

No. 966

地震危険度と地価形成：東京都の事例

by

山鹿久木（筑波大学） 中川雅之（大阪大学）  
齊藤誠（一橋大学）

January 2002

# 地震危険度と地価形成：東京都の事例

山鹿 久木  
(筑波大学)

中川 雅之  
(大阪大学)

齊藤 誠  
(一橋大学)

近年いくつかの地方自治体において、様々な自然災害に対するハザードマップが公表され、住民の防災意識の向上と自立的な危険回避行動を促す行動がとられようとしている。本稿では、特に地震に関する地域危険度が、どの程度地価に影響を与えているのかを分析する。1998年に東京都は、地域ごとの地盤特性等の分析に基いた地震に関する地域危険度を町丁目ごとに公表した。このデータと1980年から2001年の地価公示データを用いて、東京都の地価関数を推計することで、地価が地震リスクをどの程度反映しているのかを検証する。さらに、ここでの推定結果から家計や企業がどの程度の地震災害リスク・プレミアムを割り引いて地価を評価しているのかを算出し、本稿の推定結果が理論的に妥当な範囲であることを示す。

**Key Words:** *earthquake risks, land price, risk premium, hedonic approach*

## 1. はじめに

危険回避的な家計や企業は、①地震災害リスクの高い地域での立地を回避し、②所与の地震災害リスクに対しては耐震性能の高い建造物を建築する。前者の危険回避行動は、地震災害リスクを伴う土地への需要が低下することから、当該リスクの大きさは地価低下の程度として表れる。後者については、与えられた立地のもとで耐震構造を伴う建造物への投資行動に反映されるであろう。

本稿は、前者の意味での地震リスクに対する危険回避行動について、東京都が 1998 年に町丁目ベースで公表した地震危険度の指標が公示地価にどのように反映されているのかを実証的に検証していく。すなわち、日本の地価形成に関する既存実証文献に従いながら、地価に影響を与える様々な要因を制御した上で、地価が地震危険度に応じてどの程度低下するのかを、時系列的に、もしくは土地の用途別に計測していく。

地震災害リスクの地価への反映の度合いは、リスクそのものの大きさばかりでなく、保険市場や公的制度によって地震災害リスクが十分にシェアリングされているかにも依存している。もし、地震リスクが完全に保険されていれば、地価は地震が当該土地にもたらすであろう平均被害損失分しか低下しない。しかし、保険的なメカニズムが効果的に機能せずに、家計や企業の物的・人的資本が地震リスクに大きくさらされていれば、家計や企業は、平均被害損失額にリスク・プレミアムを上乗せして地価を割り引くであろう。

本稿では、簡単な危険回避行動モデルに基づきながら、ここで計測した地震リスクの地価形成への影響に関する実証結果から、家計や企業がどの程度のリスク・プレミアムを割り引いて地価を評価しているのかを推測していく。そうした作業は、ここでの実証結果が理論モデルの想定する危険回避行動と整合的かどうかをチェックするという意味で、実証結果の理論的な妥当性を評価していることになる。

日本におけるヘドニック・アプローチに基づいた地価形成に関する実証研究は豊富な蓄積がある。中でも金本・中村・矢澤(1989)<sup>4)</sup>では、理論的、実証的な展望が行なわれている。しかし、地震リスクが地価形成に与える影響を系統的に実証した事例は我が国では未だなく、海外の事例をみても数少ない。その中でも、Beron et al. (1997)<sup>1)</sup>は、1989 年にサンフランシスコ湾岸地域を襲った Loma Prieta 地震の前後で、地震災害リスクが住宅価格に反映する度合いが変化していることを指摘し、その背後で住民が地震リスク評価を改訂した可能性を議論している。

Brookshire et al. (1985)<sup>2)</sup>の実証研究は、本研究とより密接に関係している。そこでは、カリフォルニア州が 1974 年に開示した地震危険度の情報が、開示後の地価形成に統計的に有意に反映されるようになったことが明らかにされている。また、実証結果が簡易な危険回避行動モデルとも整合的であることを示している。

以下に報告していくように、本稿での実証結果は、東京都の地震危険度に関する情報の公表が、地震リスクが地価形成に反映する契機となったわけではないことを示している。むしろ 1980 年代後半の人々の地震災害に対する関心の高まりを背景に、地価が地震リスクを適切に反映するようになったという結果が得られている。その意味では、東京都の地震危険度に対する情報開示も、関心の高まってきた住民の要請を間接的に受けてきたといえる。

具体的には、1980年代後半の地価高騰期には、地震リスクの地域間格差を鮮明に反映するように地価が形成されてきた。例えば、最も地震リスクの高い地域の地価は、最も地震リスクが低い地域の地価を約10%以上下回っている。一方、1990年代後半にも、地価は地震リスクをいぜんとして強く反映しているが、地震リスクの地域間格差に起因する地価格差は若干縮小する傾向にある。こうした動向は、阪神淡路大震災の教訓から地震リスクの高い地域(特に、密集市街地)への防災投資計画が発表されたことを地価が織り込んできた結果と推測される。

危険回避行動モデルに基づいてここでの推定結果を評価すると、最も地震リスクの高い地域では、大地震による平均損失額を上回って地価が割り引かれている。さらに計測したリスク・プレミアムの大きさを検証すると、本稿での推定結果が危険回避行動モデルとも整合的であることが示される。

本稿は、以下のように構成されている。第2節では、東京都が公表した地震危険度の指標特性を議論する。第3節では、本研究に用いたデータを説明し、地価関数の推定結果を報告する。さらに、その推定結果がみせかけの地震リスクを測定している可能性について議論する。また第4節では、簡単な危険回避行動モデルを提示しながら、推定結果に基づいてリスク・プレミアムを算出し、実証結果の理論的な妥当性を検証する。第5節で結論を述べる。

