

Discussion Paper Series

Center for Social and Environmental Systems Research, NIES

No. 2011-02

ヘドニック・アプローチによる東京都区部の洪水被害額の計測 —浸水リスク変数の内生性を考慮した分析—

岡川 梓

独立行政法人国立環境研究所社会環境システム研究センター環境経済・政策研究室
〒305-8506茨城県つくば市小野川16-2 okagawa.azusa@nies.go.jp

日引 聡

独立行政法人国立環境研究所社会環境システム研究センター環境経済・政策研究室

小嶋 秀人

内閣府政策統括官（経済財政運営担当）付 参事官（総括担当）付

July 2011



ヘドニック・アプローチによる東京都区部の洪水被害額の計測

—浸水リスク変数の内生性を考慮した分析—

岡川 梓

独立行政法人国立環境研究所社会環境システム研究センター環境経済・政策研究室

〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2

okagawa.azusa@nies.go.jp

日引 聡

独立行政法人国立環境研究所社会環境システム研究センター環境経済・政策研究室

小嶋 秀人

内閣府政策統括官（経済財政運営担当）付 参事官（総括担当）付

要旨

浸水被害に関する研究は、これまでに数多くの成果が蓄積されてきたが、①川への距離や標高などを洪水リスクの代理変数として用いているために、他の外部便益や外部費用の効果を分離できていない、②ハザードマップを利用したリスク変数を使って分析しているものの、除外変数によるバイアスを考慮していない、などの問題があり、被害額を過小評価あるいは過大評価している可能性がある。本研究では、これらの問題に対処するために、ハザードマップを利用したリスク変数を利用し、除去変数バイアスを考慮した上で、ヘドニック地価関数を推計し、洪水リスクの価値を推計した。その推計結果から、①地価は、洪水リスクに直面することによって約 14.5%低下していること、②単位面積当たりの洪水被害額は 141 万円/m²に上り、東京都による試算結果 5 万円/m²に比べて著しく大きい値となった。

キーワード：

浸水リスク;ヘドニック・アプローチ;除外変数バイアス

Hedonic pricing approach to estimate flood damage in Tokyo Metropolitan Area

Azusa OKAGAWA

National Institute for Environmental Studies
Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8506, Japan
okagawa.azusa@nies.go.jp

Akira HIBIKI

National Institute for Environmental Studies

Shuto KOJIMA

Cabinet Office

Abstract

There exist many literatures on economic losses from the flood disaster. However, they suffer from the concerns on the inappropriate selection of flood risk variable and the omitted variable bias in estimating flood damage. In this paper, we estimate Hedonic land price model by employing two step procedures to correct the omitted variable bias on flood hazard. The flood risk is estimated to lower the land price by 14.5% and the flood damage is estimated to be 1,410,000 yen/m². This estimate is fairly larger than the estimate by Tokyo metropolitan government, which indicates that the indirect damage cost is likely to be much higher than the direct damage cost. In addition, we find that the previous studies are likely underestimate the perceived flood damage.

Keywords: Flood risk; Hedonic approach; Omitted variable bias

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、100年後の降水量の変化は、現在の1.1~1.3倍、最大で1.5倍となることが報告されている。現在の治水対策は、1級河川で50年に一度、2級河川以下では30-40年に一度の豪雨に対する安全性を目標に進められてきたことに対し、降雨量が1.2倍となった場合、現在100年に1度の豪雨が、20~40年に一度の頻度で起こるようになり、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。温暖化適応策の観点からは、現行の治水対策を見直す必要がある。

政府によ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。このマニュアルは、洪水氾濫シミュレーションの結果を使って、堤防やダムを建設した場合に洪水被害を免れる区域を特定し、被災回避面積に単位面積当たり被災回避資産額（原単位）を乗じることによって、治水工事による便益を計算している。しかし、マニュアルに掲載されている原単位にはいくつかの問題点があることが指摘されている。その一つが、直接被害しか考慮されていない点である。マニュアルに示されている資産額（原単位）は、該当する地域・用途区分ごとに家電製品や家具といった資産の買い替え費用を算定したものである。しかし、ある区域が浸水被害に遭った場合、直接浸水に遭った資産だけでなく、たとえば、物資の供給が滞る、インフラの復旧に時間を要する、通常の勤務ができない、精神的苦痛を受けるといった間接的な被害も発生するが、それらが含まれていない。

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、洪水被害額を浸水リスクによる地価の低下分を推計することで把握するヘドニック・アプローチによる研究成果（市川ほか、2002、岩橋ほか、2006、斉藤、2005など）が数多く蓄積されてきた。地価は洪水による直接的な被害だけでなく、間接的な被害も反映するために、洪水リスクと地価との関係を分析することで、間接被害も含めた被害の推計が可能になるからである。これらの研究では、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、これらの研究には、以下のような問題がある。

第1に、多くの先行研究では、浸水リスクを直接測る変数を使わずに、河川への直線距離といった地理的条件を浸水リスクの代理変数として使い、浸水リスクの地価への影響を分析している。（市川ほか、2002、及び、岩橋ほか、2006）しかし、例えば河川までの直線距離は、河川のアメニティや眺望による外部便益の効果も含む

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）

可能性があり、推計された地理的条件のパラメータは複合的な影響を含み、必ずしも浸水リスクを反映しているとはいえない。

第2に、浸水リスクを直接測った変数（洪水ハザードマップ）を利用し、浸水リスクが高い地域かどうかを変数化して、浸水リスクが地価に与える影響を分析している。（斎藤（2005））しかし、浸水リスクに影響を与える要因が地価にも影響を与えるために、浸水リスクの除外変数バイアスの可能性を検討する必要があるにもかかわらず、そのような検討を行っておらず、推計結果にバイアスが生じている可能性がある。

