

地価データを用いた水害リスクプレミアムの推計*

Estimation of Flood Risk Premium Based on Land Price Data*

中野一慶**・多々納裕一***・劉暉****・畑山満則***

By Kazuyoshi NAKANO**・Hirokazu TATANO***・Hui LIU****・Michinori HATAYAMA***

1. はじめに

防災投資の費用便益分析の実務の中では、伝統的に防災投資による期待被害額の減少額としてその便益が評価されていた。しかし先行研究の中で、防災投資の便益は、そのプロジェクトに対する事前の支払い意思額で評価されるべきであることがわかってきている^{1)・3)}。危険回避的な家計を想定した場合、防災投資に対して、それが軽減する被害の期待値より多く事前に支払ってもよいと考える可能性がある。すなわち防災投資に対する事前の支払い意思額には、被害の減少額の期待値にリスクプレミアムが加わる可能性がある。

このようにリスクプレミアムを考慮した防災投資の便益評価を行うためには、災害に対する家計の危険回避度やリスクプレミアムに関するデータを蓄積することが実務上非常に重要である。

災害リスクに対する危険回避度やリスクプレミアムが実際に測定された例は少ない。松田ら⁴⁾、川脇⁵⁾は、Contingent Value Method (CVM) を用いて災害リスクに対する危険回避度やリスクプレミアムを推定した。しかし CVM は仮想的な質問に対する回答から人々の意志決定に関するデータを得るものであり、実際の人々の行動の結果を反映するものではない。本研究では顕示選好データである地価の取引データを用いて災害リスクに対する危険回避度やリスクプレミアムを計測することを目的とする。

本研究ではまず、ヘドニックアプローチを用いて、水害リスクが地価に及ぼす影響について分析する。それにより、家計が水害リスクを考慮して立地行動を決めている可能性を示唆できる。

その上で、水害リスク下での危険回避的な家計の立地行動を期待効用理論に基づいてモデル化する。

*キーワード：防災計画、地価分析、公共事業評価法

**学生員、情報修、京都大学大学院情報学研究所

(京都府宇治市五ヶ庄、

TEL:0774-38-4037、

E-mail: nakano@imdr.dpri.kyoto-u.ac.jp)

***正会員、工博、京都大学防災研究所

****正会員、情報修、京都大学防災研究所

そこから付け値関数と地価の関係を導出する。その上で地価データと水害リスクデータを用いて家計の危険回避度とリスクプレミアムを推計する。

本研究では、様々な再現期間の水害における被害規模とその確率に関するデータが必要となる。一般にそのようなデータを入手することは容易ではない。しかし近年、GIS 上に様々な再現期間の氾濫シミュレーションを統合し、水害リスクコミュニケーションなどに活用する研究が開始されることでそれが可能になってきた(川島ら⁶⁾、畑山ら⁷⁾)。本研究では川島ら⁶⁾において愛知県新川周辺を対象区域として開発された IFRiCSS を用い様々な再現期間の浸水深データを取得する。

2. 水害リスクが地価に及ぼす影響

本研究ではまず、水害リスクが地価に及ぼす影響についてヘドニックアプローチを用いて分析する。それにより、家計が水害リスクを考慮して立地行動を決めている可能性を示唆できる。特に家計が様々な再現期間の水害の被害程度と確率を考慮していることを示すために、被害程度の期待値を表す指標を用いる。

(1) 分析に用いるデータ

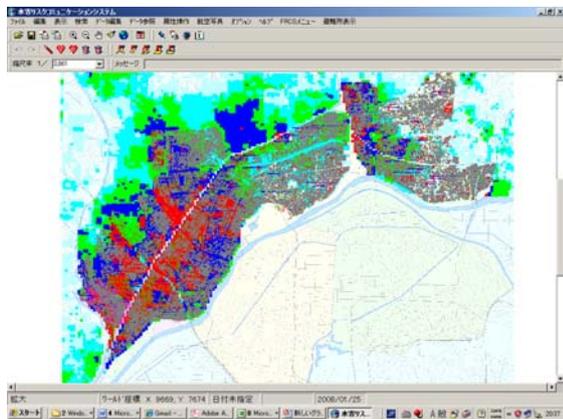
a) IFRiCSS を用いた水害リスクデータの収集

IFRiCSS ではさまざまな水害シナリオにおける浸水深の状況をシミュレートすることができる。シナリオは破堤の有無や洪水規模によって決まる。非破堤シナリオについては、再現期間が 10 年、30 年、50 年、100 年である洪水をシミュレートする。非破堤シナリオとはすなわち内水氾濫である。破堤シナリオについては再現期間が 30 年、100 年、500 年である洪水をシミュレートする。500 年に一度の確率で生起する洪水とは 2000 年東海豪雨と同規模の雨量である⁸⁾。

