

# ベースリスク低減に着目したリスクファイナンス手法の提案 Proposal of New Risk Financing Method Aiming at the Reduction in Basis Risk

○福島誠一郎<sup>1</sup>, 西川智<sup>2</sup>, 矢代晴実<sup>3</sup>  
Sei'ichiro FUKUSHIMA<sup>1</sup>, Satoru NISHIKAWA<sup>2</sup> and Harumi YASHIRO<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東電設計株式会社

Tokyo Electric Power Services Co., Ltd.

<sup>2</sup> 内閣府 (防災担当)

Cabinet Office (Disaster Management)

<sup>3</sup> 東京海上日動リスクコンサルティング

The Tokio Marine & Nichido Risk Consulting Co., Ltd.

Securing immediate funding for business recovery is indispensable for minimizing economic damage by sudden disasters. There are some existing methods for risk financing, for example, earthquake insurance and alternative risk transfer (hereinafter called ART). However, there is still room for better risk financing methods to be developed. In this paper a new method is proposed, combining features of earthquake insurance and parametric triggered ART with focus on minimizing basis risk. A model portfolio of 10 building assets in Tokyo Metropolitan area was applied in analyzing the performance of this method, followed by the conclusion that this method is attractive for both the recipient and the risk takers and has good possibility to be a new tool for risk financing.

**Key Words :** Risk management, Seismic risk, Risk financing, Indemnity Trigger, Parametric trigger, Basis risk

## 1. まえがき

災害後の復旧・業務再開において資金調達には重要な課題である。筆者らは、資金調達の迅速性やその安定性の観点から、資本市場に原資を求める資金調達手法を対象に、その定量化手法について提案してきた<sup>1)</sup>。

提案してきた手法は、地震規模のような客観的な変数を補填額の基準（以下、パラメトリックトリガー）としているため、支払の迅速性には優れたものの、実際の損害と補填額との乖離（以下、ベースリスク<sup>2)</sup>）が生じ、その結果、地震保険料に相当するリスクプレミアムが大きくなり、普及の阻害要因の1つとなっている。

一方、従来の地震保険は、損失の見積りに日数を要するために迅速性には劣るものの、損失を補填額の基準（以下、損失トリガー）としているために前述のベースリスクが発生せず、相対的に低コストとなっている。

したがって、パラメトリックトリガーを用いながら、損失トリガーと同等の性能を与えられるならば、支払いの迅速性と低コストが両立した資金調達が可能になると考えられる。

本研究では、パラメトリックトリガーと損失トリガーの性能の差をベースリスクと捉え、ベースリスクの低減に着目した補填額の評価方法を提案する。さらに、具体的な建物群を対象に試算を行い、提案手法の有効性を確認する。

## 2. 本研究で用いるベースリスクの定義

本来、ベースリスクとは、リスク移転における補填額と実際の損失との差を意味する。ただし、現実のリスクマネジメントにおいては、高頻度低額の損失について補填を行うことはなく、極めて低頻度かつ巨額の損失に対して全額を補填することも非合理である。地震保険では、前者は免責額として、後者は引受限度額として、補

填額を規定する変数となっている。また、前述したように、本研究ではパラメトリックトリガーと損失トリガーの性能の差をベースリスクと捉えることとしている。そこで、具体的には、損失トリガーによる補填額とパラメトリックトリガーによる補填額との差異をベースリスクと定義する。

損失トリガーによる補填額を  $C_l$ 、パラメトリックトリガーによる補填額を  $C_p$  とすると、その大小関係により、以下に示す2種類のベースリスクが発生する。

$$R_1 = C_l - C_p \quad , \text{if } C_l > C_p \quad (1a)$$

$$R_2 = C_p - C_l \quad , \text{if } C_l < C_p \quad (1b)$$

$R_1$  は所定の補填額と考えることができる  $C_l$  よりも  $C_p$  が小さいことによるリスク、すなわち不十分な補填と捉えられるベースリスクである。一方、 $R_2$  は過剰な補填が行われるリスクであり、これはリスク移転に伴う費用の増大につながるベースリスクである。

