額の標準偏差×定数」として求めるものとする。元本棄損額の平均及び標準偏差を求めるにあたり、エリアを通過する台風の個数をポアソン分布で近似すると、 $\lambda = 2.16129$ となる。このポアソン分布に従う確率関数を $f(x) = \frac{2.16129^x}{x!} e^{-2.16129}$ とおくと、元本棄損額の期待値は、

$$\sum_{x=5}^9 ((x-4) \times 165) f(x) + 6 \times 165 f(x) = 16.595$$

すなわち、16.595百万円となる。また、標準偏差も求めると、

$$\left(\sum_{x=5}^9 ((x-4) \times 165)^2 f(x) + (6 \times 165)^2 f(6) \right) - 16.595^2 = 69.760$$

すなわち、69.760百万円となることから付加プレミアムとして 0.2σ を上乗せすると、プレミアムPは、

$$P = 16.595 + 0.2 \times 69.760 = 30.546$$

となる。リスクの証券化に必要なコストを1億円とすると保険会社が負担するコストは

$$100 + 30.546 = 130.546$$

⁴台風のヒストリカルデータについては、国立情報学研究所「デジタル台風」より入手したものをを用いた。
(<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>)

すなわち、約1億3,055万円となる。

また、発行する証券の額面総額を100億円、リスクフリーの金利を0.5%とすると、この証券の利回りは

$$(50 + 30.5)/10000 = 0.008$$

すなわち、0.8%となる。

バーンコスト法を用いてプレミアムを求めると、次のようになる。時系列のデータ（過去32年分の台風データ）から、エリアを6回通過した年が1回、5回通過した年が3回あることが得られ、それ以外の年は4回未満であった。これに所定の支払いスキームを適用すると、支払の総額は825百万円で、1年あたりの支払の平均値（期待値）は、26.612百万円、標準偏差は74.971百万円付加プレミアムとして、 0.2σ を付加するとプレミアムは、 $P = 41.607$ 、利回りは0.9%となり、確率分布適合法で求めた数値と若干異なる結果になる。

4.2.3 パラメトリックトリガーの特徴

今回算出した台風の個数のみを用いる方式では、台風の個数と元受正味保険金額の関係のみを取り上げている単純なモデルを用いているため、実際の損害額と証券からの元本取り崩しにより填補される額に乖離が生ずる場合が多い。すなわちベースリスクが高いと言える。さらにはこの乖離により結果的に損害額より填補額が上回ってしまう場合もあり、保険会社にとってこの場合利益が生ずることとなる。利益が発生するということは結果的には悪い状態ではないのかもしれないが、オーバーヘッジングの状態であり、リスクヘッジのかけ方に無駄があるということが出来る。この原因は台風の強さや都市部への近接距離、あるいは都市部の台風に対する脆弱性の度合いなど台風に関する他の詳細なパラメタが反映されていないことにありこれらを複合的に反映させたインデックストリガーの構築が必要となってくる。他方、パラメトリックトリガーは気象指標という客観的で明確な基準に基づき元本の取り崩し額が決定されることから、一般投資家には受け入れられやすいスキームといえる。このために実損トリガー方式に比べると引受先を確保し易く、付加プレミアムを実損トリガーの場合に比べ低めに設定しても販売できる可能性があることから、コスト面では実損トリガーに比べ優位な面もあると言える。

4.3 インデックストリガー

台風のパラメタのみで支払条件が決定されるパラメトリックトリガーではベースリスクが大きく、実際の損害額と填補額に乖離が発生する可能性が高いことが分かるが、インデックストリガーはこの問題を多少とも改善するものである。これは、台風の複数のパラメタ等を用いてインデックスを組成し、組成されたインデックスをもとにトリガーを設定するものである。すなわち、インデックスは各種パラメタの関数として、

$$I = I(N, S, H, T)$$

N ：エリアを通過した台風の個数

S ：通過した台風の最大瞬間風速

H ：中心気圧量低下
 T ：台風のエリアへの滞在時間

と表され、この I に対してエクセス、リミット等が設定される。このほかに業界全体で公表される損害額や、都市の台風に対する脆弱性、都市における元受保険金額の分布などが利用される。インデックスの決定に際しては、当然、ベシスリスクがなるべく小さくなるように組成されることになる。

