

#### 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ヵ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）
- (e) 平成17年度業務目的

#### (2) 平成17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

#### (3) 平成18年度業務計画案

## (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
	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 17 年度業務目的

フラジリティに基づく損傷モデルと合理的なデリバティブ支払いトリガを組み合わせた低層建物を対象とした、リスクヘッジ用デリバティブに関する検討を行う。

## (2) 平成 17 年度の成果

### (a) 業務の要約

昨年度の成果を踏まえ、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を提案し、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、一般的な戸建木造住宅を対象とした場合、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

近年、センサネットワークを用いた構造ヘルスマニタリング技術の向上により、高精度な建物耐力評価が実現されつつある。その結果、建物のより正確な地震リスク定量化への期待が高まっている。一方、現状の地震保険料は、必ずしも建物の地震リスクを正確に定量化したものではなく、補強・修理などの費用対効果が現れにくい。そのため、保険加入者の減災行動に対するインセンティブが与えられにくく、既存不適格な耐震性を持つ建物の耐震補強が進まない要因となっている。

そこで本研究では、保険に代わるリスク転嫁手法として注目されるデリバティブを用い、センサネットワークを利用し、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する。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がどう与えられるかを検証する。

#### 1)地震デリバティブ<sup>[1]</sup>

地震デリバティブは、地震リスク転嫁の手法の一つである。デリバティブとは、特定のリスク条件に基づき 2 者間で規定した支払いの交換契約である。

買い手はプレミアムと呼ばれるある一定の料金を払うことで、デリバティブ商品を買う権利（コール）、もしくはデリバティブ商品を売る権利（プット）のいずれかを購入する。つまりプレミアムを予約料とするデリバティブ商品の先物取引といえる。保険に置き換えた場合、プレミアムが保険料に、デリバティブ商品の行使が保険の支払いとなる。ただし、デリバティブは客観的指標による支払いのため、その決定が迅速であるという利点がある。

#### 2)センサネットワークを用いたトリガ

今回提案する地震デリバティブでは、センサネットワークに、ヘルスマニタリング用としてだけでなく、トリガとしての役割を持たせる。地震デリバティブのトリガには通常気象庁マグニチュードなどが用いられるが、実際の損失と補償の差であるベシス・リスクが極めて大きい場合、センサから得られる最大地動速度（PGV）をトリガとして用いる。これにより、補償範囲別のトリガの設定が、地震ロス関数を元に可能となる。

また地震ロス関数の算出に、耐震診断値ごとに設定できる損傷度曲線を用いることで、

ヘルスマonitoringによる耐力評価に基づいたトリガが算出でき、保険料にあたるプレミアムと建物耐力が常にリンクすることになる。この結果、耐震補強や経年劣化などの建物の耐力変化がプレミアムに強く反映され、耐震補強による長期的なコストの低減が明確となる。それにより、加入者の耐震補強を促す経済的インセンティブを与えることができると考えられる。提案する地震デリバティブのプレミアムをヘルスマonitoringに基づき計量する手法の概要を図1に示す。

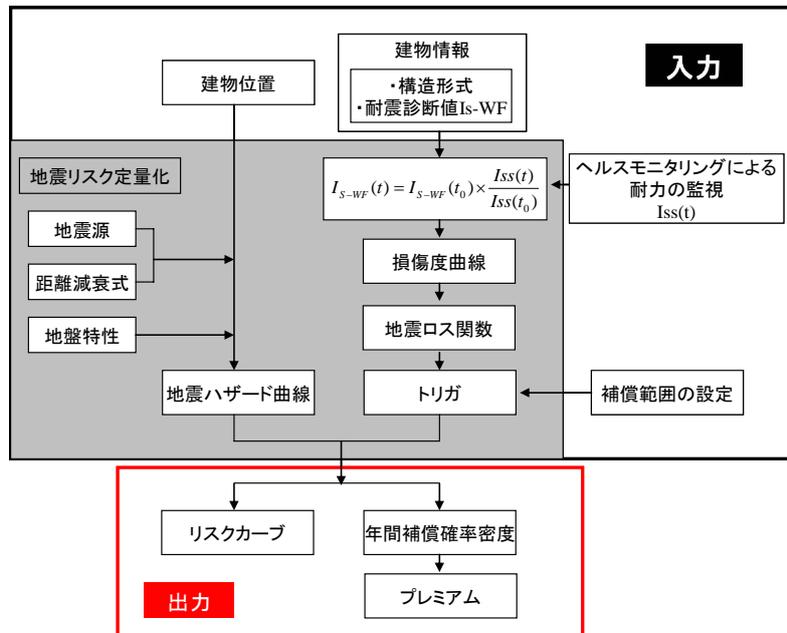


図1. 提案する地震デリバティブのプレミアム計量手法

### 3) 年間プレミアムの計量

表1に示すような、耐震性の低い木造一般住宅にヘルスマonitoring用センサを設置したとしてシミュレーションを行い、その効果を検証した。

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 <sup>2</sup>
竣工年	1981年
建物価格	1500万円
家財	1200万円
耐震診断 値 ( $I_{S-WF}$ )	0.5