損失と補填額との関係を模式的に示すものが図1である。 $L_A$  は免責額、 $L_E$  は引受限度額である。 $C_l$  については損失との関係を唯一に規定できるが、 $C_p$  については損失との関係を陽に表すことができず、同図に示すように  $R_1$  と  $R_2$  が発生する。

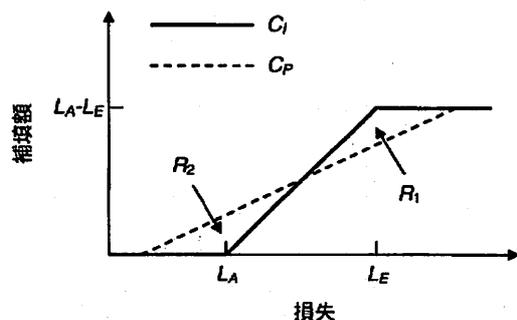


図1 損失と補填額の関係

### 3. 新たな補填額算定手法による地震リスク評価

#### (1) 提案する補填額算定手法

(1a)式および(1b)式から明らかなように、 $R_1$ と $R_2$ はトレードオフの関係にある。リスクマネジメント本来の目的からは、 $R_1$ は極力避けるべきリスクである。従って、 $R_1$ を許容範囲内に留めながら、如何に $R_2$ を低減させるかが検討の鍵である。

その方法の1つは、図1に示した $C_p$ の補填関数(破線)を $C_l$ の補填関数(実線)に近づけることであるが、そのための手順は確立されておらず、試行的にパラメトリックトリガーを設定しているのが現状である。

本研究では、 $R_2$ が過補填に伴うリスクであることに着目し、損失の見積もり後に、過補填の部分を返却するという方法を提案する。従来のパラメトリックトリガーが、過補填を受け入れざるを得ないという先物取引的な補填方法であるのに対し、提案手法は過補填分は受け入れなくても良いというオプション取引的な補填方法となっている。

提案手法による補填額を $C_c$ とすると、 $C_c$ は次式で与えられる。

$$C_c = C_p \quad , \text{if } C_l > C_p \quad (2a)$$

$$C_c = C_p - r(C_p - C_l) \quad , \text{if } C_l < C_p \quad (2b)$$

(2b)式の右辺第2項は、損失の見積もり後に返却する補填額を示している。係数 $r$ はトリガーの差異を規定する変数で、 $r=0$ ならば従来のパラメトリックトリガーによる補填に、 $r=1$ ならば損失トリガーによる補填に相当する。

なお、復旧費用の見積もり精度の不十分さや、不慮の支出に備えて、過補填の部分を全額返却しないこともあり得る。その場合には、係数 $0 < r < 1$ の範囲で $r$ を設定すれば良い。

#### (2) 提案手法によるベースリスク

(1a)式および(1b)式の $C_p$ を、(2a)式および(2b)式の $C_c$ に置き換えることで、提案手法によるベースリスクを求めることができる。これを示すのが次式である。

$$R_1 = C_l - C_c = C_l - C_p \quad , \text{if } C_l > C_p \quad (3a)$$

$$R_2 = C_c - C_l = (1-r)(C_p - C_l) \quad , \text{if } C_l < C_p \quad (3b)$$

$r=1$ ならば、 $C_l$ 、 $C_p$ によらず $R_2$ は発生しない。前述したように、 $R_1$ と $R_2$ はトレードオフの関係にあることから、この場合には、 $R_1$ が極めて小さくなるようにパラメトリックトリガーの設定を行うことが合理的な解となる。