本研究の目的は、上記の2つの問題に対処するために、洪水ハザードマップに基づいた浸水リスク変数を使い、その除外変数バイアスを考慮した推計方法を用いることで、推計のバイアスを修正することにある。

本稿の構成は以下の通りである。第2節で先行研究を俯瞰しその問題点を整理する。第3節で推計モデルと使用したデータについて説明し、第4節で推計結果についてまとめる。第5節で結論を述べる。

2. 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国外・国内を問わず多く存在する。Hallstrom and Smith (2005), Bin and Polasky (2004)は、洪水ハザード地域の情報、今後100年間における氾濫原データをそれぞれ使用して洪水被害額の期待被害を推計しており、いずれも洪水の危険性による地価の低下を確認している。

日本については、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おり、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。その他、ヘドニック・アプローチによって日本国内の洪水被害額を計測した文献を表1にまとめる。

（表1挿入）

これらの先行研究の問題点として、浸水リスク変数の選択と推計結果のバイアスの2点が挙げられる。

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、(i) 浸水リスク決定要因（下水道整備ダミー、周辺との標高差、河川までの距離、河川との標高差、相対水位高など）、(ii) 過去の浸水実績（浸水経験の有無、浸水経験回数）、(iii) ハザードマップの形で一般に公表されている浸水リスク（予想浸水深）の3種類に分類され

る。

多くの先行研究では、浸水リスクを直接測る変数を使わずに、河川への直線距離や標高などの変数を浸水リスクの代理変数として使い、浸水リスクの地価への影響を分析している。(市川ほか, 2002, 及び, 岩橋ほか, 2006) しかし、河川への距離や標高は、川のアメニティや眺望による外部便益の効果を含むため、必ずしも浸水リスクを反映しているとはいえない。

過去の浸水実績は、東京都などでは年代別の浸水地点が水害記録としてインターネット上で公開されており、誰でもアクセスできる情報となっている。したがって、実際に浸水した経験がある地点の評価額は他に比べて低下していると考えられ、このことは市川ほか(2002)、斉藤(2005)の分析によって実証されている。しかし、温暖化適応策の観点から治水対策を見直すことを目的とするならば、浸水実績はリスク変数としてふさわしくない。なぜなら、将来の浸水リスクは、将来の気候変動などの要因も影響を与え、過去の経験だけに依存して決まらないからである。

以上のような理由により、浸水リスク変数としては、洪水ハザードマップのように、将来のリスクを反映した指標を採用する方が望ましいと考えられる。

一方、ハザードマップを利用した分析には、後で詳述するように、除外バイアスの可能性があると考えられる。例えば、近隣河川の堤防の高さ、河岸整備といった要因は、浸水リスクに影響する要因であると同時に、景観の良し悪しや親水環境・アメニティ機能として地価に影響を及ぼす可能性がある。しかし、分析においてこれらの情報を入手することは難しい。この場合、浸水リスク指標を決定する誤差項と、地価を決定する誤差項が相関するため、斉藤(2005)のようにリスク指標を外生変数として扱った推計結果には、除外変数バイアスが存在する可能性がある。

本研究では、ハザードマップに基づくリスク指標を使いつつ、除外変数バイアスの可能性を考慮し、浸水リスクの被害費用を推計する。

3. 推計モデルとデータ

3. 1 推計モデル

(1) 地価モデル

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、基本モデルとして、(1)式に示すような地価関数を考える。

$$\ln LP_i = \alpha + X_i \beta + \gamma DRisk_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

LP_i は第 i 地点の地価、 X_i は第 i 地点の土地属性ベクトル、 $DRisk_i$ は第 i 地点の浸水リスク変数、 ε_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。

土地の購入者は、災害を回避するために、経験や何らかの情報に基づいて浸水リスクの有無を認知し、それに基づいて土地購入の意思決定を行っていると考えられる。したがって、地点 i の期待浸水被害額は、浸水リスク変数の係数 γ として計測することができる。ここで、土地購入者にとって、地点ごとの浸水リスクの有無を判断するための情報源となっているのが、洪水ハザードマップであると考えられる。東京都の洪水ハザードマップでは、平成 12 年 9 月に発生した東海豪雨（総雨量 589 ミリメートル、時間最大雨量 114 ミリメートル）を想定した外水・内水氾濫シミュレーションの結果に基づいて、浸水が予想される区域を予想浸水区域と定められており、ウェブ上で入手することができる。本研究では、東京都洪水ハザードマップの情報に基づいて、地点 i が浸水予想区域に含まれていれば $DRisk_i=1$ 、そうでない場合は $DRisk_i=0$ とするダミー変数を作成し、使用する。

浸水リスク以外に土地価格に影響を与える他の説明変数は、表 2 に示すとおりである。

(表 2 挿入)

地点の利便性あるいは通勤などによる移動費用を測る変数として、最寄り駅までの距離 ($DisStation$) と最寄り駅から J R 山手線のいずれかの駅までの時間距離 ($Time$) を用いている。標高 ($Elevation$) は、利便性や眺望を表す代理変数として用いる。

地域の特性を表す指標としては、所得階層あるいは地域の住環境の代理変数として、最寄り駅から山手線に接続する路線のダミー (JR, 私鉄, 地下鉄の各路線の鉄道沿線ダミー) を用いる。また、行政サービスや社会資本整備の違いなどを表す変数として 23 区ダミーを用いる。

