

# 地震保険の割引率とその影響分析

Discount in the earthquake insurance and application to the risk control

○廣井 悠<sup>1</sup>, 小出 治<sup>1</sup>, 加藤 孝明<sup>1</sup>

U HIROI<sup>1</sup>, Osamu KOIDE<sup>1</sup> and Takaaki KATO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東京大学 大学院 工学系研究科 都市工学専攻  
Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

Now, the finance market for the natural disaster risk is improving in our country. On the other hand, the earthquake insurance in our country should still improve low participation rate, administrative reassurance, the total payment ceiling. In this study, we inspect the validity of the quakeproof discount of the current earthquake insurance and inspect the ideal method of the system design that was able to include risk control through the analysis. We examined it about the effectiveness and influence to give with a disaster mitigation action model provided by a disaggregated analysis.

**Key Words :** *earthquake insurance, seismic retrofitting, decision making models*

## 1. はじめに

Catastrophe Bond や金融派生商品などに代表される金融資本市場の引受能力を用いた代替的リスク移転手法の発展に伴い、自然災害リスクのファイナンス市場は現在わが国においてその機能を向上しつつある。一方、1966年に創設されたわが国の地震保険は、運用に関してその多くが法律によって決められているため制度の安定性が高い反面、20%程度の低い加入率や行政による再保険、100%の損失補償が約束されない点、約5兆5千億円の総支払限度額など、いまなお制度設計を論じる余地は多いものと考えられる。このうち特に以下に示す論点は地震保険制度の改善視点として、様々な文献で積極的な議論がなされている<sup>1)</sup>。ひとつは地震保険の魅力向上である。これは保険の補償範囲の拡大や付帯割合の引き上げ、料率や割引率の適正化・細分化がそれにあたり、より魅力的な商品となるよう地震保険制度やシステムを再検討する必要があるという議論である。また、保有資金の有効活用も地震保険制度の改善にあたって議論されることが多い。現在わが国は万一の自然災害に備え、危険準備金と呼ばれる(民間で9080億円、政府に1兆1386億円とされる)莫大な資産を用意している。しかしその多くは現在有効に運用されておらず、眠っている資金とみなすことができ、これを用いて耐震補強などに有効活用するのがよい、との主張もある。この他にも、地域間災害リスク配分の必要性や政府による再保険スキームの見直しがいくつかの文献で議論されている<sup>2), 3), 4)</sup>。特に後者については、既存研究<sup>5)</sup>にパレート最適な災害リスク配分を目的として広範地域の相互保険と Arrow 証券を組み合わせた Malinvaud=Arrow 型保険が提案されている。本研究は、これらの論点のうち特に地震保険の魅力向上と危険準備金の有効活用の両者に焦点を絞り、その妥当性と限界を定量的に論じることを目的とする。

一般に地震保険加入などのリスク分散行動については逆選択やその状況依存性に由来するモラルハザードを防ぐ意味からも、所有リスクに応じた適切なインセンティブを考慮する必要がある。このため現行の地震保険制度においては、1981年6月1日以降に着工された建築物に

対して保険料を10%引きとする建築年割引、耐震診断で耐震基準を満たしていると判断された場合に保険料が10%引きとなる耐震診断割引、住宅の品質確保の促進等に関する法律もしくは国土交通省の定める「耐震診断による耐震等級の評価指針」に基づく耐震等級を有している場合に10%-30%引きとなる耐震等級割引、耐震診断または耐震改修の結果改正建築基準法における耐震基準を満たす場合10%引きとなる耐震診断割引など様々な割引制度が設定されている。しかしこれまでのところ、この割引率の妥当性について割引後の保険加入行動を考慮し議論した研究は現在のところほとんど存在しない。

