

ベー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

A STUDY ON DESIGN METHOD OF SEISMIC RISK DERIVATIVES
FOCUSSING ON THE REDUCTION IN BASIS RISK

佐藤 一郎*, 矢代晴実**, 福島 誠一郎***

Ichiro SATO, Harumi YASHIRO and Sei'ichiro FUKUSHIMA

It is pointed out that both risk control and risk financing are needed to reduce the seismic risk. Since an earthquake insurance, which is the most popular measure, is limited from the viewpoint of its market size, focused are the other measures that are called alternative risk transfers (hereinafter called ARTs). In many cases ARTs employ full parametric trigger to evaluate compensation, so that basis risk occurs as the difference between the real loss and the compensation, causing the higher risk cost. In this paper, the schematic design method to determine the parametric trigger that was characterized by several grids and forfeiture functions are proposed. A model portfolio consisting of 10 buildings was applied in analyzing the performance of the method. Through the application, the following findings were obtained; the existing method has a room for improvement, the proposed method can reduce the basis risk corresponding to the surplus compensation and the risk cost can be reduced without increasing the risk hedger's risk.

Keywords : Seismic risk, Seismic risk derivative, Earthquake insurance, Alternative risk transfer, Basis risk
地震リスク, 地震リスクデリバティブ, 地震保険, 代替的リスク移転, ベースリスク

1. まえがき

代表的な巨大自然災害リスク (Catastrophic Risk) である地震リスクの減災対策としては, 耐震設計法や耐震補強等のハード的な減災対策 (リスクマネジメントの分野ではリスクコントロールと呼ばれる) だけでなく, リスクファイナンスを利用したリスク処理の重要性が広く認識されている。しかし, リスクファイナンスの代表手段である地震保険¹⁾については, 保険・再保険市場全体での保険引受能力 (キャパシティ) の収縮や日本の地震リスクに関する引受条件の厳格化等の諸条件に伴い, そのリスク移転機能が十分に活用されていない状況といえる。特に, 企業分野の地震保険についてはその傾向が強くなり, 企業が合理的な地震リスクマネジメントを構築する際の支障となっている。このような背景から, 近年, 代替的リスク移転²⁾ (以下, ART: Alternative Risk Transfer) と呼ばれる保険以外のリスクヘッジ手法が注目されている³⁾。

ARTの代表格として挙げられるのが, 異常災害債券 (Catastrophic bond) である。異常災害債券は, 保険金支払基準が従来の保険と異なり, 地震のマグニチュード等, 客観性の高い指標に基づく支払トリガーを設定することが通常である。また, リスクの移転先は従来の保険と異なり, 債券を購入した投資家となる。異常災害債券は, 支払金額および決済手続きが単純かつ迅速であるため罹災後の資金繰り対策等にも有効であることや, キャパシティの大きい資本市場からリスクキャピタルを確保出来ること等, 従来の保険にないメリットを持つ。なお本研究では, 異常災害債券を代表とした

オプション取引を含む金融商品を地震リスクデリバティブと総称する。

地震リスクマネジメントの主体にとっては, 地震リスクデリバティブの利用により, 地震保険や自家保有等のリスク処理手法と組み合わせながら, より柔軟な地震リスク処理スキームの構築が可能になると考えられるが, 一方で, 流動性リスク, ベースリスク, 信用リスク等, 保険商品には無いリスクを関係者は負うことになる。

保険契約や異常災害債券は一種のオプション契約であり, その際のベースリスクは, 支払トリガーが発生した場合の実際の損害額 (リスクマネジメント主体が補填したいと考える額) と補填される金額の差と捉える事ができる⁴⁾。すなわち, リスクマネジメントの主体は, 補填が不十分になる, あるいは, 補填が過剰となりその結果リスクファイナンスに要する費用 (以下, リスクコスト) が増大する, といったベースリスクに起因する不利益を潜在的に有しているといえる。そのため, ベースリスクに関しては, 地震リスクデリバティブの商品設計上重要な問題として考える必要がある。

本研究では, 上述のような状況に鑑み, リスクマネジメント主体にとってのベー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を提案する。具体的には, 細分化されたグリッド毎に地震規模とヘッジ対象損失への寄与率の関係を陽の形で表した上でトリガー設定を行う合理的な設計手法を提案し, 単一長方形グリッドおよび元本没収関数による従来型のトリガー設定との比較検討により, 提案手法がベースリスクの低減に有効であることを確認する。

* 東京海上日動リスクコンサルティング(株) 修士(工学)
** 東京海上日動リスクコンサルティング(株) 博士(工学)
*** 東電設計(株) 博士(工学)

Tokio Marine & Nichido Risk Consulting Co., Ltd., M. Eng.
Tokio Marine & Nichido Risk Consulting Co., Ltd., Dr. Eng.
Tokyo Electric Power Services Co., Ltd., Dr. Eng.