破堤シナリオについては、堤防のどの部分が破堤するかによって大きく浸水状況が異なる。IFRiCSS では破堤する場合については破堤する箇所について複数の異なるシナリオを設定し、それぞれの浸水状況をシミュレートできる。破堤点については新川の左岸、右岸の複数カ所にあり、再現期間が 30 年の洪水シナリオでは 13

通りの破堤シナリオが、100年と500年の洪水シナリオでは25通りの破堤シナリオがある。

IFRiCSSは時間とともに変化する浸水深の状況をシミュレートできる。本研究では、家屋の被害は家屋が経験する最大の浸水深によって決定されると考え、シミュレーションの時間の中で最大の浸水深の値をその地点の浸水深として抽出した。



図一 IFRiCSS 上での対象地域の浸水深のシミュレーションの結果の表示

b) Web ベースでの地価の市場取引価格の収集

本研究では土地資産販売情報の Web サイトを検索し、地価のデータを収集する。ヘドニックアプローチを用いて地価関数の推計を行う先行研究では公示価格のデータが用いられることが多い。しかし公示価格は不動産鑑定士がその土地の状況を鑑定し、値をつけるものであるため、必ずしも住民の主観的なリスク認知が反映されているとは言えない。本研究では不動産市場で成立している地価を用いるため、より住民のリスク認知が反映されるものとする。本研究では平成 19 年 9 月から 12 月末までの間で 7 つの Web サイトから合計 519 件のデータを取得した。しかし中には、重複しているデータも存在する。また、IFRiCSS で水害リスクデータが入手できない区域も含まれている。そのようなデータを整理して、最終的に 123 件を有効なデータとして取得した。

c) 属性データ

属性データとしては名古屋駅までの直線距離、最も近い主要道路までの距離、近隣に大規模工場があることを示すダミー変数の 3 つを用いた

名古屋駅までの直線距離は google earth 上で計測した。変数の名前を以下では「駅距離」と表記する。主要道路としては高速道路と国道を用いた。近くにある高速道路と国道のうち、最も近い道路を選び、そこまでの距離を変数とした。これを「道路距離」とする。距離はゼンリンの住宅地図上で計測した。また周囲 1km 以内に

大規模な工場があることを示すダミー変数を作成した。以下ではそれを「近隣工場」ダミーと呼ぶ。

表 1 はこのようにして取得したデータの概要である。

表一 取得データ概要

対象地域	名古屋市西区、北区、清須市
地価データ	WEB で公開されている不動産価格情報 有効データ：123 件 (西区：43、北区：48、清須市：32)
属性データ	名古屋駅までの直線距離：「駅距離」 最も近い主要道路までの距離：「道路距離」 近隣に大規模工場があることを示すダミー変数：「近隣工場」
水害リスクデータ	非破堤シナリオの再現期間： 10年、30年、50年、100年 破堤シナリオの再現期間： 30年、100年、500年

(2) 推計結果

各再現期間の浸水深のデータから、治水経済調査マニュアル⁸⁾に基づいて、各地点の各シナリオにおける被害率を求める。さらにその期待値を求める。以下ではこうして求めた指標を「期待被害率」と呼ぶ。

表 2 は上述の属性と期待被害率を用いて地価を回帰した結果を示したものである。表 2 から期待被害率が有意に地価に影響を及ぼしていることがわかる。このことから、高頻度小被害の規模の水害から低頻度大被害の水害まで様々な水害の規模と確率を考慮して家計が立地行動を決めている可能性が示唆された。

表一 水害リスクが地価に及ぼす影響

説明変数	係数	標準誤差	t 値	p-値
定数項***	8.6591	1.3426	6.449	0.0000
駅距離***	-0.5219	0.1530	-3.411	0.0009
道路距離	-0.0369	0.0232	-1.587	0.1151
近隣工場***	-0.5012	0.0794	-6.310	0.0000
期待被害率**	-7.3805	3.2000	-2.306	0.0228