他方、上記のように地震保険の危険準備金は現在合計約2兆円という莫大な残高を計上している。もし、これを耐震補強工事に代表されるリスクコントロールに用いることができれば、結果的に被害量の総数を減じつつも保険加入集団に安定したリスク保持者を確保できる可能性もある。ただし、危険準備金はあくまで万一の災害に対し備えるべき種類の資金であり、無計画にリスクコントロールに運用することは控えなければならない。すなわち、これを利用する場合はその運用の妥当性を明確にしたうえで慎重に行う必要がある。本研究では以上を背景とし、簡易な数学モデル式でこれらの可能性を論じる。

## 2. 選択行動を考慮した割引制度の再検討

はじめに、耐震性が確保されている住宅の割引率を定式化し、その挙動を把握する。ここで建築物の耐震性に応じた割引指標  $\alpha$  を定義し、地震保険の料率を  $r$ 、耐震性が確保されている建築物の料率を  $\alpha r$  とする(単位: 年)。また時刻  $t$  に関して、地震保険加入者における建築物の数を耐震性が確保されていないものは  $n_1(t)$ 、耐震性が確保されているものは  $n_2(t)$  とし、ある地震動  $v$  に対する全壊確率、半壊確率もそれぞれ  $I_{1,\text{全}}(v)$ 、 $I_{1,\#}(v)$ 、 $I_{2,\text{全}}(v)$ 、 $I_{2,\#}(v)$  と定義する(地震動の単位は地表面応答加速度: PGV(kine)とする)。ここで単位時間内(ここでは簡単のため1年とする)に地震動  $v$  の地震が発生する確率を  $h(v)$  とすると、地震発生後の支払保険金と1年ごとの

受け取り保険料はそれぞれ(1)式の左辺と右辺で表される。ここで半壊については現実と同じく全壊の半額が支払われるものとするが、簡単のため一部損壊による保険料の支払いは考慮しないこととする(一部損壊については保険金の5%が現実には支払われる)。また(1)式左辺の第2項は火災被害、津波被害による支払額や付加保険料などを含むものであり、これは契約者数に比例するものと仮定する。

$$\int (n_1(t)(l_{1,\text{全}}(v) + l_{1,\#}(v)/2) + n_2(t)(l_{2,\text{全}}(v) + l_{2,\#}(v)/2))h(v)dv + (n_1(t) + n_2(t))\int C(v)dv = rn_1(t) + r\alpha n_2(t) \quad \cdots(1)$$

地震保険制度において保険会社の利潤は保険料率には組み込まれていないため、これは完全競争市場とみなしても一般性を失わない。それゆえ(1)式の等号は常に成立する。ところで、実際の地震保険料率 $r$ の算出にあたっては、既に損害保険料率算出機構が保険数理に基づき科学的かつ公平に導き出されている。これは保険契約者データをもとにして被害予測シミュレーションを行ったものであるため、ある程度妥当性が高いものとみなすことができよう。一方、地震保険の制度設計にあたってはその創設時から逆選択への懸念が常に議論されてきた。これは所有リスクの高い意思決定者がすんで保険に加入することで収支相等の原則が崩壊し、保険制度の健全性が損なわれることを指している。わが国ではこれに対し、地震保険を火災保険に原則自動付帯することでその防止措置としているが、一般に地震保険の加入率とその価格には負の因果関係が想定されるため、前述の各種割引制度も逆選択による市場の失敗を解決する手段となりうる。すなわち、所有リスクの高い意思決定者が大量に保険加入している場合(このときそのリスクは所有リスクの低い意思決定者に移転されるため、(1)式を満たす高額の割引指標 $\alpha$ が予想される)、人為的に割引指標 $\alpha$ を下げることで所有リスクの低い意思決定者を呼び込み、より低い割引率で制約条件式(1)を満たす均衡状態を実現することが可能となる。この均衡を把握するためには、地震保険の加入行動の定式化が必要となる。そこで、ここでは地震保険加入選択率をその耐震性能の有無により2種類に分類しそれぞれ $p_1(r)$ 、 $p_2(\alpha r)$ とする。いま既存研究<sup>①</sup>を参考として、地震保険の加入者数が(2)式、(3)式で表されるものとすると、 $t \rightarrow \infty$ の均衡状態で $n_1(t)$ および $n_2(t)$ はそれぞれ $m_1 p_1(r)$ 、 $m_2 p_2(\alpha r)$ となる。ただし、 $m_1$ 、 $m_2$ はそれぞれ耐震性を満たしている建築物数、耐震性を満たしていない建築物数とし、 $\lambda_1$ は地震保険加入の契機をボアソン到着とみなした到着率である。

