

サイクロンリスク証券化におけるパラメトリック・トリガーの条件設定に関する考察

A study on the condition of parametric trigger based catastrophe bond ("Cat-bond") for the cyclones

○渡部 弘之¹, 鈴木 弘二¹, 矢代 晴実², 福島 誠一郎³
 Hiroyuki WATABE¹, Koji SUZUKI¹, Harumi YASHIRO²
 and Sei'ichiro FUKUSHIMA³

¹アジア防災センター

Asian Disaster Reduction Center

²東京海上日動リスクコンサルティング

Development Group, Tokio Marine & Nichido Risk Consulting Co.,Ltd.

³東電設計

Tokyo Electric Power Services Co.,Ltd..

Recently, the alternative risk transfer ("ART") has been known as a useful risk management tool in the risk financing to diversify the natural catastrophic risk that retained by the insurers and re-insurers to issue the Cat-bond. Usually the parametric trigger based CAT-bond linked to natural phenomena such as a earthquake magnitude and a central pressure of the hurricane is popular product in the market due to their transparency for the investors as a risk taker. For the designing of the CAT-bond, the efficiency of the risk transferring is the key factor to measure the effectiveness of the Cat-bond. In the study, we studied the efficiency of the risk transferring to vary the parameters such as a center pressure difference, a gate size of the cyclone passing etc.

Key Words :Risk Finance, Alternative Risk Transfer, Catastrophe Bond, Risk Linked Security, Parametric Trigger, Cyclone Risk

1. はじめに

ハリケーンや地震等の自然災害リスクファイナンス分野では、頻発する自然災害により保険マーケットの保険引き受けキャパシティが収縮し、金融・資本マーケット等の保険マーケット以外の資金を活用した代替的なリスク移転手法⁽¹⁾に注目が集まっている。ハリケーン・カトリーナ以降、その動きは加速し2006年のキャット・ボンド (Cat-bond;異常災害債券) 発行総額は約 5200 億円⁽²⁾と前年の倍にまで成長している。また地震リスクを中心とした研究^{(3),(4)}も進められている。

本検討ではリスク移転手段として、所謂、投資家 (リスクテイク) にとって客観性の高いパラメトリックトリガーに基づいた Cat-bond の発行によるサイクロンリスク証券化を活用したリスク移転を検討した。すなわち、予め定めた地域を一定規模以上の中心気圧を有するサイクロンが通過した場合を条件としたパラメトリックトリガー (リスク移転要件) を設定し、トリガーが発動しない場合には、リスクヘッジャーはリスクテイク者に対して所定のクーポンを支払うが、万一、トリガーが発動した場合には、リスクヘッジャーの蒙る損失は、リスクテイク者の元本を没収することにより補填をされる仕組みを想定する。ここでは、過去、度々、サイクロンによる被害を蒙っているインド西部のグジャラート州を対象地域とし、リスク移転の条件となるサイクロンの中心気圧差 (Δp) や通過位置等の諸パラメータで構成されるパラメトリック・トリガーを仮定し、リスク移転の効率性等について考察を加えた。

2. 検討方法

既報^{(5),(6),(7),(8),(9)}にて、インド西部のグジャラート州におけるサイクロンについて風災ハザードを作成、リスク解析用の確率モデルを検討した。過去 30 年間にグジャラート州を襲来した一定規模以上のサイクロンを対象にその Δp 、進行速度、進行角度等のパラメーターに関する統計的な特性を分析し、これらを基にモンテカルロシミュレーションを用い仮想的にサイクロンを生成、グジャラート州の任意の地点における予想最大瞬間風速を求め当該地域における風災ハザードを推定した。さらに、建物構造別に設定した最大瞬間風速に対する建物損傷度との関係を示すバルネラビリティ・カーブを用いて仮想建物ポートフォリオに対する風災リスク量を算出した。

本検討では、この確率モデルを活用しグジャラート州の各 District の中心部に人口分布で重み付けた価額を有する建物ポートフォリオを設定した。図 1 に設定した建物ポートフォリオの配置状況を示す。さらにこのポートフォリオに対する風災リスク量を算出し、表 1 のように検討の基礎データとした。

表 1 設定したポートフォリオとリスク量

項目	設定条件および計算結果
建物構造	Unburned Brick Wall/Sloping Roof
州内の評価対象 District 数	25
ポートフォリオの総額	10,000,000
損失の平均値	76,636
損失の 99percentile 値	591,487
PML : 99percentile-Shortfall	1,198,766

