

3.1.4.4 保険デリバティブ制度の検討

目 次

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 5 ヶ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）
- (e) 平成18年度業務目的

(2) 平成18年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の実施方法
- (c) 業務の成果
- (d) 結論ならびに今後の課題
- (e) 引用文献
- (f) 成果の論文発表・口頭発表等
- (g) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 保険デリバティブ制度の検討

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
慶應義塾大学理工学部	教授	三田彰	mita@sd.keio.ac.jp
慶應義塾大学理工学研究科	大学院生	宮本龍	ryumiyamoto@hotmail.co.jp

(c) 業務の目的

再保険市場のキャパシティや保険料の問題等を有する従来の地震保険制度を保管することを目的として、これまで対象とされなかった地震被害リスクを保険デリバティブによってヘッジする仕組みについて検討する。

(d) 5カ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

1) 平成14年度：

保険デリバティブ設計の基礎となる地震リスクの定量化について、住宅を対象として具体的な地域を想定した検討を開始する。

2) 平成15年度：

リスク定量化で重要な役割をになう損傷曲線を単純なパラメトリック損傷モデルの一種としてとらえ、デリバティブへの適用に適した損傷モデルのあり方について検討する。

3) 平成16年度：

損傷モデルを活用した保険デリバティブの制度設計を行い、特定の地域を想定したシミュレーション解析を行う。

4) 平成17年度：

通常のデリバティブの適用が、そのままでは困難な個人住宅を対象とした、保険デリバティブ活用の手法について検討する。

5) 平成18年度

各種構造物、大都市や地方都市など幅広く展開可能な保険デリバティブの仕組みを提案する。

(e) 平成18年度業務目的

近年急速にコストが下がり、かつ信頼性も高まってきたセンサネットワークの利用を前提とすることで、より、実際の損傷状況との整合性の高いトリガ指標を用いることで、大都市や地方都市などに幅広く展開可能な保険デリバティブの仕組みについて提案する。

(2) 平成 18 年度の成果

(a) 業務の要約

昨年度提案したセンサネットワークを利用した精度の高い損傷モデルに基づくプレミアム計量手法を持つ地震デリバティブについて、支払い条件であるトリガの設定により、加入者の減災行動に経済的なインセンティブがどう与えられるかを検証した。

(b) 業務の実施方法

センサネットワークによる正確な損傷モデルが与えられることを前提として、提案した地震デリバティブが加入者の減災行動に経済的なインセンティブが与えられるかをシミュレーションで検証した。

(c) 業務の成果

1) 対象建物の設定

対象とする建物は、横浜市日吉駅周辺の一般家庭を想定し、総二階、100 m²の木造住宅とした。建設物価調査会の建築着工統計データファイル平成 15 年度計^[1]によれば、2003 年時点での木造建物の建築費単価は床面積あたりで 15.26 万円である。よって、対象建物価格を 1500 万円とした。家財の保有価格は、4 人家族（夫婦＋子供 2 人）を想定し、住宅の地震リスク定量化に関する文献など^{[2][3]}から、1200 万円とした。

横浜市は独自の耐震診断を進めており、その結果総合評点が既存不適格な 0.7 未満の建物が 20～50%存在することが判明している^[4]。よって、対象建物の耐震診断値（Is-WF）は、既存不適格な建物を想定し、0.5 と設定した。これら概要を表 1 に示す。

センサを基礎と二階屋根裏に設置して、建物の応答を監視できると仮定する。基礎に設置する速度センサから得られる値をトリガとするため、住民などが触ることができないようになっていると想定する。

表 1 対象建物の概要

建物位置	横浜市港北区日吉 (北緯 35° 33') (東経 139° 39')
構造種別	木造
階数	2 階建て (総二階)
延床面積	100 m ²
竣工年	1981 年
建物価格	1500 万円
家財	1200 万円
耐震診断値 (Is-WF)	0.5

2) 地震ハザード曲線の算出

地震ハザード曲線の算出には、構造安全研究会による「既存建物の標準的構造性能評価法の開発」での評価プログラム「建物構造性能評価^[5]」を用いた。今回のシミュレーションでは、プログラムのデフォルトでの設定を用い、ほぼ全国の地震源を考慮に入れた。

設定した地震源から、建物位置での地震ハザード曲線を算出する。「建物構造性能評価」では、画像として地震ハザード曲線が出力されるが、データとしての出力は、再現期間に対しての地震動（PGV）のみである。よって、再現期間4年から40000年までの再現期間を入力することにより、各再現期間でのPGVを出力させた。これをプロットとしたものを線形補間し、地震ハザード曲線を算出した。図1、図2に示す。

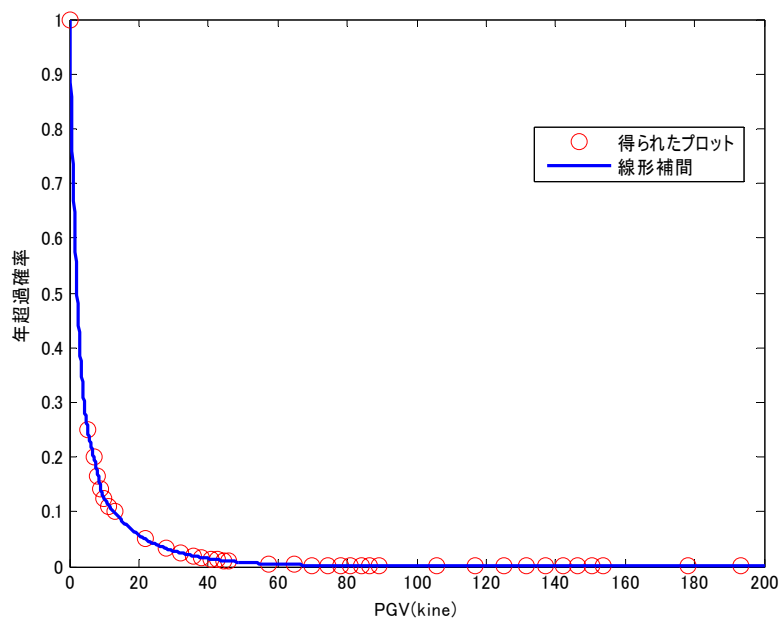


図1 地震ハザード曲線（超過確率：線形表示）

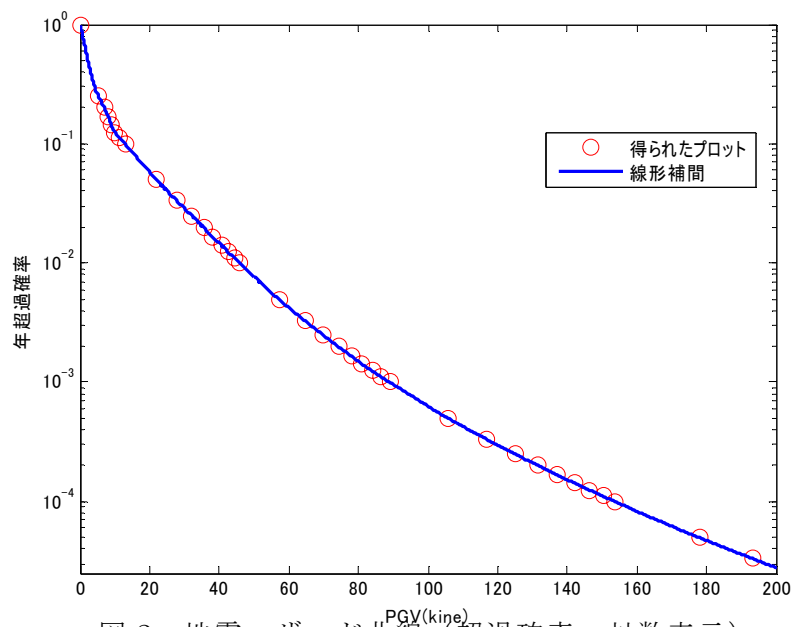


図2 地震ハザード曲線（超過確率：対数表示）

3) 建物耐力に対する評価

● 損傷度曲線

耐震診断値 I_s-WF が 0.5 の時、岡田らの研究から、ワイブル分布で表される損傷度関数のパラメータは、表 2 のようになり、これを用いて損傷度曲線を描いた。図 3 に示す。