土地生産性に影響を与える変数として、地積 (LS)、容積率規制値 ($Bulk$) あるいは建ぺい率規制値 ($Floor$)、高さ上限値 ($Height$) を用いる。地積 (LS) が大きいほど、地価は高くなると考えられる。土地面積のサイズが大きいほど規模の経済性が働き、土地生産性が高くなると予想されるためである。また、容積率規制値が大きいほど、単位土地当たり多くの総床面積の建物を建てることのできるため、土地生産性を高めることができる。このため、地価は上昇するものと予想される。同様に、建ぺい率規制値が大きいほど、単位土地面積当たりの敷地面積を大きくすることができるため、より低層な建物（建設費用が安い）で、総床面積が同じ建物を建てることのできる。このため、建ぺい率規制値が大きい土地ほど、地価が高くなると予想される。また、高さ上限値が大きいほど、高い建築物を建て、床面積を増やすことのできるため、土地生産性を高め、地価を上昇させるものと考えられる。

この他、土地利用によって土地生産性が異なることを考慮するため、都市計画法

によって定められている 12 種類の用途地域を 4 種類の区分（低層地域，中高層住居専用地域，住居地域，産業地域）に統合し，3 つのダミー変数（中高層住居専用地域ダミー（Z1），住居地域ダミー（Z2），産業地域ダミー（Z3））を作成し，説明変数に加える。

他には，ガス供給が可能かどうかを表すダミー，土地の形を表す変数（不整形ダミー，台形ダミー，幅員，奥行きなど）などを用いた．浸水以外の災害リスクを表す変数として，防火地域ダミー（Fire）を利用した．防火地域に含まれていれば，火災による被害のリスクが低下するため，地価は上昇するものと考えられる。

ここで，前節で指摘した通り，浸水リスクと地価の両方に直接影響を与える要因が存在し，それが分析者にとって未知の要因であったり，観測できない要因であったりする場合，浸水リスク変数と，地価関数の誤差項の間に相関が生じる．この場合， $DRisk_i$ を外生変数として扱って推計すると，そのパラメータの推計値にバイアスが生じる，すなわち，除外変数バイアスが生じることが知られている．この問題を解決するために，Lee and Trost (1978)，Barnow et al. (1981)によって提案されている 2 段階推計を行う．すなわち，第 1 段階では，次の節で説明するように，プロビットモデルを，浸水が予想される地点かどうかを決定するモデル（浸水モデル）に応用し，推計する．その推計結果及び各地点の観測値を用いて，各地点の浸水確率 $PRisk_i$ を計算する．第 2 段階では，(1) 式の $DRisk_i$ を第 1 段階で計算された $PRisk_i$ に置き換え，最小 2 乗法によって地価モデルを推計する．

(2) 浸水モデル

本稿では，プロビットモデルを浸水に直面するかどうかを決定するモデルに応用する．地点 i の浸水のリスクレベルを $Risk_i$ とし，浸水リスクレベルは(2)式のような関数で表されるものとする．

$$Risk_i = \delta + Y_i \theta + e_i \quad (2)$$

ここで， Y_i は第 i 地点の浸水リスクレベルに影響を与える要因ベクトル， e_i は誤差項であり，平均 0，分散 σ^2 の正規分布に従う．

浸水リスクレベルに影響を与える要因を表 2 に示す．ここで，浸水リスクを識別するためには，地価には影響を持たず，浸水リスクレベルに影響を与える操作変数を考える必要がある．本稿では，市川ほか（2002）を参考に，最寄り河川までの直線距離（ $DisRiver$ ）³と周辺との標高差（くぼ地指標， $Hollow_i$ ）を操作変数として採

³ 河川までの距離は，親水環境へのアクセスの指標（アメニティ）となる可能性がある．また，周辺との標高差は見晴らしなどに影響するため，これらの変数は住環境要因である可能性がある．しかし，地価モデルの説明変数に両変数を加えたところ，有意に推計されなかったことから，地価モデルに使わず，操作変数とした．

用する．最寄り河川までの直線距離は，外水氾濫のリスク要因であり，値が大きくなるほど浸水リスクは小さくなると考えられる．一方，周辺との標高差（以下では，くぼ地指標と呼ぶ）は，内水被害に対する地理的危険性である．周辺に比べて標高が低い地点（くぼ地）ほど，水が流入しやすく，流入した水が流出しにくいためである．くぼ地指標 *Hollow* は，市川ほか(2002)を参考に，周辺 8 地点の標高 ($Elevation_{n,i}$ ($n=1, \dots, 8$)) の最小値と，公示地点 i の標高 ($Elevation_i$) の差とし，(3)式のように定義する．

$$Hollow_i = \min(Elevation_{n,i}) - Elevation_i \quad (3)$$

ここでくぼ地指標を作成するに当たり，まず，地域全体を 50m メッシュに分割する．公示地点 i を含むメッシュをメッシュ i と呼び，その中心点の標高を公示地点 i の標高 ($Elevation_i$) と定義する．また，図 1 に示すように，メッシュ i に隣接する 8 つのメッシュの中心点の標高を，周辺 8 地点の標高 ($Elevation_{n,i}$ ($n=1, \dots, 8$)) と定義する．これらの変数を使って，(3)式に従って，くぼ地指標を作成した．

(図 1 挿入)

