

事業継続のためのリスクファイナンス手法の提案

PROPOSAL OF RISK FINANCING METHOD TO SECURE BUSINESS CONTINUITY

西川 智*, 福島 誠一郎**, 矢代 晴実***

Satoru NISHIKAWA, Sei'ichiro FUKUSHIMA and Harumi YASHIRO

Securing immediate funding for business recovery is indispensable for minimizing economic damage by sudden disasters. The Japanese Government recently issued a set of business continuity & disaster preparedness guidelines where it calls for businesses to plan for quick resumption of operations. 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, the pros and cons of existing risk financing methods are examined. 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. Through the application, the following findings were obtained; this method allows sufficient risk transfer as provided by earthquake insurance and also enables immediate funding, compared to existing ART methods this method enables lowering the cost by risk takers, hence, this method is attractive for both the recipient and the risk takers and has good possibility to be a new tool for risk financing.

Keywords: Business Continuity, Seismic risk, Risk financing, Parametric Trigger, Basis risk

事業継続, 地震リスク, リスクファイナンス, パラメトリックトリガー, ベーシスリスク

1. はじめに

平成 17 年 8 月, 事業体の減災と災害対応の向上を目的として, 内閣府より「事業継続ガイドライン 第一版」¹⁾が示された。同ガイドラインでは, 人命の確保, 二次災害の防止を前提としながら, 事業体が事業継続に取り組むことの主旨と論点が説かれている。

事業継続への具体的な取り組みは事業体に依存する。全国各地あるいは全世界に事業展開している事業体に対しては, 多地域でのリスク分散や被災地での事業撤退という選択肢が存在するが, 操業地域が限定されている事業体にとっては, 被災地での早期操業開催を選択せざるを得ない。このような事業体としては, 鉄道, 電力, ガス, 水道といった地域独占型サービス業, ホテル, ショッピングセンターといった商圈を有する業種, さらに, 地域独占サービス業である自治体が挙げられる。

さて, 災害被災後の業務再開の上で, 資金調達には常に大きな課題である。十分な資産を保有しているにも関わらず, 運転資金が確保できないために事業体が倒産したという事実は, 阪神・淡路大震災の際にも見られた。言い換えるなら, 被災後の資金調達が迅速かつ安定した形で確保できるならば, 経済被害の拡大を最小限に留めることができると考えられる。

自然災害リスクを含むリスク全般に対する経済的な補填は, リスク

ファイナンスと呼ばれ, 損害保険に代表されてきた。地震リスクに対しては地震保険^{注1)}がその役を担ってきたが, 損失の見積もりに時間を要することや引き受けキャパシティの制限により, 迅速かつ安定的という観点からは, 被災後の業務再開に十分対応することができない場合もある。

ところで, 近年では金融工学の発展に伴い, 自然災害リスクのヘッジに関しても, 保険市場以外に原資を求めることや, 損失以外の支払い基準を採用することが可能になってきた。福島・他²⁾では, 地震リスクを証券化することで, 損失補填の原資を資本市場に求めている。また, 矢代・他³⁾では, 事業体間で互いに復旧費用を融通し合うというリスクスワップ手法を提案している。これらの検討事例においては, 支払い基準として, 地震の発生位置と地震規模等の客観的な値(以下, パラメトリックトリガー)を用いており, 補填額の評価に透明性と迅速性を与えている。

一方, パラメトリックトリガーを用いるリスクファイナンス手法には, 実際の損失と補填額との乖離によるリスク(以下, ベーシスリスク)が存在する。矢代・他⁴⁾では, ベーシスリスクによる不利益を, 不十分な補填に伴うリスクと, 過度な補填に伴うリスク対策コストに大別し, これらが互いにトレードオフの関係にあることを示している。また, そのために地震保険に比べてリスクヘッジに要する費用が割高

* 内閣府(防災担当) 工修

** 東電設計(株) 博士(工学)

*** 東京海上日動リスクコンサルティング(株) 博士(工学)

Cabinet Office (Disaster Management), M. Eng.

Tokyo Electric Power Services Co., Ltd., Dr. Eng.

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

であり、普及の阻害要因となっている。

そこで、パラメトリックトリガーを用いながら、ベースリスクを小さく留めるようなリスクファイナンス手法が実現されれば、その普及によって災害時の経済損失の拡大を防ぐことが可能となり、事業体の事業継続の確保に繋がると考えられる。

本研究では以上を鑑み、損失に基づくトリガー（以下、損失トリガー）とパラメトリックトリガーの両者の特徴を有するリスクファイナンス手法を提案・構築するとともに、当該手法をモデル事業体のリスク評価に適用し、その有効性を検討する。

2. リスクファイナンスの概要

2.1 リスクマネジメントにおけるリスクファイナンスの役割

日本でリスクマネジメントを行う場合、耐震補強等の事業プロセスの改善に関心が偏りがちであるが、欧米で見られるように、事業体の抱えるリスクが顕現化することに伴う経済的損失を如何にコントロールするかということも、リスクマネジメントの一環として重要な経営課題である。

