

水害リスクと地価の関係～東京都における実証分析～

Flood Risks and Land Prices: Evidence from the Tokyo Metropolitan Area

公共システムプログラム

09M43164 小嶋 秀人 指導教員 日引 聡

Public Policy Design Program

Shuto Kojima, Adviser Akira Hibiki

ABSTRACT

The purpose of this paper is to reveal the effect of flood risks on land prices. In this study, we use the hazard maps from the local government as risks of the flood and estimate the effect by Hedonic Approach. Previous researches didn't consider the biases from omitted variables and spurious correlations. We use the Instrumental Variables Method to solve these problems. In addition, we calculate the market's valuation of the flood disaster by using the Expected Utility Theory.

This study reveals that the price in the risky area is discounted against that of the safe area by around 17%. This result shows that previous researches underestimated the negative effect of the flood risk on the land prices. Besides, the amount of damage calculated by Expected Utility Theory is larger than the statistics.

1. はじめに

将来、気候変動によって、洪水の強度・頻度が上昇することが指摘されている。2006年に公表された『地球温暖化「日本への影響」—最新の科学的知見—』¹によれば、現在の治水対策ではこれまでと同じ安全レベルが確保されなくなることが指摘されている。したがって、温暖化適応策としての視点を組み入れて、現行の治水対策を見直す必要がある。

治水工事の費用便益計算は、「治水経済調査マニュアル²」(以下、マニュアル)に沿って行われることとなっているが、第一に、直接被害しか考慮されていない点、第二に住宅については、浸水被害後に瞬時に回復すると想定されているという点で問題がある。

このようなマニュアルの問題点を補完するためにも、過去に様々なアプローチによって洪水被害額の算定が試みられてきた。とりわけ、浸水リスクによる地価の低下分を推計することで期待洪水被害額を把握するヘドニック・アプローチによる研究成果が数多く蓄積されてきた。ヘドニック・アプローチによる洪水被害額の推計とは、土地価格を決定する特性の1つとして、その土地が晒されている浸水リスクに注目し、それによる地価の低下分によって、市場が評価しているその土地の潜在的な洪水被害額の期待値を求めようとするもので

ある。これらの先行研究では、いずれも浸水リスクに晒されている地点の地価が低下しているという結果を得ている。しかし、内生性によるバイアスや、浸水リスク変数と住環境変数の見せかけの相関について十分に検討されている先行研究は見当たらず、浸水被害額を正確に把握できていない可能性がある。

本研究では、操作変数法を用いた推計を行うことで、内生性によるバイアスや見せかけの相関を考慮した上で洪水期待被害額を推計する。

2. 先行研究

2. 1. 先行研究のレビュー

ヘドニック・アプローチによって洪水被害額を計測した文献は多く存在する。宮田・安邊(1991)では、北海道千歳川流域4市2町の地価関数を推計し治水事業の便益が推計されている。治水経済調査の方法による便益計測との比較を行っている。市川ほか(2002)では、寝屋川流域を対象として、20年間の地価データを使用して、地価に影響を及ぼす浸水リスク要因が外水氾濫要因から内水氾濫要因へと経年変化したことが指摘されている。

2. 2. 先行研究の問題点

これらの先行研究の問題点として、(1)浸水リスク変数の選択(2)推計結果のバイアスの2点を挙げる。

¹ 温暖化影響総合予測プロジェクトチーム(2008)

² 国土交通省河川局(2005)

(1) 浸水リスク変数の選択

先行研究で浸水リスク変数として使用されている指標は、以下の3種類に分類される。

- (i) 浸水リスク決定要因 (標高、下水道整備ダミー等)
- (ii) 過去の浸水実績 (浸水経験の有無、浸水経験回数等)
- (iii) 一般に公表されている浸水リスク (予想浸水深等)

ヘドニック・アプローチによって計測される浸水リスクに起因する地価の低下分は「市場がその地点の浸水リスクをどう評価しているか」が反映されたものである。したがって、本来ならば、当該地点の浸水リスクに対する人々の認識そのものが浸水リスク変数となるべきである。しかし、人々の認識は観測不能であるため、観察可能な浸水リスク指標を人々が認識している浸水リスクの代理変数として使用せざるを得ない。すなわち、浸水リスク変数には、誰もが容易にアクセスでき、かつ将来の浸水リスクが客観的に評価されて作成された指標を採用することが望ましい。