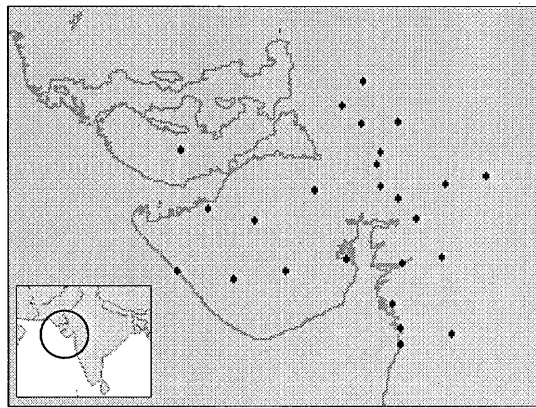


図1 設定したポートフォリオの配置

トリガー発動要件としては、図2に示すようにグジャラート州の海岸線上に設定した約620kmのハザード解析用ゲート上に、可変的にゲート幅の異なるトリガー用ゲートを設定し、一定規模を上回る Δp を有したサイクロンがこのゲートを通過した場合を要件としたトリガーを設定し、リスク移転額については予め取り決めた元本と Δp で定められる元本没収率により算定することとした。トリガー設定のパラメータ種類としては、トリガー用ゲートのサイズ、中心気圧差の閾値、設定元本の3つである。これらのパラメータを変化させ、リスク移転前後のリスク量との対比およびリスク移転の効率性の変化を調べることとした。なお、設定した元本没収関数を図3示す。また、検討のフローを図4示す。

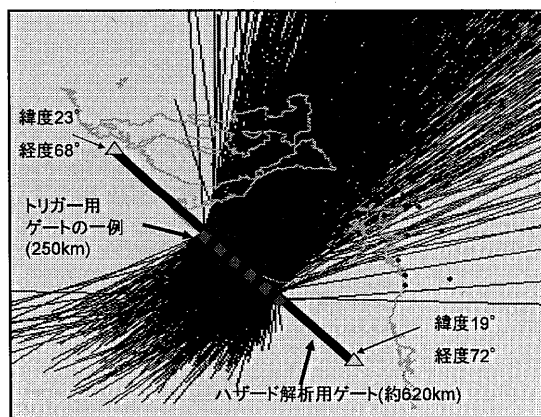


図2 設定したトリガー用ゲート

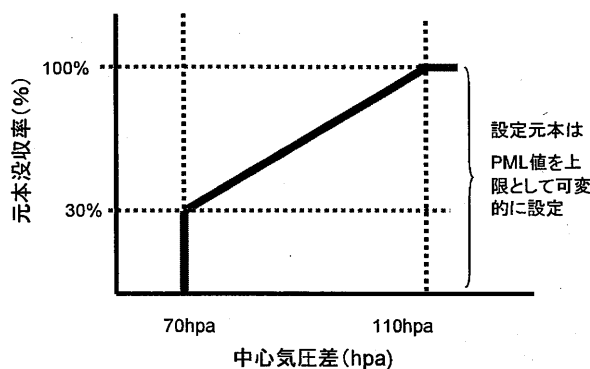


図3 設定した元本没収関数

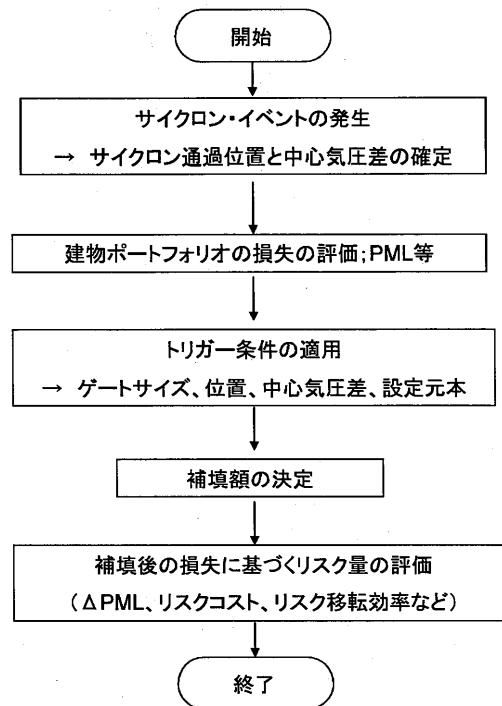


図4 検討フロー図

3. パラメトリック・トリガー設定に関わる諸パラメータの変化とリスク移転効率

一般的にリスクファイナンスの目的は、リスクヘッジャーがリスクコストを負担することで自らが抱えるリスク量を低減することにある。ここでは、当該ポートフォリオのPML(予想最大損害額)を低減させることを主眼とする。なお、PMLの定義を99percentile Shortfall値とし、これを効率的に低減することを目的とする。