リスクファイナンスの発想は、事業プロセスの改善によっても排除しきれないリスクについて手当を実施するというものである。すなわち、リスクファイナンスは、残余リスクが顕現化し、財務的損失が発生した場合でも、事業体財務の健全性を維持するための金融・財務的手法である。事業体はリスクファイナンスに取り組むことで、将来発生するかもしれない財務的損失を一定の予想の範囲内に収める可能性を高めることが出来るようになり、この結果として事業体の期間損益の平準化を図ることが可能となる他、倒産という最悪の事態を回避することも可能になっていると考えられる。

2.2 リスクファイナンス手法

冒頭に述べたように、損害保険は事業体のリスクファイナンス手法の一つとして重要な役割を果たしてきた。ただし、損害保険の市場のキャパシティは資本市場の規模と比べて小さいため、リスクによっては保険のキャパシティが急激に縮小したり、再保険料が激しく変動したりする場合も少なくなく、支払い保険料の平準化を通じた効率的なリスクファイナンスが行えないという指摘がある。とりわけ、昨今の自然災害やテロ等の頻発による保険金の支払い増に伴い、このようなことが顕著に現れてきており、特に日本の地震リスクについては、保険会社の引き受けキャパシティは限定的になってきている。この結果、日本においてニーズの高い地震保険に対して、十分な対応ができていないのが実情である。

一方、一部の事業体では、より効率的にリスクファイナンスを行うため、従来型の保険契約以外のリスク移転手法（以下、ART, Alternative Risk Transfer：代替的リスク移転）を活用しつつある。これまでのように単にリスクを保険会社に付保するのみならず、リスクの特性、リスク保有コスト・移転コストを勘案し、リスクを自己保有するか外部移転するか、あるいは、リスクの移転先として保険会社・保険市場を活用するか資本市場を活用するかを検討し、複数の手法を組み合わせ、リスクファイナンスを実施する動きが見られる。

デリバティブの活用により事業体が抱えるリスクを資本市場に移転することで、保険市場でキャパシティ不足となっているリスク（自然災害等）やリスクの特性上保険会社への付保が困難なリスク（地震

による営業利益喪失、環境被害等）についてリスクファイナンスを行うことが可能となる。表1に各リスクファイナンス手法を概括する。

ARTの活用において最もポピュラーなのが、リスクを証券化しCATボンド（Catastrophe Bond）と呼ばれる証券を資本市場で発行するものである。その優位性として、証券化によりリスクの小口分散を図ることができること、保険がカバーする直接損害（工場の損壊等）だけでなく、間接損害（地震による事業の中断等）にも対応できること、資金の支払いが迅速であること等が挙げられる。また、資本市場は投資家の厚みもあり相対的に資金量も豊富となっており（因みに、東証一部の時価総額は400兆円程度）、同市場にアクセスすることにより、多様なリスクを機動的に分散することが期待できる。

また、デリバティブの活用としては、一部でスワップを活用している事例が見られる他、米国シカゴ取引所では「災害指数」を利用したオプションが取引されている。

表1 自然災害リスクの金融的な処理方法

分類	方式	方法	処理内容
事業体内部でリスク負担	自家保有	無保険	損失を当年度利益で吸収
	遡及的料率算出方法	保険契約	損失を次年度以降の会計年次へ分散し、各年度の利益で吸収
	他年度拘束保険契約	保険契約	損失を次年度以降の会計年次へ分散し、各年度の利益で吸収
	キャプティブ保険会社	保険契約 再保険契約	子会社の株主資本で吸収
	融資予約方式	融資契約	長期借入金でキャッシュフローを確保（長期負債として処理）
事業体外部へリスク移転	非常時劣後債発行権	債権発行	株主へのリスク移転
	非常時株式発行権	増資	株主へのリスク移転
	保険	保険契約	保険市場へのリスク移転
	共済	共済加入	共済組員へのリスク移転
	デリバティブ	金融取引	金融派生商品（デリバティブ）市場へのリスク移転
	証券化	証券取引	資本市場へのリスク移転

3. ベースリスクに着目したリスクファイナンス手法の提案

3.1 ベースリスクの定義

リスクファイナンスを実施するには費用（以下、リスクコスト）が伴う。経常利益の変動として吸収できるような高頻度・低額の損失に対してリスクコストを費やすことは合理的ではなく、一方、巨額の損失に対して全額を補填することは、極めて大きなリスクコストに繋がするため、現実的ではない。したがって、地震保険のように、免責額と引受限度額で規定される支払方法がリスクファイナンスにおいて合理的である。そこで、次式に示すように、損失トリガーで与えられる補填額を参照補填額とし、これとパラメトリックトリガーで与えられる補填額との乖離をベースリスクとして定義する。

$$BR_1 = L_c - L_c^*, \text{ if } L_c^* < L_c \quad (1a)$$

$$BR_2 = L_c^* - L_c, \text{ if } L_c^* > L_c \quad (1b)$$

ここで、 L_c は損失トリガーで与えられる補填額、 L_c^* はパラメトリックトリガーで与えられる補填額である。 BR_1 は $L_c^* < L_c$ となる場合のベースリスクで、所定の補填が行われないうことに対応する。すな

