

# 地価土地利用同時推定モデルによる水害の影響分析\*

## Analysis of Effect of Flood with Land Price and Land Use\*

岩橋佑\*\*・奥村誠\*\*\*・塚井誠人\*\*\*\*・平松敏史\*\*\*\*\*

By Yu Iwahashi\*\*・Makoto Okumura\*\*\*・Makoto Tsukai\*\*\*\*・Toshifumi Hiramatsu \*\*\*\*\*

### 1. はじめに

わが国は、地形、地質、気象等の自然条件から災害を受けやすい環境にあり、古くから防災対策の重要性が認識され、様々な防災事業が進められてきた。防災事業が税金でまかなわれる以上、その防災事業の効果を正確に把握し、それを住民に説明することが重要である。しかし、防災対策が進展し、災害の発生頻度が低下してくると、実際に発生する大規模な災害における間接被害を正確に推定することは困難となる。

本研究は、直接被害額と間接被害の双方を含めた被害額をとらえるために、水害危険度が地価・土地利用に及ぼす影響を分析する方法を提案する。さらに、奈良県の大和川流域への適用を行う。

### 2. 治水事業の評価手法

#### (1) これまでの治水事業の評価方法

これまでの治水事業の評価方法の多くは、水害被害のシナリオをもとに被害額を算定し、確率をかけた期待被害額をベースにしている。Graham<sup>1)</sup>、Johansson<sup>2)</sup>や森杉・高木・小池<sup>3)</sup>は確率的な事象に関して、より論理的な考察を行い、不確実性下の便益をOption Priceとして計測する方法を提案している。ところが、この方法では、信憑性のある被害シナリオを設定することは難しい上、その内容を住民に納得させることがきわめて難しいという問題がある。

#### (2) 本研究のアプローチ

本研究では、水害危険度が非災害時、つまり平常

---

\*キーワード：防災計画、土地利用モデル、地価モデル

\*\*学生員、広島大学大学院工学研究科

\*\*\*正員、博(工)、広島大学大学院工学研究科

\*\*\*\*正員、博(工)、立命館大学理工学部都市システム工学科

\*\*\*\*\*学生員、広島大学大学院工学研究科

(東広島市鏡山 1-4-1、TEL・FAX 082-424-7827)

時に及ぼす影響に着目する。甚大な間接被害が想定されるような経済活動は、そもそも水害被害の起こる可能性の高い地点には立地しないはずである。それに対応して本来付けられるべき地価も実現せず、より低い値で土地が取引されることになる。

そこで、地価や土地利用を分析することにより、間接被害の大きさを間接的に把握できる。このような方向性の研究として、森杉・大野・宮城<sup>4)</sup>や上田<sup>5)</sup>は災害リスクを考慮した立地選択行動を表現する土地利用モデルを構築している。また、宮田・安邊<sup>6)</sup>や高木・大野・森杉<sup>7)</sup>はヘドニックアプローチを治水評価に適用している。実際にヘドニックアプローチを適用する際には、他の条件がほぼ同じで治水安全度のみが異なるような地点の地価を比較する必要がある。しかし、地価の調査地点はそれほど多くなく、このような条件のデータを用意することは極めて困難である。本研究では、土地利用のデータが多地点で利用できることに着目し、土地利用と地価の双方を同時に説明するモデルを用いることとする。

### 3. 地価と土地利用の分析方法

#### (1) 分析対象地域とその特徴

奈良県の大和川流域では、内水氾濫などの水害が頻発している。特に昭和57年、平成7年、11年は集中的な降雨が多く、大きな水害が発生した。昭和57年の水害では特に大きな被害を受け、流域全体の水害区域面積は3,127.8ha、被災家屋数は21,696棟であった。また奈良盆地で最も標高の低い地域である王寺町周辺では1m以上の浸水被害を受けた場所もある。本研究では、奈良県大和川流域のなかでも水害の発生頻度が高い地域である奈良県大和郡山市から王寺町一帯を分析対象地域とする。

#### (2) 地価・土地利用同時推定モデル

本研究では、地価と土地利用を同時に利用するこ

とにより、実測用途を再現すると同時に、地価が観測されているメッシュでは最大付け値と地価が等しくなるようにパラメータの推定を行う「地価土地利用同時推定モデル」を用いる<sup>8)</sup>。まず、式(1)のような対数線形の付け値関数を定義する。

$$\log U_{in} = \beta_i^1 X_{in}^1 + \beta_i^2 X_{in}^2 + \beta_i^3 X_{in}^3 + \beta_i^4 X_{in}^4 + \varepsilon_i \quad (1)$$