R² 0.4216
「***」:1%有意, 「**」5%有意, 「*」:10%有意

3. 水害リスク下での危険回避的な家計の立地行動モデル

2. の結果から、様々な水害の規模と確率を考慮して家計が立地行動を決めている可能性が示唆された。すなわち、水害リスクを考慮した家計の立地行動モデルと地価データに基づいて家計の危険回避度やリスクプレミ

アムが推計できる可能性がある。

ここでは水害リスク下での危険回避的な家計の立地行動を期待効用理論に基づいてモデル化する。

(1) リスクプレミアムの変義式

地点 n に立地する家計の間接効用関数を $v(Y, p, R(n), X(n))$ とおく。ただし、 Y は所得、 p は消費財の価格、 $R(n)$ は地点 n の地価、 $X(n)$ は地点 n の属性とする。簡単化のため以下の導出過程では属性を1つと仮定する。

地点 n に立地する家計が p_i の確率で l_i の規模の災害に遭遇するリスクに直面しているとする ($i=1, \dots, m$)。このときリスクプレミアムは以下のような式から導かれる。

$$\sum_{i=1}^m p_i v(Y - l_i(n), p, R(n), X(n)) = v(Y - \bar{l}(n) - \rho(n)) \quad (1)$$

ここで $\bar{l}(n)$ は地点 n の平均被害額、 $\rho(n)$ はリスクプレミアムである。式 (1) は不確実性下で定まる効用の期待値を確実に得るには、期待被害額より多く支払う意思があることを表している。この支払い意思額の中で期待被害額に上乗せされる額をリスクプレミアムという。

(2) 間接効用関数の特定化

間接効用関数を以下のような効用最大化問題から導出する。代表的家計は立地に際し、以下のような効用最大化問題を解くとする。ただし Z は消費財の需要量、 q は土地の面積とする。

$$\max U = Z^{\alpha_1} q^{\alpha_2} X(n)^{\alpha_3} \quad (2)$$

$$\text{s. t. } pZ + R(n)q = Y \quad (3)$$

これを解いて、以下の需要関数が得られる。

$$q = \frac{\alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \frac{Y}{R(n)} \quad (4)$$

$$Z = \frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2} \frac{Y}{p} \quad (5)$$

これを効用関数に代入して、以下の間接効用関数が得られる。

$$v(Y, p, R(n), X(n)) = \alpha Y^{1-\gamma} R(n)^{-\alpha_2} X(n)^{\alpha_3} \quad (6)$$

ただし

$$\left(\frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2} \right)^{\alpha_1} \left(\frac{\alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \right)^{\alpha_2} p^{-\alpha_1} = \alpha, \quad \alpha_1 + \alpha_2 = 1 - \gamma$$

とおいた。

これは相対的危険回避度一定型の効用関数に定数項と地価、土地の属性の項を加えたものとして解釈することが可能である。このとき危険回避度は γ で与えられる。

この間接効用関数を式 (1) に代入すると以下の式が得られる。

$$\sum_{i=1}^m p_i \alpha (Y - l_i(n))^{1-\gamma} R(n)^{-\alpha_2} X(n)^{\alpha_3} = \alpha (Y - \bar{l}(n) - \rho(n))^{1-\gamma} R(n)^{-\alpha_2} X(n)^{\alpha_3} \quad (7)$$

ここで、両辺に共通の積の項を除することで、以下の式が得られる。

$$\sum_{i=1}^m p_i (Y - l_i(n))^{1-\gamma} = (Y - \bar{l}(n) - \rho(n))^{1-\gamma} \quad (8)$$

ここからリスクプレミアムを所得、リスク、危険回避度の関数として導くことができる。

(3) 市場均衡条件による付け値関数の導出

水害リスク下の期待効用の値を u^* とおく。すなわち式 (7) の値を u^* とおく。市場の均衡においてはどの地点においても u^* の値が等しくなるように地価が決まると考える。(7) の右辺が u^* に等しいという条件から、以下の式が得られる。

$$\ln \alpha + (1 - \gamma) \ln(Y - \bar{l}(n) - \rho(n)) - \alpha_2 \ln R(n) + \alpha_3 \ln X(n) = \ln u^* \quad (9)$$