わち、リスクヘッジを行う事業体のリスクとなる。一方、 BR_2 は $L_c^* > L_c$ となる場合のベースリスクで、過度の補填が行われることに対応する。これは事業体のリスクの移転先が負うリスクであり、その大きさに見合ったリスクコストが事業体に発生する。

BR_1 と BR_2 は、その定義により互いにトレードオフの関係にある。そのため、リスクマネジメントの目的から BR_1 をある程度小さく抑えるためには、 BR_2 は大きくならざるを得ない。

3.2 提案するリスクファイナンス手法

災害直後の資金調達観点からパラメトリックトリガーを採用するため、 BR_1 は不可避である。 BR_1 を従来手法と同程度に維持しながら BR_2 を低減することができれば、リスクコストの低減に繋がり、より合理的なリスクファイナンスの実現が可能になると考えられる。

そこで、本研究では次式に示すような補填方法を提案する。

$$L_c^* = L_c^* \quad , \text{if } L_c^* < L_c \quad (2a)$$

$$L_c^* = L_c^* - r \cdot (L_c^* - L_c) \quad , \text{if } L_c^* > L_c \quad (2b)$$

ここで、 L_c^* は提案手法による補填額である。また、 $L_c^* < L_c$ の場合には、パラメトリックトリガーで規定される補填額となる。 $L_c^* > L_c$ の場合には、 L_c^* と L_c の差額に係数 r を乗じた値をパラメトリックトリガーで規定される補填額から減じた額が補填される。 r は減額分を規定する変数で、この新しいリスクファイナンス契約を締結する際に予め定めるものである。 $r=0$ 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。

(1b)式が不必要な補填までを行わずを得ないのに対し、(2b)式は必要な補填のみを行うことができる。すなわち、前者は先物取引的なリスクファイナンスであり、後者はオプション取引的なリスクファイナンスであると考えられる。

また、(2b)式は、次式のように書き換えることができる。

$$L_c^* = L_c + (1-r)(L_c^* - L_c) \quad , \text{if } L_c^* > L_c \quad (3)$$

(3)式の右辺第2項は、 $L_c^* > L_c$ という条件で、パラメトリックトリガーに損失トリガーの振る舞いをさせるときの余剰な補填額であり、損失トリガーに対するパラメトリックトリガーのコスト増の1つの要因である。

(2b)式が示すように、 $L_c^* > L_c$ の場合の補填額の設定には BR_2 の評価が必要となる。そのため、実際の運用においては、災害発生直後に L_c^* を徴収し、 L_c の見積もりが終了した段階で $r \cdot BR_2$ を返却するという2段階の手順が必要になる。(2)式の補填方法を採用した場合、ベースリスクは次式のように求められる。

$$BR_1 = L_c - L_c^* = L_c - L_c^* \quad , \text{if } L_c^* < L_c \quad (4a)$$

$$BR_2 = L_c^* - L_c = (1-r)(L_c^* - L_c) \quad , \text{if } L_c^* > L_c \quad (4b)$$

(4a)式は、定義により(1a)式そのものであり、(4b)式は、(1b)式に $(1-r)$ を乗じたものとなっている。また、 $r=1$ とした場合には、ベースリスクは発生しない。

なお、 BR_1 についても BR_2 と同様に、 L_c の見積もりが終了した段階で不足補填額を追加徴収するという手法が考えられるが、リスクファイナンスの目的が被災後の即時性の高い資金調達であることから、本研究では検討外とした。

3.3 リスクファイナンスを考慮した地震リスク定量化の手順

筆者らは、多数の想定地震（以下、イベント）による損失の確率分布から対象建物群（以下、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⁵⁾。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。