なお、 $r \neq 1$ の場合には $R_2$ が発生するため、 $R_1$ の側からのみでトリガーの設定を行うことはできないが、(1b)式と(3b)の比較から明らかなように、提案手法を用いれば、 $R_1$ と $R_2$ の総和が小さくなり、トリガーの設定の自由度が増すことに繋がる。

#### (3) 提案手法を用いたリスク評価の手順

筆者らは、多数の想定地震(イベント)による損失の確率分布から対象建物群(ポートフォリオ)のリスクカーブを求める手法を提案・構築してきた<sup>1)</sup>。同手法では、補填額はイベント毎に求められるため、ベースリスクも確率分布として評価される。

提案手法を用いた地震リスク定量化の手順を、図2に示す。

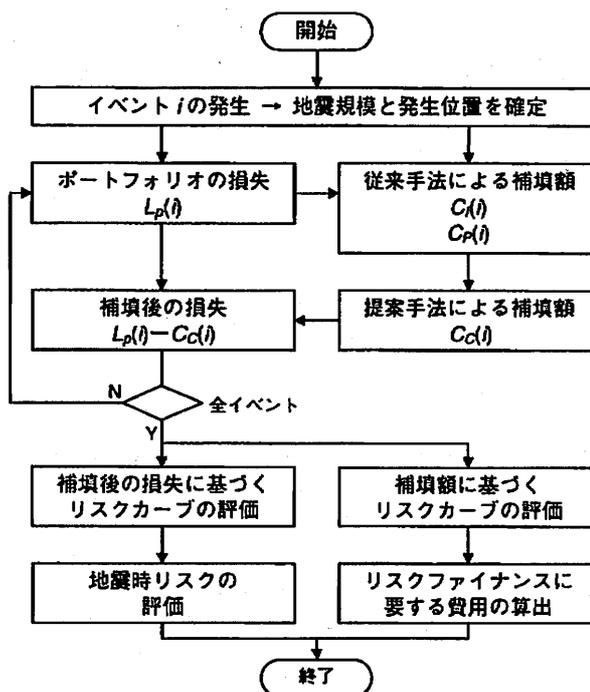


図2 地震リスク定量化の手順

### 4. モデルポートフォリオによる試算

#### (1) 対象ポートフォリオ

図3に示す10棟の建物からなるポートフォリオを対象に、本提案手法と他のリスク移転手法との差異について検討する。ポートフォリオを構成する建物の諸元については表1にまとめる。

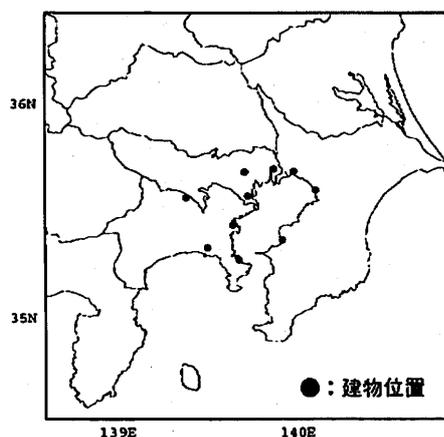


図3 モデルポートフォリオ

表1 被害程度別のフラジリティ特性値と被害額

被害程度	フラジリティカーブの特性値*		被害額
	中央値 (GAL)	対数標準偏差	
小破	200	0.4	5
中破	600	0.4	10
大破	1000	0.4	30
倒壊	1400	0.4	100

\*フラジリティカーブについては、対数正規分布を仮定

(2) 地震環境

地震活動域モデルについては Annaka & Yashiro<sup>3)</sup>を用いて設定した。図4に設定した地震活動域を、表2に地震活動域の諸元を示す。距離減衰式についても同文献に従い、以下の安中式を採用した。

$$\log a = 0.61M + 0.00501h - 2.203\log(d) + 1.377$$

$$d = \sqrt{\Delta^2 + 0.45h^2} + 0.22\exp(0.699M) \quad (4)$$

ここで、 $a$ は最大加速度 (cm/s/s),  $\Delta$ は震央距離 (km),  $h$ は震源深さ (km),  $M$ はマグニチュードである。距離減衰式のばらつきを表す対数標準偏差は、自然対数で0.5と設定した。