2. ベーシスリスクに着目したトリガーの設定

2.1 ベーシスリスクの定義

前述したように、ベーシスリスクとは、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、一方、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合理的ではない。地震保険では、前者については免責額により、後者については引受限度額により、現実的な範囲内で補填額を規定している。

本研究では、このような現実的な補填についてベーシスリスクを考えると、[計画された補填額と実際の補填額との差]と捉える。従って、地震保険のように損失に応じて補填額が決定される方法（以下、損失トリガー）ではベーシスリスクは発生せず、異常災害債券のように損失以外の指標により補填額が決定される方法（以下、パラメトリックトリガー）にベーシスリスクが発生することになる。また、損失トリガーが規定する補填額を上記の「計画された補填額」と位置づける。

損失トリガーによる補填額を c_I 、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種類のベーシスリスク br_1 と br_2 が発生する。

$$br_1 = c_I - c_P, \text{ if } c_I > c_P \quad (1a)$$

$$br_2 = c_P - c_I, \text{ if } c_I < c_P \quad (1b)$$

br_1 は c_I 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シスリスクである。一方、 br_2 は過剰な補填が行われるリスクであり、これはリスクファイナンスに要する費用の増大につながるベーシスリスクである。

2.2 トリガー設定方法

(1) 提案方法の概念

従来の地震リスクデリバティブでは、単純なグリッドと元本没収率を用いてトリガーを設定しているが³⁾、このようなトリガー設定は、ポートフォリオを構成する建物の配置や地震環境の空間的な差異の影響を適切に反映することができない。また、その結果として br_1 と br_2 が発生する。

そこで本研究では、複数のグリッドと、グリッド別に設定した元本没収関数を用いたトリガーを採用する。トリガー諸元の設定では、補填の対象とすべき地震の発生位置と規模、補填の対象としない地震の発生位置と規模を求め、それに応じてグリッドと元本没収関数を得る。

(2) トリガー設定の手順

トリガー設定の手順を図1に示す。本手法では対象とする損失に対して、2段階のスクリーニングにより、当該損失に寄与するグリッドと地震規模を設定する。さらに、スクリーニングを複数の損失について実施することで、グリッド毎に損失と地震規模の関係を求め、元本没収関数の設定に資する。

図2は、損失に寄与するグリッドと地震規模から元本没収関数を設定する手順を示したものである。グリッド毎に、地震規模と損失の関係が求められ、元本没収関数が設定される。

(3) 補填の対象とするグリッドと地震規模の抽出

グリッドの抽出においては、損失 x_c に対するグリッド j の寄与率

$\alpha_j(x_c)$ を次式で算出し、所与の閾値以下の寄与率を持つグリッドを棄却する。

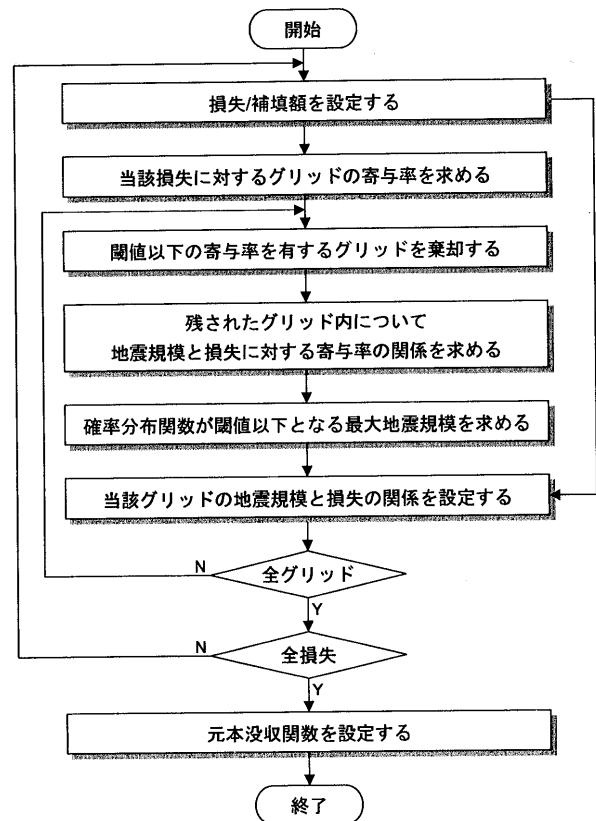


図1 トリガーの設定手順

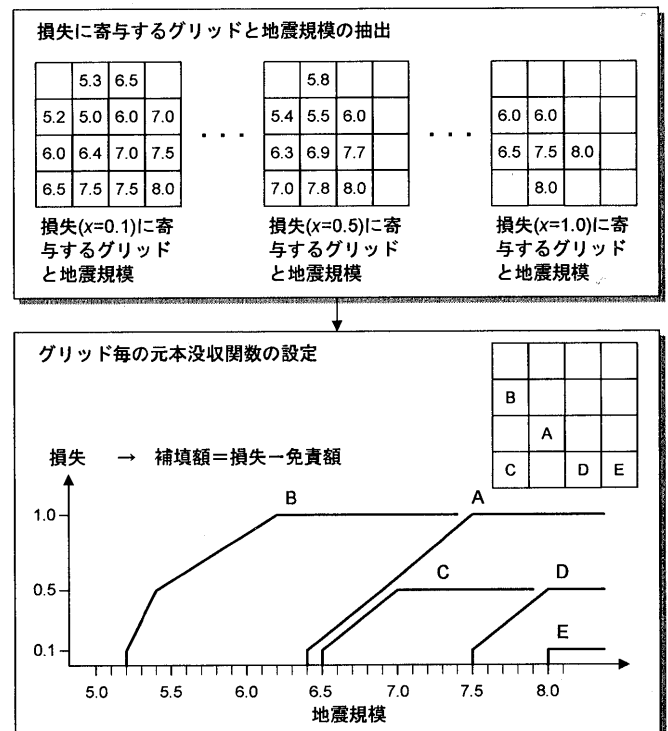


図2 元本没収関数の設定手順

$$a_j(x_c) = \sum_{i \in S_j} \nu_{ij} / \sum_{j=1}^n \sum_{i \in S_j} \nu_{ij} \quad (2)$$