(i) は、浸水リスクを直接的に決定する要因であるが、一般にはアクセスしにくい情報でもある。また浸水リスク決定要因の中には、住環境要因となるようなものがあり浸水リスクを通じた地価への影響と住環境としての地価への影響を識別することができない。

(ii) は、東京都などでは公開されており、誰でもアクセスできる情報となっている。しかし、浸水実績をリスク変数として使用することには2つの問題点がある。第一に、浸水実績があることで将来も浸水する可能性があるとは限らないことである。第二に、過去の浸水を引き起こした気象現象の強度・頻度が、人々の間で同じように認識されているとは限らないことである。

以上より、浸水リスク変数としては (iii) のように客観的に評価された指標であり、かつ誰もが容易にアクセスできる指標を採用すべきである。本稿では、(iii) の洪水ハザードマップとして提供されている地区ごとの予想浸水深を採用する。

(2) 推計結果のバイアス

一般に、土地に関する情報の信頼性は高くないとされており、かつ地価を決定している全ての要因がデータとして使用可能なわけではない (除外変数の存在)。また、(1) (i) で挙げた浸水リスク決定要因の中には、標高や河川までの距離のように、住環境に影響を与える要因として地価に影響を与えているものも存在する (見せかけの相関)。このような要因は浸水リスクの持つ地価への影響を正確に把握できない原因となる。しかし、先行研究の中にこの問題を考慮して推計されているものはない。

(i) 内生性によるバイアスの存在

本研究では、水害のリスクを表す変数として予想浸水区域に含まれることを表すダミー変数を使うが、リスクを表す変数が内生性を持つことが考えられる。例えば、社会資本の整備状況など、地価にもリスクにも影響を与える観測できていない要素がある場合、リスク変数と誤差項の相関 (内生性) が生じる。したがって、通常の最小2乗法による推計では、

推計された係数が内生性バイアスを持つと考えられる。内生性バイアスに対処するため、本研究では操作変数法による推計を行うこととする。操作変数として用いるのは、周辺との高低関係を表す標高差 (m) である。操作変数は、浸水リスクに影響を持っているが、地価とは関係のない変数でなければならない。周辺と比べて低いということは内水氾濫のリスクを高める。周辺 150m 四方の範囲内での標高差が地価に影響することは考えにくい。また、標高差の平均値 1.2m は、地価に影響を与える可能性は完全には否定できないが、浸水リスクの観点からすると大きな影響を持っていると考えられる。

(ii) 見せかけの相関

(1) で既に述べたように、標高や最寄りの河川までの距離といった要因 (浸水リスク決定要因) は、浸水リスクを決定する要因であると同時に、見晴らしや利便性、親水環境へのアクセスといった住環境要因にもなりうることに注意しなければならない。標高や最寄りの河川までの距離は、浸水リスク決定要因と住環境決定要因の両方の効果を持っている。土地価格決定要因として浸水リスク変数を加える一方で標高や河川までの距離といった変数を含めない場合には、標高や河川までの距離の介在による「浸水リスクと地価の見せかけの相関」を捉えてしまっている可能性がある。仮に洪水ハザードマップによる浸水リスクの情報が「リスク」として人々に認知されておらず、市場価格に反映されていない場合であっても、浸水リスクが住環境の代理変数となっていれば、あたかも浸水リスクが地価への影響を持っているかのように見えてしまい、浸水リスクによる地価への真の影響を捉えられていないことになる。また、洪水ハザードマップなどの浸水リスクに関する情報が公開されていない地域を対象とする場合には、浸水リスク決定要因が地価関数の説明変数として直接使用されるが、このような場合、浸水リスク決定要因を説明変数とするモデルの推計結果は、浸水リスクに晒されていることによる地価への影響と、浸水リスク決定要因が持つ住環境要因による地価への影響を合わせた効果の大きさを計測していることに留意する必要がある。本研究では、標高や河川までの距離といった、浸水リスクと地価の両方に影響を与える変数を説明変数に加えることで、見せかけの相関の可能性を排除することを試みる。

3. 推計モデルと推計結果

3. 1. 推計モデル

地価は、その土地の持つ周辺環境などの属性を基にして、ヘドニック関数として表すことができる。本研究では、土地の属性に浸水リスク変数を加え、以下のように推計モデルを特定する。

$$\ln \text{Land_Price}_i = \alpha + \sum_{k=1}^1 \beta_k X_{k,i} + \gamma \text{Risk}_i + u_i \quad (1)$$