気象データの取り込みからプライスまでの大まかな作業の手順はほぼパラメトリックトリガーと同じである。

4.3.1 インデックストリガーにおけるプライシングの例（1）

パラメトリックトリガーの例では単純にエリアを通過した台風の個数でトリガーを設定していたが、実際には台風が都市部に近接すればするほど損害は大きくなると考えられる。単純な個数のみのトリガーでは、台風の近接距離による損害の大小が反映されない形となるので台風の近接距離に応じて台風の個数を区別したトリガーを設定することを考える。

那覇市を中心とする半径100kmの円領域を、半径50kmの小円（Inner Circle）とそれを囲む半径100kmの円と半径50kmの円に挟まれる環状領域（Outer Ring）に分割する。ただし宮古石垣の midpoint を中心とする円については半径100kmのままで Outer Ring でカウントすることとし、Inner Circle を通過した台風は Outer Ring も通過することとなるが、この場合 Outer Ring 通過数にはカウントしないこととし、Outer Ring 通過数は Outer Ring のみ通過したものを対象とする。

変数を次のとおり定義しておく。（単位：百万円）

Y ：元受支払保険金額

X_1 ：Inner Circle を通過した台風の個数

X_2 ：Outer Circle を通過した台風の個数

元受支払保険金額は、台風の襲来によらない通常の火災等の部分は大数の法則により安定的な水準になることが予想され、エリアを通過した台風による損害としては Inner Circle を通過したものがより大きな損害をもたらすと考えられる。したがって次の関係を仮定する。

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \epsilon$$

時系列のデータから回帰分析を行うと、次の式を得る。

$$Y = 268.601 + 269.148X_1 + 114.025X_2$$

$$r^2 = 0.42849$$

この式により、エリアを通過した台風のパターン毎に元受支払保険金額の予測値を求め、これを10億円超10億円限度とする。さらにこの金額を証券の発行総額面金額100億円で除すると、次の元本毀損マトリックスを得る。

| | | Inner Circle 通過数 | | | | |
|----------------|---|------------------|-----|-----|-----|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Outer Ring 通過数 | 1 | 0.0 | 0.0 | 1.9 | 4.6 | 7.3 |
| | 2 | 0.0 | 0.3 | 3.0 | 5.7 | 8.4 |
| | 3 | 0.0 | 1.5 | 4.2 | 6.9 | 9.6 |
| | 4 | 0.0 | 2.6 | 5.3 | 8.0 | 10.0 |
| | 5 | 1.1 | 3.8 | 6.5 | 9.2 | 10.0 |

プレミアムの算出に当たっては、確率分布適合法を用いる場合、それぞれのパターン毎の発生確率を算出しておく必要があるが、今回は簡便なバーンコスト法についてのみ算出した。

発生する取り崩し額の期待値は、20.548 百万円、標準偏差は、59.511 百万円であり、付加プレミアムとして 0.3σ を上乘せする⁵ものとする⁵とプレミアム総額は、

$$P = 38.401$$

証券の発行総額および証券化のコストを同様のものとする⁵と保険会社が負担するコストは

$$100 + 38.401 = 138.041$$

すなわち、約1億3840万円となる。

また、リスクフリーの金利を0.5%とすると、この証券の利回りは

$$(50 + 38.0)/10000 = 0.009$$

すなわち、0.9%となる。

4.3.2 インデックストリガーにおけるプライシングの例（2）

前節では、台風の近接距離に着目してインデックストリガーを組成したが、台風の強さ自体に着目してインデックスを組成することを考えてみる。台風には強さの分類があり、最大風速が85kt以上となる場合に「非常に強い」台風と分類される。台風を「非常に強い」以上の台風と「強い」以下の台風に分類し、それぞれの襲来個数により元本棄損マトリックスを求めることとする。