## 2. 東京都による地域危険度の公表

東京都では、①インフラ整備や市街地の再整備、②防災市民組織の充実、③救助・支援体制の強化、④地震に関する調査研究等の様々な施策を「第7次東京都震災予防計画」において講じることとしている。これら防災対策の一環として東京都震災予防条例第17条に基づいて昭和50年以降概ね5年毎に地域危険度が測定、公表されている。平成10年3月に公表された「地震に関する地域危険度測定調査報告書(第4回)<sup>6)</sup>」(以下「地域危険度調査」)においては、5段階の地震危険度が町丁目ごとに測定され、ホームページでも公表されている。

この地域危険度調査は、被災ポテンシャルを地域間で比較することを目的としており、その地域危険度は、特定の地震や時点を想定しない、年間を通じて平均的な危険度合を表す指標である。

具体的には、地域危険度は、地震が起こった場合の震動による物的危険性を評価した「建物倒壊危険度」、火災による物的危険性を評価した「火災危険度」、震動による人的危険性を評価した「人的危険度」、火災による人的危険性を評価した「避難危険度」の4つの指標によって構成され、全町丁目が比較的 안전한地域である危険度1から、危険度の増加に応じて5段階のランクに分類されている。

本稿では、これら4つの危険度の中でも「建物倒壊危険度」(以下、建物危険度とする)と地価の関係性を分析する。表-1は、本分析に用いた公示地価地点に関する建物危険度分布を示している。

建物危険度の導出方法は付録に示しているが、この指標は主として建物の構造や地盤等、都市の物理的特性に基づいて危険度の判定がなされている。一方、火災危険度、人的危険度、避難危険度では、商業等の機能集積、人的集積が危険度評価のマイナス要素として評価されている。本来、これらの集積は、地価に対してはプラスの影響を与える要素であるため、火災、人的、避難の各危険度の地価への影響を測定した場合、この地価に対する直接的な影響が相殺的に作用す

る結果、地震リスクに対する評価が過小に推定される可能性がある。このため、本稿では、そうした影響がないと考えられる建物危険度を地震危険度指標として用いて地価に与える影響を分析している。さらに建物危険度は「地盤が悪く老朽化した木造建物が密集している地域」において高い危険度評価を示す傾向があり、建物の火災被害についても関連性を有するので、建物の倒壊被害のみならず火災被害についてもある程度代理する指標と考えられる。

### 3. 地価関数の推定

本節では、地価関数の説明変数として建物危険度を加えて、当該地震危険度が地価に与える影響を分析していく。

#### (1) データと推定モデルの特定化

被説明変数である地価に関するデータは地価公示データ<sup>7)</sup>を用いている。原則、5年ごとのデータを利用する。さらに、サンプルは最新のデータである2001年度を加える一方、阪神・淡路大震災が1995年であるため1994年、1996年という震災前後のデータを利用している。したがって、サンプル年度は1980年、1985年、1990年、1994年、1996年、2000年、2001年である。各年度の1m<sup>2</sup>当たりの地価平均値は、それぞれ26.9、65.4、224.9、119.3、78.2、59.2、56.5(単位は万円)である。

説明変数には、第2節で述べた5段階の建物危険度に加えて、東京駅までの時間距離、最寄り駅までの道路距離、容積率、ガス・水道・下水に関するダミー、用途区分ダミー、地方自治体ダミー、路線ダミーのデータを採用している。東京駅までの時間距離はヴァル研究所「駅すばあと」(2000)により計算し、その他のデータは地価公示データセットから得ている。表-2は、地価関数の説明要因として採用した変数をまとめたものである。

以上のデータは、1998年に公表された建物危険度データにマッチングされている。ただし東京駅までの時間距離は2000年度のものを使用している。このように7時点のクロスセクション・データを用いることにより、建物危険度分布が地価分布に反映する度合を時系列的に比較することが可能となる。

地価関数は、以下のようなヘドニック価格関数として表すことができる。

$$P_i = h(H_i, X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{Mi}) \quad (1)$$

$P_i$ は、第*i*地点の地価、 $H_i$ は当該地点の建物危険度、 $X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{Mi}$ はその地点に関する*M*種類の土地属性変数をそれぞれ表している。

関数形は以下のように特定化されている。

$$\ln P_i = \alpha + \beta H_i + \sum_m \gamma_m \ln X_{mi} + \varepsilon_i$$

#### (2)

(2)式は、ヘドニック価格関数を対数線形化している。 $\varepsilon_i$ はi.i.d.の誤差項、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma_m$ はパラメータである。この定式化では、5段階の危険度について地価への影響度の格差が各危険度間で等しいことを想定している。

さらに 2 通りの代替的な定式化を用いている。

$$\ln P_i = \alpha + \beta_2 D_{2i} + \beta_3 D_{3i} + \beta_4 D_{4i} + \beta_5 D_{5i} + \delta \ln X_{1i} + \eta (\ln X_{1i})^2 + \sum_{m=1} \gamma_m \ln X_{mi} + \varepsilon_i \quad (3)$$

上の(3)式では、建物危険度 1 を基準として、それより危険度の高いものについて 4 つの危険度別ダミー変数 ( $D_2$  から  $D_5$ ) を加えている。これらのダミー変数によって危険度レベルごとに地価に与える影響を推定することができる。また、東京駅までの時間距離 ( $X_1$ ) については地価への非線形的な影響を考慮している。 $\beta_2$  から  $\beta_5$ 、 $\delta$ 、 $\eta$  は、新たなパラメーターである。

一方、

$$\ln P_i = \alpha + \beta_M D_{Mi} + \beta_H D_{Hi} + \sum_m \gamma_m \ln X_{mi} + \varepsilon_i \quad (4)$$

では、5 段階の危険度を 3 段階(危険度 L, 危険度 M, 危険度 H)に再分類したものである。危険度 1 の地域を危険度 L, 危険度 2 の地域を危険度 M, 危険度 3, 4, 5 の地域をまとめて危険度 H としている。(4)式では危険度 L を基準として危険度 M と危険度 H についてダミー変数を作成している。

## (2) 推定結果とその解釈

### (a) 時系列的な比較

(2)式, (3)式, (4)式を、それぞれ 1980 年, 1985 年, 1990 年, 1994 年, 1996 年, 2000 年, 2001 年の 7 時点のクロスセクション・データについて OLS 推定を行っていく。表-3 は、(2)式の地価関数に関する推定結果を報告している。