$$dn_1(t)/dt = \lambda_1(m_1 p_1(r) - n_1(t)) \quad \cdots(2)$$

$$dn_2(t)/dt = \lambda_1(m_2 p_2(\alpha r) - n_2(t)) \quad \cdots(3)$$

ここで $n_1(\infty)/n_2(\infty) = m_1 p_1(r)/m_2 p_2(\alpha r) = n(\alpha)$ と表記すると、制約条件式(1)は以下の如く変形され、 $t \rightarrow \infty$ における割引指標 $\alpha$ の差分方程式(4)式が求まる。

$$\alpha_{t+1} = \int (n(\alpha_t)(l_{1,\text{全}}(v) + l_{1,\#}(v)/2) + l_{2,\text{全}}(v) + l_{2,\#}(v)/2)h(v)dv + ((1+n(\alpha_t))\int C(v)dv)/r - n(\alpha_t) \quad \cdots(4)$$

これにより時間が十分に経過した均衡状態における割引指標 $\alpha$ を求めることが可能となる。これは(1)式で表される収支相等の原則を保ちつつ、逐次的に割引率を変えた場合に達する最終的な均衡状態の値であり、当然ながら地震保険加入行動を考慮したものとなっている。

なお、ここで $\alpha$ の初期値 $\alpha_0$ を用いて示される(5)式が1より大きい場合、逆選択による地震保険市場の失敗が発生し、均衡状態におけるその割引率も $1-\alpha_0$ より小さく、逆にこれが1より小さい場合、初期値 $1-\alpha_0$ より大きい割引率に均衡する。

$$\int (n(\alpha_0)(l_{1,\text{全}}(v) + l_{1,\#}(v)/2) + l_{2,\text{全}}(v) + l_{2,\#}(v)/2)h(v)dv/r + ((1+n(\alpha_0))\int C(v)dv)/r - n(\alpha_0) \quad \cdots(5)$$

すなわち、現行の割引率において(5)式が1より大きい場合は逆選択による地震保険市場の失敗が引き起こされる可能性がある。これを防ぐためには人為的に割引率を下げ、保有リスクの小さい保険加入者を呼び込むことが必要となる。

### 3. リスクコントロールへの応用

以上の議論を踏まえ、つづいて現行の地震保険制度で蓄えられている責任準備金の活用について議論する。ここでひとつの提案として、ある期間まで契約することを前提とした地震保険契約者に対する耐震補強への助成金を取り上げよう。地震保険契約者の耐震性が高まることによる地震保険制度全体の効用は、1.全体のリスクが軽減する、2.相対的に地震リスクの低い加入者が増加する、の2点である。なお、ここでは前節と同じくその割引率は均衡解で与えられるものとする。このもとで、事前にある程度の準備金を耐震補強への助成に回すと一部の加入者が耐震補強工事を行い、保険加入者のリスク総和が減少する。この結果、所有リスクの低い保険加入者が増加し、前章に示したメカニズムで割引率が逐次的に増加する。耐震補強の助成に用いた準備金は、このリスク総和の低減と時限的な保険の強制加入による保険料の収益で最終的にまかなうことが可能となる。結果的に、リスクコントロールに投資することでリスク総和を減じつつ地震保険をより安全な証券とすることができます。