ここに、 ν_{ij} はグリッド j 内で発生するイベント i の年発生頻度、 n はグリッド数である。なお、イベントの発生手順は、福島・矢代⁴⁾による。 ν_{ij} は次式で評価する。

$$\nu_{ij} = \nu_i \times p_{ij} \quad (3)$$

ここに、 p_{ij} は断層面が当該グリッドに含まれる割合(面積比)である。また、集合 S_j は次式により定義する。

$$S_j = \{i | x_{ij} \geq x_c\} \quad (4)$$

ここに、 x_{ij} はグリッド j 内で発生するイベント i による損失である。

一方、補填の対象とする地震規模 m_j については、次式で与える寄与率 $\beta_{m_j}(x_c)$ が所与の閾値以下となるようなマグニチュードの最大値として設定する。

$$\beta_{m_j}(x_c) = \int_0^{m_j} f_{m_{ij}, x_c}(m) dm \quad (5)$$

ここに、 $f_{m_{ij}, x_c}(m)$ は、グリッド j 内で発生し、かつ、損失 x_{ij} が x_c 以上となるイベントに関するマグニチュードの確率密度分布である。

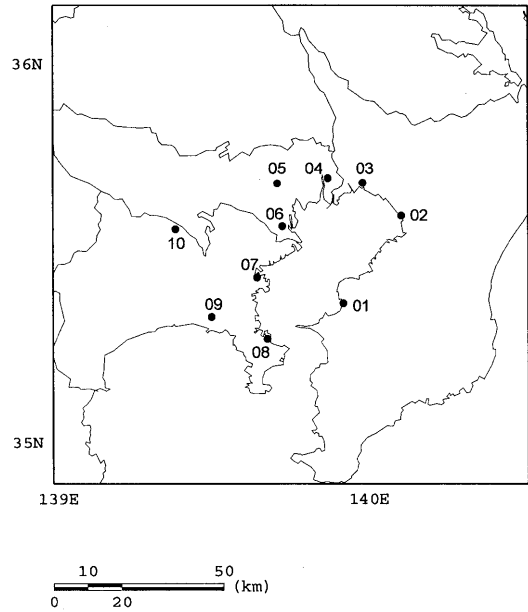


図3 建物群の配置

3. モデルポートフォリオによるトリガー設定

3.1 諸条件の設定

(1) 対象ポートフォリオ

南関東地域に配置された10棟の建物からなるポートフォリオを設定した。建物群の配置を図3に示す。また、建物の再調達価額を100とし、耐震性能および地震時被害額については、福島・矢代⁴⁾を基に表1に示す値を採用した。なお、地震動強さの指標については、実際の被害率との相関が良いという点で最大速度の採用が望ましいが、最大加速度を採用しても本研究の主旨は損なわれないと判断した。

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*		被害率 (%)
	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の確率分布は、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 & Yashiro⁵⁾を用いて設定した。大地震発生活動域は、海域ではマグニチュード7.5、陸域ではマグニチュード7.0を目安として、それ以上の地震が繰り返して発生する領域とし、固有地震モデルを用いた。中小地震発生活動域についてはグーテンベルグ・リヒターモデルを用い、1885年1月~1997年7月のマグニチュード6以上の地震数を求め、それに基づき b 値を仮定してグーテンベルグ・リヒター式の Y 切片である A 値を求めた。なお、マグニチュード6以上の地震が発生していない場合は、1926年1月~1997年7月のマグニチュード5以上の地震数に基づいた。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。

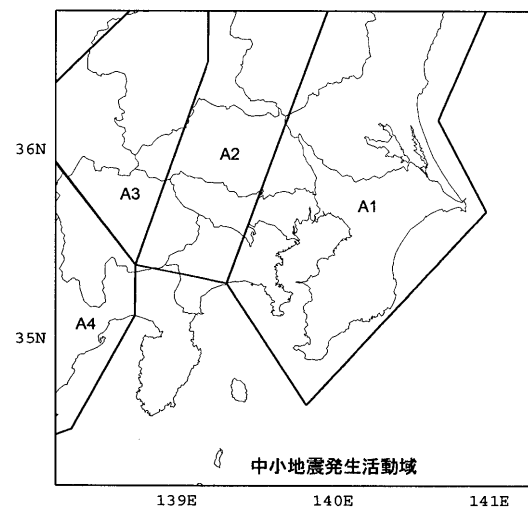
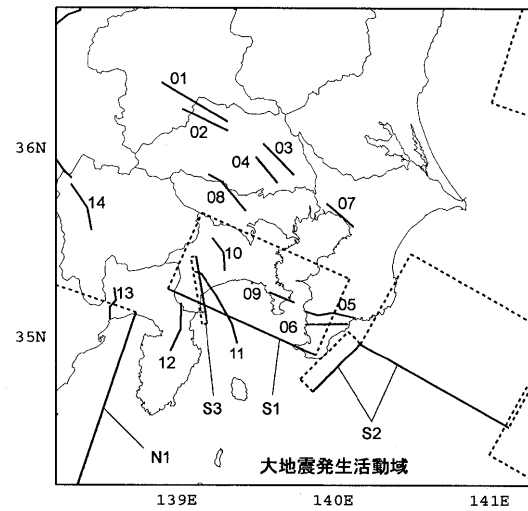