表 2 $I_s-WF=0.5$ のときの損傷度曲線のパラメータ

形状母数 m	尺度母数 η
1.15	105

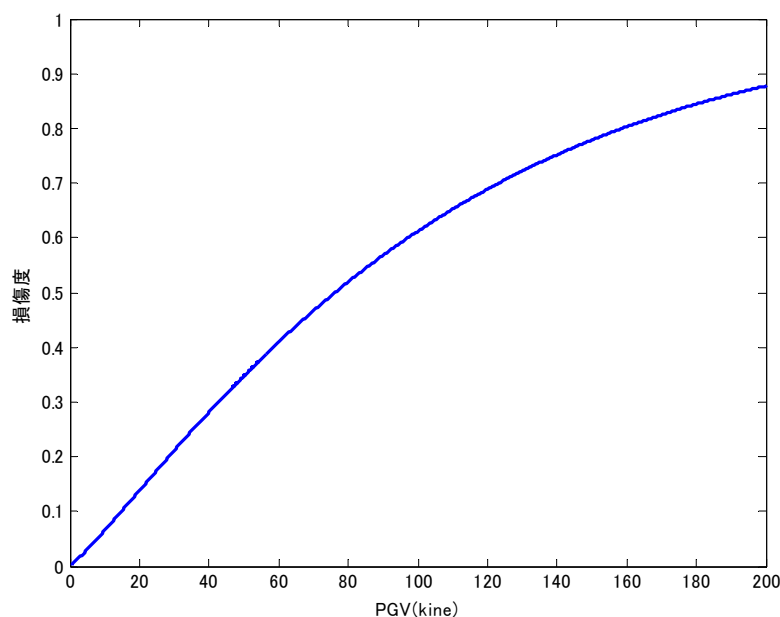


図 3 対象建物の損傷度曲線

● 地震ロス関数

前節で導いた損傷度曲線を基に、地震ロス関数を算出する。まず、各損傷状態における修理/再調達費用率を決定する。建物及び家財における損傷状態と修理/再調達費用率を表 3 に示す^[6]。各損傷状態と損傷度 (Damage Index) との関係^[7]は図 4 のような対応であるので、各損傷状態の中央値をとった。なお、経済的な被害は大破以上で 100%とした。

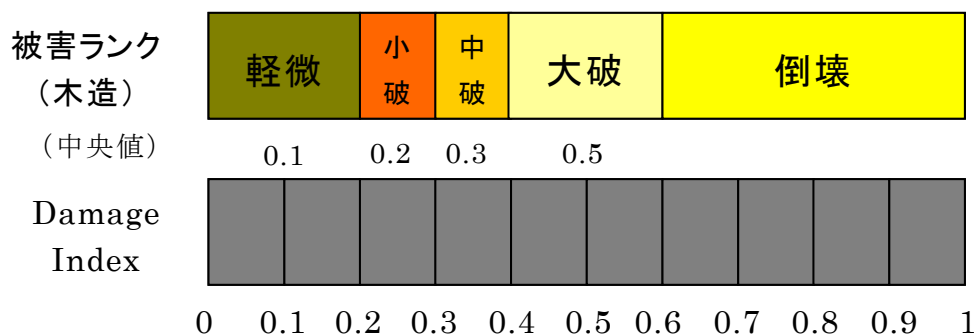


図 4 各損傷状態と損傷度との関係

表 3 損傷状態と修理/再調達費用率の対応

損傷状態	無被害	軽微	小破	中破	大破以上
損傷度	0	0.1	0.25	0.35	0.5
建物	0%	2%	10%	50%	100%
家財	0%	1%	5%	25%	50%

図 5 に損傷度関数に対応させた建物・家財の修理/再調達費用率を示す。これに、建物、家財の価格を掛ければ地震ロス関数となる。得られた地震ロス関数を図 6 に示す。

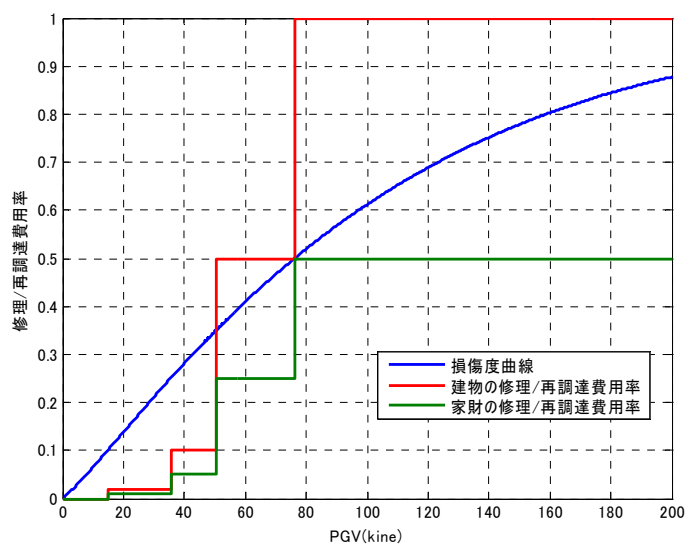


図 5 損傷度関数から導いた建物・家財の修理/再調達費用率 (Is-WF=0.5)

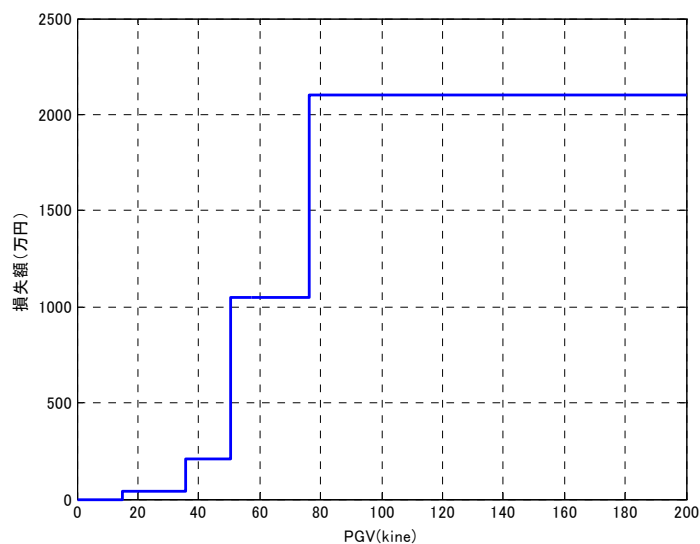


図 6 地震ロス関数 (Is-WF=0.5)

4) 地震リスクの定量化

● 地震リスクカーブ

2)、3)で得られた地震ハザード曲線、地震ロス関数から、共通のハザード指標である最大速度項を消去する事によって、地震リスクカーブを得る。地震リスクカーブは、横軸に損失率・縦軸に年間超過発生確率を表しており、サイトの地震危険度と建物の地震発生時の損傷割合の情報を全て集約したものといえる。

図7、8に地震リスクカーブを表示した。損失期待値のみでは、解釈を誤る場合もあるので、地震リスクカーブもその分布状態がどうなっているかを知る事は非常に大切である。図8から、資産の全てが損失する（全損）確率が約900年に1度であることがわかる。

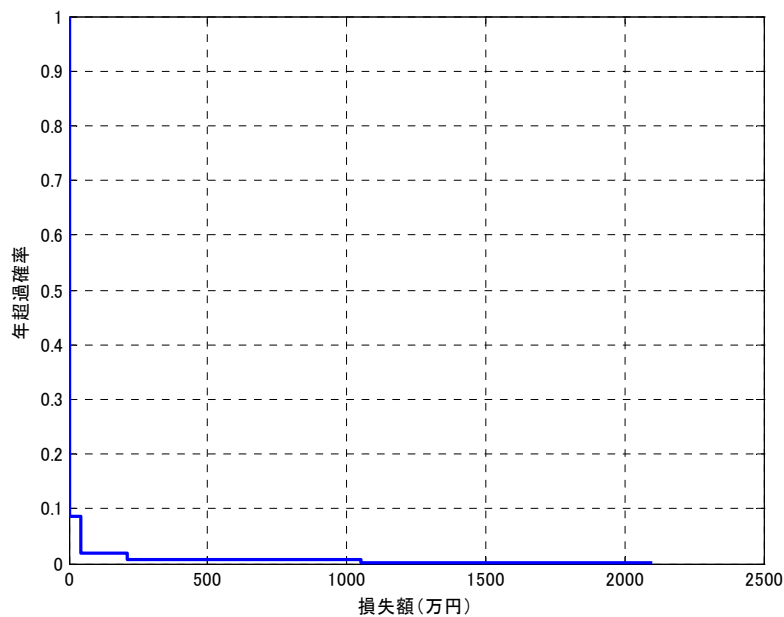


図7 地震リスクカーブ

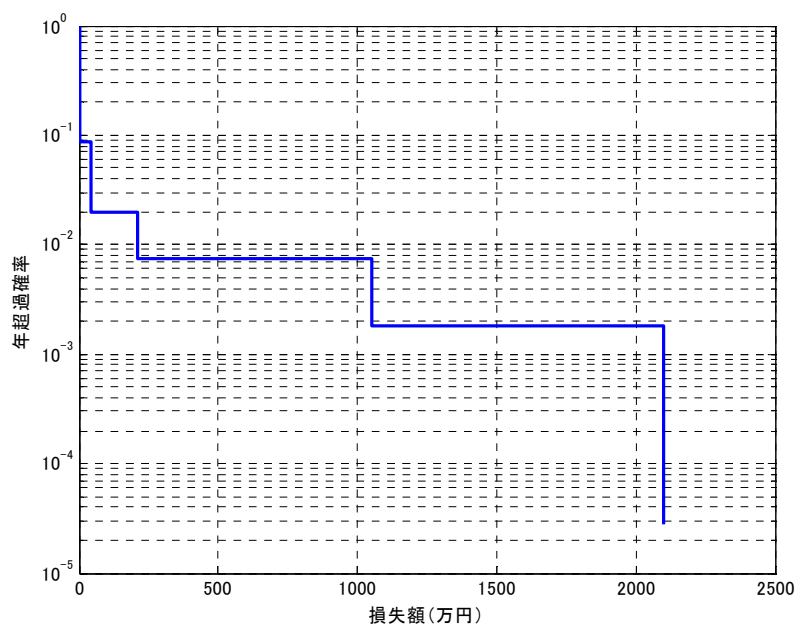


図8 地震リスクカーブ (対数表示)

