

#### 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
- (e) 平成14年度業務目的

#### (2) 平成14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15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	役職	氏名
慶應義塾大学理工学部	助教授	三田 彰
慶應義塾大学大学院理工学研究科	大学院生	楠本和緒

### (c) 業務の目的

再保険市場のキャパシティー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

#### 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14年度業務目的

地震危険度自体が元々高い日本における地震保険は、国が再保険を担わなければ成り立た

ないシステムになっている。損害保険会社においても、地震保険自体の普及のインセンティブが働かない状況であり、兵庫県南部地震における地震保険のカバー率は数パーセントといわれている。このような現状に鑑み、住宅等の抱える地震リスクを証券化によって金融市場に転嫁することを目指し、証券化に際して必要なリスクの定量化手法について検討を行う。

## (2) 平成14年度の成果

### (a) 業務の要約

気象庁地震カタログのデータを用い、解析対象地域の地震危険度を調べた。解析に用いたのは1926年1月1日～1997年9月3日の約71年と半年である。解析対象座標の200km四方のデータを危険度解析に用いると定め、1kmメッシュに区切った上で、それぞれに対して距離減衰式を用いて、危険度の推定を行った。この地震カタログを用いて推定した地域の地震危険度に関しては、地震ハザード曲線を用いて表現した。また、危険度解析座標に建築物を建てた場合の建物の持つリスクに関して、建物の特性を反映したフラジリティカーブと地震ハザード曲線を組み合わせることによって、地震リスクカーブを描くことで表した。有用な保険デリバティブの1つの仕組みとして、地震危険度の高い地域と低い地域のリスクを組み合わせることを想定し、どのような影響が現れるかを検討した。

地震危険度自体が元々高い日本における地震保険は、国が再保険を担わなければ成り立たないシステムになっている。損害保険会社においても、地震保険自体の普及のインセンティブが働かない状況であり、兵庫県南部地震における地震保険のカバー率は数パーセントといわれている。このような現状の中で、保険以外のリスクカバー手法が注目を浴びており、住宅等の抱える地震リスクを証券化によって転嫁することが可能ではないかと考え、証券化に際して必要なリスクの定量化手法について検討を行った。

### (b) 業務の実施方法

解析対象座標を中心とする200km四方のヒストリカルデータをG-R式に適用することで、マグニチュード毎の発生頻度を推定。地震の発生はポアソン過程を用い、発生地震はすべてメッシュ中心を震央とする水平円形断面にて起こると仮定し、距離減衰は安中式に当てはめることで勘案した。また、地震発生地点の深度はG-R式に適用する際に用いたデータの下限のマグニチュード5.0以上のすべての地震の平均値を適用することとした。また、関東地方に所在する対象には、関東地震が起因したプレートを考慮に入れ、その発生過程はBPT過程とした。

一方、建物自体の持つリスクはフラジリティカーブにて推定を行ったが、フラジリティカーブは地震ハザード指標に対し対数正規分布に従うとし、その期待値とばらつきに関しては、RC造・S造・木造等の建物形態と、建築年代で分類したものを用いた。被害形態の全壊に関しては経済価値50パーセント以上の損害、半壊は20パーセント以上の損害とした。

解析対象地区の危険度解析と、建築物自体の解析双方を組み合わせることにより、建物の持つ地震リスクの比較検討を行った。地震危険度の高い地域と低い地域それぞれに、設定した脆弱性カーブに従う建築物を建てたとして比較を行った。一般的に、建物の立地分散を行ったほうがリスクが低いとされるが、実際にどのようなリスクの分布を示すのかを検討する。

### (c) 業務の成果

地震危険度の解析対象地点を日吉駅座標（北緯 35° 33′、東経 139° 39′）と京都駅座標（北緯 34° 59′、東経 135° 46′）とし、マグニチュード 5.0 以上の地震に関して、マグニチュード 0.1 刻みでヒストリカルデータより度数を求める。地震の発生頻度は、マグニチュードに対して、指数的に減少していくことが予想されるため、対数を取り線形近似することで推定する。（G-R 式へのあてはめ：図 1）また、200km 四方を 1 km メッシュに区切った各ブロックの中心を震央として、それぞれに対して、マグニチュード 5.0 から 0.1 刻み・震源深度は 5.0 以上地震の統計の算術平均にて距離減衰式（安中式）を適用し、解析対象地点での最大速度の分布を求めた。そして、地震の発生過程がポアソン過程に従うとして、建物位置での最大速度の年超過確率を算出した。