エリアとしては那覇市を中心とする円を半径100kmの円領域および宮古石垣中点を中心とする半径100kmの円領域をエリアとする。

変数を次のとおり定義しておく。（単位：百万円）Y：元受支払保険金額

X_1 ：エリアを通過した「強い」以上の台風の個数

X_2 ：エリアを通過した「非常に強い」以下の台風の個数

前節と同様に元受支払保険金額は、台風の襲来によらない通常の火災等の部分は大数の法則により安定的な水準になることが予想され、エリアを通過した台風による損害として

⁵インデックストリガーの場合、単純なパラメトリックトリガーと比べると一般投資家に取り崩し基準が理解され難い面があり、高めの付加率を適用している。

は「非常に強い」以上ものがより大きな損害をもたらすと考えられる。したがって次の関係を仮定する。

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \epsilon$$

時系列のデータから回帰分析を行うと、次の式を得る。

$$Y = 236.042 + 125.171X_1 + 234.087X_2$$

$$r^2 = 0.38324$$

この式により、エリアを通過した台風のパターン毎に元受支払保険金額の予測値を求め、これを10億円超10億円限度とする。さらにこの金額を証券の発行総額面金額100億円で除すると、次の元本毀損マトリックスを得る。

| | | 非常に強い台風通過数 | | | | |
|---------|---|------------|-----|-----|-----|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 強い台風通過数 | 1 | 0.0 | 0.0 | 0.6 | 3.0 | 5.3 |
| | 2 | 0.0 | 0.3 | 1.9 | 4.2 | 6.6 |
| | 3 | 0.0 | 0.8 | 3.1 | 5.5 | 7.8 |
| | 4 | 0.0 | 2.0 | 4.4 | 6.7 | 9.1 |
| | 5 | 1.0 | 3.3 | 5.6 | 8.0 | 10.0 |

プレミアムの算出に当たっては、前節と同様に簡便なバーンコスト法についてのみ算出した。

発生する取り崩し額の期待値は17.839、標準偏差は51.775、であり、付加プレミアムとして 0.3σ を上乗せするものとする。プレミアム総額は、

$$P = 33.371$$

額面総額および証券化コストを同様のものとして保険会社が負担するコストは、

$$100 + 33.371 = 133.371$$

すなわち、約1億3,370万円となる。

また、リスクフリーの金利を0.5%とすると、この証券の利回りは

$$(50 + 33.3)/10000 = 0.008$$

すなわち、0.8%となる。

4.3.3 インデックストリガーの特徴

インデックストリガーは各種パラメタからインデックスを組成することで単純なパラメトリックトリガーと比較するとベシスリスクを改善する余地があるといえる。ベシスリスクの評価において、今回は決定係数を、実績の損害額データと各方式において回帰式により算定された損害額の理論値で測定した r^2 で評価を行った。この方法において、イ

インデックストリガーのベースリスクはパラメトリックトリガーに比較して改善していることが見て取れるが、一般的にベースリスクを定量的に評価するにあたり実績値との比較で決定係数を用いることには課題が残るところである。台風のようなファットテールなリスクを評価するに当たっては、例えば高損害時のデータに限定して決定係数を求めること、あるいは、モンテカルロシミュレーションの活用などを検討する必要があると言えるであろう。

パラメトリックトリガーは実損トリガーに比べると取り崩しの基準が客観的で投資家に受け入れられやすいといえ、いわば実損トリガーとパラメトリックトリガーの中間に位置する仕組みと言える。パラメトリックトリガーに比べて多数のパラメータを説明変数として用いることができることから、モデルを高度化していくことによりベースリスクを低くすることはある程度は可能であり、スキームの設計にも自由度が広がると言えるものの、モデルを複雑化すればするほど一般投資家には取り崩し基準が不明確になることも考えられ、実際にスキームを構築する際は、インデックスの構造をある程度客観的に理解されやすいものになるよう注意する必要がある。