全ての年度について「都心までの時間距離」と「最寄り駅までの道路距離」の係数は 1%水準で有意にマイナスで推定されており、期待される符号と一致している。容積率の係数は 1%水準で有意にプラスであり、容積率が高いほど地価が高いという結果を得ている。他の説明変数については推計係数を報告していないが、ここでの推定結果は既存実証研究の結果と一致している。

建物危険度の係数  $\beta$  は、全ての年度でマイナスに推定されているが、80 年は有意でなく、85 年も 10%水準でしか有意でない。しかし、1990 年以降、1%水準で有意となっている。建物危険度は 1990 年前後から地価に強いマイナスの影響を与えている。 $\beta$  の絶対値は 1994 年に最も大きく、その後は若干小さくなっている。

上の推定結果で確認された、地震危険度の地価への影響に関する時系列的な変化には、どのような実際的な背景を考えることができるであろうか。

まず、家計や企業の地震災害に対する意識の変化が影響している可能性が高い。たとえば、『防災に関する世論調査』(東京都)によって地震災害に対する都民の認識の変化をみると、「大地震が起こったらという不安を感じているか」という問いに対して「強く感じている」「少し感じている」としている者の割合は、1980 年代の半ばから 1990 年代半ばにかけて上昇し、1995 年にピークを打ち、その後若干低下している(表 4)。

以上の意識調査の結果は、ここで推定された地震危険度に関する感応度の時系列的な傾向とほぼ一致している。建物危険度分布が 80 年代半ばまでの地価分布に強く反映されていなかったのは、住民の地震災害に対する意識が低かった可能性を示している。その後 80 年代後半から 90

年代前半に地価が高騰する過程では、地価が地震危険度を強く反映するようになった。推定結果を注意深くみると、この間の地価上昇は各年度ごとの定数項格差に強く表れていない一方で、地震危険度に対する感応度 ( $\beta$ ) が上昇している。すなわち、危険度の低い地域の地価上昇に比べて危険度の高い地域の地価上昇が小さかったことが示唆されている。80年代後半の地価上昇期は、建物危険度をより強く反映する形で起こったと考えることができる。

推定結果が示すように、1996年以降は地震危険度に対する地価の感応度が低下する傾向にある。この背景には、さまざまな要因が考えられるが、そのひとつとして、阪神大震災を教訓に都市の防災対策が充実し、特に地域危険度の高い地域に居住している者の被害期待値を引き下げたことが影響しているかもしれない。例えば、東京都では1995年度から1996年度にかけて防災都市づくりのための「基本計画」や「整備計画」が策定されている。そこでは、不燃化領域率の具体的指標を掲げて災害危険度の高い地域からの優先的事業実施を宣言していることが、地震危険度の高い地域の被害予想の軽減に資したものと推測される。

### (b) 用途区分別推定

次に、用途区分別にサンプルを分類した上で(2)式の推定モデルで推定を行っていく。用途規制については、1992年に都市計画法が改正され、住居系用途地域が3地域から7地域へと変更された。今回の分析で用いた公示地価データセットでも、改正後の分類が1996年度以降のものに適用されている。本研究では、分類の連続性を保つために用途を低層系、高層系、混在系、商業地系に再分類し、全ての年度を通じて共通の区分となるようにした。この再分類に基づいた区分ごとに(2)式の地価関数をOLS推定した結果が表-5に報告されている。

用途区分別に建物危険度の係数値  $\beta$  をみると、商業地では1994年以降、統計的に有意にマイナスで推定されている。混在系も2000年、2001年では有意にマイナスで推定されている。しかし、低層系や高層系という住宅地ではそうした傾向が認められない。

用途別サンプルではサンプル数が十分に確保されていないので、ここでの推計結果の解釈は慎重である必要があるであろう。しかし、用途地域ごとに地震危険度の感応度に格差が生じる理由は、次のように考えることができるかもしれない。

地価上昇がその地域の土地の高度利用の要請を高めるというプロセスは、商業地の方が住宅地よりも強く作用するものと考えられる。こうしたプロセスを通じて建物の建て替えが進み、建物の構造が耐震化、不燃化され、その地域のリスクが軽減される。それを受けて、さらに地価が高くなっていくという内生的な効果が働いている可能性がある。

また、企業のリスク管理の側面を考えると、株主(資産の最終的保有者)からの委託を受けた経営者がリスク評価の責任を担っている。その際に専門のリスク評価業者や損害保険会社との交渉の中でリスクを回避するための費用(プレミアム)が計算され、それが商業地での希望購入地価に反映していく。一方で家計は、企業に比べてリスク情報が不足しているとともに、危険な土地を保有しても事後的に公的救済されるという期待が強い可能性もある。その結果、住宅地では、地震危険度の地価への影響が弱いのもかもしれない。

### (c) 時間距離に関する非線形性

第2節で述べたように、(2)式のモデルでは5段階の危険度指標を説明変数に加えているために

危険度が上昇したときの地価の減少分が各危険度間で等しいという制約が課されている。そこで、こうした制約を緩め、都心までの時間距離の非線形性を考慮した(3)式のモデルを推定していく。

推定結果を報告した表-6によると、80年代半ばから90年までは危険度3から5の係数が有意に推定されないが、90年代に入るとこれらの係数がマイナスで有意に推定されている。感応度の絶対値も90年代半ばでピークに達し、その後は低下している。

都心までの時間距離に対する非線形性は、1990年、2000年、2001年に認められる。ただし、ここでのデータは、いずれの年度のサンプルについても2000年時点の時間距離を用いていることに留意されたい。

全体としてみると、(3)式のようにフレキシブルなモデルを用いて推定した結果も、(2)式の推計結果と整合的である。

#### (d) 建物危険度を3段階に再分類したケース

(3)式の推計結果からは、90年以降、5段階で危険度が3から5のダミー変数について係数値の差がほとんどみられない。また、表-1が示すように危険度5のサンプル数が少ない。これらのことを考慮して、5段階の危険度を3段階に再分類した地価関数(4)式のOLS推定を行っている。推定結果は表-7に報告されている。