提案するリスクファイナンス手法を用いた地震リスク定量化の手順を図1に示す。

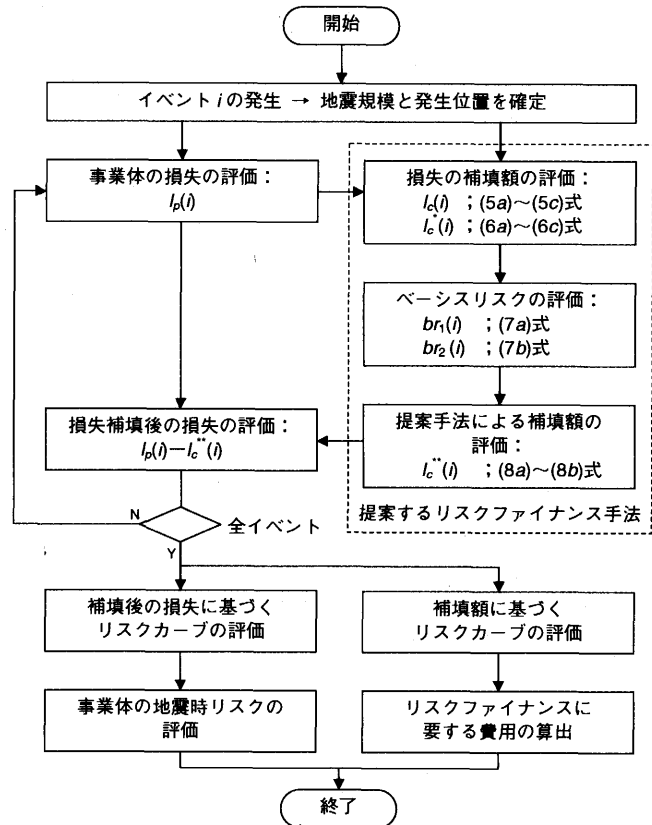


図1 地震リスク定量化の手順

(1) 損失トリガーによる補填額の算出

イベント i による補填額 $l_c(i)$ を次式で与える。

$$l_c(i) = 0 \quad , \text{if } l_p(i) < l_A \quad (5a)$$

$$l_c(i) = l_p(i) - l_A \quad , \text{if } l_A \leq l_p(i) \leq l_E \quad (5b)$$

$$l_c(i) = l_E - l_A \quad , \text{if } l_E < l_p(i) \quad (5c)$$

ここで、 $l_p(i)$ はポートフォリオの全体の損失、 l_A は免責額、 l_E は引受限度額である。

(2) パラメトリックトリガーによる補填額の算出

パラメトリックトリガーとしては、地震の発生位置と地震規模の2変数を採用する。このとき、イベント i による補填額 $l_c^*(i)$ を次式で与える。

$$l_c^*(i) = 0 \quad , \text{if } M(i) < M_A \quad (6a)$$

$$l_c^*(i) = C \cdot p \cdot f[M(i)] \quad , \text{if } M_A \leq M(i) \leq M_E \quad (6b)$$

$$l_c^*(i) = C \cdot p \quad , \text{if } M_E < M(i) \quad (6c)$$

ここで、 $M(i)$ はイベント i のマグニチュード、 M_A は元本没収が開始されるマグニチュード、 M_E は元本没収率が100%に至るマグニチ

ユード, $f[\cdot]$ はマグニチュードと元本没収の関係を規定する関数, p は地震の元本没収の対象となる地震の発生位置を規定する領域(以下, グリッド) から与えられる補填確率, C は元本である。

(3) ベーシスリスクの算出

イベント i によるベーシスリスクを $br_1(i)$ 及び $br_2(i)$ とすると, これらは次式で求められる。

$$br_1(i) = l_c(i) - l_c^*(i) \quad , \text{ if } l_c^*(i) < l_c(i) \quad (7a)$$

$$br_2(i) = (1-r)[l_c^*(i) - l_c(i)] \quad , \text{ if } l_c^*(i) > l_c(i) \quad (7b)$$

ここで, $l_c(i)$ と $l_c^*(i)$ は, それぞれ(5)式と(6)式で与えられる補填額である。

(4) 提案手法による補填額の算出

(5)式と(6)式で与えられる補填額ならびに(7)式で与えられるベーシスリスクを用い, 次式によりイベント i 毎に補填額 $l_c^{**}(i)$ を評価する。

$$l_c^{**}(i) = l_c^*(i) \quad , \text{ if } l_c^* < l_c \quad (8a)$$

$$l_c^{**}(i) = l_c^*(i) - r[l_c^*(i) - l_c(i)] \quad , \text{ if } l_c^* > l_c \quad (8b)$$

4. 提案手法の有効性検証

4.1 諸条件の設定

(1) モデル事業体

ここでは, 図2に示すように, 南関東地域(1都2県)に10棟の建物群(以下, ポートフォリオ)を有する事業体を想定した。また, 建物の耐震性能および地震時被害額については全建物について同一とし, 福島・矢代²⁾に従い, 表2に示す値を採用した。

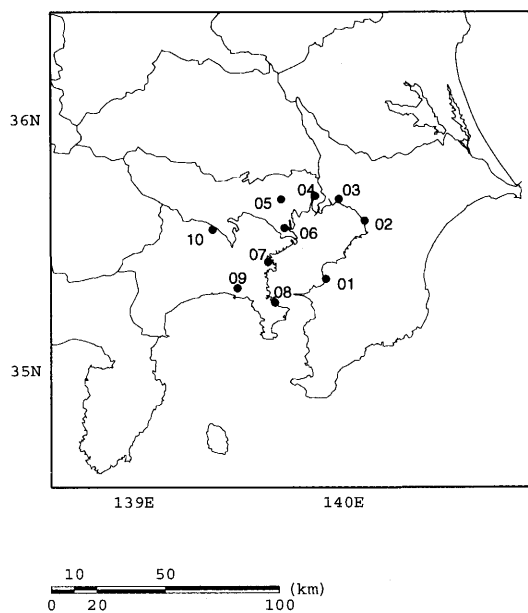


図2 建物群の配置

表2 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 & Yashiro⁶⁾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程度以上, 陸域ではマグニチュード7.0以上の地震が繰り返し発生する領域とし, 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3に設定した地震活動域を, 表3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⁶⁾。