ここで現在地震保険に加入している世帯が耐震補強を行う確率を $p(c-x)$ とする。このうち $c$ は耐震補強のコスト、 $x$ はそれに対する助成金額を表す。すると、地震保険加入者のうち耐震性が確保されていない建築物と耐震性が確保されている建築物数は、 $t \rightarrow \infty$ においてそれぞれ以下(6),(7)式で表される。

$$n_1 = m_1 p_1(r)(1-p(c-x)) \quad \cdots(6)$$

$$n_2 = m_2 p_2(\alpha r) + m_1 p_1(r)p(c-x) \quad \cdots(7)$$

ここで耐震助成を受けた建築物は $t=t_0$ まで地震保険に耐震等級割引を受けずに保険加入が義務付けられるとすると(1)式で表された収支相等の原則は以下(8)式となる。

$$\int_0^{t_0} (\int (n_1(l_{1,\text{全}}(v) + l_{1,\#}(v)/2) + n_2(l_{2,\text{全}}(v) + l_{2,\#}(v)/2))h(v)dv + (n_1 + n_2)\int C(v)dv)dt = t_0(r m_1 p_1(r) + r \alpha m_2 p_2(r)) - x m_1 p_1(r) \lambda_2 p(c-x) \quad \cdots(8)$$

ここで(8)式左辺の $n_1$ 、 $n_2$ は(6),(7)式を満たす変数であり、助成額 $x$ や割引指標 $\alpha$ に依存する。一方、(8)式右辺の第3項は地震保険加入者に対する耐震補強工事の助成総額を表している。これを解くことで、任意の $t_0$ および $x$ のもとでの割引指標 $\alpha$ を求めることができる。

ここで地震保険制度の目的がリスクの分散であることを考慮し、地震保険政策の目的を1.対象地域の全リスクに対する保険に加入していない意思決定者のリスク総和の割合を小さくする、2.保険加入者のリスク総和を減じ

る、の 2 点とする。ここで対象地域における総リスクを  $R_1$ 、保険加入者における総リスクを  $R_2$  とすると  $R_1$ 、 $R_2$  は以下(9),(10)式のように示される。

$$R_1 = \int_0^{\infty} (\int (m_1(l_{1,\text{全}}(v) + l_{1,\text{半}}(v)/2) + m_2(l_{2,\text{全}}(v) + l_{2,\text{半}}(v)/2))h(v)dv + (m_1 + m_2)\int C(v)dv)dt \quad \cdots(9)$$

$$R_2 = \int_0^{\infty} (\int (n_1(l_{1,\text{全}}(v) + l_{1,\text{半}}(v)/2) + n_2(l_{2,\text{全}}(v) + l_{2,\text{半}}(v)/2))h(v)dv + (n_1 + n_2)\int C(v)dv)dt \quad \cdots(10)$$

よって地震保険政策の目的を上記の 2 点に限定したとき、その目的関数は  $1 - R_2/R_1$ 、および  $R_2$  となり、これをともに最小化する計画案がよい計画案となる。これにより、危険準備金を耐震補強工事の推進に活用した場合の効果を定量的に把握することが可能となる。

#### 4. 数値例の適用

以上の議論を踏まえ、その数値例を示す。特にここでは簡単のため、数ある割引制度の中でも建築年割引のみを対象としてその挙動を論じることとする。一般に(4)式は解析的に解くことが困難であるため、数値例によってその把握を試みるのがよい。対象地域は簡単のため、東京都の木造住宅のみを取り上げる。また建築物の一部損壊による保険金支払いや政府による再保険はないものとし、料率は地域による公平性が担保され妥当に算出されているものとする。なお本研究の数値例では、保険加入行動及び耐震補強選択率の定式化に関して、非集計ロジットモデルを用いている。これはあらゆる災害リスクに対して経済合理的に行動する理想的な家計が、必ずしも現実社会の意思決定行動に近似しないことを斟酌し、従来の経済主体の効用函数における凹性に基づいた保険需要の記述でなく、確率項を考慮した離散型選択モデルを用いることで実例への高い再現性を期待したものである。具体的な函数型は静岡県および東京都で行われたアンケート調査を最尤推定法によりパラメータ推定しており、その効用関数には金銭的負担、年齢、年収、地震に対する不安感、AHP で求めた地震保険に対する評価値の 5 変数を用いている。この結果、構築した地震保険加入行動モデルの自由度調整済尤度比は 1981 年以前の住宅については 0.280、1981 年以降の住宅については 0.268 とある程度の妥当性が確保された。また簡単のため、 $h(v)$  に関してはハザードカーブとしてロジスティック関数を仮定し、J-SHIS(確率的地震動予測値図)によって公開されているハザードカーブデータを用いて係数を推定した。建築年別の住宅数は平成 15 年住宅・土地統計調査より東京都の実例を用いている。また建物被害率  $P_R$  と地震動  $v$  の関係式は既存研究<sup>7)</sup>により、以下(11)式のごとく明らかになっているため、これを用いている。