$$99\% \text{Shortfall} = \sum_{i=1}^{100} L(i)/100 \quad (1)$$

ただし、 $L(i)$ は確率モデルによる10000回のシミュレーションによって得られた予想損失額、 i は、予想損失額を降順に並べた際の順位である。次にリスク移転の効率性であるが、サイクロンイベントによっては、 Δp 等のトリガー条件をみだすものの、リスクヘッジャーの蒙る実損失は小さく、投下されたリスクコストがPML低減に寄与しないケースもある。リスク移転の効率性を示す指標としては、リスクヘッジャーがサイクロンリスク証券化のために充当したリスクコスト(すなわち投資家であるリスクテイクへの支払クーポン)が、どの程度、PML低減に用いられたかを示すものとして、PML低減額とリスクコストの比によって示すこととした。すなわち、年間平均リスクコスト RC は以下で定義する。

$$RC = \sum_k C \cdot r(k)/10000 \quad (2)$$

ただし、 C は、設定元本、 $r(k)$ は、設定条件(中心気圧差、設定ゲート)を満たした際の元本回収率(%), k は設定条件を満たしたイベント。よってリスク移転効率を示す指標 E は、以下で定義される。

$$E = \Delta PML / RC \quad (3)$$

ただし、 ΔPML はリスク移転前後の PML の差である。また同時にリスク移転実施前後の PML 低減率についても検討した。

4. 検討結果

パラメータであるゲートサイズをハザード解析用ゲートの中央部より 20km 刻みで増加させながら、設定元本および閾値として Δp を変動させ、リスクコストの比率及び PML 低減率との関係を調べた。まず、 Δp を固定し、設定元本を変動させたケースを図 5 に示す。

これによれば、証券化によりリスクヘッジャーが大きな PML 低減率を得ようとするためには、ゲートサイズを大きく、かつ設定元本を大きくする必要があるが、その場合、リスク移転効率は低下することが判った。いたずらにゲートサイズを大きく設定することや大きな元本の設定はリスク移転の効率の低下を招くことに繋がる。また、リスクヘッジャーが目標とする PML 低減率を得ようとする場合でも、設定元本とゲートサイズの選び方により移転効率の高い選び方があることが判る。

次に設定元本を固定し、 Δp を 10hpa 毎に変動させたケースを図 6 に示す。これによると、 Δp が大きい程、またゲートサイズが小さいほど効果的にリスク移転が可能である反面、大きな PML 低減率を確保することはできず、リスクヘッジャーが目標とする PML 低減率を確保することが出来ないことが判った。

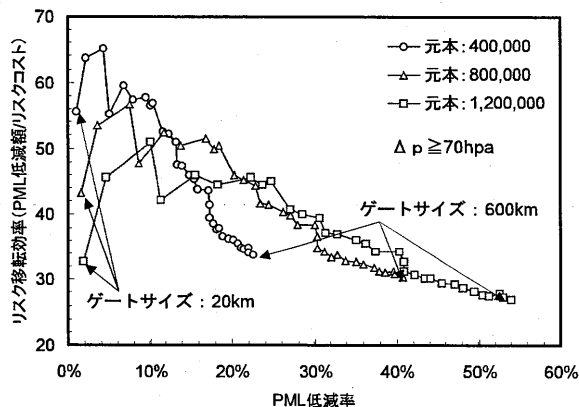


図 5 リスク移転効率に及ぼすゲートサイズと元本の影響

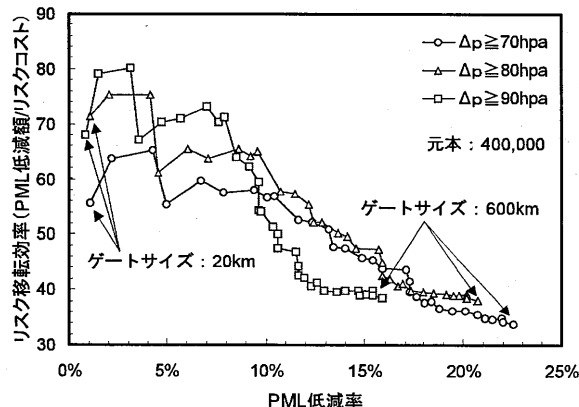


図 6 リスク移転効率に及ぼすゲートサイズと Δp の影響

次に設定元本を 600,000、ゲートサイズを 200km と一定とした場合のリスク移転前後のリスクヘッジャーとリスクテイカーの関係を図 7 のリスクカーブにて示す。これによるとリスク移転前のリスクカーブ (リスクヘッジャー) はリスクテイカーから補填された元本により相対的に左側へシフトし、リスク移転前よりもリスク量が減少しておりリスク移転が行われていることが確認できた。一方、リスクテイカーのリスクカーブは、設定元本 600,000 を上限とし、また設定した元本没収関数の形状を反映したリスクカーブとなっている。なお、リスク移転後のリスクヘッジャーのリスクカーブは予想損失額がゼロ未満となる領域にも及んでいるが、これはリスクテイカーから補填された元本が実際の損失額を上回る、過補填の状況、すなわち予想損失額と補填額の差であるベシスリスクを示すものである。図 8 に過補填と補填不足との関係を示す。