図4 設定した地震発生活動域

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	3.344

中小地震発生活動域のb値は一律に0.9と設定

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⁵⁾。

$$\log a = 0.61M + 0.00501h - 2.203 \log(d) + 1.377 \quad (6)$$

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

ここに、 a は最大加速度 (cm/s/s), Δ 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。

(3) トリガー設定に係る諸元

補填の対象とする損失については、リスクファイナンスを考慮しない場合のリスクカーブを基に得られる免責額 l_a と引受限度額 l_e から設定する。比較的短い期間である程度発生すると考えられる前者については年超過率1/30 (20年50%非超過確率に相当) に対応する損失の50%非超過値を、供用年間に稀に発生すると考えられる後者については年超過確率1/475 (50年10%非超過確率に相当) に対応する損失の90%非超過値を割り当てた。

リスクカーブの評価⁴³⁾は、福島・矢代⁴⁾に示した方法を用いた。得られたリスクカーブを図5に示す。これより、 $l_a=10$, $l_e=100$ とし、補填の対象とする損失 x_c を10~100まで10刻みで設定した。

グリッドについては、当該ポートフォリオの外側約50kmを取り囲む長方形 (東経138.75~140.75°, 北緯34.8~36.2°) を考え、図6に示すように、東西方向に8分割、南北方向に7分割した。細分化されたグリッドは約20km四方であるが、地震イベント発生 の最小単位が約5km格子であることから、(2)式を用いたグリッド抽出が十分に機能する解像度であると判断した。

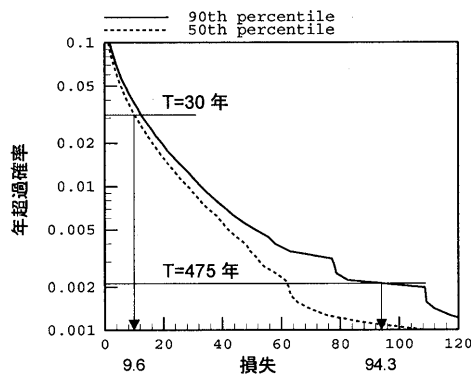
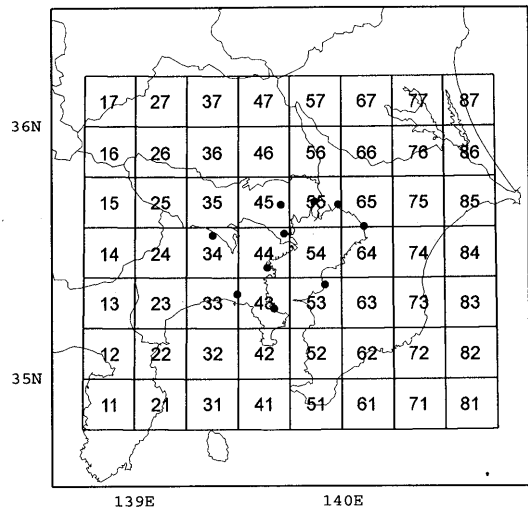


図5 リスクファイナンスを考慮しない場合のリスクカーブ



グリッド内の数値は
グリッド番号を表す

図6 設定したグリッド

3.2 評価結果

(1) グリッドの設定

(2)式に従いグリッドの寄与率を求めた。グリッド抽出の判断となる閾値を0.01, 0.05, 0.10としたときの、グリッド配置の変化の様子を図7に示す。なお、グリッドの寄与率は対象とする損失 x_c に依存するため、全ての x_c について求めた寄与率の最大値を評価に用いた。

閾値が大きくなる (すなわち、棄却するイベントが増える) に従い、グリッドが南関東地震 (地震活動域番号: S1) とその周辺の地震に限定されるようになる。

また、ポートフォリオを構成する建物が必ずしも抽出されたグリッドに含まれるわけではない。このことは、損失に対する寄与の

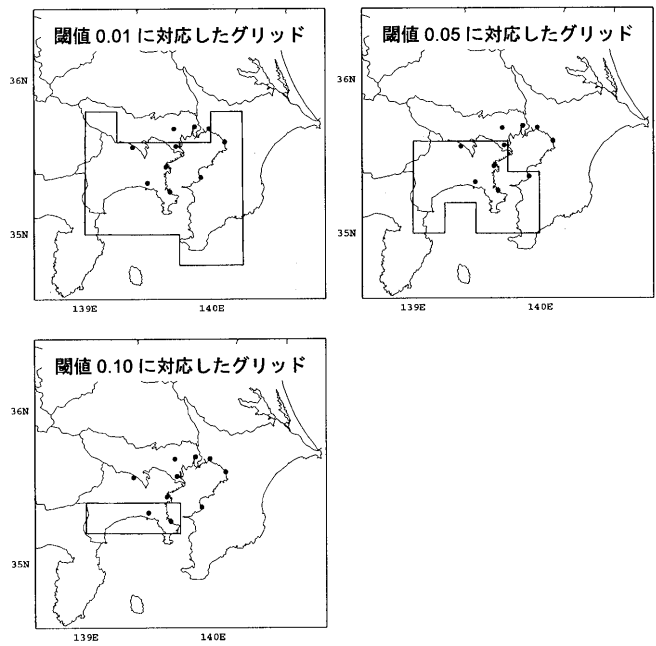


図7 閾値とグリッド配置との関係

観点からは、中小地震の影響が大きくないことを示している。

(2) 損失と地震規模の関係

閾値0.05に対応したグリッド（グリッド番号：22, 23, 24, 33, 34, 42, 43, 44, 52, 53）を対象に、補填の対象とする地震規模と損失の関係性を求めた。その結果を図8に示す。なお、地震規模の設定における閾値は、0.01, 0.05, 0.10とし、同図中に重ね描いている。

本研究では、図8に示した関係から元本没収関数を設定する。没収額は地震保険における支払い額に相当することから、図8の損失から免責額を除いたものを元本没収関数とする。