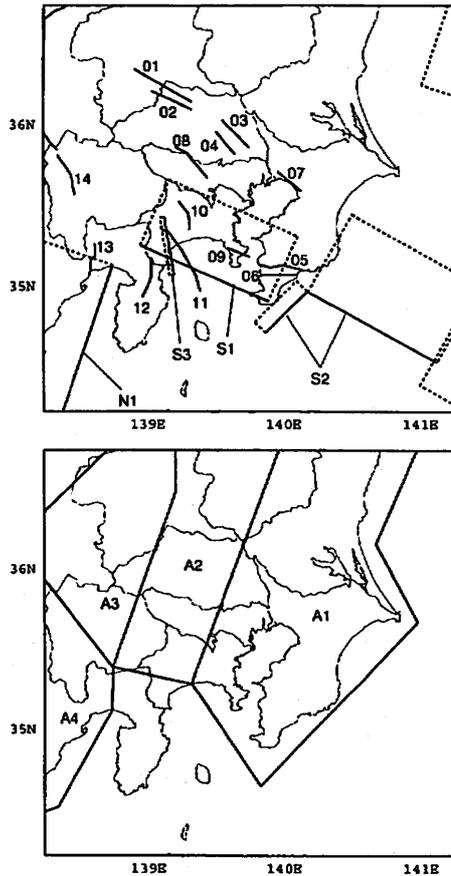


図4 設定した地震発生活動域

表2 地震発生活動域の諸元

活動域番号	Mの範囲	発生間隔(年)	活動域番号	Mの範囲	発生間隔(年)
01	7.0-7.6	1182	02	6.9-7.3	5212
03	7.0-7.4	79283	04	6.8-7.2	5931
05	7.1-7.5	2842	06	7.0-7.4	2639
07	6.8-7.2	5676	08	7.1-7.5	8710
09	6.6-7.0	1365	10	6.9-7.3	7239
11	7.5-7.9	1625	12	7.1-7.5	877
13	6.8-7.2	1917	14	7.1-7.5	2851
S1	7.8-8.2	200	S2	7.8-8.2	1000
S3	6.8-7.2	73	N1	7.6-8.0	130
活動域番号	Mの範囲	A値	活動域番号	Mの範囲	A値
A1	5.0-7.0	2.344	A2	5.0-7.0	4.235
A3	5.0-7.0	1.645	A4	5.0-7.0	2.344

中小地震発生活動域のb値は一律に0.9と設定

(3) リスクファイナンス諸元

損失トリガーに係る変数として、免責額 $l_A$ と引受限度額 $l_E$ を設定する。これらは、リスク移転を考慮しない場合のリスクカーブ(図5)から設定することとした。具体的には、年超過確率1/30(20年50%非超過確率に相当)に対応する損失を $l_A$ 、年超過確率1/475(50年10%非超過確率に相当)に対応する損失を $l_E$ とし、 $l_A=13.4$ 、 $l_E=107.4$ を得た。また、パラメトリックトリガーを用いる場合の元本を、損失トリガーによる支払いの最大値( $l_E-l_A=94.0$ )として設定した。

元本没収関数<sup>1)</sup>とグリッド<sup>2)</sup>に関しては、提案手法の効果を確認するために、 $R_2$ が発生しやすいものとした。ここでは、福島・矢代<sup>1)</sup>を参照して、元本没収関数としては、図6に示すものを採用した。グリッドに関しては、図7に示すように、ポートフォリオに外接する長方形(同図中、細破線で表示)の外側50kmを通る長方形を採用した。