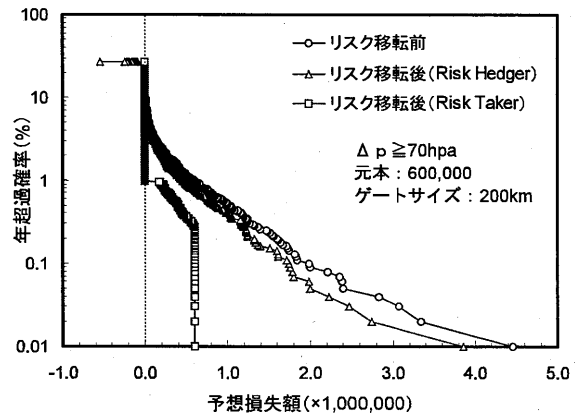


図 7 リスクヘッジャーとリスクテイカーのリスクカーブ

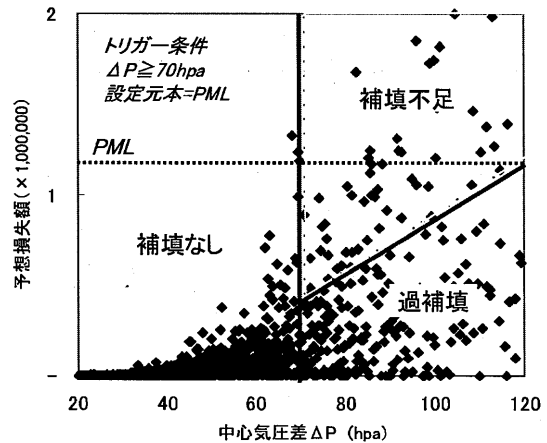


図 8 過補填と補填不足の関係

無駄なリスクコストを減らすためには、このベシスリスクを極力小さくすることが必要である。図 9 に過補填の大きさを総リスクコストとの比率で示し、リスク移転効率との関係を示す。この過補填率が増加するに伴い、リスク移転効率が低下する。また、設定元本が大きくなるほど、実損失を上回る補填額が充当されるケースが増え、リスクコストの PML 低減に寄与するウェイトは低下することから、過補填率は高くなることが判る。設定元本を高くしすぎると無駄なリスクコストが増加することが確認できた。また図 10 に投下されたリスクコストの使

途を示す。投下されたリスクコストが PML 低減のために補填されているかを否かを、PML 超過レイヤー、すなわち PML 算出の対象となる上位 100 番までの損失に対して過補填したケース（無駄払い）もしくは補填不足であったケース、さらに非 PML 超過レイヤーに補填されたケース（無駄払い）の 3 ケースに分類した。これによれば、ゲートサイズが大きくなるにつれて、非 PML レイヤーの損失に対してトリガーが発動するケースが増加し、リスクコストの無駄払いが増加することが確認できた。