$U_{in}$  : メッシュ  $n$  における用途  $i$  の付け値関数  
 $X_{in}^1$  : 利便性項 (主要道路までの距離)  
 $X_{in}^2$  : 周辺環境項 (1996年での半径100m内の住宅、商業、工場メッシュ数)  
 $X_{in}^3$  : 水害危険度項 (水害経験回数, 想定浸水深)  
 $X_{in}^4$  : 土地利用規制項 (市街化区域ダミー)  
 $\beta_i$  : パラメーターベクトル  
 $\varepsilon_i$  : 誤差項

誤差項  $\varepsilon_i$  が相互に独立なガンベル分布に従うと仮定すると、メッシュ  $n$  が用途  $i$  として使われる確率は以下のロジットモデルで計算できる。

$$P_{in} = \exp(V_i) / \sum_{j \in J_n} \exp(V_j) \quad (2)$$

ここでの付け値は立地主体がその土地を使った時に得られる収入や生活上の効用を勘案し、土地に付ける支払い意思額であるが、実際に観測される地価は、その地域の評判や最近の地価の動向などを反映していると考えられる。ここでは、対象地域を大和郡山市内とそれ以外を大和川左岸(南側)、大和川右岸(北側)に分け合計3つの地域に区分し、このうち2つの地域について、相対的な地価水準の差異を表現するダミー変数を導入する。

$$\begin{aligned} OPR_n &= \widehat{EPR}_n + \phi \\ &= \max_i(V_{in}) + \sum_{a=1}^2 \theta^a \delta_n^a + \phi \end{aligned} \quad (3)$$

$OPR_n$  : 地点  $n$  の地価の観測値  
 $\widehat{EPR}_n$  : 地点  $n$  の付け値関数の予測値 (最大付け値)  
 $\theta^a$  : 地域ダミー変数のパラメータ  
 $\delta_n^a$   $\begin{cases} =1 & \text{: メッシュ } n \text{ が地域 } a \text{ にある} \\ =0 & \text{: メッシュ } n \text{ が地域 } a \text{ がない} \end{cases}$   
 $\phi$  : 正規分布誤差項

式(3)の地価関数を代入すると、対数尤度関数は

式(4)のように定式化できる。これを最大化することで、実績土地利用を再現すると同時に、地価が観測されているメッシュでは最大付け値と観測地価が等しくなるように、パラメーター  $\beta_i$ 、 $\theta^a$  を推定することができる。

$$L = \prod_i \prod_n \ln P_{in} + d_n \cdot k \cdot \ln \Phi \left[ OPR_n - \left( \max_n (V_{in}) + \sum_{a=1}^2 \theta^a \delta_n^a \right) \right] \quad (4)$$

$\Phi[x]$  : 標準正規確率分布関数

$d_n$   $\begin{cases} =1 & \text{: 地価が観測されているメッシュ} \\ =0 & \text{: 地価が観測されていないメッシュ} \end{cases}$

$k$  : 正規分布項の影響力を補正する係数 (全サンプル数/地価観測サンプル数)

#### 4. モデルパラメータに基づく水害危険度の影響分析

##### (1) モデルパラメータ推定値に基づく考察

最尤法による地価・土地利用同時推定モデルの推定結果を表1に、実測用途と再現用途のクロス集計と的中率を表2に示す。土地利用の実測用途を図1に、モデルによる土地利用の再現用途を図2に示す。

尤度比は0.76でモデルの説明力は良好である。しかし、全体の的中率は53.2%とあまり高くない。用途ごとの的中率は山林・農地が最も高い。

表1に示したパラメータ推定値について考察する。ほとんどのパラメータは統計的に有意である。

「水害経験回数」のパラメータはすべての用途に対して負であり、水害経験回数が多いほど付け値が低くなる。特に、商業と工業ではパラメータの推定値が大きく浸水による営業の停止や、生産活動が停止に起因する間接被害額が大きいことを表現している。住宅に対する推定値が空地・造成中地や山林・農地に対する値よりも小さな値になっていることは直感に反する。これは、農家を含めかなりの数の住宅が古くから水害実績のある地域に存在していたことに起因しており、最近立地した住宅のみを対象にモデルを作成すれば結果は異なる可能性がある。また、農地と山林は水害の影響が大きく異なると考えられるため、用途を細分類することも必要であろう。