たとえば、2000年の建物危険度Hの係数は1%水準で有意に推計され、危険度Lの地域と危険度Hの地域との地価格差は9.6%であると推定されている。時系列的な係数値の変化も、従前の結果と同様に危険度Lと危険度Hとの格差は、1994年をピークとしてその後縮小している。

ここで(4)式をさらに次のように拡張していこう。

$$\ln P_i = \alpha + \beta_M D_{Mi} + \beta_H D_{Hi} + \mu_L D_{Li} \cdot \ln X_{Li} + \mu_M D_{Mi} \cdot \ln X_{Mi} + \mu_H D_{Hi} \cdot \ln X_{Hi} + \sum_{m \neq i} \gamma_m \ln X_{mi} + \varepsilon_i \quad (5)$$

上の(5)式では、3段階の危険度ダミーを加えるとともに、都心までの時間距離  $X_{Li}$  とこれらのダミー変数の交差項  $D_{ji} \cdot \ln X_{Li}$  ( $j = L, M, H$ ) を加えている。このような特定化をすることで危険度別に時間距離の弾性値を推定することができる。表-8は、(5)式をOLS推定した結果を報告している。

時間距離と地価の関係はどのケースでも負の関係にあり、理論と整合的な値を得ている。しかし、危険度ごとに係数を比較すると、80年後半から危険度が低い地域の弾性値の絶対値が大きくなっている。こうした結果は、安全な危険度Lの地域を選択する住民は、都心までの時間距離も重視していると考えられることができる。

#### (3) 地域環境との関係について

本節の最後に、東京都が公開している町丁目ごとの建物危険度変数が地震リスクと地価の見せかけの関係を捉えてしまっている可能性について検討していきたい。

たとえば、低層木造住宅が密集するような地域(地震危険度も高いと予想される地域)に対して、地震危険度が高いからではなく、居住環境が悪いという理由で家計が居住を避けてきたとすれば、そうした地域の地価は低くなる。もし、住民の住環境に関する認識が地価に反映されていれば、本稿で取り扱ってきた地震災害リスクは、単に当該地域の住環境に関する評価を計測したにすぎないことになる。

しかし、以下の理由から本稿の推定結果は地震危険度の地価への影響を計量したものと考えることができる。

第 1 に、本稿の地価関数の推定においては、従来の日本の地価に関する既存研究で取り入れられている住環境に関連する変数のほとんどを説明変数として考慮している。基本的には、地域の環境特性について十分に制御されていると考えられる。

第 2 に、仮に本稿の建物危険度が従来からの住環境に関する選好を表す代理変数であれば、1980 年や 1985 年の推定結果であっても、建物危険度の係数が統計的に有意にマイナスで推定されるはずである。しかし、本稿での推定結果では、住民の地震災害への意識が高くなってきたと考えられる 80 年代後半から 90 年代初め頃になってからはじめて地価への影響が有意に認められる。

第 3 に、建物危険度が住環境の代理変数であれば、戸建て住宅が多い低層系において建物危険度の係数が強くマイナスで有意に推定されるであろう。しかし、建物危険度と商業地地価の関係は強く負で推定されているが、住宅地地価との関係はむしろ弱い。したがって建物危険度が住環境の変数を代理しているとは考えにくい。

以上の理由から、地域環境を十分コントロールした状況下で危険度分布と地価との負の関係が統計的に強く有意に推定されている結果は、地震リスクの定量化が適切に行なわれていることを示していると考えられる。

#### 4. 危険回避行動の数値分析

本節では、危険回避行動を想定して地震災害リスクと地価評価の関係をモデル化し、第 3 節の推定結果がその理論モデルと整合的かどうかを検証する。その上で当該推定結果の理論的な妥当性を評価していこう。

##### (1) 危険回避行動と地価形成

地震災害リスクにさらされている地域において  $\pi$  の確率で地震災害が発生し、 $s$  の建物被害が生じるものとする。また、地震の発生時に人的資本を含めて総資産  $W$  単位 (実質貨幣価値で計った資産額) を有する平均的な家計は、保険をかけていない場合、もしくは保険をかけていても不十分な場合には、この総資産のうち  $S$  単位を失うものとする。もし地震災害損失に対して完全に保険されていれば、 $S$  はゼロに等しい。

危険回避的な家計や企業株主は、こうした地震災害損失を以下のように評価する。

$$\begin{aligned} q &= (1-\pi) \cdot \left\{ \frac{U'(W)}{U'(W)} \right\} \cdot 0 + \pi \cdot \left\{ \frac{U'(W-S)}{U'(W)} \right\} \cdot s \\ &= \left\{ \frac{U'(W-S)}{U'(W)} \right\} \cdot \pi s \end{aligned} \tag{6}$$

ここで  $q$  は、リスク・プレミアムを上乗せした損失期待値を示している。

$U(W)$  は家計の効用関数を表している。ここで効用関数を消費の関数ではなく資産の関数として

いるが、消費の限界効用と資産の限界効用の同一性は、効用関数が時間加法的で状態に依存していないときに成立することが知られている。詳しくは Sargent (1987)<sup>3)</sup>を参照にされたい。

(6)式によれば、家計が当該土地にもたらされる損失を事前に評価するために、災害後の資産からの限界効用  $U'(W-S)$  と災害前の資産からの限界効用  $U'(W)$  の相対比率(限界代替率)によって期待損失額  $\pi$  を換算していることになる。

(6)式を  $U'(W-S)$  について  $W$  の周りで 1 次まででテーラー展開し、相対的危険回避度  $\gamma = -\left(\frac{U''(W) \cdot W}{U'(W)}\right)$  を代入すると、不動産地震災害保険プレミアム  $q$  は(7)式のように表すことができる。

$$q = \left(1 + \gamma \cdot \frac{S}{W}\right) \cdot \pi \quad (7)$$

(7)式からわかるように、不動産地震災害保険プレミアム  $q$  は、当該地域が被る物理的損失の期待値 ( $\pi$ )、家計の資産全体が地震災害リスクにさらされている割合 ( $S/W$ ) に依存している。