$$\log a = 0.61M + 0.00501h - 2.203\log(d) + 1.377 \quad (9)$$

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

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。

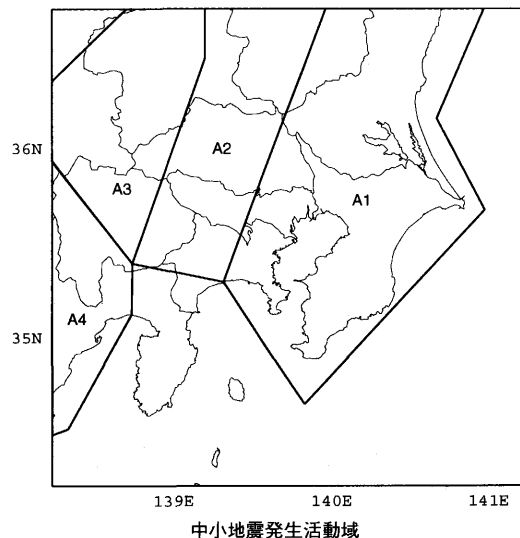
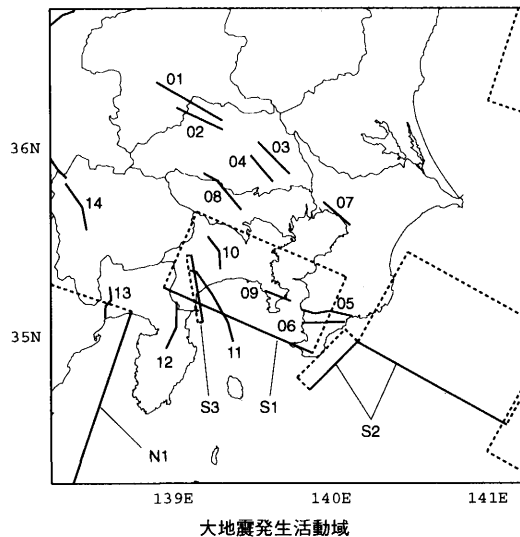


図3 設定した地震発生活動域

表3 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

(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、リスクファイナンスを考慮しない場合のリスクカーブから設定することとした。前述の条件から得られたリスクカーブを図4に示す。リスクカーブの推定には変動が伴うため、所与の非超過確率に対応する損失を結んでフラクタイルリスクカーブとして表現することが多い。図中の破線は50%非超過確率に、実線は90%非超過確率にそれぞれ対応する。なお、本研究では、特に記載しない場合、90%非超過確率に対応するものをリスクカーブとして採用する。

l_A については比較的短い期間である程度発生すると考えられる損失を、 l_E については供用年間に稀に発生する損失を割り当てた。具体的には、図4に示したリスクカーブから、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、 $l_A = 13.4$ 、 $l_E = 107.4$ と設定した。

一方、パラメトリックトリガーに係る諸元として、元本C、元本没収関数、グリッドを設定する。元本は、損失トリガーにおける支払限度額 ($l_E - l_A$) に等しいものとし、 $C = 94$ と設定した。

元本没収関数とグリッドに関しては、提案手法の効果を確認するために、 BR_2 が発生しやすいものとした。ここでは、福島・矢代²⁾を参照して、元本没収関数としては、図5に示すものを採用した。グリッドに関しては、図6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。