地震規模と損失の関係は、グリッドにより大きく異なり、例えば、閾値が0.05の場合には以下のような傾向となっている。

- ・ グリッド22：M6.8以上で損失が発生するが、免責額 l_A にとどまる。
- ・ グリッド23：M6.8から損失が発生し、M7.8で引受限度額 l_E に達する。
- ・ グリッド33：M7.7以下では損失が発生せず、M7.8以上であ

れば引受限度額 l_E となる。

また、いくつかのグリッドでは、地震規模と損失の関係には不連続点が見られる。これは、支配的な地震が、中小地震から大地震に移行したことによると考えられる。例えば、グリッド42では、損失が小さい場合には地震活動域 A1が支配的であり、ある程度大きな損失は地震活動域 S1が与えている。

4. 提案手法の有効性の確認

4.1 有効性の確認方法

ここでは、単純な長方形グリッド及び元本没収関数による従来のリスクファイナンスと、今回提案した複数グリッドによるリスクファイナンスを比較検討する。

具体的には、前章のモデルポートフォリオと地震環境を用いて、リスクファイナンス手法の差異がベースリスクに与える影響を定量化する。また同時に、ポートフォリオの予想最大損失（以下、PML：Probable Maximum Loss）や年期待損失（以下、AEL：

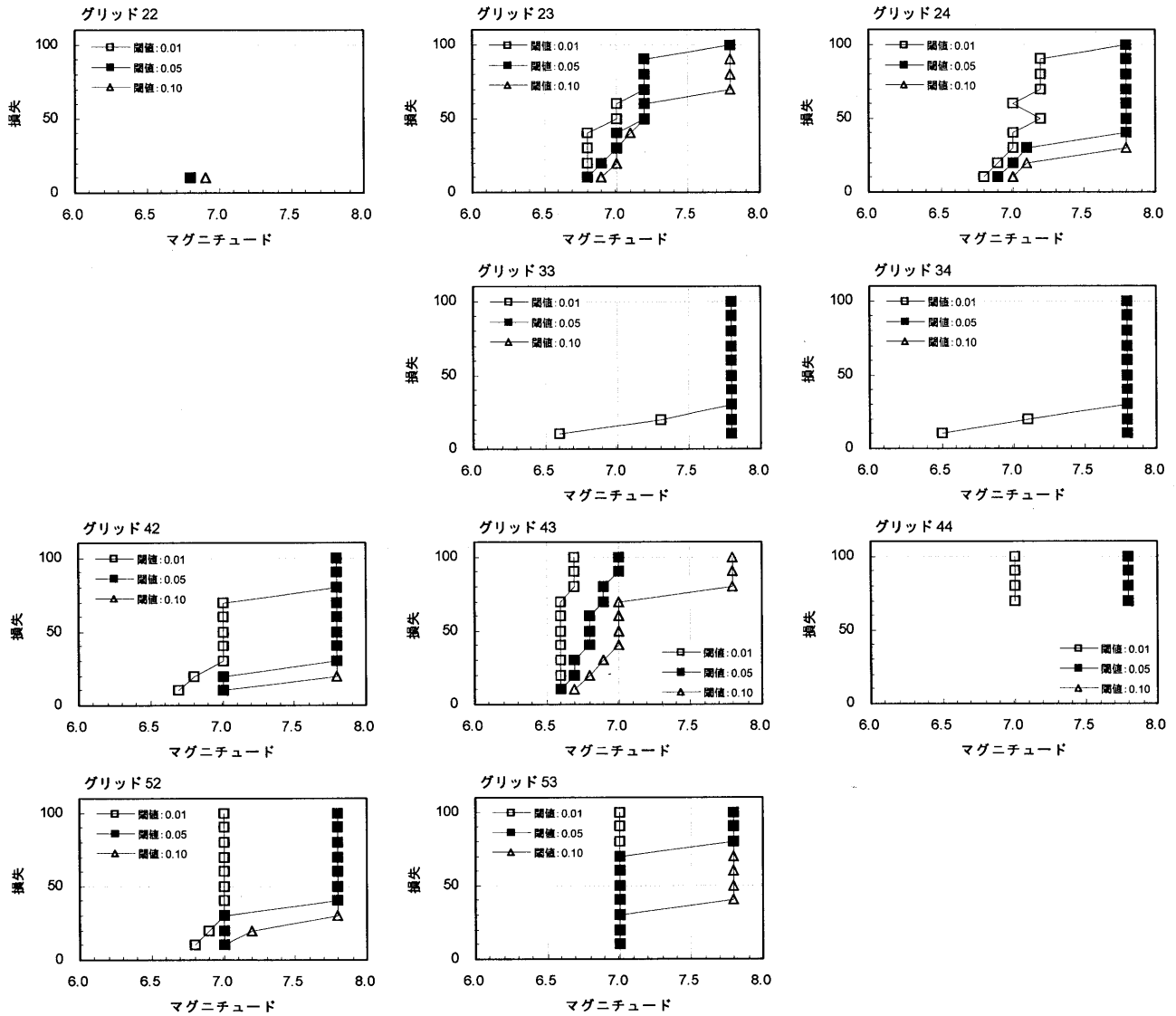


図8 元本没収関数の評価例

Annual Expected Loss) についても比較検討する。

4.2 リスクファイナンス諸元の設定

(1) 提案手法に関する諸元

グリッドに関しては、損失に支配的と考えられる関東地震をほぼ含んでいること (br_1 の抑制), 寄与しない地震をなるべく排除すること (br_2 の抑制), という観点から, 図7に示したグリッドの内, 閾値0.05に対応するものを採用した。設定したグリッドを図9に示す。