地点 i がくぼ地となっているケースでは， $Hollow_i$ は正の値となり，その値が大きいくほど，深くくぼ地となることを意味している．公示地点 i がくぼ地となっている場合，周辺の水が他のどの方向にも流れずに当該地点に集中するため，浸水リスクはより高まる．一方，地点 i がくぼ地となっていないケースでは， $Hollow_i$ は負の値となり，より低い標高の地点へと水が流出するため，浸水リスクは小さくなる．また，値が小さいほど，他の地点から水が流入しにくいいため，浸水リスクは低くなる．

その他に浸水リスクを説明する要因として，排水区などの地域的なインフラ，政策の類似性を表す変数として 23 区ダミーや鉄道沿線ダミーを加える．東京都区部は 10 の排水処理区に分かれており⁴，それぞれの排水処理区に降った雨水は雨水ますを通して排水処理区内にある下水管へ流れ込み，流れ込んだ雨水の量が処理能力を超えた場合に内水氾濫が起こる．同じ排水処理区に属している地域では同じ排水処理施設を共有しているため，本来なら排水処理区に関する情報や，処理区内下流の下水道合計容量を説明変数に入れるべきである．しかし，排水処理区に関する正確な情報を整備することは現段階では難しく，その代理となる変数として 23 区ダミー

⁴ 10 の排水処理区とは，芝浦処理区（千代田区など），三河島処理区（台東区など），砂町処理区（墨田区など），小台処理区（北区），落合処理区（中野区），森ヶ崎処理区（世田谷区など），小菅処理区（葛飾区），葛西処理区（江戸川区），新河岸処理区（練馬区など），中川処理区（足立区）である．これらの排水処理区の境界は，必ずしも 23 区の境界と一致しない．

や鉄道沿線ダミーを使用することとした。

ここで、実際に入手しているリスク情報は、各地点が将来浸水する可能性があるかどうか（洪水ハザードマップ上の予想浸水区域に含まれるか否か）であり、浸水リスクレベル $Risk_i$ は観察されない。しかし、浸水リスクレベルが高くなるとその地点は浸水するという関係があることから、 $DRisk_i$ と $Risk_i$ の間には以下のような関係が成立すると考えられる。

$$Risk_i > 0 \text{ ならば, } DRisk_i = 1$$

$$Risk_i \leq 0 \text{ のとき, } DRisk_i = 0$$

すると、地理条件 Y_i が与えられた下で、第 i 地点が浸水予想区域に含まれる確率は以下のように表される。

$$PRisk_i = \Pr(DRisk = 1 | Y_i) = 1 - \Phi(-\delta - Y_i\theta) \quad (4)$$

ここで Φ は標準正規分布の累積分布関数を表す。本稿では、最尤法を用いて(2)式のパラメータ推計する。

(3) 修正された地価モデル

先に説明したように、除外変数バイアスを除去するために、(2)式の推計結果を用いて、(4)式によって $PRisk_i$ を計算し、これを(1)式の $DRisk_i$ と置き換え、(5)式のような修正されたヘドニック地価関数を推計する。 u_i は誤差項を表す。

$$\ln LP_i = \alpha + X_i\beta + \gamma PRisk_i + u_i \quad (5)$$

3. 2 説明変数とデータ

浸水モデルおよび地価モデルの変数とデータの出所を表 2 に示す。予想浸水区域ダミーは、東京都各区が発行している洪水ハザードマップに基づいて作成した。地点 i が洪水ハザードマップ上の予想浸水区域内に含まれる場合は $DRisk_i = 1$ 、含まれない場合は $DRisk_i = 0$ とする。浸水モデルの説明変数には、くぼ地指標、最寄り河川までの距離 (m)、その他、浸水リスクに影響を持つ地理条件の変数として 23 区ダミー、鉄道沿線ダミー、用途地域ダミーを使用する。標高、最寄り河川までの距離は国土数値情報を用いて作成した。単位面積当たりの地価、および地価モデルの説明変数は、公示地価 (2009 年) に掲載されている情報を用いた。公示地価は、実際の取引価格ではないという問題があるものの、市場取引の情報を反映して価格が決定されている。実際の取引価格の入手は容易ではなく、その取り扱う範囲の広さおよび他の先行研究 (Nakagawa et al., 2009) でも広く用いられていることから、

本研究でも、先行研究にならって公示地価を利用した。また、都心へのアクセスの良さを表すターミナル駅までの時間 ($Time_i$) は、Yahoo!路線情報による 2009 年 9 月の検索結果をもとに作成した。

対象とする地域は東京都 23 区のうち、中小河川浸水の危険性を扱ったハザードマップが公表されていない墨田区、荒川区、葛飾区の 3 区、およびインターネット上で入手することのできない渋谷区を除いた 19 区とする。推計に用いたサンプル数は、1515 である。データの記述統計は表 3 の通りである。くぼ地指標は平均値が -0.86 m、最大値が 1.8 であることから、多くの地点は、くぼ地の底となっていないことがわかる。

(表 3 挿入)

4. 推計結果

(1) 浸水モデルの推計結果

浸水モデルの主要な推計結果⁵は表 4 の通りである。まず、尤度比検定の結果、このモデルが支持された。河川までの距離 ($DistRiver_i$)、くぼ地指標 ($Hollow_i$) がいずれも有意に推計されている。河川までの距離の係数の符号は負であり、くぼ地指標は正である。つまり、河川から遠くなるほど、観測地点が周辺に比べて低いほど、浸水リスクが高くなることを意味している。

(表 4 挿入)