$q$  は年率換算のフローの実質プレミアムであるが、それを毎年払い続けた場合の割引現在価値は  $q/r$  ( $r$  は年率実質金利) に等しい。したがって、地震災害リスクにさらされている土地の評価はリスクがない場合と比べ  $q/r$  だけ低下する。その低下分を地価  $P_L$  で割った値 ( $\frac{q/r}{P_L}$ ) が、リスクを伴わない地域とリスクを伴う地域との地価格差比率に相当する。

## (2) 数値例による分析

地震災害リスクがいっさい伴わない地域は存在しないが、簡単のために、ここでは比較的危険度の低い危険度 L の地域が安全地域に相当すると考える。したがって、 $\frac{q/r}{P_L}$  は、危険度 L と危険度 H の地価格差比率に対応する。たとえば、(4)式の推定結果(表-7)によれば、2000 年度の地価格差比率は 9.6% に等しい。以下の数値例では、この値を用いていく。

それでは、地震発生確率  $\pi$ 、建物被害額  $s$ 、実質金利  $r$ 、平均的土地資産額  $P_L$  のそれぞれの想定値を (7)式と  $\frac{q/r}{P_L} = 0.096$  に代入することによって、合理的な危険回避行動の背後にある  $\gamma \cdot \frac{S}{W}$  を推定していくことにしよう。

1987 年から 1999 年の平均実質モーゲージ金利(民間住宅ローン金利から消費者物価上昇率を控除したものを年率実質金利)に用いると、 $r$  は 0.0352 に等しい。

地震の年率発生確率については、地震発生が正確に記録されるようになった江戸初期から現在までは、関東地方で起きたマグニチュード 6.9 以上の地震は 15 件あり、平均間隔はほぼ 20 年である。発生確率プロセスをポアソン過程とすると、年率発生確率は 5% となる。ここでは、5% を  $\pi$  の上限としていく。

地震が発生した場合の建物被害額  $s$  については、一世帯当たり住宅資産額に被害率を乗じることによって算出する。まず一世帯当たりの住宅資産額については、吉田(2001)<sup>5)</sup>の推定値(1993 年価格で 703 万円)を、国民経済計算(経済企画庁)と住宅統計調査(総務庁)から得られる住宅価

格上昇率で換算している。その結果、1999年価格で707.2万円となる。

次に地震被害率については、以下のように求めている。「東京における直下地震による被害想定に関する調査研究」(平成9年東京都防災会議)において想定されている建物全半壊棟数、焼失棟数から区市町村別の建物被害率を求め、建物危険度の町丁目と同じウェイトで建物被害率の低い順に危険度L、危険度M、危険度Hへの区市町村の分類を行なう。その上でL地域とH地域の建物被害率の差である28.87%を被害率として採用する。28.87%を707.2万円に乗じることで建物被害額 $s$ を204.2万円としている。

土地資産額 $P_L$ については、「平成11年全国消費実態調査」(総務省)における東京都の世帯当たり平均宅地資産額(1999年)を採用し、 $P_L = 3387.3$ 万円としている。

以上の想定値を前提とすると、 $\gamma \cdot \frac{S}{W} = 0.13$ を得ることができる。(7)式に照らしてみると、物理的な期待損失 $\pi$ を上回って地価が割り引かれていることになる。すなわち、地震災害リスクによる地価低下は、危険回避行動を反映したリスク・プレミアムが上乘せされている。

さらに、表-9では、地震発生確率 $\pi$ (上限5%)と相対的危険回避度 $\gamma$ (2から10)の妥当な組み合わせに対して、地震リスクに直接的にさらされている資産割合 $S/W$ がどのように変化するかを示している。たとえば、 $\pi = 0.05$ と $\gamma = 2$ の組み合わせでは、全資産のうち6.5%程度が地震リスクに直接的にさらされていることになる。

表-9によると、地震発生確率を0.01と非常に低く、かつ相対的危険回避度も2と4という比較的低い値を想定しないかぎり、地震リスクに直接的にさらされている資産割合 $S/W$ の推定値は、0以上1以下の理論的に妥当な範囲をとっている。したがって、本稿の第3節で報告した推定結果は、危険回避行動の理論モデルと整合的であるといえる。

## 5. おわりに

本稿では、東京都が1998年に公表した町丁目ベースの地震危険度指標を用いて地震リスクがどのように地価に反映されているのかを実証的に検証した。その結果、最も危険度が高い土地の2000年における地価は、相対的に安全な土地に比べて地価が10%程度割り引かれていることが示された。また、時系列的にみると、家計や企業の地震リスクに対する認識の高まりを背景に、80年代後半から90年代にかけて地震リスクが地価に強く反映されるようになったことが明らかになった。

また、危険回避行動モデルに基づいて本稿の推定結果を評価すると、最も地震リスクの高い地域では、地震による物理的損失期待額を上回って地価が割り引かれていることが明らかになった。また、地震発生確率と相対的危険回避度の広い範囲の想定値に対して、本稿の推定結果は合理的な危険回避行動と整合的であることが示された。

以上のように本稿の推定結果によると、家計や企業の地震災害リスクに対する回避行動が強く支持されている。そもそも国や地方自治体の防災対策体系は、家計や企業が合理的なリスク回避行動を前提とするか否かによってその方向性は大きく異なる。

もし、リスク回避行動を前提とするならば、地震災害リスクに関する情報開示、リスク回避行動と

誘因両立的な保険制度の整備，外部性の評価とそれに基づく消費者のリスク回避行動への補助等，市場メカニズムを通じた防災対策が基本となるであろう。一方，それが前提とされないならば，公共事業による計画的な市街地整備に政策の機軸を置かれざるをえない。本稿の分析結果は，前者を前提として防災対策が組み立てられるべきであることを示唆している。

**謝辞：** 本稿の作成にあたっては，熊谷良雄教授（筑波大学），西村清彦教授（東京大学），八田達夫教授（東京大学），林山泰久教授（東北大学）の方々から貴重なコメントを頂きました。さらに，応用地域学会，空間公共経済学研究会，京都大学防災研究所における研究会に参加された方々から有益なコメントを頂きました。これらの方々には厚く御礼申し上げます。また併せてデータの説明を頂いた東京都都市計画局開発計画部の杉本範雄氏に感謝いたします。