まず、建物構造成能評価プログラム<sup>[2]</sup>から建物位置での地震ハザード曲線を、耐震診断

値 (Is-WF) ごとの損傷度関数<sup>[3]</sup>から地震ロス関数を算出し、地震リスクカーブと年間損失期待値を算出した。次に、地震ロス関数のレイヤごとにトリガを設定し、トリガごとのプレミアムを算出した。図2にトリガを示す。

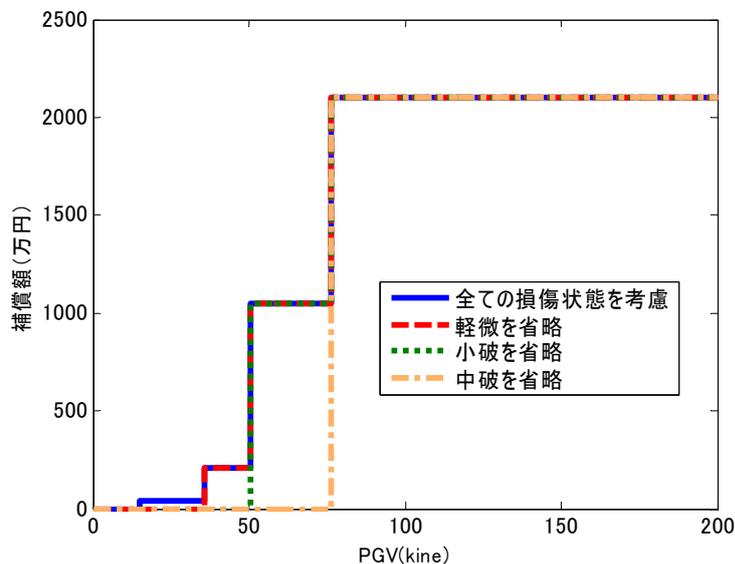


図2. 地震ロス関数を元に設定したトリガ

#### 4) インセンティブ導入効果の検証

予想される使用年数を25年とし、トリガごとに、耐震補強の費用対効果<sup>[4]</sup>と耐震診断値 (Is-WF) ごとのプレミアムを算出した。次に、この二つを考慮した25年総費用最小化問題として最小コストを算出し、その時の耐震診断値を耐震補強の最適目標とした(図3)。また、予想使用年数nで連続的に最適補強目標を算出した(図4)。この結果、耐震補強をすることにより、使用年数の増加による総費用の低減が確認できた。

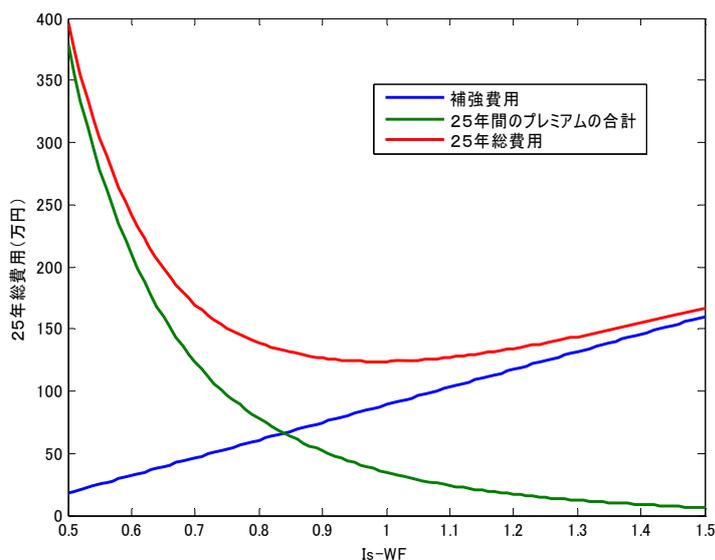


図3. 25年総費用と Is-WF の関係  
(トリガ：全ての損傷状態を考慮)