5 費用・税制面の比較

5.1 費用面での比較

証券化によりリスクを移転する場合においてまず、費用面で伝統的再保険との比較を行うと、伝統的再保険に置いては付加プレミアムやコストに相当する部分はある程度理論的に評価することは可能であるが、再保険市場の動向や受再者との交渉など、実際の再保険料は理論的な水準から乖離した形で決定される場合も多い。リスクを証券化する場合は再保険市場の動向や受再者との交渉に左右されずに、主体的にプレミアムを決定できるメリットがあるといえるが、他方証券化のためのコストは無視できない存在となる。リスクの証券化にあたって必要となるプレミアム部分を除くコストは証券の発行額、リスクの内容に関わらず発生する固定的なコストと発行額やリスクの種類、スキームの内容等に応じて変動する可変的成本に分けられる。固定的なコストとしてはSPVの設立に関するコスト、格付けの取得に関するコスト、目論見書の作成に関するコスト、弁護士費用、販売コストなどが考えられ、可変的成本としてはデータの取得管理に関するコスト、モデルの構築分析に関するコストおよび販売コストのうち発行金額に依存する部分などが考えられる。固定的コストは証券の発行額やスキームにあまり依存せずに発生するため、証券の発行額が大きい場合すなわちカバーする金額の大きい保険会社の場合はコスト面で有利になるが、沖縄県に限定したリスクの証券化となる場合などは発行金額をあまり大きくすることはできず、コストを何らかの形で圧縮する必要があるといえる。

5.2 会計・税制面での比較

会計税制面に置いては、現状では法制上の取り扱いはずしも明確な形にはなっていないため不明な点が多いところである。証券はSPVを通して発行されるため、証券化を行った場合に締結するSPVとの契約と取扱方法によって会計・税制上の取扱も変わって

くると考えられる。SPVとの間において再保険契約の形を取るのであれば会計・税制上の取り扱いは通常の再保険契約と変わることはなく、同様の処理が行われると考えられるが、SPVとの関係においてリスク移転が行われたと考えられない場合⁶においては経費としての計上が認められないケースが考えられる。

また仮にSPVを通すことなく、保険会社からの直接的発行となる場合は保険デリバティブの1種となり、金融デリバティブ取引の一つとして会計処理されることとなる。この場合は再保険が保険種目ごとに出再・受再の損益が通算されて損益が処理されるのに対し、保険引受とは切り離されて別途に損益が計算される可能性がある。

6 おわりに

今回参考として算出した例は発行額面総額100億円、リスクフリー利率0.5%で試算を行った結果は以下のとおりとなる。(単位:億円)⁷

| トリガー | 実損 | 個数 | 個数重層式 | 個数・風速 |
|---------|-------|------|-------|-------|
| 表面利率 | 3.6% | 0.8% | 0.9% | 0.8% |
| 発行コスト | 4.12 | 1.31 | 1.38 | 1.33 |
| 決定係数 | 100.0 | 36.4 | 42.9 | 38.3 |
| 純プレミアム | 2.50 | 0.17 | 0.20 | 0.18 |
| 付加プレミアム | 0.62 | 0.14 | 0.20 | 0.16 |
| 付加P設定 | 25% | 0.2σ | 0.3σ | 0.3σ |

これらはあくまで概算ベースの数値であり実際に証券化となる場合はより精緻な分析が必要になると思われるが、以下の点が注目されるであろう。まず、実損トリガーについてはリスクカバーの点で再保険とほぼ同様の効果が期待できるものの、プレミアム部分が他のトリガー方式に比べて大きくなり、結局証券化にかかるコストが再保険コストを下回らない限り証券化のメリットは無いことになる。特に元受契約について沖縄県に限定して考えている場合は発行する証券の額面総額を大きくすることはできないことから相対的にコスト部分が大きくなりがちになる。このコストをどの程度圧縮できるかが重要なポイントとなるであろう。