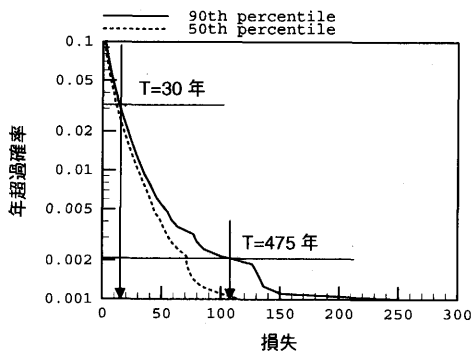


図4 リスクファイナンスを考慮しない場合のリスクカーブ

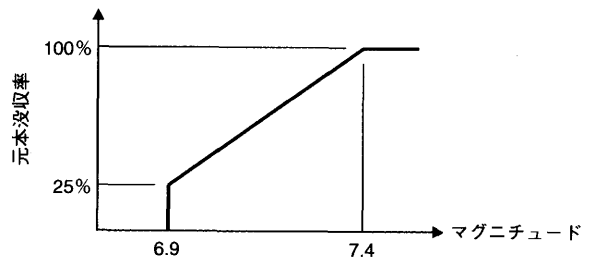


図5 設定した元本没収関数

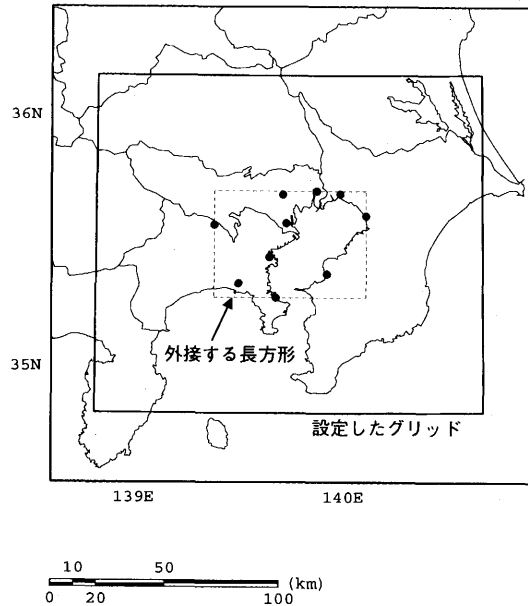


図6 設定したグリッド

(4) 解析ケース

解析ケースは、以下の3ケースとした。

- ケース1: 損失トリガーによるリスクファイナンス
- ケース2: パラメトリックトリガーによるリスクファイナンス
- ケース3: 提案手法によるリスクファイナンス

4.2 解析結果

(1) リスクカーブの比較

図7にリスクヘッジ側(事業者)とリスクテイク側(事業者のリスクを引き受ける保険会社や一般投資家)のリスクカーブを示す。一点鎖線はケース1を、破線はケース2を、実線はケース3を示す。

リスクヘッジ側のリスクカーブにおいてケース2をケース1と比較すると、免責額 $l_A = 13.4$ 以下では過度に補填されており、免責額以上では補填が不十分であることがわかる。すなわち、ケース2では、 BR_1 と BR_2 が発生している。これに対し、ケース3では、免責額以下ではケース1に一致し、免責額以上ではケース2に一致することから、 BR_1 のみが発生している。

一方、リスクテイク側のリスクカーブでは、ケース3はケース1に良く合致しており、損失トリガーと同様のリスク移転が達成できていると言える。一方、ケース2は、他者と比べて極めて大きく、過度のリスク移転になっている。

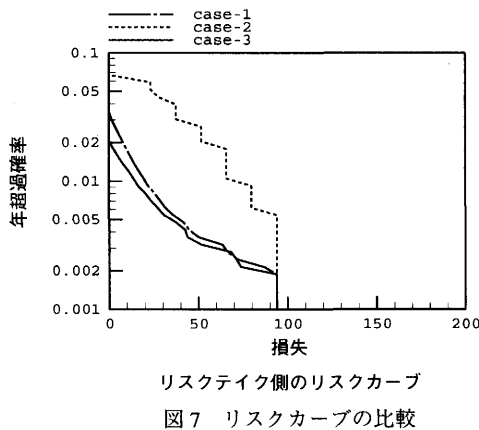
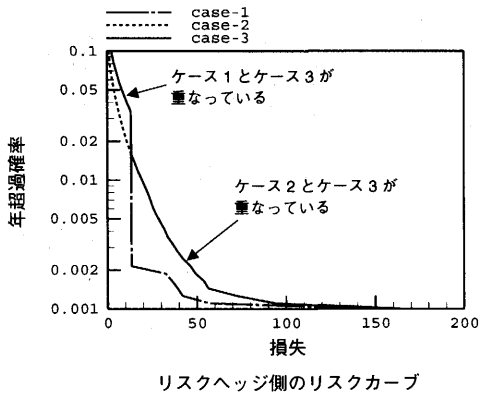


図7 リスクカーブの比較

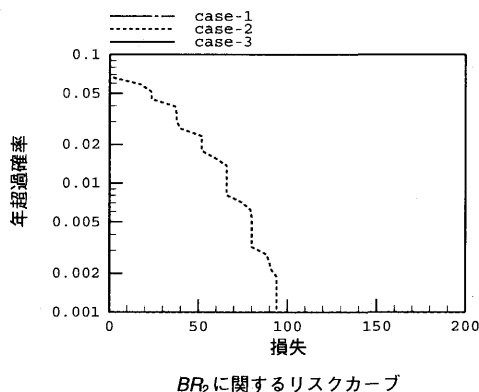
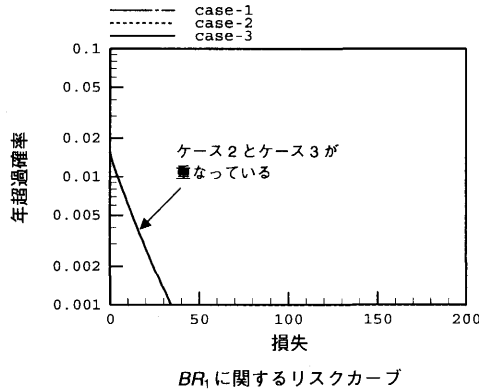


図8 リスクカーブの比較 (ベースリスク)

図8にベースリスクに関するリスクカーブを示す。破線はケース2を、実線はケース3をそれぞれ示す。また、定義によりケース1にはベースリスクは発生しない。

BR_1 はケース2とケース3で同一であり、また、 BR_2 が発生しやすいようにパラメトリックトリガーの変数を設定したために、リスクカーブそのものは比較的小さく抑えられている。一方、 BR_2 に関しては、ケース3では発生しないこと、ケース2では前述の理由により BR_1 に比べて大きめになっていることがわかる。