● 年間地震リスク密度

前項までで得られた情報より、年間地震リスク密度を取り出す。その結果として得られたものを以下の図 9 に示す

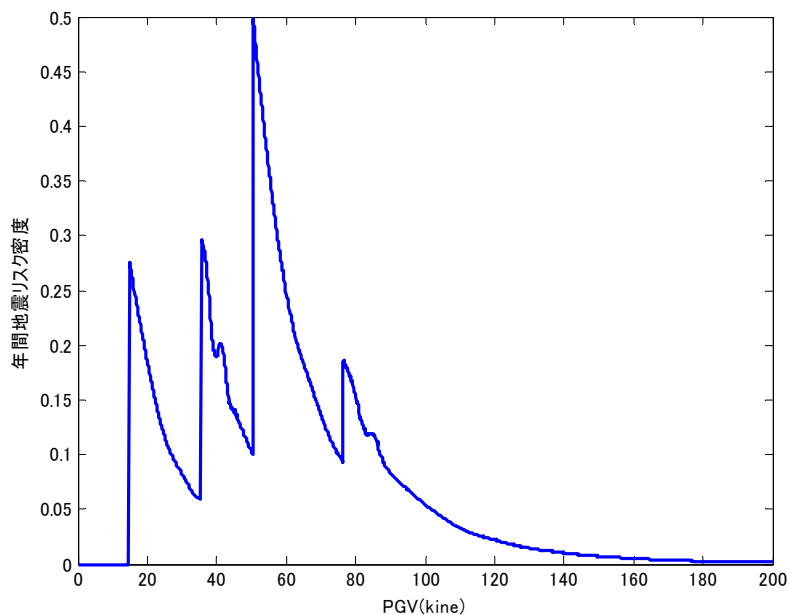


図 9 年間地震リスク密度

ここで得られた地震リスク密度を積分して、総面積を求めることで年間損失期待値を得た結果、15.1276 万円となった。この年間損失期待値が、全ての損傷状態を考慮した場合の 1 年間のプレミアム（保険数理的な純粋保険料）となる。参考として、もし同じ対象資産を地震保険にかけた場合、年間保険料は 95850 円である。このことから、年間損失期待値に比較して保険料の設定が小さく見積もられていることがわかる。

5) トリガの設定と各トリガにおけるプレミアムの変化

● トリガの設定

地震ロス関数を元に、それをカバーするためのトリガを設定する。

各トリガは、損傷状態をどこまでカバーするかで設定した。全ての損傷状態を考慮した場合、軽微な損傷を省略し、小破以上の損傷をカバーした場合、小破まで省略した場合、中破まで省略し大破以上の損傷のみを考慮した場合の計 4 種類で設定した。

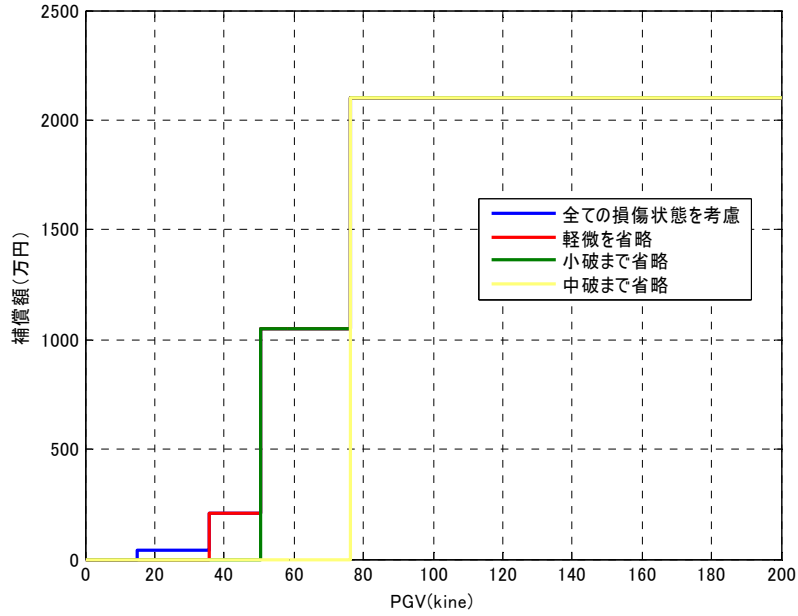


図 10 各レイヤーをカバーするトリガの設定

● 設定した各トリガでのプレミアムの算出

設定したトリガごとに、地震リスクカーブと年間地震リスク密度を算出する。この場合、年間地震リスク密度は年間補償確率密度と言い換えられ、それを積分した年間補償確率はデリバティブの年間プレミアムと同義になる。トリガごとの地震リスクカーブを図 11、12 に、年間補償確率密度を図 13 に示す。また、トリガごとの年間プレミアムを表 4 に示す。表 4 で比較すると、トリガを小破まで省略したものと、中破まで省略したものの差が、他のトリガとの差より大きいことがわかる。これは、中破と小破での損失率の差が全損の 40% と大きいためであると考えられる。