Land_Price_i は第 i 地点の地価、 $X_{k,i}$ は土地属性 ($k=1, \dots, 1$)、 Risk_i は浸水リスク変数、 u_i は誤差項、 α は定数項、 β 、 γ は属性と浸水リスク変数のパラメータをそれぞれ表している。

本研究では、先行研究で使用されている土地属性変数のほとんどを使用することとするが、土地属性に関する情報には

使用可能でないものが多く存在する。こういった観測されない変数が浸水リスク変数 $Risk_i$ と相関していれば、 $Risk_i$ と u_i の間に相関をもたらすこととなり、浸水リスクが高いからその地区の地価が低いのか、もともとの属性のために地価が低いのかを識別することができない。この問題を解決するために操作変数法による推計を行う。第1段階の推計式は(2)の通りである。

$$Risk_i = \delta + \sum_{h=1}^s \theta_h Z_{h,i} + \sum_j^f \theta \pi_j x_j + \epsilon_i \quad (2)$$

ここで、 Z は操作変数である。浸水リスク $Risk_i$ を説明し、かつ誤差項 u_i と相関しない操作変数として、本研究では標高差を用いることとする。周辺より標高が低ければ浸水リスクが大きくなると考えられるため、標高差の係数は負であることが期待される。その他に浸水リスクを説明する要因として、標高と最寄り河川までの距離を説明変数に加える。標高が低いほど、最寄りの河川に近いほど、浸水リスクは高まると考えられる。

本研究では、以下の6つのモデルの推計を行う。

- 1：土地属性の1つとして建蔽率と高さを用いたモデル
- 2：土地属性の1つとして容積率を用いたモデル
- 3：モデル1に、用途区分ダミーと浸水リスク変数の交差項を加えたモデル
- 4：モデル2に、用途区分ダミーと浸水リスク変数の交差項を加えたモデル
- 5：モデル1から標高・河川までの距離を除いたモデル
- 6：浸水リスク変数として、他の変数(標高・河川までの距離)を用いたモデル

対象とする地域は、東京都23区のうち、中小河川浸水ハザードマップがインターネットで公開されていない墨田区、荒川区、葛飾区、渋谷区を除いた19区とする。データは2009年地価公示の情報を用い、浸水リスク変数は、公示地点の一部もしくは全てが洪水ハザードマップの浸水予想区域に含まれていれば1、含まれていない場合には0となるダミー変数とする。標高、最寄りの河川までの距離、標高差の地理情報は、国土交通省による基盤地図情報を基に作成した。また利便性の指標として、最寄り駅からJR山手線の駅への標準的な移動時間(分)をインターネットの路線情報提供サービスを使用して計算した³。区ダミーや鉄道沿線ダミーは、所得階層や住環境や公共サービスの類似性を考慮するために説明変数として加えている。その他の地価に与える要因として、最寄り駅への直線距離、建蔽率、容積率、ガス供給、土地利用規制(用途区分)といった土地属性に関する情報は、地価公示から得ている。

3. 2. 推計結果

(1) 第1段階推計の結果

浸水予想区域ダミー変数を、プロビットモデルによって浸水リスク決定要因に回帰させた結果を述べる。浸水リスクを

³ 「Yahoo! 路線情報」による。最寄り駅が山手線の駅あるいは山手線内部に位置する駅である場合は移動時間をゼロとした。

説明する要因として、標高、河川までの距離、周辺との標高差がいずれも負で有意に推計された。つまり、標高が低くなるほど、河川から近くなるほど、観測地点の窪みの度合いが大きくなるほど、浸水予想区域に含まれる確率が高くなると解釈することができる。

(2) 第2段階推計の結果

内生性のテスト(Hausman test)を行ったところ、全てのモデルについて、最小2乗法による推計は棄却され、操作変数法による推計が採択されるという結果となった。主要な推計結果は、表1の通り。