(2) 損失の比較

図7及び図8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無く、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、過大なリスクコスト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4に解析結果をまとめた。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、 BR_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。リスクコスト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、大幅にリスクコストを低減することが可能となる。

表4 損失の比較

リスク ファイナンス	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. リスクコストに基づく提案手法の実現可能性

5.1 リスクプレミアムを考慮したリスクファイナンス条件の設定

(1) リスクプレミアムの必要性

本手法では、 BR_2 は手法の性質上発生せず、 BR_1 はパラメトリックトリガーの変数の設定により原理的には0とすることが可能である。すなわち、前章で示したとおり、本提案手法はパラメトリックトリガーによる利点を有したまま、損失トリガーによるリスクファイナンスを実現するものである。

ところで、上記の優位点は、復旧費用の見積もり後に過大な資金を一般投資家に返却可能であることを前提としている。これは、事業者にとって都合が良い反面、一般投資家にとっては一時的ではあるが元本が過大に没収されるというリスクが伴う。したがって、そのリスク

に見合うプレミアムが要求されることは自然である。また、本提案手法がオプション取引的であることは前述したが、その意味でもオプション料に相当するプレミアムは必要である。

(2) リスクプレミアムの定式化と補填額

一時的な徴収金の額が大きいほど、リスクプレミアムが大きくなるとするのは自然である。そこで本研究では、最も単純な例として、リスクプレミアム RP を変換額の関数として次式で表すこととした。

$$RP = s(l_c'' - l_c) \tag{10}$$

ここで、 s はリスクプレミアムを規定する定数で、 $0.0 \leq s \leq 1.0$ とする。

復旧費用の見積もり後、一般投資家に RP を返却するためには、返却分を含んだ形で補填額 l_c'' を設定すれば良い。例えば、(8)式は、次式のように書き直すことができる。また、(11)式による補填方法を図示したものが図9である。

$$l_c''(i) = l_c'(i) \quad , \text{if } l_c' < l_c \tag{11a}$$

$$l_c''(i) = l_c'(i) - (r-s)[l_c'(i) - l_c(i)] \quad , \text{if } l_c' > l_c \tag{11b}$$

(11b)式において、 $s=0.0$ とした場合には4章の例題におけるケース3に等しくなり、リスクテイク側は過大没収に関連するリスクプレミアムを受け取ることはできない。一方、 $s=1.0$ とした場合にはケース2に等しくなり、リスクヘッジ側の優位性が失われる。 $s>1$ の場合には、むしろ従来手法を採用することが適切である。

したがって、図9において $0.0 < s < 1.0$ となる s を採用することで、リスクヘッジ側とリスクテイク側の双方に優位性を与えることができる。すなわち、リスクヘッジ側はPMLの低減効果を損なうことなく、パラメトリックトリガーと損失トリガーの優位性を併せ持ったリスクファイナンスが可能である。また、リスクテイク側は、本来負うべきリスクに見合ったリスクプレミアムに加えて、後に返却される元本についてのリスクプレミアムを得ることができる。

なお、両者にとっての優位性は s を変数としてトレードオフの関係にあるものの、その最適値を得ることは可能であると考える。

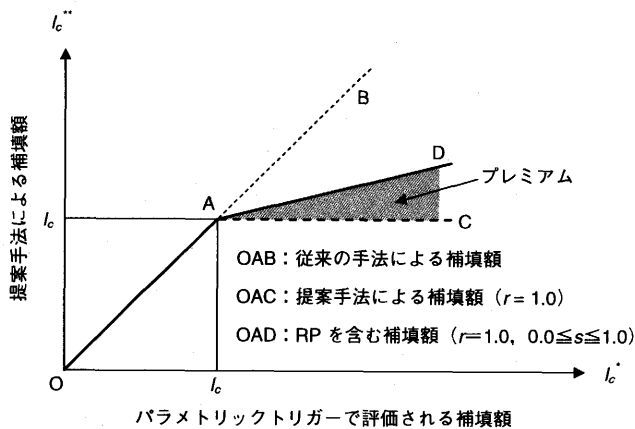


図9 リスクプレミアム (RP) を含んだ補填額の設定

5.2 解析条件

(1) モデル事業体と地震環境

モデル事業体及び地震環境は、4章で採用したものを踏襲する。したがって、事業体を構成する建物の配置と諸元は、図2と表2に示されているものと同一である。震源モデルとその諸元は、図3と表3に示されているものとし、距離減衰式は(9)式で示す安中式とした。

(2) リスクファイナンス手法と諸元

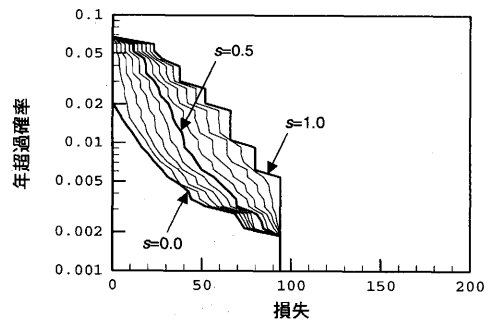
リスクファイナンス手法は提案手法とし、その諸元である、元本、元本没収関数、グリッドは、4章と同一とする。リスクプレミアムを規定する定数 s については、解析変数とし、 $0.0 \sim 1.0$ まで、 0.1 刻みで与えた。