（地震ロス関数）

一方、建物自身のもつ地震危険度を、脆弱性カーブを用いて推定した。地震に対する建物の損傷は対数正規分布に従うことが一般的に知られているが、その平均値とばらつきは建物構造と築年数に基づいて統計的に求められている値を用いた。（RC 構造建築物を対象としたため全壊  $\alpha=5.5$ 、 $\beta=0.705$ 、全半壊  $\alpha=4.99$ 、 $\beta=0.716$  を適用）

最終的に日吉駅座標・京都駅座標における、RC 構造物の損傷率と年超過確率の関係を示す地震リスクカーブを求めた。併せて、2 棟を建てた場合（日吉 2 棟・京都 2 棟・日吉と京都 1 棟ずつ）の地震リスクカーブをそれぞれ比較した。（図 3,4）

表1 . フラジリティカーブにおける構造年代別パラメータ

		全壊		全半壊	
木造	～1951	4.36	0.411	3.66	0.674
	1952～1961	4.44	0.353	3.97	0.49
	1962～1971	4.45	0.342	4.02	0.456
	1972～1981	4.73	0.378	4.25	0.395
	1982～1994	5.12	0.496	4.61	0.474
	全年代	4.51	0.41	4.07	0.514
RC造	～1971	5.12	0.646	4.72	0.691
	1972～1981	5.33	0.575	4.85	0.612
	1982～1994	6	0.789	5.33	0.789
	全年代	5.5	0.705	4.99	0.716
S造	～1971	4.64	0.619	4.25	0.712
	1972～1981	4.97	0.49	4.49	0.549
	1982～1994	5.64	0.731	5.01	0.733
	全年代	5.14	0.628	4.69	0.672
軽量S造	～1971	4.7	0.55	4.41	0.504
	1972～1981	5.82	0.972	4.95	0.855
	1982～1994	6.19	1.101	5.28	0.865
	全年代	5.03	0.564	4.73	0.601

注) 対数正規分布に従うフラジリティカーブの平均値 とばらつき 。構造形態と年代別に推定されている。(文献[3]より)

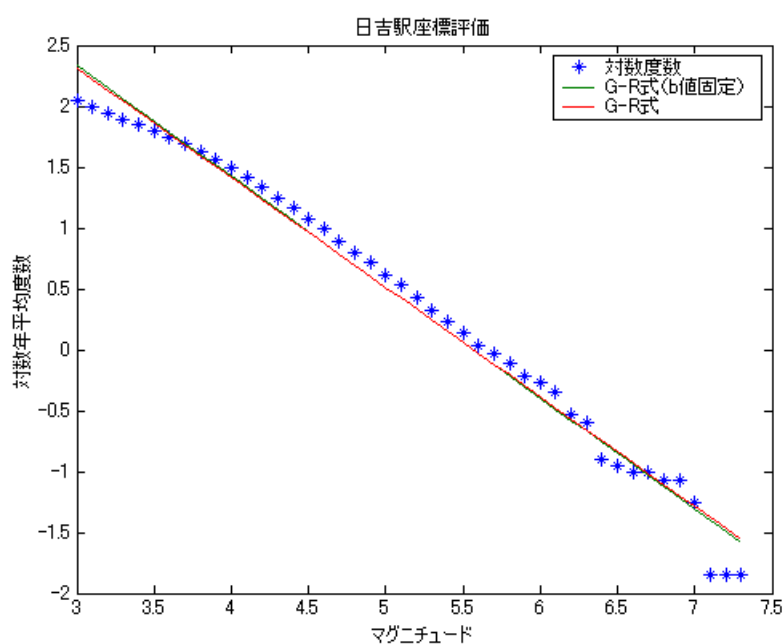


図1 . 日吉駅座標を中心とする 200km 四方地域のマグニチュード別地震対数度数  
 (G-R 式推定では、b 値の全国的な統計値 0.9 を固定して線形近似したものと、固定せずに求めたものが殆ど一致した。a 値、b 値の推定にはマグニチュード 3.0 以上のデータを使用。これに基づき地震危険度評価にはマグニチュード 5.0 以上を用いた。)