元本没収関数については, グリッドと同様に br_1 と br_2 の抑制を考慮し, 閾値0.05のものを採用した。なお, 免責額は $l_A=10$ としている。設定した元本没収関数を図10に示す。前述したように, グリッド22の損失は免責額にとどまるので, 実際には補填は発生しない。

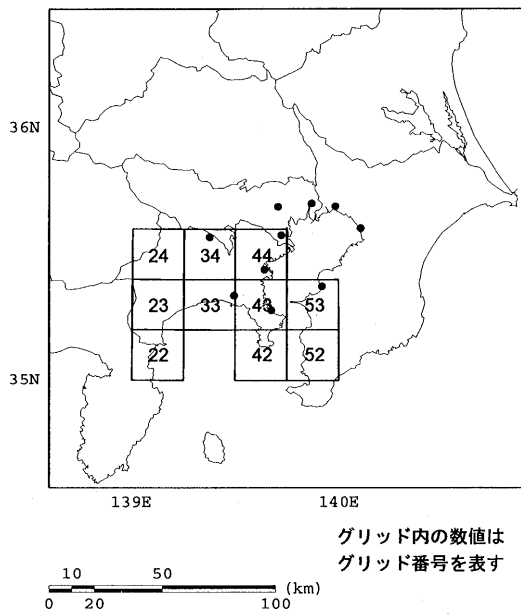


図9 設定したグリッド (提案手法)

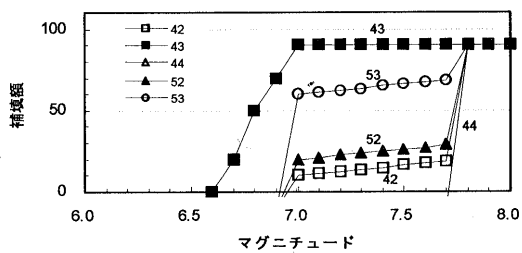
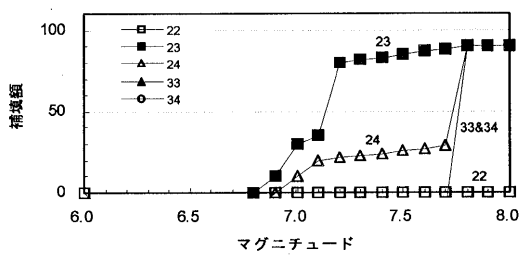


図10 設定した元本没収関数 (提案手法)

(2) 従来手法に関する諸元

グリッドに関しては, 福島・矢代を参照して, 建物群を取り囲む

長方形として設定する。ここでは, 図6を参照して, 図11に示すような2種類のグリッドを設定した。

元本没収関数については, 図8を参照し, M7.0で補填開始し, M7.8で最大補填額に至るように設定した。なお, M7.0のときの損失を20 (補填額は10) とした。M7.1~M7.7の補填額は直線補間により求めた。設定した元本没収関数を図12に示す。

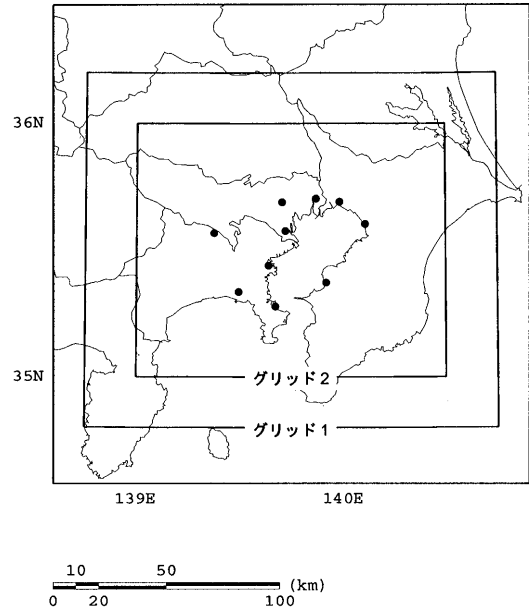


図11 設定したグリッド (従来手法)

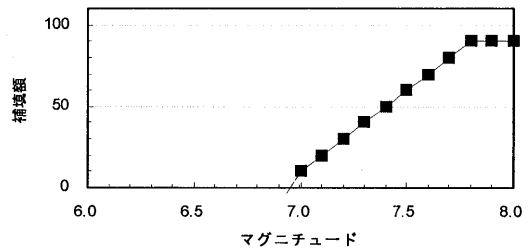


図12 設定した元本没収関数 (従来手法)

(3) 損失トリガーの条件設定

ベースリスク算定の基準となる損失トリガーの諸元は, 図5に基づき, 免責額 $l_A=10$ と引受限度額 $l_E=100$ とする。これより, 損失 x に対する補填額 c_I は次式で求められる。

$$c_I = 0.0 \quad , \quad \text{if } x \leq l_A \quad (7a)$$

$$c_I = x - l_A \quad , \quad \text{if } l_A < x < l_E \quad (7b)$$

$$c_I = l_E - l_A \quad , \quad \text{if } l_E \leq x \quad (7c)$$

4.3 ベースリスクの評価

ポートフォリオのリスク解析は, 福島・矢代⁴⁾に示した方法を用いる。同手法は多数のイベントによる損失をその大きさに従って順位付け, 所与の損失レベルを超過する年間確率を求めるものである。