$$P_R = \Phi((\ln v - \eta)/\xi) \quad \cdots(11)$$

上式を全壊・半壊ともに建物被害関数  $I_{i,j}(v)$  として用いる際、そのパラメータは参考文献と同じく 1981 年以降に着工の建築物については  $\eta$  を 5.45(全壊)、5.18(全半壊)とし  $\xi$  を 0.534(全壊)、0.521(全半壊)とした。また同じく 1981 年以前に着工の建築物については  $\eta$  を 4.84(全壊)、4.61(全半壊)とし  $\xi$  を 0.413(全壊)、0.419(全半壊)としている<sup>(6)</sup>。さらに初期状態において保険加入者における、1981 年以前に着工された住宅数と 1981 年以降に着工された住宅数の比は建築物全体の傾向と等しく  $m_1:m_2$  であるとする。

その結果得られた差分方程式の概形は図 1 に示される曲線で示される。(4)式は差分方程式なので、図 1 における曲線と  $\alpha_{t+1} = \alpha_t$  を示す直線の交点が求めたい均衡状態の  $\alpha^*$  となる。この結果、図 1 の両曲線の交点における  $\alpha^*$  は 0.768 と求まる。すなわち、1981 年以前着工の住宅数と 1981 年以降着工の住宅数の比率が変化しない限りにおいては、料率を下げるこなしに、現在 10% の割引率を 23.2% まで減らすことが可能となる。