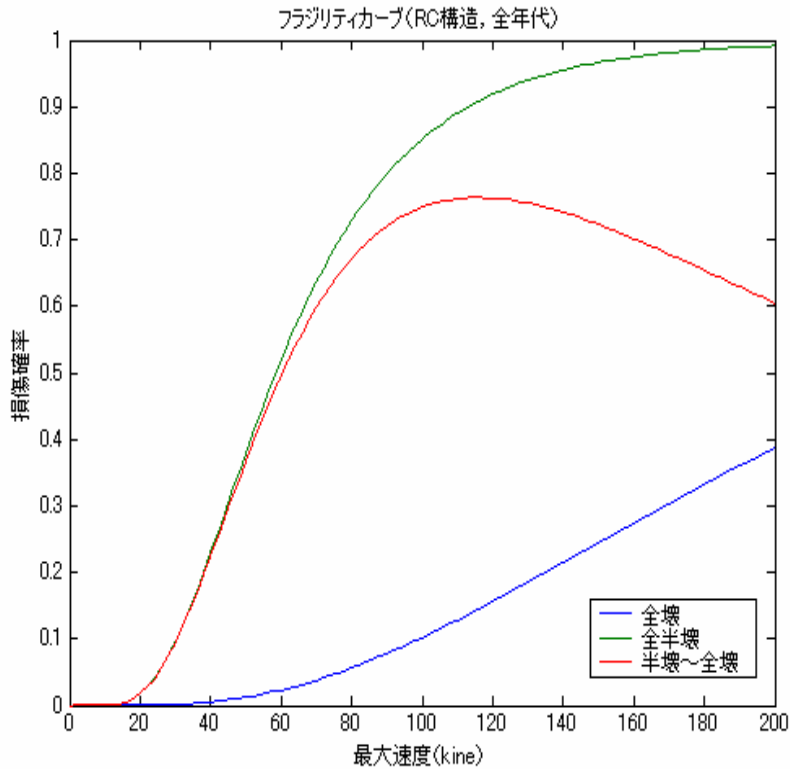


図2 . RC 構造建築物における fragility カurve

(表1の RC 構造物の全年代のパラメータを適用。全半壊は半壊以上の被害形態なので、半壊以上全壊未済の確率は、全半壊と全壊の差分で求めたものを用いた。)

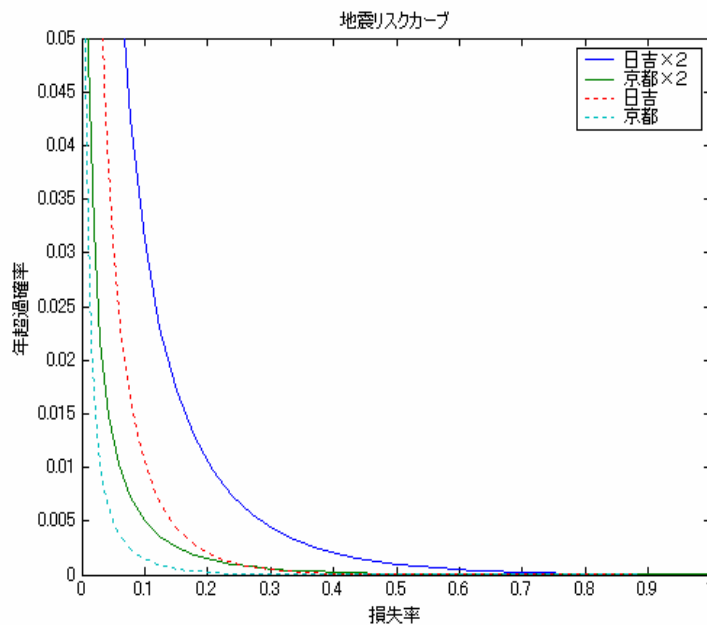


図3 . 日吉京都各地区 2 棟建築評価

(日吉駅座標と京都駅座標を比較すると、同じ損失率でも発生確率が日吉駅座標の方が京都駅座標に比べて高く、地震危険度が高いことが分かる。当然、同地域に 2 棟建てた場合も日吉の方が危険度が高くなっている。また低

い損失率域では、日吉駅座標に 1 棟建てた方が京都 2 棟分の危険度より高くなっており、京都駅座標に比べ日吉駅座標の危険度が相応高いということが推測される。)