(2) 地価モデルの推計の結果

修正された地価モデル ((5)式) の主要な推計結果⁶は表 5 に示す通りである。ここでは、モデル 1 が基本モデルに対応している。モデル 2 は、基本モデルに建ぺい率と浸水リスクの交差項、高さ上限規制値と浸水リスクの交差項を加えたモデル、モデル 3 は、基本モデルに、容積率と浸水リスクの交差項を加えたモデルとなっている。水害は、浸水被害を受けた地点の建物容積 (総床面積) の大きさに依存する可能性がある。なぜなら、容積が大きいほど、被害を受ける人数や営業活動の規模も大きくなり、物理的な被害も大きくなる。このため、総床面積の代理変数として容積率規制値を使い、容積率と浸水リスクの交差項を入れることにより、このような効果を考慮した。(モデル 3) 一方、水害が主に 1 階部分の建物に対して物理的な

⁵ スペースの制約から、23 区ダミー、鉄道沿線ダミーなどの推計結果を含めていない。

⁶ スペースの制約から、23 区ダミー、鉄道沿線ダミー、その他土地に関する情報などの推計結果を含めていない。

被害を及ぼすことを考えると、浸水リスクの地価への影響は、1階部分の建物面積の大きさに依存するかもしれない。同時に、高い建物だと被害を受ける人数や営業活動の規模も大きくなる。このため、1階部分の建物面積の代理変数として建ぺい率規制値を使い、建ぺい率と浸水リスクの交差項を入れることにより、前者の影響を考慮した。また、建物の高さの代理変数として、高さ上限値を使い、この変数と浸水リスクの交差項を入れることにより、後者の影響を考慮した。(モデル2)

推計結果は、表5の通りである。なお、先行研究(除去変数バイアスを考慮しないケース)との比較のため、同じ変数を使用した通常の最小2乗法による推計結果(1式)も併せて掲載している。

(表5挿入)

操作変数法による推計については、内生性テスト、過剰識別テストを行った。浸水確率モデル(第1段階)の誤差項 $\hat{\epsilon}_i$ を説明変数に含めて地価モデルの推計を行ったところ、全てのモデルで、 $\hat{\epsilon}_i$ の係数は有意に0と異なり、浸水リスクダミー変数には内生性が認められる結果となった。また、Hansen-J検定を行ったところ、「帰無仮説：操作変数が誤差項 $\hat{\epsilon}_i$ と相関を持つ」を棄却した。したがって、モデル1~3は操作変数を用いた2段階推計が妥当であり、選択した操作変数によって地価関数は識別されていると言える。

まず、モデル1について見てみると、浸水リスク変数の係数は、負で有意に推計されており、浸水リスクによって地価が低下していることが認められた。先行研究と同様の方法(通常の最小2乗法)による推計結果も同様に負に有意に推計されているが、2段階推計の結果と比べて、小さな値になっている。すなわち、先行研究では浸水被害額を過小に推計している可能性が高い。

次に、モデル2について見てみると、浸水リスクの項は負に有意であった。高さとリスクの交差項は負で有意に推計されている。このことから、仮に建物の高さが高かった場合、上位の階に住む住民や上位の階で生産活動を行う企業にも被害が及ぶことを意味している。しかし、建ぺい率とリスクの交差項は予想に反して、有意に正となった。これらの3つの項について、浸水区域のサンプルの平均値を用いて、浸水リスクの増加が地価に与える影響を計算すると、マイナスになった。(詳しくは、表6を参照)すなわち、モデル1と同様、浸水リスクの存在によって地価が低下することが認められた。

最後に、モデル3について見てみると、容積率とリスクの交差項は有意に負になっている。これは、建物の容積が大きくなるほど、浸水による被害が大きくなることを意味しており、直感にあう結果となっている。モデル2と同様に、浸水区域のサンプルの平均値を用いて、浸水リスクの増加が地価に与える影響を計算すると、

マイナスになった。(詳しくは、表 6 を参照) すなわち、モデル 1 と同様、浸水リスクの存在によって地価が低下することが認められた。

ただし、先にも述べたように、容積率と建ぺい率は規制値であり、実際の値ではない。浸水リスクのある地点では、建物の床面積を減らすことで被害を軽減するといったことが行われている可能性もあるかもしれず、このことが、建ぺい率と浸水リスクの交差項の符号が直感に合わない結果となった原因となっている可能性があることを指摘しておきたい。

それ以外の変数については、どのモデルについてもほぼ同様の推計結果を得ており、ロバストな結果となっていることがわかる。具体的には、最寄り駅までの距離、ターミナル駅までの時間距離の係数は負となった。容積率規制の係数は正となったが、これは、建物の密集度の増加による環境悪化の効果よりも、建物の延べ床面積増加による収益性増加の効果が上回っていると考えられる。地積も正で有意に推計されたが、まとまった面積を持つ土地の価格が上昇することを表していると考えられる。これらの符号は、全て先行研究の結果と一致するものである。標高が住環境要因として地価に与える影響は正であった。これは、例えば標高の上昇によって利便性は低下するが、見晴らしが良くなるといった要因の影響の方が大きいと考えられる。

(3) 浸水リスクによる地価低下と被害額の推計

2 段階推計の推計結果をもとに、モデル 1 に関する浸水リスクによる地価の低下率 (%) を計算すると、以下のようなになる。

$$\left(\frac{\text{浸水リスクのない土地の価格}}{\text{浸水リスクのある土地の価格}} - 1 \right) \times 100 \quad (6)$$
$$= (e^{0.157} - 1) \times 100 = 14.5(\%)$$