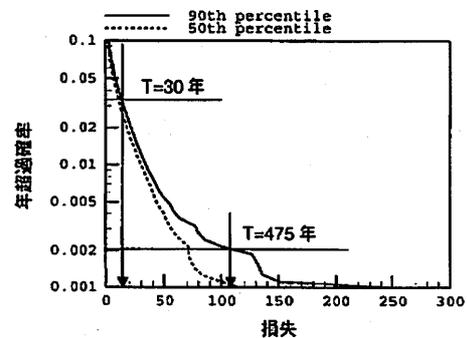


図5 リスク移転を考慮しない場合のリスクカーブ

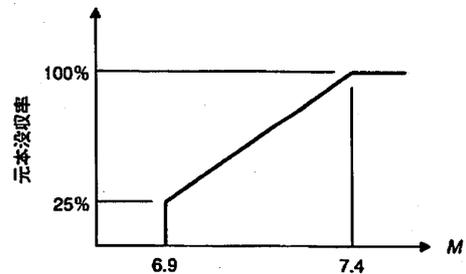


図6 設定した元本没収関数

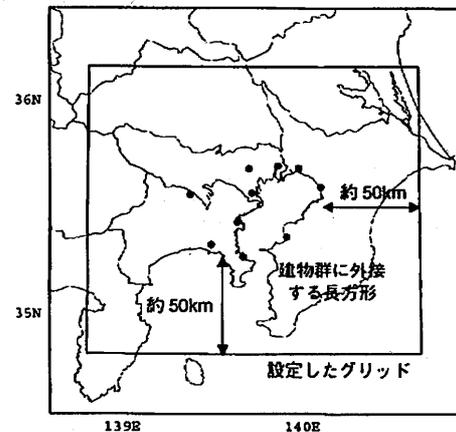


図7 設定したグリッド

(4) 解析結果

以下の3ケースについてリスクカーブを評価した。

- ケース1:  $C_1$  によるリスク移転
- ケース2:  $C_p$  によるリスク移転
- ケース3:  $C_r$  によるリスク移転

図8にリスクカーブの比較を示す。リスクテイク側のリスクカーブ（一般投資家に移転されるリスク）を比較すると、ケース1とケース3がほぼ等しいことがわかる。また、リスクヘッジ側のリスクカーブを見ると、リスクヘッジの対象である低頻度高額の損失に関しては、従来の移転方法（ケース2）と差がない。これは提案手法が地震保険と同様のリスク移転を実現していること、従来の変数を用いた支店手法と同等の性能を有していることを意味する。また、ベースリスクについても、 $R_1$ が維持されながら、 $R_2$ が0となっていることがわかる。

同図より、本提案手法は、従来のパラメトリックトリガーによるリスクファイナンス手法の性能を損なうことなく、過度の補填に係るベースリスクの発生を回避できること、その結果として、過大なリスクプレミアムの発生を回避できることが明らかとなった。

ここでは、その効果を確認するため、表3に損失の値をまとめた。同表のPML (Probable Maximum Loss)は予想最大損失で、再現期間475年に対応する損失である。また、AEL (Annual Expected Loss)は年期待損失であり、リスクカーブと座標軸に囲まれる面積として求められる。AELについては、50%非超過値を記載している。

ケース1では、引き受け限度額が補填されるため、結果として免責額がPMLとなっている。ケース2とケース3のPMLは同額であり $R_1$ が存在するために、補填額はケース1よりは小さい。また、ケース2では、リスクヘッジ側のAELが負となっているが、これは、リスクファイナンスによって利益が発生していることを示すものである。この不合理さはケース3では解決されている。

リスクテイク側のPMLの差異は大きくはないが、AELについてはケース2が極めて大きい。リスクプレミアムがリスクテイク側のAELに比例すると仮定するならば、提案手法により、大幅にリスクプレミアムを低減することが可能となる。