従って, ベースリスクそのものも, 確率論的な評価となる。すなわち, ベースリスクの大きさと, その年超過確率を表すリスクカーブとして表記される。

4.4 解析結果

(1) ベーシスリスクの比較

図13にベーシスリスクに関するリスクカーブ (90%非超過値) を示す。同図中、実線は提案手法によるものを、破線は従来手法 (グリッド1) によるものを、点線は従来手法 (グリッド2) によるものをそれぞれ示す。

提案手法と従来手法では、 br_1 については差異が小さいことがわかる。一方、 br_2 については、提案手法のリスクカーブが最も小さい。このことは、 br_1 を小さく留めつつ(スクリーニングにおいて小さめに閾値を採用することに相当)、 br_2 を与えるようなイベントを排除するという提案手法の特徴によるものである。

PMLとAEL^(*)を表3に示す。PMLは再現期間475年に対応した損失の90%非超過値とし、AELは50%非超過値を示している。リスクカーブの比較と同様、 br_1 は同程度であるのに対し、 br_2 は大きく異なっている。過度の補填である br_2 はリスクコストに直結していることから、提案手法を用いることで、リスクコストの低減が可能になると期待される。

(2) リスクヘッジャーとリスクテイカーのリスクの比較

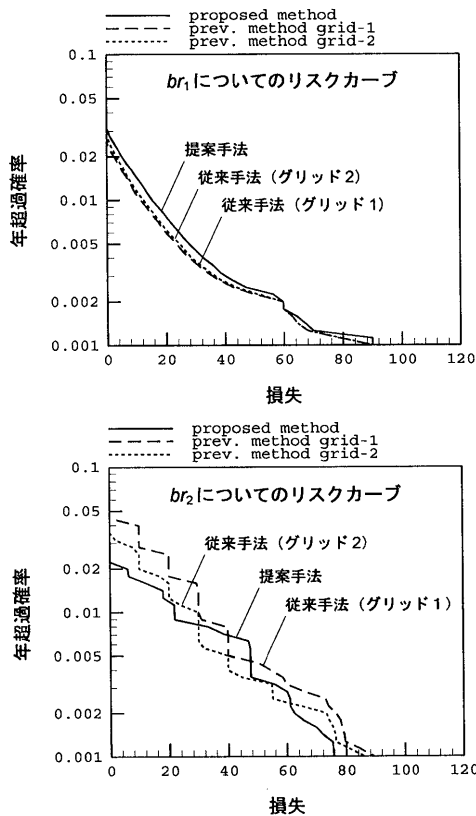


図13 ベーシスリスクのリスクカーブ

表3 ベーシスリスクの代表値

リスクファイナンス手法	ベーシスリスク : br_1		ベーシスリスク : br_2		
	AEL ₅₀	PML ₉₀	AEL ₅₀	PML ₉₀	
提案手法	0.387	59.7	0.550	61.2	
従来手法	グリッド01	0.307	57.2	1.006	75.7
	グリッド02	0.325	59.1	0.667	71.3

AEL₅₀ : 年間期待損失の50%非超過値
 PML₉₀ : 予想最大損失の90%非超過値

図14にリスクヘッジャー (リスクマネジメント主体) とリスクテイカー (リスクを引き受ける一般投資家) に関するリスクカーブを示す。線種については図13と同様である。

ここで、リスクヘッジャーの損失 l_h , リスクテイカーの損失 (= パラメトリックトリガーによる補填額) c_p , リスク移転前のポートフォリオの損失 l_p は、以下の関係にある。

$$l_h = l_p - c_p \tag{8}$$

br_1 が関与するリスクヘッジャーのリスクカーブについては、 br_1 のリスクカーブと同様に、3者の差異は小さい。これに対し、 br_2 が関与するリスクテイカーのリスクカーブは、提案手法によるリスクカーブが最も小さい。特に、リスクコストに対して支配的な高頻度・低損失の部分が大きく低減していることがわかる。

リスクヘッジャーとリスクテイカーの損失を表4にまとめる。リスクヘッジャーのPMLは比較的ばらついている。これはリスクカーブの平坦な部分でPMLを求めているために、年超過確率に対する損失の感度が高いことによるものである。

一方、リスクコストがリスクテイカーのAELに比例すると仮定するならば、グリッド1では40%超、グリッド2では20%の低減に繋

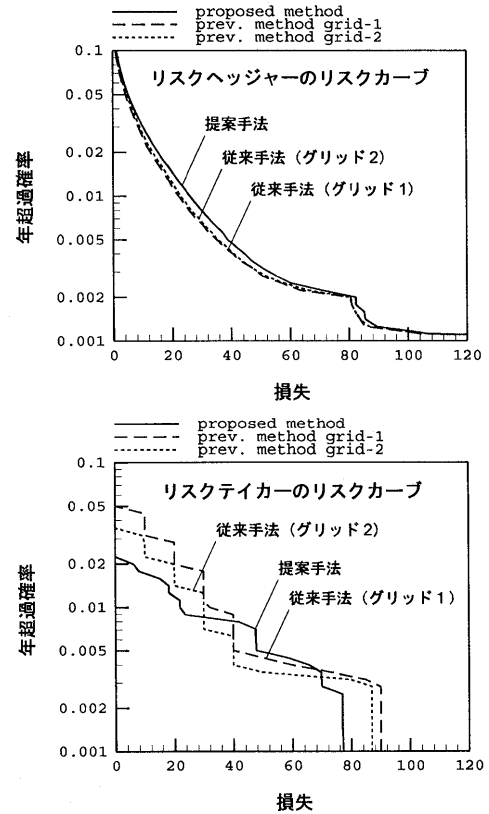


図14 リスクヘッジャーとリスクテイカーのリスクカーブ

表4 リスクヘッジャーとリスクテイカーのリスク

リスクファイナンス手法	リスクヘッジャー		リスクテイカー		
	AEL ₅₀	PML ₉₀	AEL ₅₀	PML ₉₀	
リスクファイナンス無し	1.278	94.3	-	-	
提案手法	0.559	82.9	0.717	77.0	
従来手法	グリッド01	0.024	76.3	1.252	90.0
	グリッド02	0.378	77.1	0.898	86.9