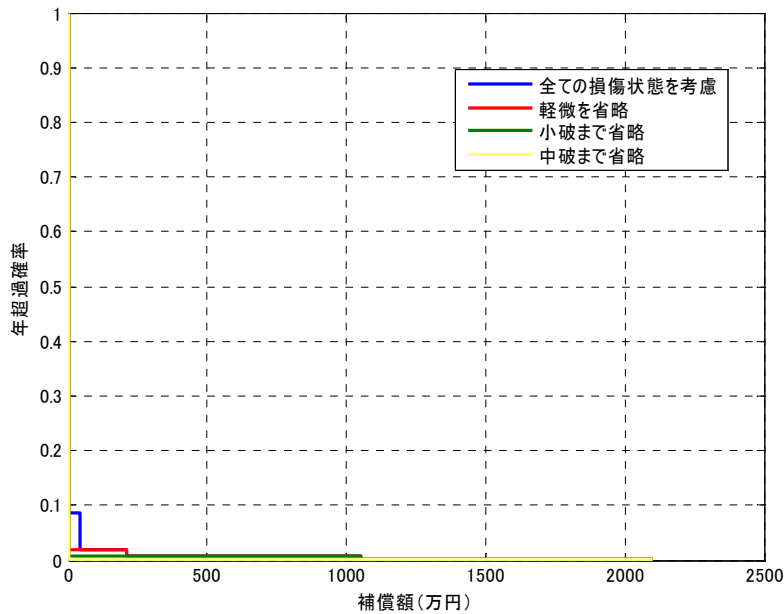


図 11 トリガごとの地震リスクカーブ

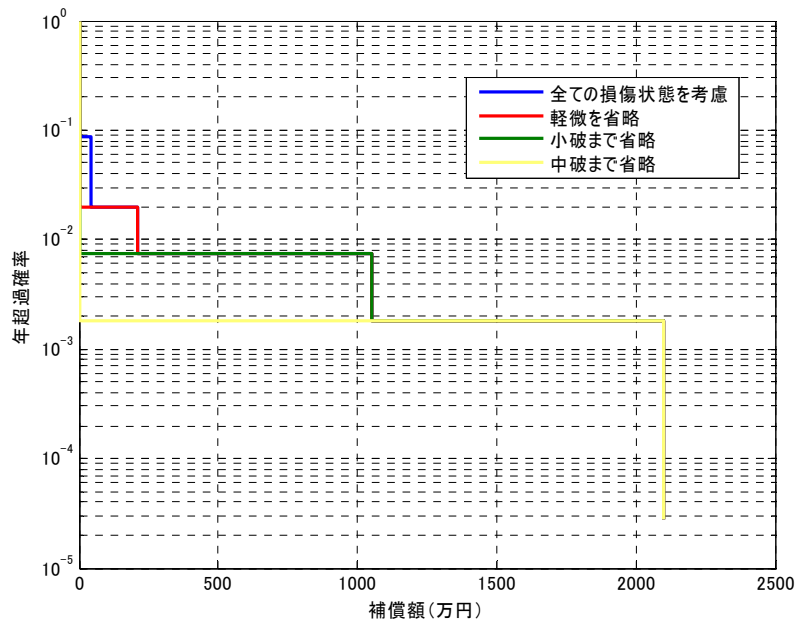


図 12 トリガごとの地震リスクカーブ（対数表示）

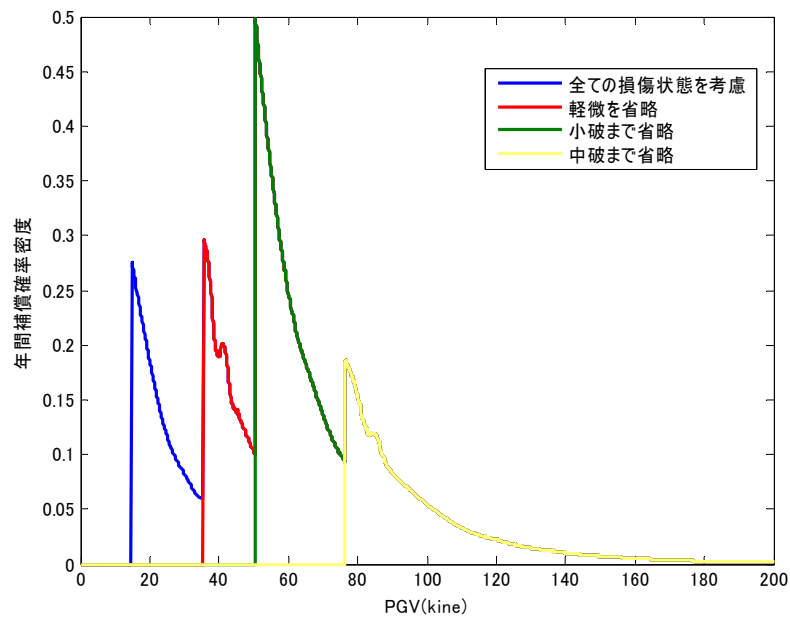


図 13 トリガごとの年間補償確率密度

表 4 トリガごとの年間プレミアム

トリガ	年間プレミアム (万円)
全ての損傷状態を考慮	15.1276
軽微を省略	12.3377
小破まで省略	9.7436
中破まで省略	3.7249

6) 耐震診断値 I_s -WF と年間プレミアムの関係

耐震補強を行う場合、耐震補強による耐震診断値 I_s -WF の上昇が年間プレミアムとどう関係するかを算出する必要がある。岡田らは I_s -WF0.1 ごとに損傷度関数のパラメータ (m , η) を提示している。しかし、より細かな地震リスク定量化を行うためには I_s -WF が 0.01 ごとのそれぞれのパラメータを算出する必要がある。よって、形状母数 m と尺度母数 m の線形補間を行った (図 14、図 15)。

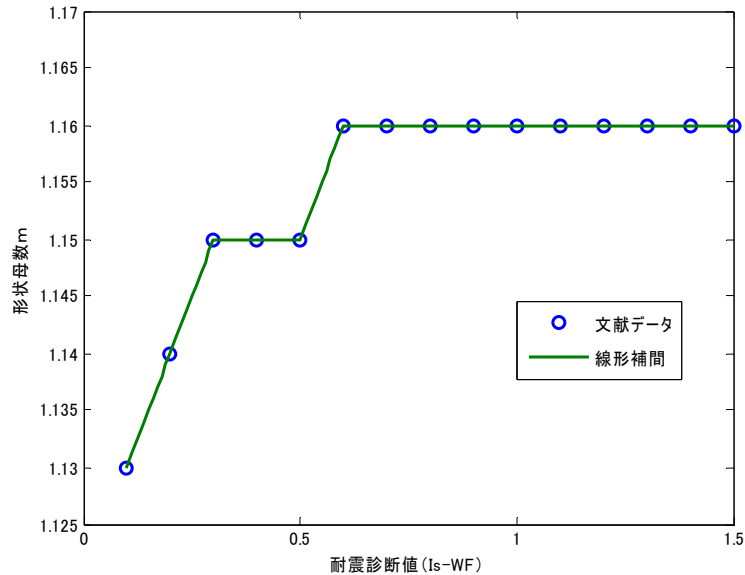


図 14 耐震診断値ごとのワイブル分布のパラメータ (形状母数)

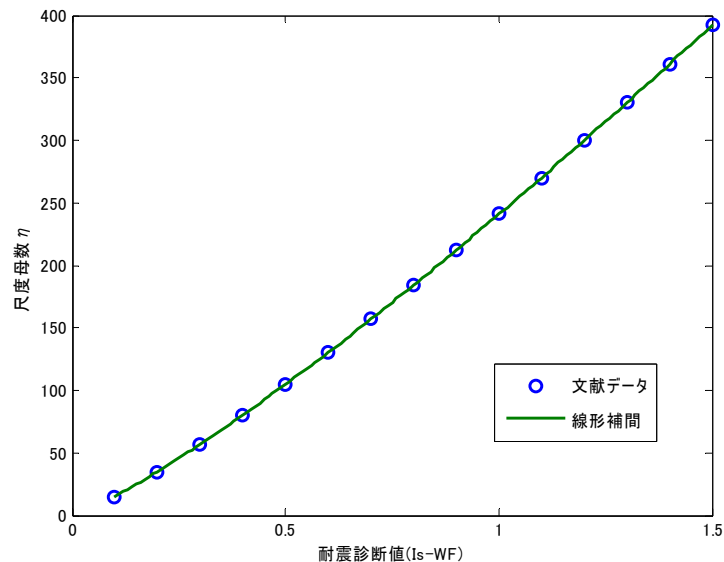


図 15 耐震診断値ごとのワイブル分布のパラメータ (尺度母数)

上図で求めた形状母数と尺度母数を用い、トリガごとに、耐震診断値 I_s -WF ごとの年間プレミアムを求めた。図 16 にその関係を示す。トリガの種類に関わらず、 I_s -WF=0.1 で

は 200 万円を超える非常に高額なプレミアムとなった。これは、地震ハザード曲線が 40 kine 以下で非常に高い年超過確率であるため、 I_s -WF が下がるごとにその高い確率を持つ領域にトリガが移動するためであると考えられる。

トリガごとに比較すると、全ての損傷状態を考慮した場合のトリガと、軽微、小破を省略したトリガの差が小さいのに対し、中破まで省略したトリガとの差が大きいことがわかる。これは、中波まで省略したトリガの場合、中破での損失率が、建物で 50%、家財で 25% と、それより小さい損傷状態の損失率を大きく上回っているためであると考えられる。

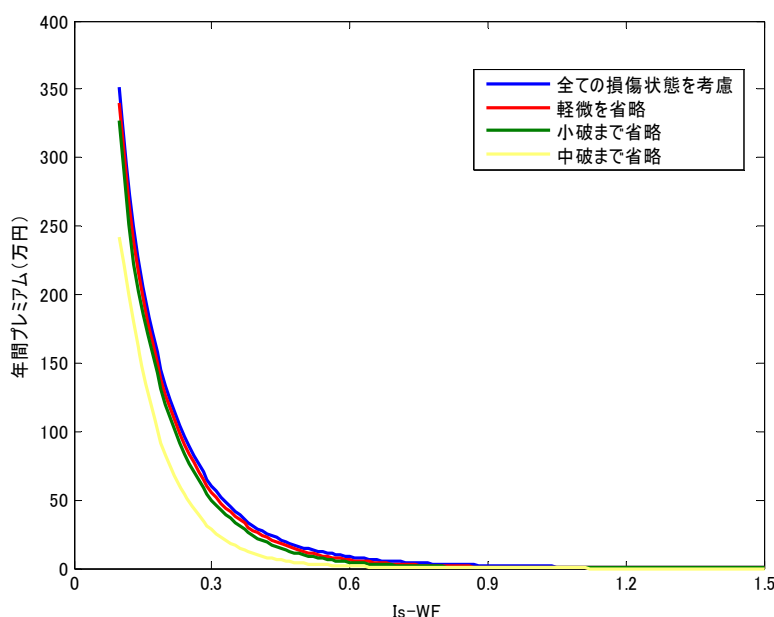


図 16 各トリガでの I_s -WF と年間プレミアムの関係

7) n 年総費用最小化による耐震補強へのインセンティブ導入効果の検証

● n 年総費用最小化原理

耐震補強をする上での初期費用は、耐震補強をした場合のプレミアムの低減によって、長期的に回収できると考えられる。

ここで、耐震補強のための初期費用が、それによって実現される耐震診断値 I による関数 $C(I)$ で表されると仮定する。また前節で確認したように、年間プレミアムはやはり I の関数 $G(I)$ で表される。よって、 t 年後の $I(t)$ が予測可能であるとすれば、 n 年間の総費用もやはり I の関数 $D(I)$ として表される。その関係を式(1)に示す。

$$D(I) = C(I) + \sum_n G(I) \quad (1)$$

つまり、耐震補強の費用対効果 $C(I)$ と耐震診断値ごとの n 年間のプレミアム $\sum_n G(I)$ を定

式化することにより、 $D(I)$ の最小化問題として、 n 年使用での最小総費用とその時の I が算出できる。このときの I を n 年総費用に着目した最適補強目標と定義する。以上を図 17 に示す。