表1 地価・土地利用同時推定モデルの推定結果

用途	説明変数	推定値	t値	
工業	水害経験回数	-0.780	-6.841	**
	主要道路までの距離	-0.001	-4.262	**
	100m内の工業数	0.012	21.881	**
	100m内の商業数	0.012	5.289	**
	100m内の住宅数	-0.001	-0.508	
	市街化区域	0.731	6.867	**
	定数項	8.843	82.102	**
商業	水害経験回数	-0.858	-7.900	**
	主要道路までの距離	-0.003	-10.210	**
	100m内の工業数	-0.011	-8.077	**
	100m内の商業数	0.042	26.385	**
	100m内の住宅数	0.001	1.130	
	市街化区域	-0.081	-0.819	
	定数項	9.571	117.711	**
住宅	水害経験回数	-0.459	-13.300	**
	主要道路までの距離	-0.002	-10.668	**
	100m内の工業数	-0.016	-13.053	**
	100m内の商業数	0.003	1.967	*
	100m内の住宅数	0.013	29.492	**
	市街化区域	0.044	0.865	
	定数項	10.567	221.618	**
山林・農地	水害経験回数	-0.556	-13.512	**
	主要道路までの距離	-0.001	-4.862	**
	100m内の工業数	-0.018	-26.353	**
	100m内の商業数	0.000	0.465	
	100m内の住宅数	-0.008	-20.309	**
	市街化区域	-0.108	-2.690	**
	定数項	12.628	305.530	**
空地・造成中地	水害経験回数	-0.710	-9.147	**
	主要道路までの距離	-0.002	-6.558	**
	100m内の工業数	-0.011	-11.549	**
	100m内の商業数	0.009	5.171	**
	100m内の住宅数	-0.004	-5.766	**
	市街化区域	1.243	17.278	**
	定数項	10.176	136.723	**
地価異数	分散	0.898	85.170	**
	大和川右岸(北側)	0.314	4.743	**
	大和川左岸(南側)	-0.443	-12.752	**
初期尤度		-135604		
最終尤度		-31889		
尤度比		0.76		
サンプル数		16386		

\*:5%有意, \*\*:1%有意

表2 用途ごとの再現数と的中率

再現用途	実測用途						再現Total	的中率
	工業	商業	住宅	山林・農地	空地・造成中地	実測Total		
工業	296	65	126	336	100	923	32.1	
商業	74	63	132	219	47	535	11.8	
住宅	225	215	899	1775	278	3392	26.5	
山林・農地	591	453	2235	7465	812	11556	64.6	
空地・造成中地	0	0	0	0	0	0	0.0	
再現Total	1186	796	3392	9795	1237	16406		
的中率	25.0	27.0	26.5	76.2	0.0		53.2	

本モデルでは付け値関数が対数線形型であり、水害により本来期待される土地機能が発揮できないため、評価額がこれらパラメータに対応して割り引かれることを示している。すなわち水害の危険度により、 $0.42 = \exp(-0.858)$ 倍(商業)から  $0.63 = \exp(-0.459)$ 倍(住宅)に評価額が下がることになる。

なお、「想定浸水深」を用いた推定では、有意な結果は得られなかった。

(2) 被害額の算定

水害実績が存在するメッシュについて、水害の危

険性をなくすことができた場合、地価が上昇することになる。本分析ではサンプリングを行ったため、一つのメッシュはその周辺の25個のメッシュよりなる  $10m \times 250m = 2500 \text{ m}^2$  の領域を代表している。そこで、パラメータの値を拡大して加算することにより、現在の土地利用における居住・経済活動が被る水害の被害額を算定することができる。

その結果は表3に示すように1兆7,000億円であり、山林・農地の被害額が9,800億円と過半数を占め、ついで住宅、商業の被害額が多くなっている。

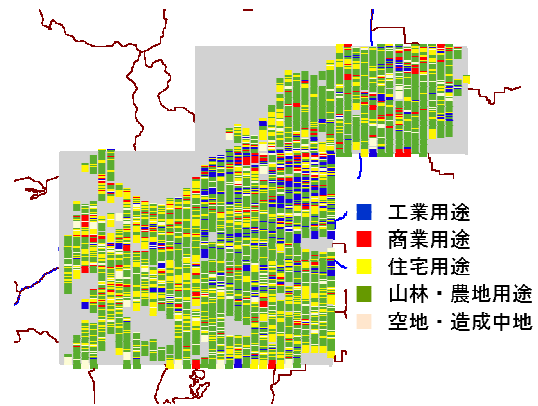


図1 実測用途

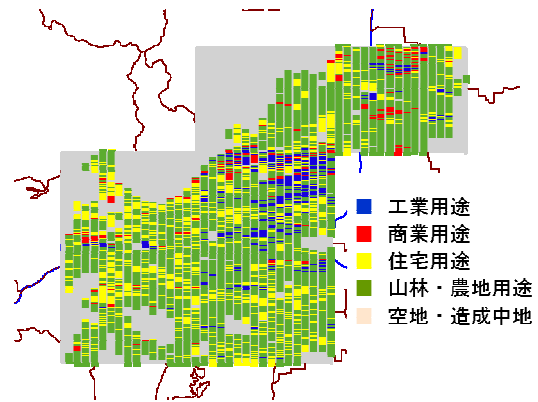


図2 再現用途

表3 水害経験に起因する合計資産価値の損失

用途	工業	商業	住宅	山林・農地	空地・造成中地	合計
損失額(円)	720	2,428	3,600	9,864	279	16,889

(単位: 億円)