AEL₅₀ : 年間期待損失の50%非超過値
 PML₉₀ : 予想最大損失の90%非超過値

がる。すなわち、リスクマネジメント主体のリスクを維持したまま、リスクコストを低減することができる。

5. まとめ

本研究では、地震リスクデリバティブの合理的な設計手法の確立を目的として、ベースリスクの低減に着目したパラメトリックトリガーの設定方法を提案・構築した。さらに、10棟の建物からなるモデルポートフォリオを対象に本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) 本研究で採用したような fragility を有する建物の損失に寄与する地震規模は比較的大きく、結果として、大規模地震発生活動域に対応したグリッドが抽出された。これは、従来のように建物群の配置に対してグリッドを設定することが必ずしも適切ではないことを示している。
- 2) ポートフォリオの損失と地震規模の関係は、グリッドにより大きく異なる。これは、各グリッドに含まれる地震の活動度が異なるためであり、従来のように広範囲のグリッドと1つの元本没収関数を用いることの不合理性を示している。
- 3) 本提案手法によれば、ポートフォリオの損失に対する寄与の観点から、 br_1 (補填が不十分となるリスク) の増大を避けながら、 br_2 (過度な補填となるリスク) を小さく留めることができる。すなわち、リスクヘッジャーのリスクの増大を避けながら、リスクテイカーのリスクを低減でき、リスクコストの削減に繋げることができる。

ここで提案した手法は、地震リスクデリバティブの商品設計上重要な問題として考えられてきたベースリスクを系統的な手順を用いて低減するものである。リスクマネジメント主体は本手法により、適切に地震リスクデリバティブを設計できる。

なお、本研究では、予め設定するグリッドを複数の長方形としたが、その形状や大きさについては検討の余地が残されている。また、金融商品としての透明性という観点からは、各グリッドの寄与を勘案した上で、より単純な形状及び元本没収関数を設定することも必要である。これらの課題については、今後、検討を行う予定である。

注

注1) 地震保険

地震に関する損害保険には、住宅を対象とする地震保険と、事務所ビルや工場等を対象とし火災保険の特約として契約する火災保険拡張担保特約がある。本研究で扱う保険は後者になるが、論文では「地震保険」として記述する。

注2) 代替的リスク移転 (ART)

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客先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。一般にART手法は、従来の手法では引受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われる。

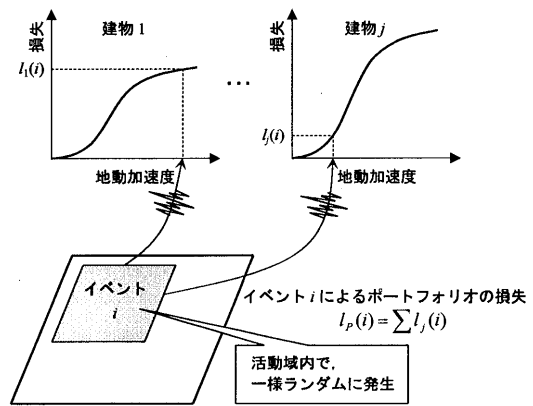
注3) ポートフォリオ解析の概念

多数の地震源による多数建物の評価であるポートフォリオ解析の概念を図Aに示す。同図で、 $l_j(i)$, $j=1, \dots, n$ はイベント*i*(地震ハザード

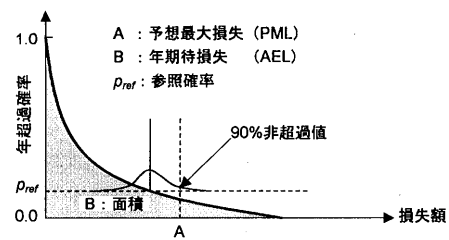
解析で用いる個々の要素地震をイベントと称する)による建物*j*の損失を示す。 n は建物総数、 $l_p(i)$ はイベント*i*によるポートフォリオの損失である。多数のイベントによる損失をその大きさに従って順位付け、所与の損失レベルを超過する発生確率を求める。この関係を示したものがリスクカーブである。また、 $l_p(i)$ をリスクヘッジャー(リスクを回避する側)とリスクテイカー(リスクを引き受ける側)に按分し、上記の手順を行うことで、リスクヘッジャーのリスクカーブと、リスクテイカーのリスクカーブを、それぞれ求めることができる。

注4) リスクカーブによる損失評価

所与の年超過確率 p_{ref} とし、 p_{ref} に対応する損失の90%非超過値からPMLが求められる。図BのPMLに対応する。一方、AELは50%非超過値を結んだリスクカーブと、X軸、Y軸で囲まれた面積として求められる。



図A ポートフォリオ解析の概念



図B リスクカーブと損失の関係

参考文献

- 1) 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
- 2) 日吉信弘: 代替的リスク移転 (ART) —新しいリスク移転の理論と実務—, 保険毎日新聞社, 2000.6
- 3) 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
- 4) 福島誠一郎, 矢代晴実: 地震ポートフォリオ解析による多地点に配置された建物群のリスク評価, 日本建築学会計画系論文集, No. 552, pp.169-176, 2002.2
- 5) 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

(2006年7月10日原稿受理, 2006年12月25日採用決定)