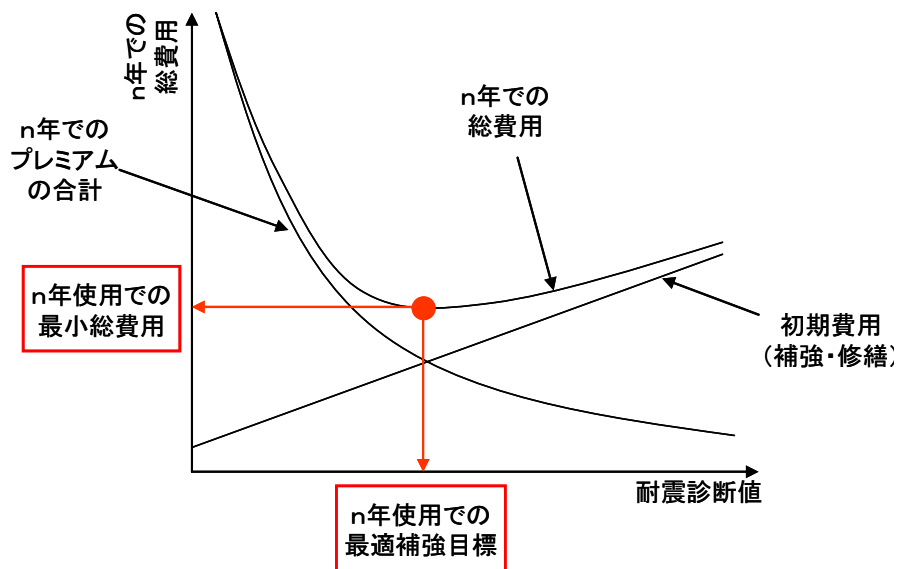


図 17 n 年総費用最小化原理による最適な耐震補強の目標設定

● 耐震補強費用モデル

耐震診断値 I_s -WF は、耐震壁量による耐力の算定が評価の主軸となる。よって、耐震補強による I_s -WF の上昇が壁量と線形な関係を持つと仮定でき、壁量とその補強費用が比例関係であると仮定すれば、耐震補強による費用と補強後の耐震診断値の増分が線形な関数として表される。

荒木らは、耐震補強の費用算出モデルに基づいた補強による耐震診断値の増分の関係を抽出した^[8]。その結果、x、y 両方向の耐震診断値を 1.0 増加させるのに、1 階床面積 1 m²あたり 1.6 万円かかるとした。

ここで、耐震補強を行うのに、耐震壁量増加による補強を行う場合、必ず設計料と雑費がそれぞれ 10 万円、8 万円かかるとし、補強費用と I_s -WF の増分の関係を設定した。1 階床面積は 50 m²であり、耐震診断値は x, y 方向均等に上昇すると仮定できるため、図 18 の関係性が得られた。

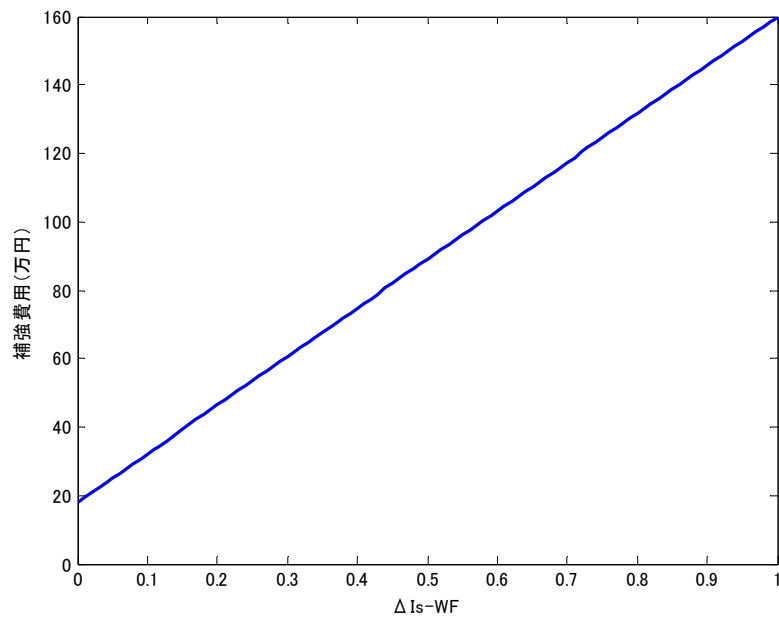


図 18 補強費用と Is-WF の増分との関係

● 予想使用 25 年における各トリガでのインセンティブ導入効果の比較

前節で示した耐震補強の費用対効果と、6)で示した Is-WF ごとの年間プレミアムにより、木造住宅の耐用年数などから 25 年間使用すると仮定した場合の各トリガによる費用最小化問題を解く。本節では、Is-WF が経年劣化せず、25 年間一定であると仮定した。

なお、本来各図の耐震診断値 0.5 の場合の初期費用は、補強を行わないため、切片 18 万円ではなく 0 円となるはずであるが、25 年間でのプレミアムでは 18 万円が無視できるほどの金額になっているため、各図に考慮はしていないことを付記する。

まず提案した地震デリバティブのプレミアムとの比較対象として、地震保険による費用最小化を行う。地震保険での耐震診断値と保険料割引率の関係を表 5 に示す。これに従い、25 年間地震保険の保険料を支払い続けた合計と初期費用の合計を図 19 に示した。下図からは、25 年総費用は耐震補強をしない場合が最も小さいことがわかる。よって対象建物では、25 年間使用すると予想される場合、地震保険の割引率による耐震補強の経済的メリットが得られないことが確認できる。

表 5 耐震診断値ごとの地震保険料の割引率

耐震診断値	割引率
1.5 以上	30%
1.25 以上	20%
1.0 以上	10%

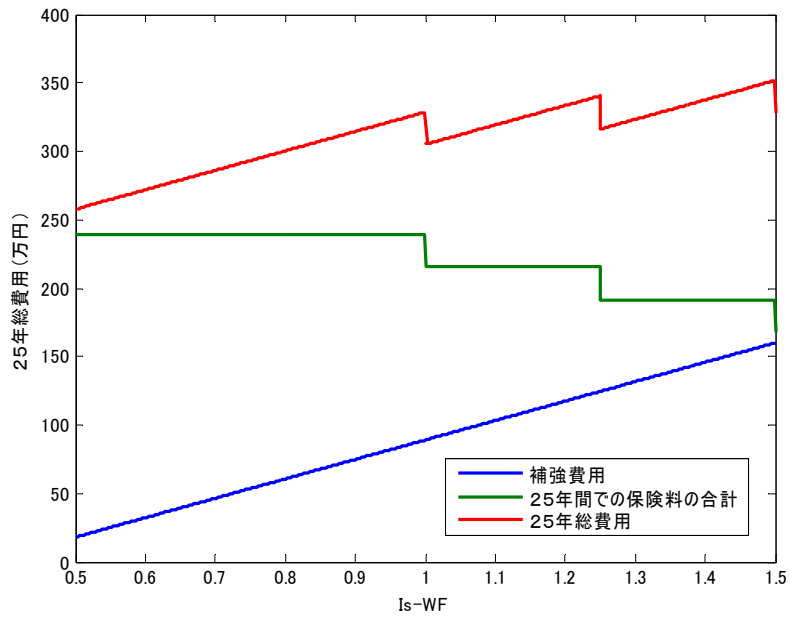


図 19 25年総費用と Is-WF の関係（地震保険）

次に、提案した地震デリバティブについて、トリガごとに25年間での費用最小化を行った。トリガごとに図 20、21、22、23 に示す。

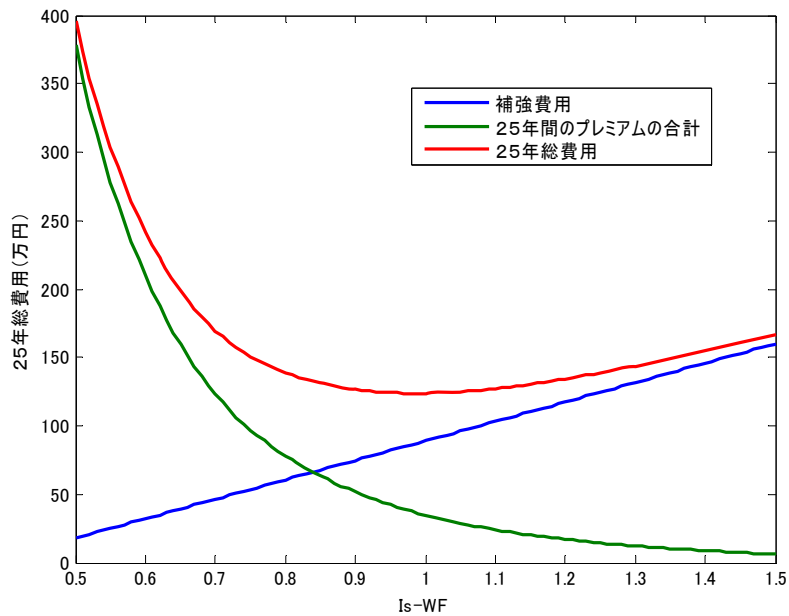


図 20 25年総費用と Is-WF の関係（トリガ：全ての損傷状態を考慮）

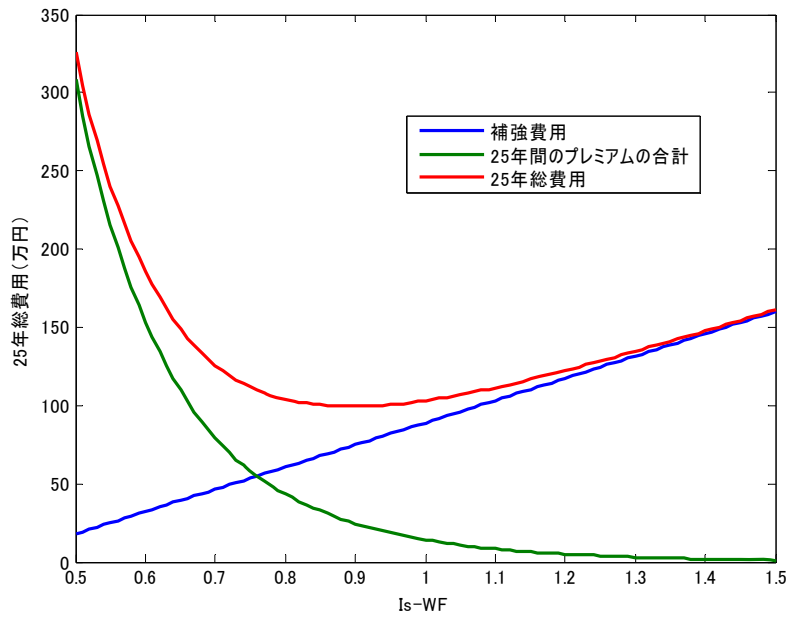


図 21 25 年総費用と Is-WF の関係 (トリガ：軽微を省略)