このコスト圧縮については、付加プレミアムを圧縮することと証券発行にかかるコストを圧縮することが考えられるが、付加プレミアムの圧縮については、実損トリガーの場合は投資家に客観的に理解されやすいトリガー設定に工夫する必要があり業界全体での支払額をトリガーとして加えるなどのデュアルトリガー化などが有効と思われる。また安定的引受先を確保しておくことも重要であり、これにより証券が売りさげなくなることを避けるのはプレミアムの高騰化を防ぐ意味からも大切であろう。このほか、元本取り崩しの頻度が比較的低い巨大リスク部分のみを対象とすることで格付を強化させることもプレミアム圧縮に有効と思われる。

他方、固定費部分の圧縮については発行金額の大型化により相対的な固定費部分を低下させるのが最も有効であると言えるが、沖縄県のみ元受を想定している以上現実的では

⁶ SPVが子会社として扱われている場合など

⁷ 実損式については、損害保険料率算出機構によるリスクカバーを、パラメトリックおよびインデックスでは、国立情報学研究所「デジタル台風」によるデータを用いている。

ないかも知れない。他に固定費を圧縮する方法としては、償還期間の長期化や定型化による継続発行などが考えられる。これはプライシングに係るコストや販売に係るコストを削減することにつながり、また投資家に対し新規にスキームを説明することを省略することに繋がると言える。

このほか低コストで入手できる気象指標の提供先を確保することや、マルチペリル対応の証券にすることで複数の種類のリスクを1つの証券に盛り込むことも選択肢の一つになるであろう。

リスクの証券化を行う上でもう一つ重要な問題は伝統的再保険と比較した場合におけるベースリスク発生の問題であろう。特にパラメトリックトリガーやインデックストリガーの場合においては台風に関する精緻なリスクモデルの構築が非常に困難である以上避けられない問題である。これらは台風モデルを精緻化することやインデックストリガーで用いるパラメタの種類を増やすことによりある程度改善することは可能であるが、他方でこれらの為の更に細分化した台風パラメタや都市構造、台風に対する脆弱性に着目した精緻なモデルを構築するためのコストは増加することになる。

また、地域ごとに細分化した証券を発行することもベースリスクを排除する意味では有効かもしれないが、この場合も証券発行に係る固定的コストを増加させることになりベースリスクを受け入れるか、高コストを負担するかの選択に迫られる形になると思われる。

実損トリガーの場合は、ベースリスクは低いものの投資家に受け入れられにくい分、付加プレミアムを相当に上乘せなければ、引受の主体となるのは結局損保会社や再保険会社を中心になる可能性がありその意味では実損トリガーの方式での発行コストは最終的には再保険市場におけるコストに収斂していくと思われる。現状では発行にかかるコスト上は伝統的再保険コストを上回る状態であり、リスクの移転先を金融市場のキャパシティに求めるという証券化のメリットを発揮するためにはやはり精緻な台風モデルの構築によりベースリスクを排除しつつ付加プレミアムをなるべく低いままで一般投資家に受け入れ易いインデックストリガーを構築していくことが最大の課題になると言えよう。

参考文献

- [1] ニコラ・ミザーニ「保険リスクの証券化と保険デリバティブ」(シグマベイズキャピタル, 2002)
- [2] 土方薫「保険デリバティブ」(日本経済新聞社, 2001)
- [3] Gail Belonsky, David Laster and David Durbin *Insurance-Linked Securities* Swiss Re, 1999
- [4] 日本アクチュアリー会「損保」日本アクチュアリー会, 2005

A study on securitization theory connected with the risk from typhoon

Ichiro Tomoyose

2006/11/8

Abstract

With the occurrence of disaster on large scale in all over the world, for example earthquake, tsunami and flood, risk premium rate is tightened in reinsurance market. So alternative risk transfer method making use of risk securitization technique deserves our attention. Especially in Okinawa Prefecture where direct insurer needs stable risk cover on disaster of typhoon, tightened reinsurance market which affects their coverage capacity is a very important problem, and stable reserve of risk transfer is an urgency problem for the direct insurer.

In this paper, about the securitization method of the risk from typhoon, especially in Okinawa Prefecture, concrete securitization method connected with scheme and pricing theory is argued. Moreover, the problem caused by securitization method is considered.

Above all, the possibility of trigger which is composed by typhoon parameter is studied.