5.3 解析結果

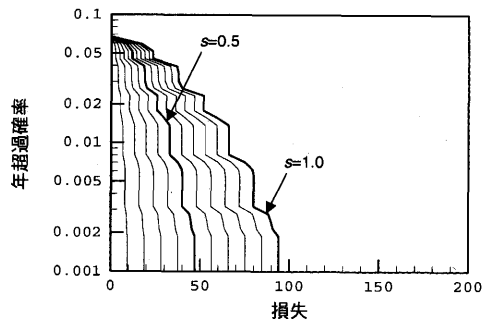
(1) リスクカーブの比較

図10にリスクテイク側のリスクカーブ及び BR_2 のリスクカーブを示す。なお、図9に示したように、最終的にリスクヘッジ側が得る補填額は s に関わらず同一であること、また、 BR_1 はその定義により、やはり s に関わらず同一であることから、これらに対するリスクカーブは図7及び図8に示したものと同一である。

s が大きくなるに従い、本提案手法によるリスクカーブ (図7及び図8のケース3) から、従来手法によるリスクカーブ (同、ケース2) に近づいていく。また、 BR_2 のリスクカーブが与える所与の年超過確率での損失は s と比例関係にあることがわかる。任意の s に対するリスクカーブと、 $s=0$ に対するリスクカーブの差は、その定義により BR_2 のリスクカーブに等しいことから、AELの増分は s と比例関係にある。



リスクテイク側のリスクカーブ



BR_2 に関するリスクカーブ

図10 リスクカーブの比較

(2) 変数 s と規準化 AEL

変数 s がリスクプレミアムに与える影響を検討するため、 s に対する規準化 AEL の値を整理した。ここで、規準化 AEL とは、図 7 のケース 3 に対応したリスクカーブから得られる AEL に対する他の AEL の比と定義する。また、リスクコストが AEL に比例すると考えるのならば、規準化 AEL は、本提案手法において、 $(r, s) = (1.0, 0.0)$ という条件で得られるリスクコストに対する、他の条件でのリスクコストの比と考えることもできる。

図 10 に示した 2 種類のリスクカーブについて求めた s と規準化 AEL の関係を図 11 に示す。表 4 にも示しているが提案手法と従来手法では、AEL で 8 倍強の差がある。リスクプレミアムの設定として、例えば、地震リスクの証券化等では LIBOR (London Inter-Bank Offered Rate: ロンドン銀行間取引利率) + 3% としているが²⁾、仮に 10% としても規準化 AEL は従来手法のものに比べて十分小さいことがわかる。

以上のことは、リスクヘッジ側及びリスクテイク側にとって、十分に魅力あるリスクファイナンス手法であることを示している。

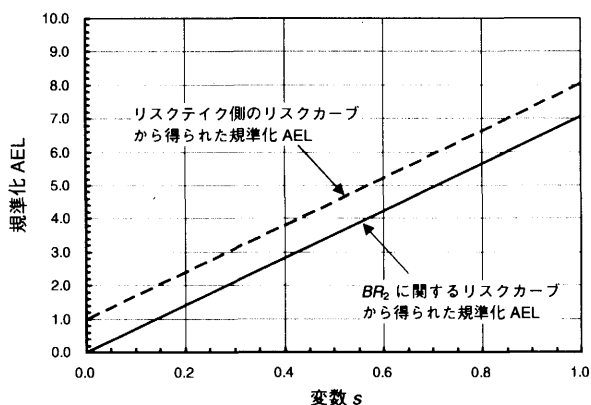


図 11 変数 s と規準化 AEL の関係

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、南関東地域に複数の建物を有する仮想の事業体を設定し、本提案手法の有効性や実現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、大幅にリスクコスト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、事業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。
- 4) 元本の一時的な没収に対してリスクプレミアムを支払うという枠組みは、一般投資家にとっては十分魅力的であり、また、事業体にとっても、従来手法に比べれば十分に小さいリスクコストでリスクファイナンスができるという点で望ましいものである。

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、リスクコストの低さという面で、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、そのリスクコストの大きさのために十分な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、事業体の業務再開の迅速化と経済被害の軽減に繋がるものであると考えられる。

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。

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。

参考文献

- 1) 内閣府：事業継続ガイドライン 第一版 - わが国企業の減災と災害対応の向上のために -、内閣府 HP
(<http://www.bousai.go.jp/MinkanToShijyou/guideline01.pdf>)
- 2) 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
- 3) 矢代晴実、福島誠一郎、都築充雄：地震リスクスワップの成立性と条件設定に関する研究、日本建築学会環境系論文集, No.586, pp.107-114, 2004.12
- 4) 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
- 5) 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
- 6) 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2月10日原稿受理, 2006年5月22日採用決定)