すなわち、地価の低下は 14.5(%)となる。同様の計算を、モデル 2 およびモデル 3 で行うと、表 6 の通りになる。これに地価の平均価格を乗じて平均的な地価下落額を計算すると、モデル 1 では 169,438 円/㎡、モデル 2 では 186,966 円/㎡、モデル 3 では 212,674 円/㎡となる。

(表 6 挿入)

ここで、土地所有者がリスク中立的であると仮定すると、期待浸水被害額の現在価値は土地価格の低下額と等しくなるはずである。101 年後以降の浸水被害の現在価値は十分に小さいため、その現在価値合計額を無視すると、浸水被害の市場評価額 (D)、東海豪雨の年発生確率 (d)、割引率 (ρ) の関係は以下のようなになる。

$$\text{地価低下額} = \sum_{t=0}^{100} \frac{d(1-d)^{99} D}{(1+\rho)^t} \quad (7)$$

洪水ハザードマップで想定されている東海豪雨は 100 年に 1 回起こる規模であることから、1 年あたりの発生確率は 0.01⁷と計算される。割引率を 3%⁸と仮定すると、東海豪雨と同程度の豪雨によって発生する洪水の平均被害額は、モデル 1 では 1,408,049 円/m²、モデル 2 では 1,552,263 円/m²、モデル 3 では 1,764,907 円/m²となる。一方、『水害統計』(国土交通省)によると、2009 年の東京都の水害密度は 33,199 円/m²とされている。また、東京都(2007)によれば、2007 年の水害密度は約 50,000 円/m²である。これらの値は、調査によって得た水害面積に、単位面積当たりの一般資産額の原単位(想定値)と浸水割合を掛け合わせて得られた数値である。これらの値に比べると、本研究の推計結果はかなり大きな値と言える。その原因は、第 1 に予想されている浸水の規模が通常より大きいこと、第 2 に被害の算定に一般資産額、すなわち物的損失と、最低限の営業停止損失のみが計上されており、必ずしも十分な企業活動停止による損失利益や日常生活が停滞することの影響や精神的苦痛といった間接的な被害が含まれていないことにあると考えられる。特に後者の間接的な損失は非常に大きいことを示しているものと思われる。

ただし、実際に浸水被害が起こった場合、被害に対して、政府による救済措置がとられる場合があり、とくに東海豪雨クラスの激甚災害では、その可能性が高い。もし土地購入者が、このことを期待するならば、期待被害額は小さくなる結果、地価の下落は小さくなり、実際の浸水被害額を過小評価する可能性があることに注意する必要がある。

5. 結論

本研究では、浸水リスクの内生性に対処するためにヘドニック地価関数を 2 段階推計した。本研究の推計結果により、以下 2 点の結論が得られた。

第 1 に、浸水リスクがあることにより、地価は 14.5~18.2%程度低下し、土地市場が認知している期待被害額は、141~176 万円/m²程度であると推計された。水害統計や東京都が公表した水害密度と比較すると著しく大きな値となっている。このことの大きな要因は、企業活動の停止による損失利益や日常生活が停滞することによる影響や精神的苦痛など間接的な被害額が大きいことを示しているものと思われる。

第 2 に、高い建物を建てることのできる土地ほど、あるいは、容積率規制値の高い土地ほど、地価低下が大きなものとなり、認知された被害額は大きなものとなる

⁷ ${}_{100}C_1 \times d \times (1-d)^{99} = 0.01$ より、 $d \cong 0.01$ となる。

⁸ 温暖化のような長期の環境問題を考える際の割引率は、3%と仮定されることが多いため、それに倣ったものである。

ことが明らかとなった。高い建物ほどあるいは容積率が高いほど多くの企業や人が立地でき、災害の影響を受ける人数が増えることや、営業活動の影響を受ける規模が大きくなることを反映しているものと考えられる。

参考文献

- Barnow, B.S., G. C. Cain, and A. S. Goldberger (1981), "Issue in the analysis of selectivity bias", in W. Stromdorfer and G. Farkas (eds.), *Evaluation Studies Review Annual*, Sage Press, Beverly Hills.
- Bin, O. and S. Polasky (2004), "Effects of Flood Hazards on Property Values: Evidence Before and After Hurricane Floyd", *Land Economics*, vol.80 No.4, pp 490-500.
- Brookshire, D., M. Thayer, J. Tschirhart and W. Schulze (1985), "A Test of Expected Utility Model: Evidence from Earthquake Risks", *Journal of Political Economy*, vol.93 No.2, pp 369-389.
- Hallstrom, D.G. and V. Kerry Smith (2005), "Market responses to hurricanes", *Journal of Environmental Economics and Management*, vol.50, pp541-561.
- 肥田野 登 (1987) 「住環境整備と地価変動--アメニティを評価する」『不動産研究』第 29 巻第 2 号, 1-10 頁.
- 市川 温・松下将士・椎葉充晴 (2002) 「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.
- 岩橋 佑・平松敏史・塚井誠人・奥村 誠 (2006) 「地価・土地利用モデルを用いた水害リスクの影響分析」『土木計画学研究・論文集』第 23 巻第 2 号, 291-297 頁.
- 国土交通省河川局 (2005) 『治水経済調査マニュアル (案)』.
- 国土交通省 (2009) 『平成 21 年度地価公示』.
- Lee, L. and R. P. Trost (1978) "Estimation of Some Limited Dependent Variable Models with Application to Housing Demand", *Journal of Econometrics*, vol. 8, pp.357-382.
- 宮田 譲, 安邊英明 (1991) 「地価関数に基づく治水事業効果の計測—千歳川流域を事例として—」『都市計画論文集』第 26 巻, 109-114 頁.
- Nakagawa, M., M. Saito, and H. Yamaga (2009), "Earthquake risks and land prices: Evidence from the Tokyo metropolitan area", *Japanese Economic Review*, vol.60 No.2, pp208-222.
- 温暖化影響総合予測プロジェクトチーム (2008) 『地球温暖化 日本への影響—最新の科学的知見—』.
- 斉藤良太 (2005) 「首都圏における浸水危険性の地価等への影響」『季刊住宅土地経済』2005 年秋季号, 19-27 頁.
- 玉井昌宏, 石原千嘉 (1999) 「ヘドニック・アプローチを用いた寝屋川流域における治水安全性の経済評価」『環境システム研究』第 27 巻, 435-440 頁.