(3) シミュレーションによる影響分析

推定した地価・土地利用モデルを用いて、水害危険度が治水事業などにより完全になくなった場合の土地利用変化のシミュレーションを行う。具体的には、「水害経験回数」の変数をすべてのメッシュでゼロとした上で土地利用の変化を推定し、対象地域

表4 用途変更のあったメッシュの用途数

	工業	商業	住宅	山林・農地	空地・造成中地	合計
水害経験回数あり	0	0	33	8	0	41
水害経験回数なし	4	5	0	30	0	41

表5 水害危険度無による資産価値の変化

水害経験回数ありの 合計資産価値	水害経験回数なしの 合計資産価値	差額
351,447	369,323	17,876

(単位：億円)

の総資産価値を比較する。この値は、「水害危険度のために実現できていない土地利用が可能になる」という効果も含んでいる。まず、用途の変更のあったメッシュの数を表4に示す。水害危険度の変化が用途の変化に結びつくメッシュはそれほど多くない。

また、水害危険度をなくした事による総資産価値の変化量の算出結果は、表5に示すように約1兆8,000億円であった。これは先の表3に示した値よりも987億円、率にして5.8%大きな値である。このように用途変更の数自体は0.3%と大きくないが、水害により土地利用が制約されている影響はかなり大きいことがわかる。

## 5. まとめと今後の課題

本研究は水害危険度が非災害時、つまり平常時の地価と土地利用に及ぼす影響を通して、従来はその把握が困難であった間接被害を含めた影響を分析する手法の提案を行った。

地価・土地利用同時推定モデルを奈良県大和川流域の水害頻発地域に適用した結果、モデルの適合度を表す尤度比は0.76と高いものとなった。しかし、全体の用途的中率は53%にとどまった。

地価・土地利用同時推定モデルによるパラメータの推定結果から、水害経験回数は住宅、商業、工業、空地・造成中地、山林・農地のすべての用途で付け値を下げる事がわかった。特に、商業と工業への影響が大きい。また、水害の危険度があることにより、現実の土地利用の下で約1兆6,900億円の資産価値の損失があると推定できた。なお本モデルは、土地利用と観測地価を同時に適合させるようにパラメータ推定を行っているが、地価観測サンプルが少ないために地価の再現精度が若干低く、実績値よりも過大に再現されている。そのため損失額の計算値は若干過大になっていると思われる。今後は、観測地価に対する重みを増すなどの調整を行い、モデル

の精度を改善することが必要である。

本研究では、想定浸水深を用いたモデルは有意な結果は得られなかった。これは現在公表されている想定浸水深は、主として外水氾濫を想定したものであり実際の水害実績とは一致していない事が原因として考えられる。また、床上浸水するか否かによって、家財等への被害は大きく異なる事を考えると、地盤高として近年整備が進みつつあるレーザースキャンによる詳細な標高データ(10cm単位)の利用を考える必要がある。

**謝辞：**本研究は、土木学会「平成16年度流域管理と地域計画の連携方策にかかわる共同研究」の一環であり、国土交通省大和川河川事務所、奈良県土木部都市計画局の協力を得た。ここに深謝します。

## 参考文献

- 1) Graham, D.A. (1981) Cost-Benefit Analysis Under Uncertainty, American Economic Review, Vol71, pp.715-725
- 2) Johansson, P.O. (1987) The Economic Theory and Measurement of Environmental Benefits, Cambridge University Press
- 3) 森杉壽芳, 高木朗義, 小池淳司 (1995) 治水事業の便益計測手法—不確実性下における便益計測手法の提案—, 土木計画学研究・講演集, No. 17, pp.299-302
- 4) 森杉壽芳, 大野栄治, 宮城俊彦 (1991) 住環境整備による住み替え便益の定義と計測モデル, 土木学会論文集, 第425号, IV-14, pp.117-125
- 5) 上田孝行 (1995) 交通・立地分析モデルによる都市交通プロジェクトの影響分析, 日交研シリーズ, A-184
- 6) 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, 第26回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.109-114
- 7) 高木朗義, 大野栄治, 森杉壽芳, 沢木真次 (1993) 治水事業の経済効果計測に関する研究, 土木計画学・論文集, No. 11, pp.191-198
- 8) 奥村誠, シャーミムMハック (2002) : 観測地価と詳細地理情報に基づく土地利用モデル, 都市計画論文集, No. 37, pp.103-108