## 付録 建物倒壊危険度の導出方法

ここでは，「地域危険度調査」に基づいた建物倒壊危険度の算出方法を示す。まず築年別，構造別の町丁目ごとの建物分布と，地盤の種類を踏まえて，下記(a)式に従って 6 人の専門家の評価に基づくウェイトパターン  $W_k$ ， $U_k$  ごとの建物倒壊危険量  $P_i$  を算出する作業を行なっている。

$$P_i = \sum P_k \quad (\text{a})$$

$P_k = N_k(1 - W_k \cdot U_k)$  ただし  $k = 1 \sim 19$  の建物分類  $N_k$  : 建物棟数密度

$W_k$  : 耐震性能ウェイト (6 人の専門家が危険なものを 0, 安全なものを 1 に近く設定)

$U_k$  : 地盤特性ウェイト ( $U_k = u_1 \cdot u_2 \cdot u_3 \cdot u_4 \cdot u_5$ , 左式に従って基礎基盤, 液状化, 大規模造成地, 埋立地, 急傾斜地のウェイトを乗算したものを,  $W_k$  と同じ作業により設定)

その上で,  $P_i$  の頻度が正規分布であるという仮定のもと, 基準化した 6 つの危険量パターンの平均を各町丁目毎の建物倒壊危険量としている。建物倒壊危険度は, この建物倒壊危険量を 5 つのランクに分類したものである。

このように, 危険度算出の基となっている危険量  $P_i$  自体に意味があるものではないため, 建物倒壊危険度の各ランクについて具体的な災害イメージはつかめない。しかし, 危険度 5 の地域の分布をみると, 墨田区, 荒川区, 台東区に該当する地域が多くなっている。地域危険度調査によれば, 「(昭和 45 年以前の木造住宅の)区内平均棟数密度は墨田区, 荒川区, 台東区でそれぞれ, 2.70, 3.07, 3.07(棟/1000 m<sup>2</sup>)である。なお東京都, 区部, 多摩地区での平均はそれぞれ, 0.97, 1.72, 0.66 である。」, 「地盤については, これらの地域は沖積面 4, 3, 2 に属しており, これらの地盤は軟弱な堆積層が厚く, 地震動による被害が発生し易い地域である。」と報告されている。

## 参考文献

- 1) Beron, Kurt, J., James C., Murdoch, Mark A. Thayer, and Wim P. M. Vijverberg, 1997, “An Analysis of the Housing Market before and after the 1989 Loma Prieta Earthquake,” *Land Economics* 73(1), 101-113.
- 2) Brookshire, David, S., Mark A. Thayer, John Tschihart, William D. Schulze, 1985, “A test of the expected utility model: Evidence from earthquake risks,” *Journal of Political Economy* 93, 369-389.
- 3) Sargent, T. J., 1987, *Dynamic Macroeconomic Theory*, Harvard University Press, 17-21.
- 4) 金本良嗣・中村良平・矢澤則彦(1989)「ヘドニック・アプローチによる環境の価値の測定」,『環境科学会誌』2, pp.251-266.
- 5) 吉田あつし・哈純(2001)「都道府県別住宅ストックの推計」,『住宅土地経済』39 冬号, pp.18-27.
- 6) 東京都都市計画局,『平成 10 年 地震に関する地域危険度測定調査報告書(第4回)』
- 7) 土地情報センター(財)『平成 13 年版 地価公示時系列データ CD-ROM』

表-1 建物倒壊危険度の分布

(カッコ内は3段階の分類による分布)

建物倒壊危険度	地点数	割合(%)
1	1257	43.45
(L)	(1257)	(43.45)
2	1003	34.67
(M)	(1003)	(34.67)
3	466	16.11
(H)	(633)	(21.88)
4	131	4.53
5	36	1.24
合計	2893	100.00

表-2 使用するデータの説明

変数	内容
地価(円)	1m <sup>2</sup> 当たりの公示地価
建物危険度	危険度レベル1から5
時間距離(分)	東京駅までの鉄道による所要時間距離(2000年の鉄道ダイヤによる)
道路距離(m)	鉄道駅までの道路距離
容積率(%)	建物の延床面積の敷地に対する割合
ガス	ガス事業からガス供給が可能な場合は1, そうでない場合は0をとるダミー変数
水道	水道事業により給水されている場合等には1, そうでない場合は0をとるダミー変数
下水道	標準地が下水道法に基づく処理区域内にある場合等には1, そうでない場合は0をとるダミー変数
用途区分	都市計画法における住居地, 工業地, 商業地等の土地利用の用途規制
地方自治体	地価測定値が属している自治体ダミー変数
路線	最寄り駅が属する路線ごとのダミー変数

表-3 (2)式の地価関数による推定結果

	1980年	1985年	1990年	1994年	1996年	2000年	2001年
建物危険度	-0.017 (0.0117)	-0.022* (0.0116)	-0.044*** (0.0116)	-0.051*** (0.0079)	-0.041*** (0.0065)	-0.035*** (0.0067)	-0.031*** (0.0071)
時間距離	-0.263*** (0.0456)	-0.242*** (0.0488)	-0.280*** (0.0494)	-0.270*** (0.0353)	-0.287*** (0.0295)	-0.328*** (0.0303)	-0.213*** (0.0290)
道路距離	-0.110*** (0.0070)	-0.078*** (0.0065)	-0.078*** (0.0067)	-0.069*** (0.0046)	-0.072*** (0.0040)	-0.079*** (0.0042)	-0.078*** (0.0043)
容積率	0.273*** (0.0314)	0.388*** (0.0385)	0.484*** (0.0395)	0.522*** (0.0269)	0.452*** (0.0224)	0.437*** (0.0238)	0.465*** (0.0248)
定数項	11.074*** (0.5131)	10.402*** (0.4637)	12.725*** (0.3543)	12.166*** (0.2809)	11.417*** (0.3009)	11.631*** (0.2761)	10.702*** (0.2468)
Adj.R <sup>2</sup>	0.902	0.926	0.944	0.938	0.921	0.910	0.900
F値	104.65	138.8900	197.2400	281.8700	257.1300	205.4600	192.1600
サンプル数	1467	1484	1589	2526	2841	2870	2833

注1)\*\*\*, \*\*, \*は, 推定された係数がそれぞれ1%, 5%, 10%水準で有意なことを示す.