寺本昌子・西澤諒亮・市川 温・立川康人・椎葉充晴（2008）「地価分析を用いた水
災害リスクに対する住民意識の評価に関する研究」『水工学論文集』第 52 巻，
457-462 頁．

東京都（2007）『東京都豪雨対策基本方針』．

<http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/topics/h19/topi027.htm>

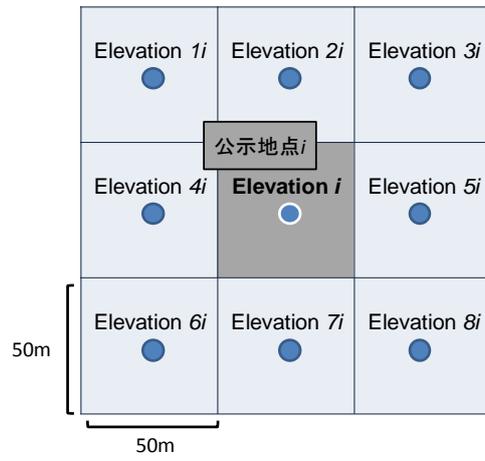


図 1 くぼ地指標の作成

表 1 主な先行研究

先行研究	対象地域	リスク変数	地価データ
宮田・安邊（1991）	北海道千歳川流域	年平均期待浸水深	公示地価
横森ほか（1992）	東京都杉並区・世田谷区	浸水ポイント，浸水年度	資産価値データ
玉井・石原（1999）	大阪府寝屋川流域	累積地盤沈下量，相対水位高，浸水歴ダミー	公示地価
市川ほか（2002）	大阪府寝屋川流域	標高ポイント（くぼ地情報），最寄り河川までの距離，最寄り河川との標高差，浸水歴ダミー	公示地価
斉藤（2005）	首都圏	浸水予想区域（ハザードマップ），都河川浸水区域ダミー，多摩川浸水区域ダミー，荒川浸水区域ダミー，浸水回数	公示地価
岩橋ほか（2006）	奈良県大和川流域	浸水回数	公示地価 土地利用データ
寺本ほか（2008）	大阪府寝屋川流域，東京都中小河川流域	下水道整備ダミー，標高，既往最大浸水深（大阪），予想浸水深（東京）	公示地価

表 2 使用する変数とデータ

変数	内容	データ出所	浸水 モデル	地価 モデル
土地価格 (LP_i)	1 m ² あたりの公示地価 (円/m ²)	公示地価 (2009 年) http://www.land.mlit.go.jp/webland/	×	○
浸水ダミー ($DRisk_i$)	東京都洪水ハザードマップより, 該当する地点が浸水予想区域に含まれていれば 1, 含まれていない地点は 0 とする.	東京都各区の洪水ハザードマップ	×	○
最寄り駅までの距離 ($DisStation_i$)	最寄り駅までの距離 (m)	公示地価 (2009 年)	×	○
ターミナル駅までの時間 ($Time_i$)	JR 山手線の駅までの標準的な移動時間 (分)	Yahoo!路線情報により 2009 年 9 月に検索	×	○
標高 ($Elevation_i$)	標高 (m)	基盤地図情報 http://fgd.gsi.go.jp/download/	×	○
区ダミー (W_i)	東京都 23 区ダミー. 千代田区を基準とする.	公示地価 (2009 年)	○	○
鉄道沿線ダミー (R_i)	最寄り駅が属する JR・私鉄・地下鉄の路線ダミー. 山手線沿線を基準とする.	公示地価 (2009 年)	○	○
地積 (LS_i)	土地面積 (m ²)	公示地価 (2009 年)	×	○
容積率 ($Bulk_i$)	容積率 (敷地面積に対する建物の延べ床面積の割合 (%)) 規制値	公示地価 (2009 年)	×	○
建ぺい率 ($Floor_i$)	建ぺい率 (土地面積に占める敷地面積の割合 (%)) 規制値	公示地価 (2009 年)	×	○
高さ ($Height_i$)	高さの上限値 (容積率÷建ぺい率)	公示地価 (2009 年)	×	○
中高層住専地域ダミー (ZI_i)	第一種あるいは第二種中高層住居専用地域に属していれば 1 そうでなければ 0 をとるダミー変数 (低層住居専用 (第一種・第二種低層住居専用地域) を基準とする)	公示地価 (2009 年)	○	○

住居地域ダミー ($Z2_i$)	第一種あるいは第二種住居専用地域に属していれば1そうでなければ0をとるダミー変数	公示地価 (2009年)	○	○
産業地域ダミー ($Z3_i$)	近隣商業地域, 商業地域, 準工業地域, 工業地域あるいは工業専用地域に属していれば1そうでなければ0をとるダミー変数.	公示地価 (2009年)	○	○
その他土地に関する情報	不整形ダミー, 台形ダミー, 幅員, 奥行き, ガス供給ダミー	公示地価 (2009年)	×	○
防火地域ダミー ($Fire_i$)	防火地域に含まれていれば1, 含まれていなければ0とする.	公示地価 (2009年)	○	○
最寄り河川までの距離 ($DisRiver_i$)	直線距離で最も近くに位置する河川との距離 (m). 操作変数.	基盤地図情報	○	×
くぼ地指標 ($Hollow_i$)	自身の標高から周辺8メッシュ点の標高の最小値を引いた値. 操作変数.	基盤地図情報	○	×