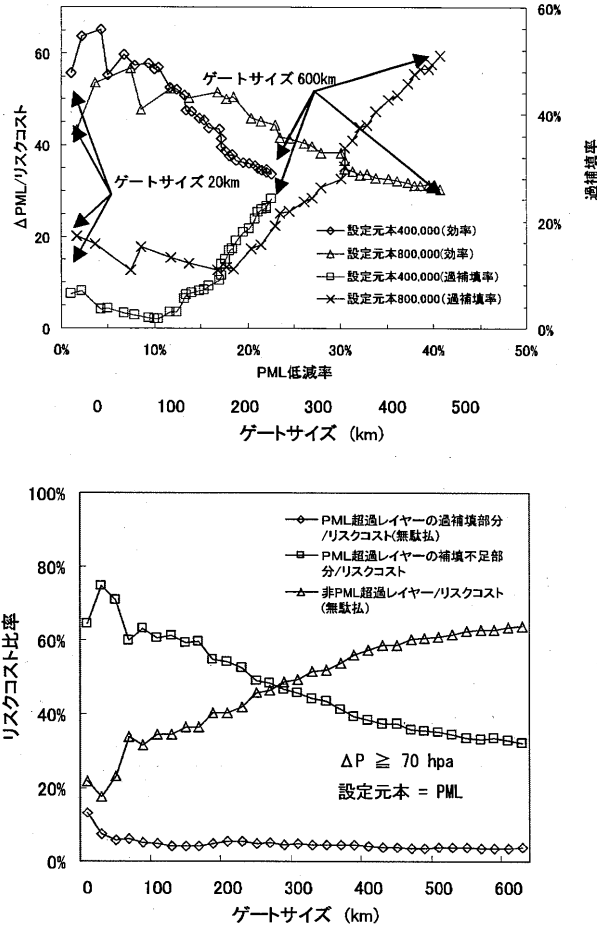


図 10 ゲートサイズとリスクコストの用途状況

5. まとめ

本研究では、インドのグジャラート州を対象に、当該地域におけるサイクロンリスクをパラメトリックトリガーを用いたサイクロンリスク証券化により低減させる手法を活用し、サイクロン通過地点周辺に設定したゲート、元本、中心気圧差等の諸パラメーターの変化により、リスク移転の効率性、すなわちリスクヘッジャーが充当したリスクコストによる PML の低減効果について検討した。また、リスクテイクからの補填額と実損失との差であるベシスリスクとリスクコストとの関係について調べ、以下の知見が得られた。

- 1) リスク移転効率を高めるためには、設定元本および Δp を低く設定する必要があるが、一方で PML を大きく低減させることは期待できない。
- 2) 一方、高い PML 低減率を確保するためにゲートの

大きさや設定元本を大きくすると、リスク移転効率は低下する。

- 3) 設定元本の大きさが異なっている場合でも、ゲートや Δp の大きさの設定次第で、同等の効率のリスク移転を実施することが可能である。
- 4) また、設定元本を余り大きくすると、ベシスリスクは増大する傾向にあり、リスクコストの無駄に繋がる。

なお、本研究では、評価対象サイクロンの抽出のために海岸線上にゲートを設定したが、サイクロンの通過する領域とポートフォリオの分布状況を勘案しゲートの代わりに長方形や円を設定する方法についても検討の余地が残されており、本研究にて検討したリスク移転効率などの指標を活用した効率性の比較も可能である。

補注

(1) 代替的リスク移転 (ART; Alternative Risk Transfer)

従来の保険によるリスク移転以外の代替手段によるリスク移転方法。ART には大きく分けて、①保険会社に移転していたリスクを再移転させて顧客自らがリスクを保有する場合（例：セルフ・インシュアランス、キャプティブ）と、②保険から金融・資本市場へとリスクを移転させる場合（例：証券化、保険デリバティブ）がある。一般的に ART 手法は、従来の手法では引受けが難しかったリスクに関する解決策を与え、またリスクのキャパシティを増強する目的で行なわれる。

参考文献

- 1) 例えば, Cat Bond Report 2007, MMC Guy Carpenter
- 2) 矢代晴実, 福島誠一郎: 地震リスクの証券化に関する数理解析, 統計数理(2002), 第 50 巻第 2 号 pp.259-278
- 3) 西川智, 福島誠一郎, 矢代晴実: 事業継続のためのリスクファイナンス手法の提案, 日本建築学会環境系論文集第 607 号, pp.101-108, 2006
- 4) 佐藤一郎, 矢代晴実, 福島誠一郎: ベシスリスクに着目した地震リスクデリバティブの設計手法に関する研究, 日本建築学会計画系論文集第 614 号, pp.261-268, 2007
- 5) 渡部弘之, 鈴木弘二, 矢代晴実, 福島誠一郎: インドにおけるサイクロンハザードモデルの基礎的な研究, 地域安全学会研究発表会梗概集 No.20, pp.103-106, 2007
- 6) 渡部弘之, 鈴木弘二, 矢代晴実, 福島誠一郎: インド西部におけるサイクロンリスクの確率論的な評価, 日本自然災害学会学術講演会講演梗概集, pp.63-64, 2007
- 7) 渡部弘之, 矢代晴実, 福島誠一郎: インドにおけるサイクロンハザードモデルの基礎研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州), pp.99-100, 2007
- 8) 渡部弘之, 矢代晴実, 福島誠一郎: インドにおけるサイクロンリスク解析のための確率モデルの基礎研究, 日本建築学会環境系論文集第 621 号, pp.83-90, 2007
- 9) H.Watabe, K.Suzuki, H.Yashiro, S.Fukushima : Development of Cyclone Wind Risk Analysis Model for Risk Financing I India, International Conference on Wind Engineering 12, pp.1775-1782, 2007