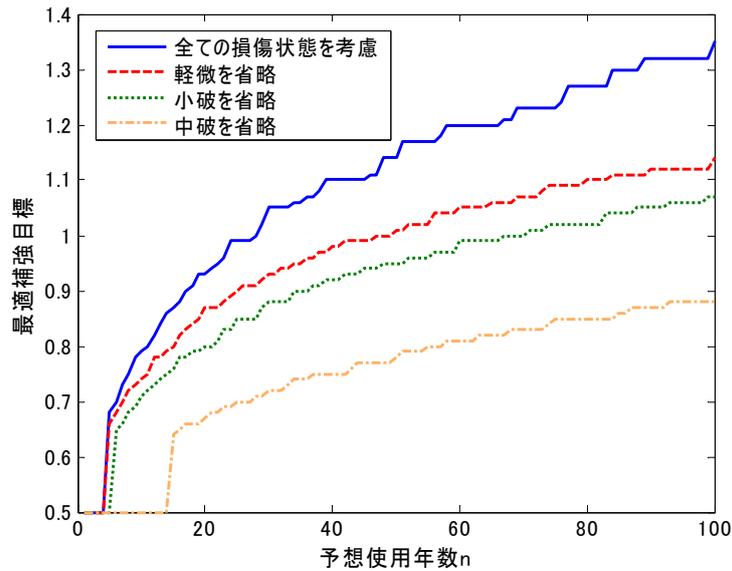


図4. 各トリガにおける n 年最適補強目標

#### 5)劣化予測に基づいた効果の検証

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onitoring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。

図5のケース1の様な劣化が13年後までに起こったとする。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。両ケースでの25年総費用を表2に示す。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。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。

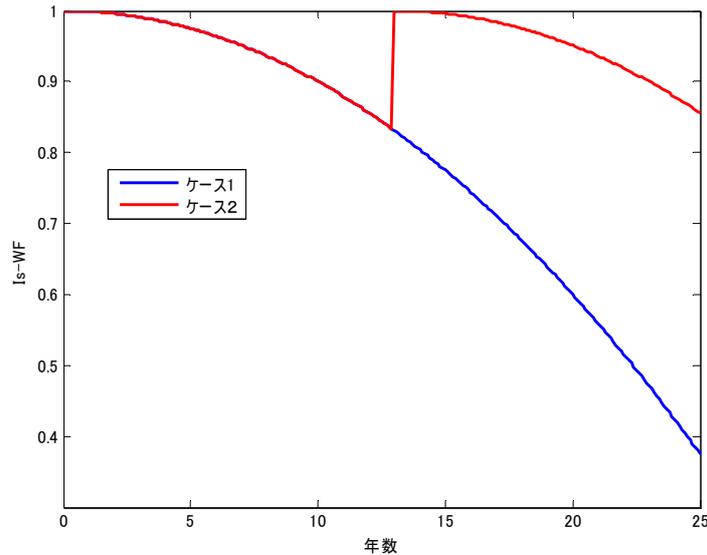


図 5. 各ケースの劣化曲線

表 2. 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

(d) 結論ならびに今後の課題

提案した地震デリバティブにより、耐震補強を促進する経済的なインセンティブの効果を確認し、それがトリガの設定によってどう変化するかを検証した。さらに、経年劣化を考慮した場合でも、提案したデリバティブにより、耐震補強のインセンティブが与えられることを確認した。今後は、ベースス・リスクを抑えるために、保険との併用などを考慮する必要がある。

(e) 引用文献

- [1] 田村仁志、三田彰：デリバティブを用いた地震リスクの合理的制御に関する研究 2005 年度日本建築学会大会学術講演梗概集 (B-2)、pp.523-524、2005 年 7 月
- [2] 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/>)
- [3] 岡田成幸、高井伸雄：木造建物の損傷度関数の提案と地震防災への適用－地震動入力を確定的に扱う場合－ 日本建築学会構造系論文集、582、pp.31-38、2004 年 8 月
- [4] 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 (C-1)、pp.139-140、2004 年 8 月

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

- [1] 田村仁志、三田彰：デリバティブを用いた地震リスクの合理的制御に関する研究 2005 年度日本建築学会大会学術講演梗概集 (B-2)、pp.523-524、2005 年 7 月

(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

**(3) 平成 18 年度業務計画案**

これまでに検討してきたフラジリティカーブに基づく保険デリバティブでは、マグニチュード、最大加速度や最大速度など簡単な指標のみをトリガとして用いることを前提とするものが多い。これは、保険デリバティブの売買双方の当事者にとって、気象庁などの中立機関が提供するデータでなければ利用しにくいといった事情がある。しかし、自由度が高くかつモラルハザードを引き起こしにくいデリバティブの設計にはそれだけでは、不十分である。そこで、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。