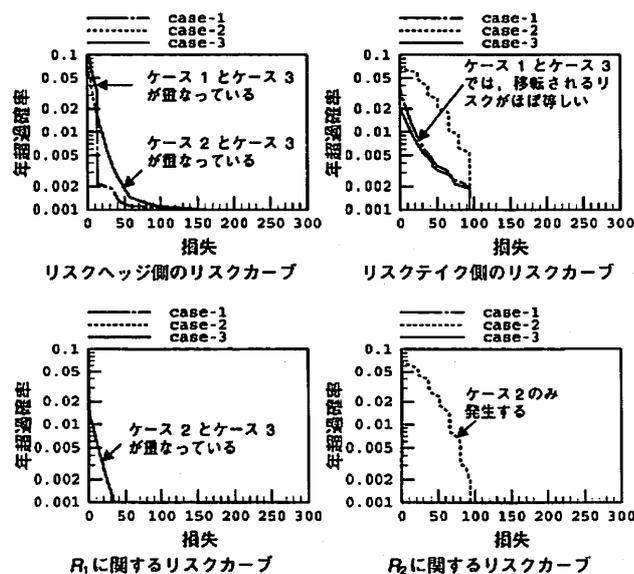


図8 リスクカーブの比較

表3 損失の比較

リスク移転	リスクヘッジ側		リスクテイク側	
	PML	AEL	PML	AEL
なし	107.4	1.420	-	-
ケース1	13.4	0.906	92.8	0.511
ケース2	47.1	-1.614	94.0	3.033
ケース3	47.1	1.040	75.8	0.376

5. まとめ

本研究では、被災後の迅速な資金調達を目的に、パラメトリックトリガーによるリスクファイナンス手法を基本として、ベースリスク低減の観点から新たなリスクファイナンス手法を提案・構築した。さらに、モデルポートフォリオを対象に、提案手法の有効性に関する検討を行い、以下の結論を得た。

- 1) 本提案手法によれば、従来の地震保険と同様のリスク移転が可能となり、結果として、ベースリスクを十分小さく抑えることができる。
- 2) 本提案手法は、過度の補填を避けることができるために、従来の手法に比較してリスクテイク側のリスクを大幅に低減でき、大幅にリスクプレミアムを低減することができる。
- 3) 本手法によるリスクヘッジ側のリスクの増大は、高頻度・低額の損失部分にのみ現れるため、リスクマネジメント主体はそれを保有することが十分可能である。また、リスクマネジメントで対象とするような低頻度・高額の損失については、従来手法と同一の性能を有している。

ここで提案した手法は、被災後の支払いの迅速さという面で、従来のパラメトリックトリガーによるリスクファイナンスの利点を有し、リスクプレミアムの低さという面で、従来の損失トリガーによるリスクファイナンスの利点を有している。地震リスクの証券化に代表されるようなパラメトリックトリガーによるリスクファイナンスが、そのリスクプレミアムの大きさのために十分に普及に至っていない点を鑑みると、本手法は、パラメトリックトリガーによるリスクファイナンスの普及に大いに資するものであり、復旧の迅速化と経済被害の軽減に繋がるものであると考える。

今後は、証券化やリスクスワップといったリスクファイナンス手法への具体的な適用方法とともに、本手法を適用することによる事業継続性についても検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 福島誠一郎, 矢代晴実: 地震リスクの証券化における条件設定に関する解析, 日本建築学会計画系論文集, No.555, pp.295-302, 2002.5
- 2) 矢代晴実, 佐藤一郎, 福島誠一郎, 上田三夫: 地震リスクデリバティブにおけるベースリスクに関する研究 (その1: ベースリスクの考え方), 日本建築学会大会学術講演梗概集F-1分冊, pp.1359-1360, 2004.8
- 3) T. Annaka and H. Yashiro: A seismic source model with temporal dependence of large earthquake occurrence for probabilistic seismic hazard analysis in Japan, Risk Analysis, WIT PRESS, pp.233-242, 1998