注2)F値は, 定数項以外の係数が全てゼロであるという帰無仮説に基づいた検定統計量を示す.

注3)その他の変数として, 表には示していないが, 表-2に示されているガス・水道・下水道ダミー, 法規制用途区分別ダミー, 区・市ダミー, 路線ダミーは全て加えて推定されている.

表-4 大地震に対して不安を感じている人の割合(東京都)

	1984.1	1986.9	1989.5	1992.7	1995.5	1999.9
大地震不安	73.3%	79.4%	83.3%	81.2%	85.8%	84%

注)1989年調査以前は「非常に不安を感じる」「かなり不安を感じる」「少し不安を感じる」としたものの合計.

表-5 用途区分別の危険度係数の推定結果

低層系	1980年	1985年	1990年	1994年	1996年	2000年	2001年
建物危険度	-0.005 (0.0175)	0.002 (0.0104)	-0.003 (0.0149)	-0.003 (0.0086)	-0.001 (0.0069)	-0.005 (0.0064)	0.013* 0.0071
Adj.R <sup>2</sup>	0.883	0.944	0.936	0.935	0.940	0.957	0.952
F値	60.55	132.45	120.82	167.03	200.33	290	255.84
サンプル数	716	735	751	1074	1193	1229	1219
高層系							
建物危険度	-0.011 (0.0198)	-0.039** (0.0182)	0.029 (0.0211)	-0.026** (0.0128)	-0.008 (0.0100)	0.003 (0.0104)	0.007 0.0109
Adj.R <sup>2</sup>	0.917	0.958	0.935	0.915	0.909	0.917	0.909
F値	28.6	32.48	43.63	47.05	47.39	72.48	64.98
サンプル数	189	205	252	399	438	629	620
混在系							
建物危険度	-0.006 (0.0226)	0.010 (0.0146)	-0.007 (0.0277)	-0.026 (0.0186)	-0.023 (0.0140)	-0.037*** (0.0116)	-0.033*** 0.0119
Adj.R <sup>2</sup>	0.868	0.976	0.916	0.871	0.873	0.924	0.928
F値	16.57	87.95	30.13	22.89	25.37	51.34	53.54
サンプル数	143	149	177	283	318	358	356
商業地							
建物危険度	-0.052 (0.0481)	-0.046 (0.0425)	-0.050 (0.0323)	-0.068*** (0.0248)	-0.064*** (0.0227)	-0.053** (0.0258)	-0.055** 0.0275
Adj.R <sup>2</sup>	0.584	0.806	0.864	0.853	0.830	0.816	0.809
F値	5.29	13.29	20.54	27.01	23.95	22.5	20.06
サンプル数	236	229	241	386	411	418	415

注1)\*\*\*, \*\*, \*は、推定された係数がそれぞれ1%, 5%, 10%水準で有意なことを示す。

注2)F値は、定数項以外の係数が全てゼロであるという帰無仮説に基づいた検定統計量を示す。

注3)その他の説明変数として、表には示していないが、表-2に示されているガス・水道・下水道ダミー、区・市ダミー、路線ダミーは全て加えて推定されている。

注4)低層系が、旧第1種住居専用地域、第1種・2種低層住居専用地域、高層系が、旧第2種住居専用地域、第1種・2種中高層住居専用地域、混在系が、旧住居地域、第1種・2種住居地域、商業地系は新旧とも商業地であった地域。

表-6 (3)式の地価関数による推定結果

	1980年	1985年	1990年	1994年	1996年	2000年	2001年
危険度 2	0.017 (0.0207)	0.010 (0.0198)	0.009 (0.0196)	-0.004 (0.0135)	-0.007 (0.0114)	-0.005 (0.0117)	0.004 (0.0120)
危険度 3	-0.051* (0.0285)	-0.074*** (0.0281)	-0.109*** (0.0281)	-0.117*** (0.0191)	-0.103*** (0.0159)	-0.093*** (0.0163)	-0.090*** (0.0169)
危険度 4	-0.048 (0.0450)	-0.043 (0.0424)	-0.148*** (0.0421)	-0.132*** (0.0299)	-0.099*** (0.0248)	-0.083*** (0.0254)	-0.067** (0.0264)
危険度 5	-0.019 (0.0671)	-0.032 (0.0832)	-0.160* (0.0883)	-0.241*** (0.0524)	-0.154*** (0.0414)	-0.091** (0.0436)	-0.072 (0.0463)
時間距離	-0.273** (0.1180)	-0.219 (0.1529)	0.023 (0.1280)	-0.206** (0.1019)	-0.358*** (0.0883)	-0.632*** (0.0913)	-0.859*** (0.0901)
時間距離 2乗	0.000 (0.0209)	-0.007 (0.0269)	-0.064*** (0.0239)	-0.014 (0.0182)	0.011 (0.0155)	0.055*** (0.0161)	0.110*** (0.0148)
道路距離	-0.109*** (0.0070)	-0.079*** (0.0065)	-0.077*** (0.0067)	-0.070*** (0.0046)	-0.072*** (0.0040)	-0.079*** (0.0041)	-0.079*** (0.0042)
容積率	0.270*** (0.0314)	0.381*** (0.0386)	0.479*** (0.0393)	0.516*** (0.0268)	0.449*** (0.0224)	0.440*** (0.0237)	0.465*** (0.0244)
定数項	11.125*** (0.5163)	10.555*** (0.4801)	12.384*** (0.3712)	12.082*** (0.2996)	11.490*** (0.3071)	11.905*** (0.2833)	11.589*** (0.2685)
Adj.R <sup>2</sup>	0.894	0.919	0.939	0.935	0.922	0.906	0.903
F値	101.51	135.11	193.48	275.82	251.43	201.86	192.68
サンプル数	1467	1484	1589	2526	2841	2870	2833