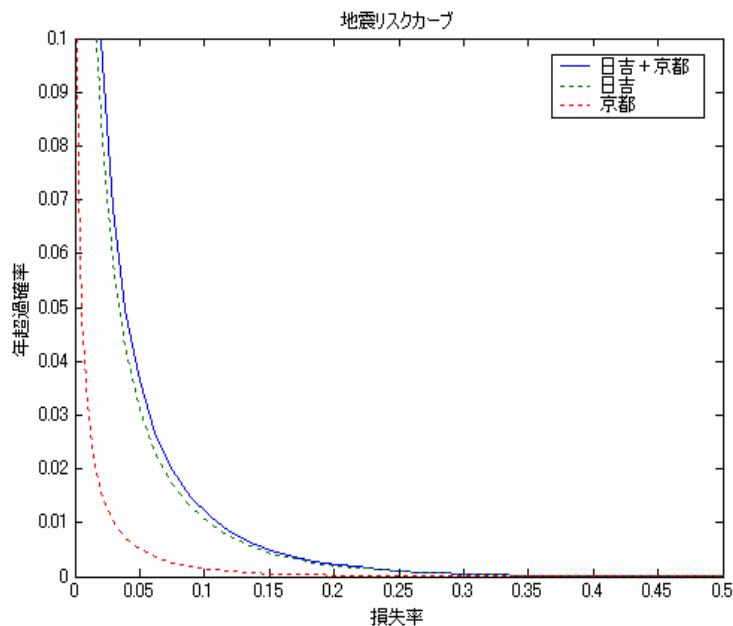


図 4 . 日吉京都地区分散立地評価

(日吉駅座標、京都駅座標にそれぞれ 1 棟ずつ建てた場合のリスクカーブを求めてみると、日吉駅 1 棟分のリスクとほぼ変わらないということが分かる。これは、図 3 の各座標に 1 棟から 2 棟に増えた場合のリスクカーブの顕著な変化と比較して、リスクの増分がかなり少ない。)

#### (d) 結論ならびの今後の課題

日吉駅座標・京都駅座標の地震リスクカーブを比較すると、全体的に日吉駅座標の曲線のほうが上方に押しあがっており、地域としての地震危険度は日吉の方が高いことが分かる。これは元々統計的に関東地方の地震回数が多いという根本的原因によると考えられる。

次に、2 棟を建てる場合であるが、元々地域の地震危険度自体、日吉の方が高いという事が分かっているので、同地点に 2 棟建てる場合は日吉のほうがリスクとしては大きい事が容易に想像されるが、実際のリスクカーブもその予想に反していない。(図 3)ここでの最大の関心事象は、元々比較的地震危険度の低い京都に 2 棟建てる場合と、異なるリスクを持つ地点に 1 棟ずつ建てた場合にどのようなリスクの差が現れるか、ということである。これは損傷率 30%程度までに関しては、京都駅座標に 2 棟の選択が最も危険度が低いが、30%を超える辺りから、それぞれの座標に 1 棟ずつ建てるという選択が最もリスクが低いということが分かった。(図 4)この事は地震危険度の高い地域の建物の持つリスクも、他の地域の建物が持つリスクと組み合わせることによって、リスクの低減を図ることが可能である事を示している。従って、十分に立地を分散した建物のポートフォリオの持つ地震リスクを証券化する事で、比較的低いコストで地震リスクの転嫁を行うことが可能であることを示唆している。

(e) 引用文献

- 1) 佐藤 亮輔 編著：日本の地震断層パラメータ・ハンドブック，390p，鹿島出版，1989
- 2) 大西 純一，山崎 文雄，若松加寿江：気象庁地震動記録の距離減衰式に基づく地点増幅特性と地形分類との関係，土木学会論文集，No.626( -48),pp.79-91,1999
- 3) 村尾 修，山崎 文雄：自治体の被害調査結果に基づく兵庫県南部地震の建物被害関数，日本建築学会構造系論文集，527，pp.189-196，2000
- 4) 安中 正，山崎 文雄，片平 冬樹：気象庁 87 型強振動記録を用いた最大地動及び応答スペクトル推定式の提案，第 24 回地震工学研究発表会公演論文集，pp.161-164，1997
- 5) 中央防災会議：(想定) 東海地震について，2001 年 12 月
- 6) 鶴岡 弘. WWW を用いた地震情報検索・解析システムの開発．情報処理学会研究報告;データベースシステム 115-9, 情報学基礎 49-9, 65-70(1998)
- 7) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：海溝型地震の発生可能性の長期評価，2002 年 2 月まで
- 8) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：長期的な地震発生確率の評価手法について，2001 年 6 月
- 9) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：確率論的地震動予測値図の試作版（地域限定），2002 年 5 月 29 日
- 10) 神田 順：既存建物の標準的構造的性の評価手法の開発，2002 年 6 月
- 11) 松田 時彦，塚崎 朋美、萩谷 まり：日本陸域の主な起震断層と地震の表-断層と地震の地方別分布関係-，活断層研究，19，pp.33-54，2000
- 12) 松田 時彦，吉川 真季，陸域の  $M \geq 5$  地震と活断層と活断層の分布関係-断層と地震の分布関係-その 2，活断層研究，20，pp.1-22，2001
- 13) Nicola Misani 著，丁野 昇行 訳：保険リスクの証券化と保険デリバティブ，7-86，シグマベイズキャピタル，2002
- 14) David G.Luenberger 著，今野 浩，鈴木 賢一，枇々木 規雄 訳：金融工学入門，173-217，日本経済新聞社，2002

(f) 成果の論文発表・口頭発表など

1) 論文発表

著者	題名	発表先	発表年月日
なし			

(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 15 年度業務計画案

米国で開発された災害リスク算定プログラム HAZUS や日本における研究成果に基づき、建物の損傷モデルの現状について調査し、損傷モデルの構造と用いられているパラメータおよびそれらを決定する要因について検討する。