表 3 データの記述統計

	平均	標準偏差	最小値	最大値
地価(円/㎡)	1,287,126	2,989,914	179,000	38,200,000
標高(m)	19.66	16.14	-2.76	55.42
河川までの距離(m)	727.15	589.69	0.21	2,916.52
くぼ地指標(m)	-0.86	1.41	-13.94	1.80
地積(㎡)	373.13	1,579.66	47	51,048
駅からの距離(m)	569.84	460.77	0	3,300
ターミナル駅までの時間(分)	13.55	9.55	0	35
建蔽率(%)	66.26	12.10	40	80
高さ(容積率/建蔽率)	4.70	2.31	2	16
容積率(%)	331.50	206.46	80	1,300

表 4 第 1 段階（浸水モデル）の主要な推計結果

	係数	標準偏差
定数項	-0.475	0.323
河川までの距離(m)	-0.000 ***	0.000
くぼ地指標(m)	0.063 **	0.029
一種住居地域 D	0.339 **	0.153
二種住居地域 D	0.436	0.302
一種中高層住居専用地域 D	0.323 **	0.134
二種中高層住居専用地域 D	0.274	0.387
二種低層住居専用地域 D	-3.862	64.560
商業地域 D	0.513 ***	0.150
工業地域 D	1.169 *	0.659
準工業地域 D	0.733 ***	0.190
工業専用地域 D	1.324	0.856
近隣商業地域 D	0.351 **	0.141
準住居地域 D	-0.761	0.506
尤度比検定 (H0: 定数項のみのモデル)	380.787 (棄却)	

*, **, ***はそれぞれ, 10%, 5%, 1%の有意水準で有意であることを示している.

表5 主要な推計結果

	モデル1				モデル2				モデル3			
	OLS 推計		2段階推計		OLS 推計		2段階推計		OLS 推計		2段階推計	
	推計値	標準誤差										
浸水リスク	-0.034 *	0.018	-0.157 ***	0.018	0.489 ***	0.092	-0.247 ***	0.102	0.029	0.033	-0.081 **	0.036
容積率 * 浸水リスク									-0.000 **	0.000	-0.000 ***	0.000
建蔽率 * 浸水リスク					-0.009 ***	0.002	0.004 ***	0.000				
高さ * 浸水リスク					0.011	0.008	-0.041 ***	0.009				
標高	0.008 ***	0.001	0.007 ***	0.000	0.008 ***	0.001	0.007 ***	0.001	0.008 ***	0.001	0.007 ***	0.001
地積	0.000 ***	0.000	0.000 ***	0.000	0.000 ***	0.000	0.000 ***	0.000	0.000 ***	0.000	0.000 ***	0.000
駅からの距離	-0.000 ***	0.000	-0.000 ***	0.000	-0.000 ***	0.000	-0.000 ***	0.000	-0.000 ***	0.000	-0.000 ***	0.000
ターミナル駅までの 時間距離	-0.010 ***	0.002	-0.010 ***	0.001	-0.010 ***	0.002	-0.009 ***	0.001	-0.010 ***	0.002	-0.009 ***	0.001
山手線内側	0.131 ***	0.047	0.114 ***	0.041	0.132 ***	0.046	0.098 **	0.042	0.130 ***	0.047	0.102 ***	0.043
容積率	0.003 ***	0.000	0.003 ***	0.000	0.003 ***	0.000	0.003 ***	0.000	0.003 ***	0.000	0.003 ***	0.000
中高層住専 D	-0.109 ***	0.027	-0.090 ***	0.027	-0.135 ***	0.027	-0.100 ***	0.028	-0.112 ***	0.027	-0.102 ***	0.028
住居 D	-0.196 ***	0.029	-0.174 ***	0.029	-0.238 ***	0.030	-0.172 ***	0.031	-0.200 ***	0.029	-0.183 ***	0.030
産業 D	-0.125 ***	0.029	-0.074 ***	0.030	-0.159 ***	0.029	-0.072 ***	0.031	-0.129 ***	0.029	-0.077 ***	0.031
自由度調整済み 決定係数	0.876		0.853		0.879		0.847		0.877		0.843	
内生性の検定			採択				採択				採択	
過剰識別制約検定			採択				採択				採択	

*, **, ***はそれぞれ, 10%, 5%, 1%の有意水準で有意であることを示している.

表 6 地価の低下率 (%)

	OLS	2段階
交差項を加えないモデル	-3.4%	-14.5%
建蔽率・高さ・浸水リスクの交差項を加えたモデル	-3.5%	-16.0%
容積率と浸水リスクの交差項を加えたモデル	-3.7%	-18.2%

※ただし、交差項を加えないモデルの OLS による推計結果は有意ではない。

本ディスカッションペーパーシリーズは、独立行政法人国立環境研究所の研究者および外部研究協力者によって行われた研究成果をとりまとめたものです。関係する方々から幅広く意見やコメントを得るための場として公開しています。

論文は、すべて研究者個人の責任で執筆されており、独立行政法人国立環境研究所の見解を示すものではありません。