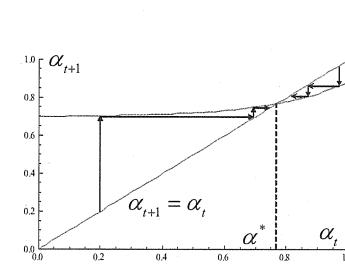


図 1  $\alpha_t$  に関する差分方程式

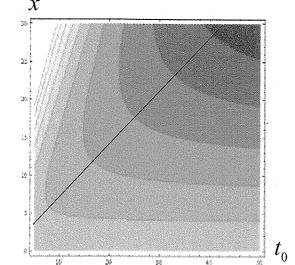


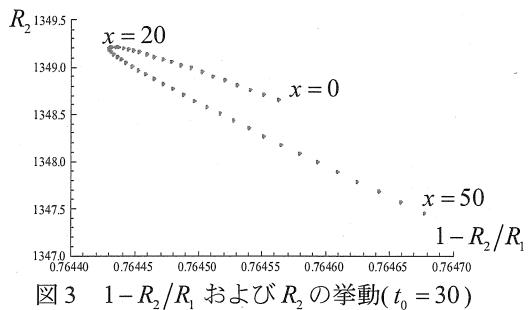
図 2  $\alpha$  に関する等高線

本研究の数値例においてはこの結果、東京都における地震保険の加入率は 20.6% から 26.7% まで上がり、(1)式の左辺及び右辺は 1.15 倍まで上昇する。これは割引率  $\alpha$  を人為的に下げたことに伴い、所有リスクの低い地震保険加入者が増加し、地震保険の持つリスク移転機能がより高まったものと言及でき、よりよい制度設計が行われたことを意味している。なおこのときの  $n(\alpha)$  は 0.357 であるため、保険加入者集団において 1981 年以降着工の住宅数に対する 1981 年以前着工の住宅数の比率が 0.357 よりも大きい場合、常にこの割引率操作を利用することができる。他方、逆選択による地震保険市場の失敗が引き起こされる条件はどれほどであろうか。これは(5)式を傾き 1 以上にする  $\alpha$  と  $m$  のペアを求めればよい。これによると割引指標を現行の  $\alpha = 0.9$  としたとき、 $m > 1.602$  の条件下において逆選択による市場の失敗が起こり、最終的に耐震等級割引を行うことができなくなる。これにより、安全なリスク保有集団は地震保険への選択を行わなくなり、地震保険制度の健全性が損なわれる。現在は、このように耐震性の劣る住宅が耐震基準を満たす住宅の 1.6 倍を数える地域はほとんど存在しないと考えられるが、今後料率の細分化などでこのような条件を満たす地域を独立に選ぶ場合、保険システムが悪循環に陥る可能性も考慮する必要がある。

次に、責任準備金の活用についての数値解を導出する。はじめに耐震補強の選択率は、地震保険加入行動と同じく静岡県および東京都で行われたアンケート調査を用いて非集計ロジットモデルを適用することにより導出した。その自由度調整済決定係数は 0.225 となり、ある程度の妥当性が確保されているとみてよい。また、地震保険の加入と耐震補強工事の選択について、契機の到着率の違いを考慮するため、単位時間内における契機の回数を平成 10 年度住宅・土地統計調査<sup>8)</sup>、静岡県耐震補強補助制度の利用者経年データ<sup>9)</sup>、地震保険契約者経年データ<sup>10)</sup>から推定しその比をとった。耐震補強の費用はここでは一律に 200 万円としている。このもとで、1981 年以前の住宅を耐震性の低い住宅、1981 年以降の住宅を耐震性の高い住宅と読み替え、(8)式を制約条件として責任準備金を耐震補強工事へ助成する計画案の妥当性を検証する。

ここで地震保険加入者への耐震助成によるもの以外に

住宅の耐震性が高まることはないものとすると、所与の条件で数値計算を試みた結果、責任準備金の本来の目的を損なわずに耐震補強への助成が可能となることがわかった。このとき(8)式を満たす  $\alpha^*$  は上図の等高線で示され(色の濃いほうが割引指標  $\alpha^*$  は小さい)、その最小値のペアは図中の直線で示される。ただし縦軸は耐震補強工事への助成額  $x$ (万円)であり、横軸は助成後の強制保険加入機関  $t_0$ (年)としている。本研究で用いた数値例では、 $t_0 = 30$ [年]のとき加入率を最大にする助成額は33万円となる。他方、先に述べたように、地震保険制度のそもそもの目的はリスクの分散である。よって地震保険に関する制度設計においては、加入率だけでなく、リスク分散の指標を用いる必要がある。ここで、先に示された目的関数を用いて  $1 - R_2/R_1$  並びに  $R_2$  を図示すると、下図3の如く示される。



リスク分散とリスク低減の同時追及を目指すためには、 $1 - R_2/R_1$  並びに  $R_2$  を共に最小化する必要があるが、これは  $[1 - R_2/R_1, R_2]$  が図3においてもっとも原点寄りに位置することと同義である。挙動をみると、助成額が0万円から20万円の間は助成額の増加に伴い、地震保険がカバーしていないリスクの割合が減り、反対に地震保険加入者のリスク総和が増加している。これはリスクコントロールを行うことにより保険加入者集団の保有リスク率が変化し、割引率の増大に伴って新たに1981年以降の住宅が地震保険に加入したことを示す。他方、助成額が20万円から50万円の間は耐震補強に対する助成額が多くなるに伴い、その金銭的負担大きさから割引率を下げざるを得なくなり、地震保険がカバーしていないリスクの割合が増加するが、リスクコントロールにより地震保険加入者のリスク総和が減少する。いずれにせよ、この図からは助成額が20万円から50万円の間がパレート最適解となるため、リスク分散とリスク低減の同時追及を目指すためには、最低でも20万円ほどの耐震補強工事への助成金が必要となることがわかる。