注 1) \*\*\*, \*\*, \*は、推定された係数がそれぞれ 1%, 5%, 10%水準で有意なことを示す。

注 2) F値は、定数項以外の係数が全てゼロであるという帰無仮説に基づいた検定統計量を示す。

注 3) 変数として、表には示していないが、表-2 に示されているガス・水道・下水道ダミー、法規制用途区分別ダミー、区・市ダミー、路線ダミーは全て加えて推定されている。

表-7 (4)式の地価関数による推定結果

	1980年	1985年	1990年	1994年	1996年	2000年	2001年
建物危険度 M	0.017 (0.0207)	0.009 (0.0197)	0.012 (0.0196)	-0.003 (0.0135)	-0.008 (0.0114)	-0.008 (0.0117)	0.002 (0.0122)
建物危険度 H	-0.050* (0.0278)	-0.069** (0.0274)	-0.107*** (0.0273)	-0.121*** (0.0186)	-0.105*** (0.0152)	-0.096*** (0.0159)	-0.092*** (0.0167)
時間距離	-0.274*** (0.0457)	-0.255*** (0.0488)	-0.294*** (0.0495)	-0.283*** (0.0353)	-0.298*** (0.0295)	-0.339*** (0.0303)	-0.227*** (0.0290)
道路距離	-0.109*** (0.0070)	-0.078*** (0.0065)	-0.077*** (0.0067)	-0.070*** (0.0046)	-0.072*** (0.0040)	-0.080*** (0.0042)	-0.079*** (0.0043)
容積率	0.270*** (0.0314)	0.382*** (0.0385)	0.484*** (0.0394)	0.517*** (0.0268)	0.448*** (0.0224)	0.435*** (0.0237)	0.461*** (0.0247)
定数項	11.125*** (0.5116)	10.458*** (0.4701)	12.693*** (0.3513)	12.179*** (0.2795)	11.449*** (0.2995)	11.677*** (0.2747)	10.766*** (0.2454)
Adj.R <sup>2</sup>	0.894	0.919	0.939	0.935	0.926	0.906	0.901
F値	104.34	138.62	197.29	129.00	257.23	205.60	192.77
サンプル数	1467	1484	1589	2526	2841	2870	2833

注 1) \*\*\*, \*\*, \*は、推定された係数がそれぞれ 1%, 5%, 10%水準で有意なことを示す。

注 2) F値は、定数項以外の係数が全てゼロであるという帰無仮説に基づいた検定統計量を示す。

注 3) その他の変数として、表には示していないが、表-2 に示されているガス・水道・下水道ダミー、法規制用途区分別ダミー、区・市ダミー、路線ダミーは全て加えて推定されている。

表-8 (5)式による地価関数の推定結果

	1980年	1985年	1990年	1994年	1996年	2000年	2001年
建物危険度 M	-0.041 (0.1443)	0.058 (0.1426)	-0.593** (0.1468)	-0.503*** (0.0995)	-0.428*** (0.0835)	-0.378*** (0.0857)	-0.368*** (0.0862)
建物危険度 H	-0.393** (0.1710)	-0.424** (0.1766)	-0.894*** (0.1657)	-0.823*** (0.1212)	-0.817*** (0.1024)	-0.942*** (0.1049)	-1.008*** (0.1101)
時間距離・ $D_L$	-0.307*** (0.0530)	-0.284*** (0.0539)	-0.434*** (0.0559)	-0.396*** (0.0393)	-0.398*** (0.0324)	-0.448*** (0.0333)	-0.326*** (0.0315)
時間距離・ $D_M$	-0.291*** (0.0491)	-0.297*** (0.0547)	-0.266*** (0.0537)	-0.256*** (0.0386)	-0.280*** (0.0323)	-0.344*** (0.0331)	-0.223*** (0.0319)
時間距離・ $D_H$	-0.201*** (0.0568)	-0.172*** (0.0593)	-0.202*** (0.0583)	-0.188*** (0.0420)	-0.184*** (0.0355)	-0.192*** (0.0363)	-0.049 (0.0370)
道路距離	-0.108*** (0.0070)	-0.079*** (0.0065)	-0.075*** (0.0067)	-0.068*** (0.0046)	-0.071*** (0.0039)	-0.078*** (0.0041)	-0.077*** (0.0042)
容積率	0.266*** (0.0314)	0.378*** (0.0385)	0.466*** (0.0392)	0.504*** (0.0267)	0.434*** (0.0223)	0.419*** (0.0235)	0.446*** (0.0244)
定数項	11.278*** (0.5265)	10.611*** (0.4762)	13.341*** (0.3699)	12.703*** (0.2891)	11.964*** (0.3053)	12.260*** (0.2820)	11.282*** (0.2515)
Adj.R <sup>2</sup>	0.895	0.920	0.940	0.936	0.923	0.908	0.903
F 値	102.88	136.90	197.80	282.28	258.54	207.88	195.33
サンプル数	1467	1484	1589	2526	2841	2870	2833

注 1) \*\*\*, \*\*, \*は、推定された係数がそれぞれ 1%, 5%, 10%水準で有意なことを示す。

注 2) F値は、定数項以外の係数が全てゼロであるという帰無仮説に基づいた検定統計量を示す。

注 3) その他の変数として、表には示していないが、表-2 に示されているガス・水道・下水道ダミー、法規制用途区分別ダミー、区・市ダミー、路線ダミーは全て加えて推定されている。

表-9 相対的危険回避度・地震発生確率別の推定  $S/W$

$\gamma$ : 相対的危険回避度 $\pi$ : 地震発生確率	2	4	6	8	10
0.05	0.065	0.033	0.022	0.016	0.013
0.04	0.205	0.103	0.068	0.051	0.041
0.03	0.440	0.220	0.147	0.110	0.088
0.02	0.910	0.455	0.303	0.228	0.182
0.01	2.320	1.160	0.773	0.580	0.464

注) 網掛け以外のイタリックの数値は全てモデルと整合的である。