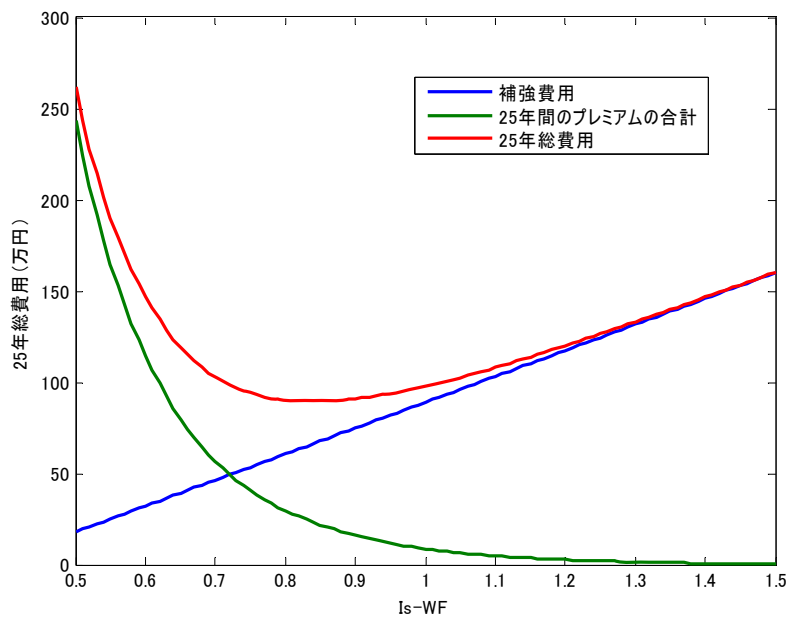


図 22 25 年総費用と Is-WF の関係 (トリガ：小破まで省略)

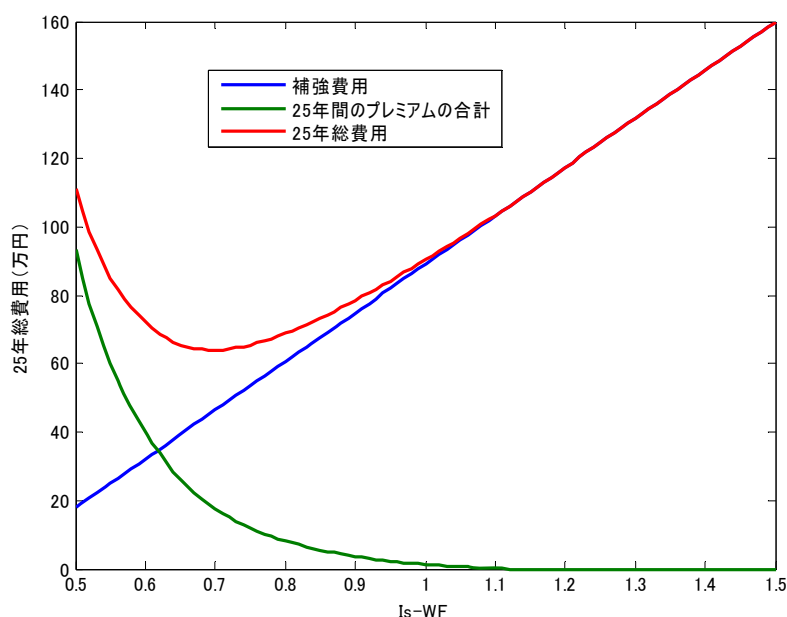


図 23 25 年総費用と Is-WF の関係（トリガ：中破まで省略）

全てのトリガにおいて、耐震補強を行うことによる 25 年間での総費用の低減が確認できる。これは、全てのトリガにおいて耐震補強へのインセンティブを与える効果があることを示している。

トリガごとにその効果を比較するため、各トリガでの最小費用と最適補強目標を表. 6 に示す。全ての損傷状態を考慮するトリガでは、最適補強目標が一応安全であると判定される耐震診断値 1.0 に近い 0.99 となった。これは、与えられるインセンティブにより建物の耐力が安全な領域に達することを理想とすれば、耐震補強耐震補強へのインセンティブが理想に近い効果を得ていることを示している。

それ以外のトリガの場合では、補強による総費用の低減効果が、考慮する損傷状態の減少により小さくなるのがわかる。よって、耐震補強を与えるインセンティブにより各トリガを評価した場合、最も効果があるのは全ての損傷状態を考慮したトリガであると結論付けられる。

一方、25 年総費用最小時の総費用は、トリガの損傷状態の省略が進むほど低減する傾向にある。ここで、地震保険を 25 年間払い続けた時の総費用が 239 万 6250 円であり、全ての損傷状態を考慮したトリガでもその約 1/2 の費用であることから、最小時の総費用が非常に安いものであることがわかる。4) で確認した、無補強時の年間損失期待値に比較した地震保険料の安さから考えても、補強によるインセンティブを与える効果が地震保険に比べきわめて強いことが理解できる。

25 年総費用での地震保険と全ての損傷状態を考慮したトリガによる提案した地震デリバティブの比較を図 24 に示す。この図から、地震保険に比較して、提案する地震デリバティブが耐震補強の経済的なメリットを端的に示すことが明確に確認できる。

表 6 各トリガでの 25 年最小総費用とその最適目標

トリガ	25 年最小総費用 (万円)	費用最小時の Is-WF
全て	123.7517	0.99
軽微を省略	99.3613	0.90
小破を省略	89.5803	0.85
中破を省略	63.9795	0.70

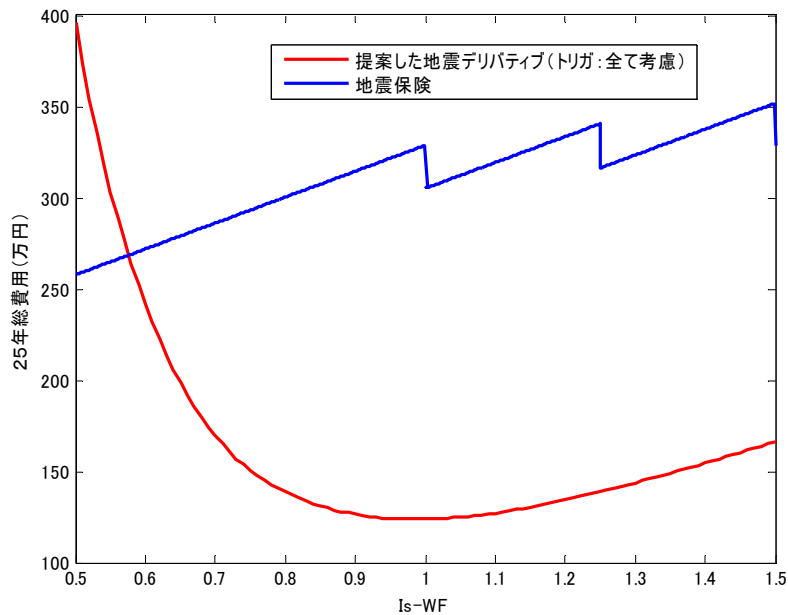


図 24 25 年総費用での地震保険と提案した地震デリバティブの比較
(トリガ：全ての損傷状態を考慮)

● n 年使用での各トリガの総費用最小化

前節では、25 年間使うとして総費用最小化問題を解いた。しかし、建物所有者が使う年数は建物の耐用年数に限らないため、予想される使用年数によって、最適な補強目標が求められる必要がある。

図 25 では、全ての損傷状態を考慮したトリガを用い、予想される使用年数 n が 15 年、25 年、50 年の場合の総費用の最小化を行った。各年数での最小総費用とその最適補強目標を表 7 に示す。ここからは、予測使用年数 n が大きくなるほど最適な補強目標が上昇することがわかる。