## 5. おわりに

本稿はリスクコントロールとリスクファイナンスを融合した新しい保険システムの構築を目指して、これまで論じられることのなかった、割引率の妥当性と地震保険加入者を対象とした耐震補強への金銭助成について考察したものである。特に(1)式や(8)式などの制約条件を介した利用者間の相互依存性と地震保険選択モデルの定式化を通じて具体的な数値例を求めた点が、本研究の独自性となる。これにより、地震保険の機能を高めるための制度設計についていくつか示唆に富む政策的含意が得られた。それらを以下に箇条書きでまとめる。

### 1. 地震保険の加入行動を非集計ロジットモデルを用いて

定式化し、数値例をあてはめた結果、地震保険市場の健全性を損なうことなくリスク分散機能を高める最適な割引率を求めることができた。これにより、地震保険の料率は1981年以降に着工された建築物についてはおよそ23%の割引をすることで、保険市場に安全なリスク保有集団を呼び込むことが可能となり、結果的に地震保険の機能が高まることが分かった。

2. 保険加入者集団において耐震性の高い建築物数に対する耐震性の低い建築物数の比率がある率をこえると逆選択による地震保険市場の失敗が発生することがわかった。なおこれらに1981年以前と以降に着工された住宅数を用いた数値例では、その比率は約1.6倍となる。地域間において独立した保険料率を精緻化する際は、これらに注意する必要がある。

3. 地震保険の責任準備金を用いて、本来の目的を損なうことなくリスクコントロールに応用するための具体案を検討した。この結果、ある期間保険に強制加入することを前提とした責任準備金による耐震補強への助成について、地震保険の加入率やリスク分散機能を最適化しうる具体的な助成額を明らかにすることができた。

本研究で得られた結論は収支相等の原則を満たしたものであるため、政府や地震保険加入者、取り扱い代理店等の追加負担を伴うものではない。さらに本研究の成果を応用することで、料率と割引率の同時最適化などの可能性も示唆される。ただし、本研究は(1)政府による再保険を考慮していない、(2)住宅の一部損壊を考慮していない、(3)現実の料率区分における地域の独立性を大前提にしている、など数々の強い仮定をおき分析したものである。さらに、より詳細な意思決定モデルを導入することで本研究で提案した分析手法の信頼性はより高まるものと推察される。これらはごく近い将来に解決すべき課題である。

## 謝辞

本研究をすすめるにあたって、独立行政法人・防災科学技術研究所のデータを利用して頂きました。皆様方に深甚なる敬意を表します。

## 参考文献

- [1] 坪川博彰：社会の防災力向上にむけた地震保険の拡大利用策の提案、第3回防災計画学研究発表会、2008.
- [2] 横松宗太、小林潔司：防災投資による物的被害リスクの軽減便益、土木学会論文集、No.660/IV-49, pp.111-123, 2000.
- [3] 横松宗太、小林潔司、田中一央：分権的防災投資と地域間災害リスク配分、土木計画学研究・論文集、Vol.18, No.2, pp275-286, 2001.
- [4] 横松宗太、小林潔司：災害保険、被災者支援制度と住宅選択、都市計画論文集、No.40-3, 2005.
- [5] 小林潔司、横松宗太：カタストロフ・リスクと防災投資の経済効果、土木学会論文集、No.639/□-46, pp39-52, 2000.
- [6] 廣井悠、小出治、加藤孝明：対策間の相互作用を考慮した防災対策行動予測モデルの提案、地域安全学会論文集 No.10, 365-375, 2008.
- [7] 村尾修、山崎文雄：震災復興都市づくり特別委員会調査データに構造・建築年を付加した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(2002)555, 185-192.
- [8] 総務省統計局：平成10年度住宅・土地統計調査、1998.
- [9] 静岡県：プロジェクト TOKAI-0 の平成19年度の実績、静岡県耐震ナビ、<http://www.taishinnavi.pref.shizuoka.jp/index.html>, 2008.