表1：モデル1～4の主要変数の推計結果

	モデル1 操作変数法 係数	モデル2 操作変数法 係数	モデル3 操作変数法 係数	モデル4 操作変数法 係数
定数項	13.61716 ***	12.90252 ***	13.42998 ***	12.82661 ***
浸水リスクD	-0.18900 ***	-0.19936 ***	-0.26199 ***	-0.29085 ***
標高 (m)	-0.00112 **	-0.00036	-0.00123 **	-0.00054
最寄り河川までの距離 (m)	0.00002 **	0.00002 *	0.00002 **	0.00002
一種住居地域D*浸水リスクD			0.14838 ***	0.17614 ***
二種住居地域D*浸水リスクD			-0.00619	0.11793
一種中高層住居専用地域D*浸水リスクD			0.19757 ***	0.22362 ***
二種中高層住居専用地域D*浸水リスクD			0.29461 ***	0.22627 ***
二種低層住居専用地域D*浸水リスクD			-0.68650 ***	-0.62671 ***
商業地域D*浸水リスクD			0.01836	0.03334
工業地域D*浸水リスクD			0.25263 *	0.27573 *
準工業地域D*浸水リスクD			0.09906 *	0.10358 *
工業専用地域D*浸水リスクD			-0.80070	-0.77866
近隣商業地域D*浸水リスクD			0.14113 **	0.14173 ***
准住居地域D*浸水リスクD			0.13639	0.19558 *
決定係数	0.855	0.854	0.827	0.815
自由度調整済み決定係数	0.847	0.846	0.816	0.803
内生性テスト	採択	採択	採択	採択

***は1%、**は5%、*は10%有意水準をそれぞれ表す

モデル1の操作変数法による推計結果によれば、浸水リスク(浸水予想区域に含まれる地点)のパラメータは有意にマイナスであり、地価を約17%低下させる要因となっていた⁴。一方、モデル1について、操作変数法を用いず通常の最小2乗法によって推計した場合、浸水リスクは有意な変数ではなかった。このことから、内生性バイアスを考慮しない場合、リスクを過小評価する可能性があることが明らかとなった。

また、表には推計結果を掲示していないが、標高が住環境要因として地価に与える影響は有意に負であった。このことは標高の上昇によって利便性が低下することを意味している。また、河川からの距離に関するパラメータは有意に正であった。このような結果になったのは、河川には多くの人が訪れ、外部費用を発生させているため、河川に近いほど、外部費用を反映して、地価が低下したのではないかと推察される。

(3) 用途区分による浸水被害の評価の違い

商業地、工業地、住宅地では、地価の低下の度合いが異なる可能性がある。また利用者によって浸水被害を受ける資産の額は異なると考えられる。そこで、用途区分によって、浸水リスクによる地価の低下の差異を考慮するため、用途区分

⁴ 浸水リスク係数 $\gamma = -0.189$ の意味は、以下の通りである。

$$\ln(\text{浸水リスクのある地点の価格}) -$$

$$\ln(\text{浸水リスクのない地点の価格}) = \gamma$$

これを变形すると、

$$(\text{浸水リスクのある地点の価格} / \text{浸水リスクのない地点の価格} - 1) \times 100 = (e^\gamma - 1) \times 100 = (e^{-0.189} - 1) \times 100 = 17.2(\%) \text{となる。}$$

ダミーと浸水リスクの交差項を説明変数に加えた分析を行った（モデル3・4）。用途区分によって浸水リスクによる地価の低下の度合いは異なると言える。基準とした第1種低層住居専用地域では、浸水予想区域に含まれる地点の地価は23%低下しており、その他のうち第2種低層住居専用地域以外の用途区分では低下の度合いが小さいという結果になった。本研究の推計結果からは、需要層によって浸水リスクによる地価の低下の度合いは異なるが、家計よりも企業の方が浸水リスクを大きく評価していることまでは言えない。

（4）先行研究との比較

先行研究との比較のため、標高と河川までの距離を説明変数に加えないモデル（モデル5）と、浸水リスクの代わりに浸水リスク決定要因を使用したモデル（モデル6）の推計を行った。モデル5の浸水リスク係数は-4.3%であり、モデル1の結果とは大きく異なっていると言える。この違いは、内生性によるバイアスと、住環境要因としての標高・河川までの距離を考慮していないことが原因である。浸水リスクのみを使い、最小2乗法による推計を行っている先行研究では浸水リスクを過小評価している可能性が高いと考えられる。また、モデル6の推計結果は、標高の係数が正となるなど、モデル1の結果とは異なった推計結果となっている。これらは、住環境要因の効果も含んでいることによると考えられる。