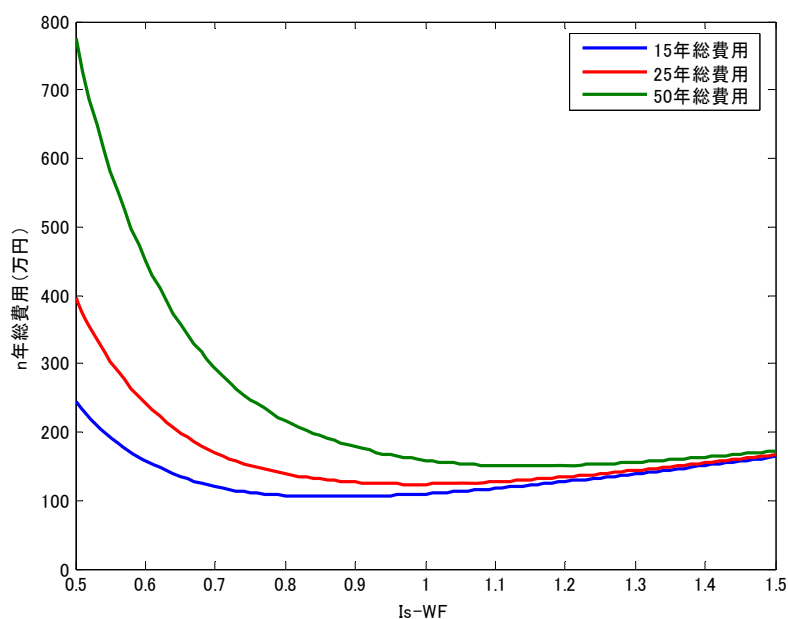


図 25 n 年総費用と Is-WF の関係（トリガ：全ての損傷状態を考慮）

表 7 n 年使用での最小総費用とその最適目標
（トリガ：全ての損傷状態を考慮）

n 年	最小総費用 (万円)	費用最小時の Is-WF
15 年	105.5763	0.87
25 年	123.7517	0.99
50 年	150.7125	1.14

予測される使用年数から求められる最適な補強目標を、n 年で連続的に求めたものを、トリガごとに図 26 に示す。この図から、n 年総費用最小化問題を用いることにより、提案したデリバティブによる耐震補強のインセンティブ導入効果が、トリガと使用年数 n によってどのように変化するかが理解できる。例えば、中破まで省略するトリガでは、13 年間の使用では補強をしない場合が総費用で最小であることがわかる。これは、耐震補強を行う場合に固定費用 18 万円がかかるため、無補強時の年間プレミアムの合計が 18 万円を超えない場合、補強するインセンティブが与えられないからである。

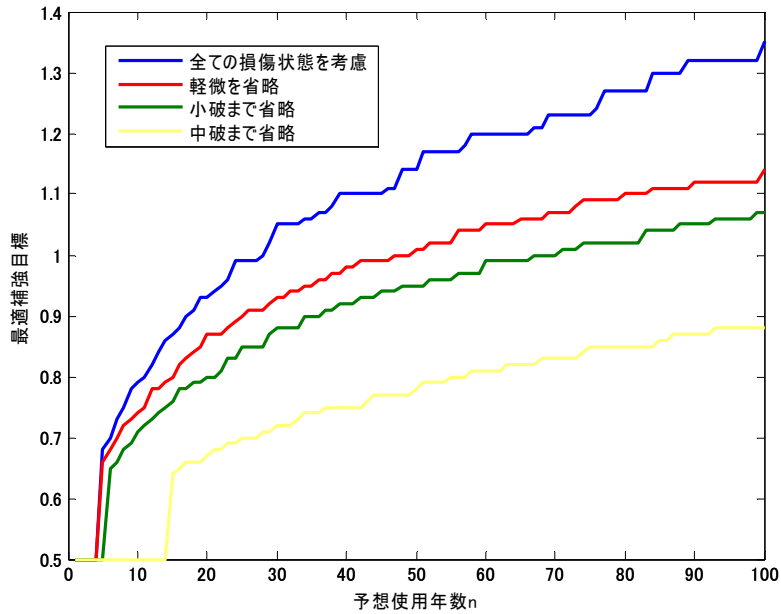


図 26 各トリガにおける予想使用年数 n と最適補強目標の関係

8) 耐震補強費用回収年数の算出

これまでの n 年総費用最小化問題では、補強時の予想使用年数により費用対効果として最適な補強目標が与えられた。つぎに、耐震補強へのインセンティブを与える効果の別の手法として、耐震補強を行った場合に初期投資費用 (= 耐震補強費用) がいつ回収できるかを算出する。

各トリガごとに、年数によって総費用がどう上昇するかを、耐震補強をしない場合と、耐震補強により耐震診断値 I_s -WF を 1.0 まで上昇させた場合で、図 27、28、29、30 で比較する。

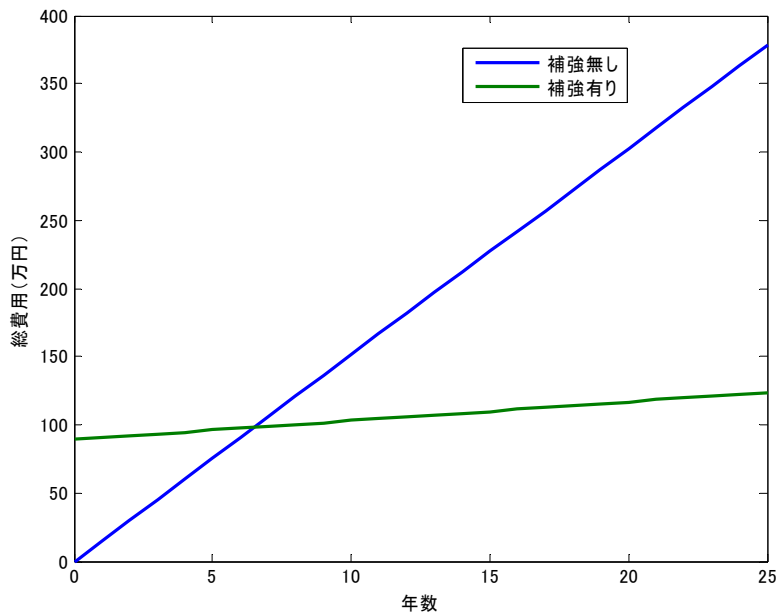


図 27 補強時と未補強時の n 年総費用 (トリガ：全ての損傷状態を考慮)