(8) の対数を取り、それを式 (9) に代入すると以下の式が得られる。

$$\ln \alpha + \ln \left(\sum_{i=1}^m p_i (Y - l_i(n))^{1-\gamma} \right) - \alpha_2 \ln R(n) + \alpha_3 \ln X(n) = \ln u^* \quad (10)$$

これを整理すると、以下の式が得られる。

$$\ln R(n) = \beta_0 + \beta_1 \ln X(n) + \beta_2 \ln \left(\sum_{i=1}^m p_i (Y - l_i(n))^{1-\gamma} \right) \quad (11)$$

ただし、 $\beta_0 = (\ln \alpha - \ln u^*) / \alpha_2$ 、 $\beta_1 = \alpha_3 / \alpha_2$ 、 $\beta_2 = 1 / \alpha_2$ とおいた。

式 (11) は地価がその土地の属性と、水害リスク、家計の所得、危険回避度によって決まることを表している。理論上はこの式で決まる地価が成立するはずである。

そこで、実際に観測される地価との誤差を最小にするようにパラメータを推定する。

4. 危険回避度の推計

3. で導出した推計式と 2. で用いたデータを用いて水害リスクに対する家計の危険回避度を推計する。

ただし IFRiCSS から得られるそれぞれの水害シナリオについては、その超過確率の情報が得られる。これを 3. で求めた推計式において利用するためには、ある被害規模の水害とそれが生起する確率の情報に変換する必要がある。このために、再現期間 10 年と 30 年の水害の被害額の平均をとり、その超過確率の差をその生起確率とする。同様のことを 30 年と 100 年の平均、100 年と 500 年の平均についても行い、表 3 に示すような 3 つのシナリオを作成した。ただし、 l_{10} 、 l_{30} 、 l_{50} 、 l_{100} はそれぞれ再現期間 10 年、30 年、100 年、500 年の水害の被害額を表す。

表一3 作成したシナリオの生起確率と被害額

	生起確率	被害額
シナリオ1	1/10 - 1/30	$\frac{l_{10} + l_{30}}{2}$
シナリオ2	1/30 - 1/100	$\frac{l_{30} + l_{100}}{2}$
シナリオ3	1/100 - 1/500	$\frac{l_{100} + l_{500}}{2}$

また、土地の属性として、2. で用いた 3 つの指標を用いる。その場合、2. と同様の式展開から、実際に推計するのは以下の式であることが容易に導出される。

$$\ln R(n) = \beta_0 + \beta_1 \ln X_{DS}(n) + \beta_2 \ln X_{DR}(n) + \beta_3 D(n) + \beta_4 \ln \left(\sum_{i=1}^m p_i (Y - l_i(n))^{1-\gamma} \right) \quad (12)$$

ただし名古屋駅までの直線距離を X_{DS} で、最も近い主

要道路までの距離を X_{DR} で、近隣に大規模工場がある

ことを示すダミー変数を D で表す。

実際に観測される地価と、式 (12) から求まる地価の誤差を最小にするようにパラメータを推定する

推計結果については講演時に譲る。

参考文献

- 1) 多々納裕一：不確実性下のプロジェクト評価：課題と展望、土木計画学研究、No. 20, pp.19-30, 1997.
- 2) 上田孝行：防災投資の便益評価—不確実正と不均衡の概念を念頭において、土木計画額研究論文集、No. 14, pp.17-34, 1997.
- 3) 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評価、土木学会論文集、639/IV-46, pp.39-52, (2000)
- 4) 松田曜子,多々納裕一,岡田憲夫：CVMを用いた自然災害リスクに対する家計のリスクプレミアムの計量化,土木計画学研究・論文集,Vol22,no2,pp.325-334,2005
- 5) 川脇康生：災害リスク回避選好の計量分析—リスク情報の開示は住民自らの防災投資を誘導するか—,応用地域学研究, No.14, pp.49-62, 2009.
- 6) 川島健一,多々納裕一,畑山満則：自律的避難のための水害リスクコミュニケーション支援システムの開発,土木計画学研究・論文集, No.24, pp.309-318, 2006.
- 7) 畑山満則・田馳・多々納裕一：総合的な流域内治水対策のための水害リスクマッピングシステムの開発,土木計画学研究発表会・講演集, Vol.37, CD-ROM, 2008.
- 8) 国土交通省：治水経済調査マニュアル (案)、2005.