3. 3. 期待効用仮説を用いた推計結果の評価

Brookshire et al. (1985)によれば、消費者は災害が発生した場合と発生しなかった場合の2つの状態下の効用 U の期待値を最大化するように不動産を選択する。いま、災害が発生する確率を ρ とし、消費者は $a=(a_1, a_2, \dots, a_n)$ の n 属性を持つ土地に対して $p(a, s)$ を支払うとする。 s は消費者が災害時に受ける被害の金銭的価値を表している。 $W(a)$ を、属性 a を持つ土地から得られる収益の金銭的価値とし、 U を連続、2階微分可能な効用関数とすると、期待効用 V は、以下のように表される。

$$V = \rho U[W(a) - p(a, s) - s] + (1 - \rho)U[W(a) - p(a, s)] \quad (3)$$

土地属性の最適な選択は、以下の1階条件を満たす。

$$a_i: \rho U'_d [W_i - p_i] + (1 - \rho)U' [W_i - p_i] = 0, \quad \text{for all } i = 1, \dots, n \quad (4)$$

$$s: -\frac{(1-\rho)p_s}{\rho(1+p_s)} = \frac{U'_d}{U'} \quad (5)$$

W と p の添え字は偏微分を表し、 U の添え字 d は災害発生時の水準で評価していることを表している。ここで、本研究の推計結果と（4）（5）を用いて、市場が評価している浸水被害の評価を行う。 $p_s = \Delta p / \Delta s$ とし、 Δs について（4）（5）を解くと、（6）のようになる。ただし、 Δp は安全な土地と危険性のある土地の価格差、 Δs は災害によって受ける被害額を表す。

$$\Delta s = -\frac{\Delta p}{\rho \frac{U'_d}{U'}} \left[(1 - \rho) + \rho \frac{U'_d}{U'} \right] \quad (6)$$

（6）に浸水リスクのある土地の価格と浸水リスクのない土

地価格の差として、平均地価 1,287,126 (円/㎡) にモデル1の地価の低下率 17.2 (%) を乗じた値である 221,385 (円/㎡) とする。割引率を 3% とし、1年あたりの Δp を計算すると、38,078.22 (円/㎡) となる。 U'_d / U' の値は、Brookshire et al. (1985)により 1.08 を用いる。東京都洪水ハザードマップではおよそ 100 年に 1 度の頻度で発生するような豪雨が想定されているため、災害発生確率 ρ の値として 0.01 を用いる。以上のように Δs を計算すると、浸水被害額は 3,528,582 (円/㎡) となる。東京都が公表している 2007 年水害密度（単位面積当たりの水害被害額）は約 50,000 (円/㎡)、2008 年水害密度は約 30,000 (円/㎡)⁵である。

4. 結論

本研究では、洪水被害額を把握するために、浸水リスクによる地価の低下をヘドニック・アプローチによって推計した。推計モデルには、浸水リスク変数に加えて、浸水リスク決定要因であると同時に住環境決定要因でもある地理的要因（標高・河川までの距離）を加えることで、両変数を介在とする浸水リスクと地価の見せかけの相関の可能性を排除することを試みた。また、内生性バイアスに対処するために最小2乗法ではなく操作変数法による推計を行った。

本研究の推計結果によれば、浸水リスクに晒されていることで約 17% の地価の低下が認められた。これまでの先行研究のように、地理的要因を加えないモデルの最小2乗法による推計では、浸水リスクを過小評価する可能性が示された。また、推計結果に基づいて期待効用仮説に基づいて浸水被害額を計算したところ 1,660,542~7,254,808 (円/㎡) となった。この結果は、これまでに東京都によって公表されてきた水害被害額の 33~240 倍にも上る。このように、東京都によって公表された被害が過小になるのは、従来の被害額が、水害によって生じる精神的な被害や、その期間に生じる不便、営業利益の喪失などを考慮に入れていないからだと考えられる。本研究の結果は、今後、水害被害の救済を実施する際には、物理的な被害だけでなく、精神的な被害、不便さ、逸失経済利益などを十分考慮する必要があることを示唆している。

参考文献

- Brookshire, D., M. Thayer, J. Tschirhart, and W. Schulze (1985) "A Test of Expected Utility Model: Evidence from Earthquake Risks" *Journal of Political Economy* 93 (2): 369-89.
- 市川温・松下将士・椎葉充晴：水災害と地価の関係に関する調査研究，京都大学防災研究所年報第 45 号 B-2 平成 14 年 4 月。

⁵ 浸水面積は水害記録（東京都建設局）、被害額は水害統計（国土交通省河川局）による。