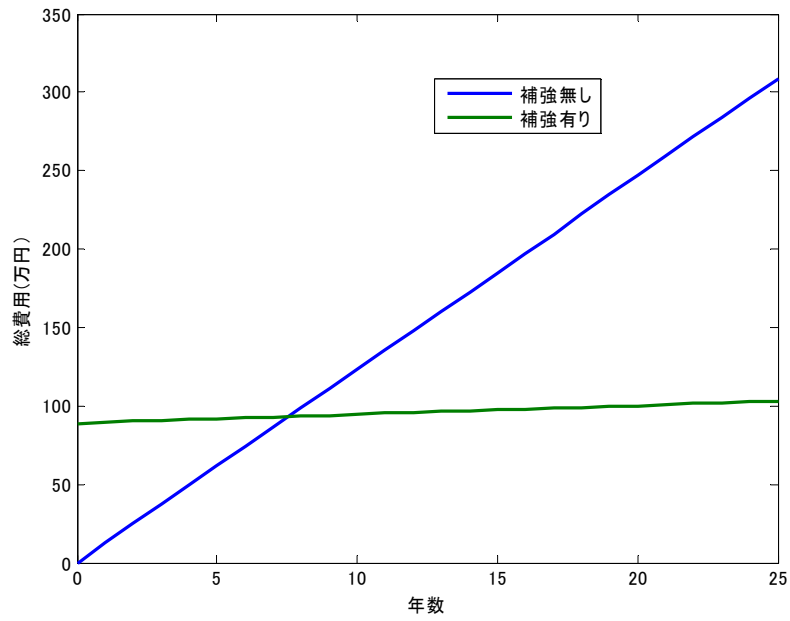


図 28 補強時と未補強時の n 年総費用（トリガ：軽微を省略）

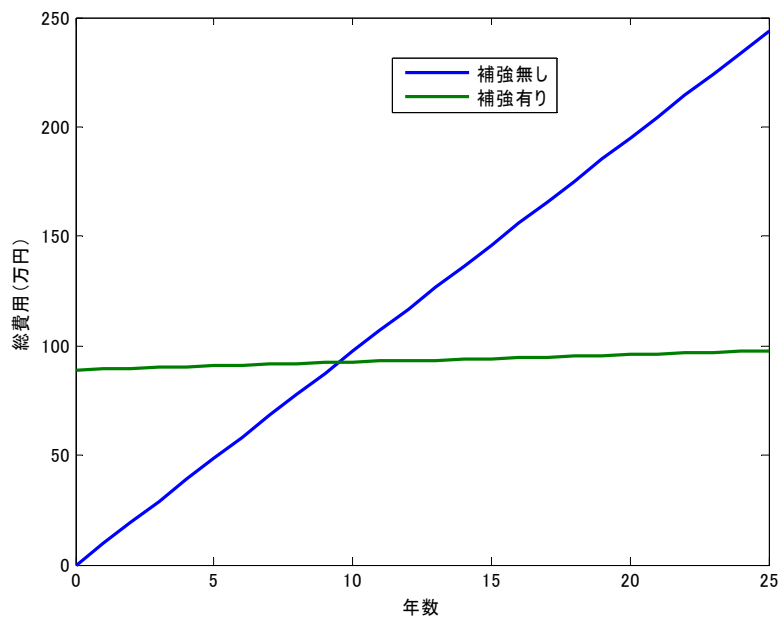


図 29 補強時と未補強時の n 年総費用（トリガ：小破まで省略）

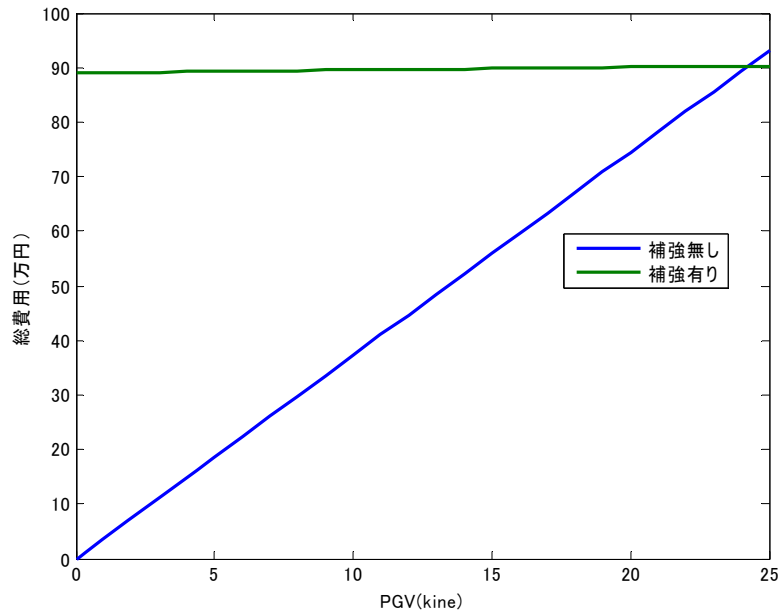


図 30 補強時と未補強時の n 年総費用（トリガ：中破まで省略）

全てのトリガにおいて、25年以内に無補強時の総費用を、耐震補強時の総費用が下回ることが確認できた。表 8 に各トリガの補強時回収年数を示す。各トリガ別に見ると、全ての損傷状態を考慮したトリガと軽微、小破を省略したトリガでは回収年数の変化が小さいのに対し、中破まで省略した場合のトリガだけ、回収年数が長い。よって、補強による回収年数の比較では、トリガを小破まで省略しても、耐震補強へのインセンティブ導入効果が大きいことが確認できた。

表 8 補強した場合の各トリガでの補強時回収年数

トリガ	回収年数
全て	7 年
軽微を省略	8 年
小破まで省略	10 年
中破まで省略	24 年

9) 経年劣化を考慮した場合の耐震補強へのインセンティブ導入効果の検証

前節までは、建物耐力は常に一定であると仮定したが、自然環境に常にさらされる構造物には経年による耐力の劣化が避けられない。提案する地震デリバティブでは、センサによるヘルスマモニタリングにより、経年劣化した耐力を監視できるため、それに基づくプレミアムが算出できる。

本節では、ヘルスマモニタリングにより建物の耐力劣化の監視とその後の劣化予測が可能となることにより、耐震補強を行うインセンティブが与えられるかどうかシミュレーションした。

まず、使用年数を 25 年であると仮定する。そしてそのほぼ半分の期間である 13 年後に、13 年間のヘルスマモニタリングにより耐力の経年劣化を追った結果として、劣化曲線が下式であると推定できるとする。そして、13 年後に I_s-WF が 0.831 まで低下しているとする。

$$F(t) = 1 - 0.001 \times t^2 \tag{2}$$

よって、13 年後から、そのまま放置した場合（ケース 1）と、耐震補強によって耐震診断値を 1.0 まで上げた場合（ケース 2）とによる、25 年間での総費用の比較を行った。各ケースでの耐震診断値の経年変化を図 31 に示す。また、両ケースでの 25 年総費用を表 9 に示す。

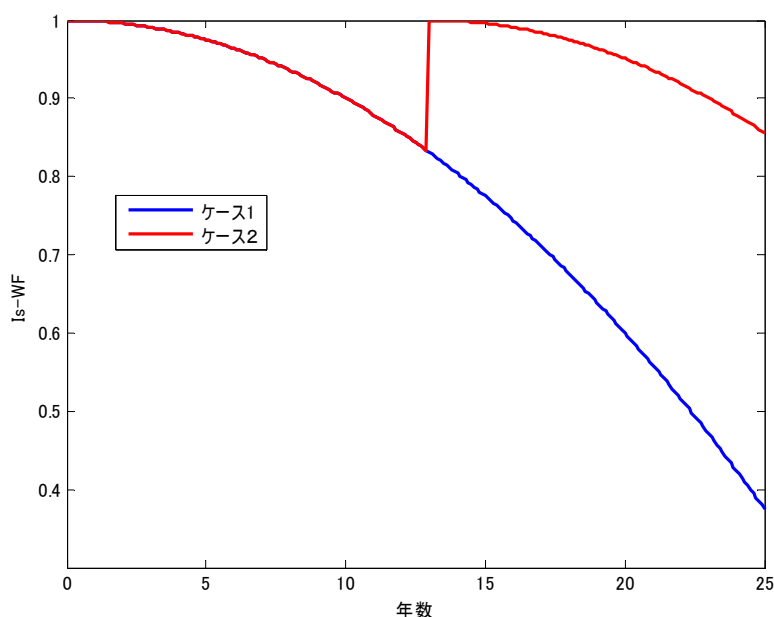


図 31 各ケースの劣化曲線

表 9 両ケースでの 25 年総費用の比較

ケース	25 年総費用 (万円)
1 (無補強)	217.6274
2 (補強 : 1.0)	173.3236

表 9 から、補強することにより、無補強時に比較して 25 年間での総費用が 40 万円以上

安くなることがわかる。よって、ヘルスマonitoringによる建物の耐力劣化の監視が可能であるために、耐震補強をするインセンティブが与えられることがわかる。

10) まとめ

本研究では、センサネットワークによるヘルスマonitoringを活用し、加入者の減災行動促進を目的とした地震デリバティブを提案し、そのプレミアム計量手法を提示した。そして、支払い条件であるトリガの設定により、加入者の減災行動に経済的なインセンティブ導入効果がどう変化するかを目的としたシミュレーションを行った。その結果をまとめると次の通りである。

- センサから得られる PGV をトリガとして用いることで、建物の損失と相関が高いトリガが設定できる。
- 地震ロス関数に基づいたトリガの設定により、地震リスク定量化手法を用いたプレミアムが算出できる。
- 耐震診断値を入力としたワイブル分布による損傷度関数を用いることにより、個別建物ごとに地震ロス関数を設定することが可能となり、それにより、ヘルスマonitoringによるトリガの設定が可能となる。
- n 年費用最小化原理により、地震デリバティブ加入者に耐震補強を行うインセンティブが与えられる。
- 経年劣化をヘルスマonitoringで監視できるとすれば、それによって劣化予測を元にした耐震補強をした場合、およびしない場合における費用が加入者に理解できるため、耐震補強を行う経済的インセンティブが得られる。

(d) 結論ならびに今後の課題

本研究では、保険デリバティブの住宅被害リスクへの適用を目的とし、5つの要素、1)地震リスク定量化、2)損傷モデル、3)トリガ条件、4)耐震化促進、5)応用・汎用性について検討した。その結果、建物分散配置による地震リスク低減、個別建物に適用可能な損傷評価システムの構築、センサを用いたトリガによる地震デリバティブの耐震化促進効果、という3つの知見と成果を得た。

今後の課題としては、実被害とデリバティブの補填額との差（ベース・リスク）をいかに小さくするかが挙げられる。今後ともこの課題に向けて研究が必要である。

(e) 引用文献

- [1] 建設物価調査会：建築着工統計データファイル平成15年度計 2003年
- [2] 吉村美保：脆弱建物の耐震化対策へのインセンティブ導入方法に関する研究 東京大学生産技術研究所都市基盤安全工学国際研究センター、2005年9月
- [3] 高橋雄司、他：地震危険度の高い地域の建物を対象とした地震リスク・マネジメント 日本建築学会構造系論文集、591、pp.25 - 33、2005年5月
- [4] 梅村幸一郎、山崎 文雄：横浜市の耐震診断結果に基づく木造住宅被害関数の構築 日本建築学会構造系論文集、556、pp.109-116、2002年6月
- [5] 神田順 他：既存建物の標準的構造性能評価法の開発、2002年6月

(<http://ssweb.k.u-tokyo.ac.jp/>)

- [6] Federal Emergency Management Agency: HAZUS99 technical manual, 1999
- [7] 高井伸雄、岡田成幸：建物被害尺度の視覚化－建物破壊パターンを通じた建物被害程度の定義－ 第一回日本地震工学研究発表・討論会梗概集、P.158、2001年11月
- [8] 荒木雅也、井戸田秀樹：在来軸組工法住宅を対象とした耐震補強における費用対効果 2004年度日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.139－140、2004年8月

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

- [1] 宮本龍、三田彰、「センサネットワークを活用した地震デリバティブのトリガに関する研究」2006年度日本建築学会大会学術講演梗概集（B-2）、pp.925－926

(g) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

