

住宅立地行動モデルを用いた潜在的 浸水危険度の経済評価

ECONOMIC EVALUATION OF POTENTIAL FLOOD RISK WITH THE RESIDENTIAL BEHAVIOR MODEL

玉井昌宏¹・石原千嘉²

Masahiro TAMAI and Chika ISHIHARA

¹正会員 工博 大阪大学助教授 大学院工学研究科地球総合工学専攻 (〒565-0871 吹田市山田丘2-1)

²学生会員 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻博士前期課程 (同上)

We evaluate an economic effect of potential flood risk which is defined by height difference between high water level and ground level with the two-regional residential location model. The model describes residential behavior of households which choose one of the two regions to maximize their utilities. First we get a parameter in a utility curve which shows a preference rate of the risk. Second we examine the risk-mitigation benefit under a variety of condition. Finally we discuss that a relationship of beneficiaries or a total benefit depends on an extent of influence which we set.

Key Words: Project Evaluation, Residential Behavior Model, Flood Risk

1. まえがき

河川事業をはじめとする様々な公共事業の合意形成を円滑に行うためには、事業の総便益あるいは純便益を強調するだけでなく、便益の帰属先や社会的公平性などについても、積極的に検討することが重要であると思われる。例えば、合意形成の得られやすい環境整備事業といえども、その便益の帰属先は様々である。地元住民、自然や生態系そのもの、旅行者や旅行会社、漁業関係者等の間で様々な利害が錯綜することになるのである。

全ての便益の分配先について明確に予測できるわけではないが、事業の性格によっては、便益算定の対象を限定することによって、その評価結果が過大あるいは過小になってしまう恐れがある。何らかの経済分析によって、二次的、三次的な波及効果を含めて、できる限り検討対象の範囲を広げることが肝要である。

筆者らは、寝屋川における地盤高からの堤防の高さや地盤沈下といった潜在的な浸水危険度が、周辺地域の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検討している。その結果、浸水危険度の評価額が、地価に対して無視できないほどの規模であることを明確にしている。¹⁾

本研究では、こうした浸水危険度が解消されるような事業が実施された場合、誰が受益者となり、被害者とな

るのか、また便益の程度はどの程度のものであるのか等について、森杉ら²⁾に倣って住宅立地モデルにより数値解析より検討するものである。

なお、住宅立地モデルあるいは一般均衡理論を用いた分析には、open及びsmallの度合いを変化させることで、住宅地における環境改善の便益が、どの程度地価に帰着するかを示した森杉ら²⁾の研究、企業行動を内政化した二地域一般均衡理論を用いて環境改善の便益と地価の関係を示した金本³⁾の研究がある。また、ヘドニックアプローチの適用性を検討した肥田野ら^{4) 5)}や林山ら⁶⁾の研究等がある。

2. 住宅立地モデル

(1) モデルの概要

住宅立地モデルでは、以下のような仮定を設ける。

(i) 総世帯数 N が一定であり、2つの環境質を有する2つの住宅地を想定する。

(ii) 地域 $i = 1, 2$ における住環境水準は地域公共財により決定されるとする。ここでは、治水施設による治水安全性を地域公共財としており、その他の住環境水準については、全て等しいとする。

(iii) 両地域に居住する地域の世帯は、全員が借家住まいであるとする。

(iv) 両地域の世帯はすべて同等の効用を持つものとする。

(v) 居住地域の変更において、移住コストは0である。

すなわち地域はperfect openとする。

(vi) 土地市場は平衡状態であるとする。

次に、住宅立地モデルの概略について記述する。

地域 i の平均世帯の効用 U_i が、合成財の消費金額 z_i 、世帯の宅地面積 x_i 、住環境水準 Q_i により説明できるものとする。ここで、合成財とは地代を除いた世帯が支出する財あるいはサービスの合計である。住環境水準 Q_i の地域 i に居住することを選択した平均的な世帯は、平均的予算 y のもとで、効用を最大化するように、合成財と宅地に対する支出を調整するものと考えられる。これらは次式のように表示される。

$$\max U(z_i, x_i, Q_i) \quad (1)$$

$$z_i, x_i$$

$$z_i + R_i x_i = y \quad (2)$$

ここに、 R_i は単位面積あたりの地代である。また、直接効用関数 U_i については、森杉らに倣って次式のCES (Constant Elasticity Substitution) 型関数を用いる。この関数は線形、対数線形の性質を併せ持った関数型であり、より一般性を持つと考えられている。

$$U_i = -\frac{1}{\rho} \ln[\alpha z_i^{-\rho} + \beta x_i^{-\rho} + \gamma Q_i^{-\rho}] \quad (3)$$

ラグランジュの未定係数法により、式(1)～(3)を解くと次式のような宅地と合成財の需要関数を得る。

$$z_i = y - \frac{R_i y}{\left(\frac{\beta}{\alpha R_i}\right)^{\frac{1}{\rho+1}} + R_i} \quad (4)$$

$$x_i = \frac{y}{\left(\frac{\beta}{\alpha R_i}\right)^{\frac{1}{\rho+1}} + R_i} \quad (5)$$

これらの需要関数を直接効用関数に代入することにより次式のような間接効用関数が求まる。

$$V = -\frac{1}{\rho} \ln\left[\alpha\left(y - \frac{R_i y}{\left(\frac{\beta}{\alpha R_i}\right)^{\frac{1}{\rho+1}} + R_i}\right)^{-\rho} + \beta\left(\frac{y}{\left(\frac{\beta}{\alpha R_i}\right)^{\frac{1}{\rho+1}} + R_i}\right)^{-\rho} + \gamma Q_i^{-\rho}\right] \quad (6)$$

次に、土地の市場均衡は次式により表示される。

$$N_i x_i(R_i, Q_i, y) = L_i \quad (7)$$

式(5)を考慮すると式(7)は次式のようになる。

$$L_i = \frac{N_i y}{\left(\frac{\beta}{\alpha R_i}\right)^{\frac{1}{\rho+1}} + R_i} \quad (i=1,2) \quad (8)$$

また、次式は世帯数が一定であることを表示している。

$$N = \sum_{i=1,2} N_i \quad (9)$$

ここに、 L_i : 地域 i の総面積、 N_i : 地域 i に居住する世帯数である。

今回の計算はperfect openを想定しており、世帯の移住の均衡状態は次式のように表される。

$$V(R_1, Q_1, y) = V(R_2, Q_2, y) \quad (10)$$

計算におけるパラメータは、住環境のレベルを規定する Q_i 、全世帯の平均年収 y 、直接効用関数(3)の中の α 、 β 、 γ 、 ρ である。(8)、(9)、(10)の4つの式を解くことにより、各地域の世帯数 N_i 、各地域の地価 R_i の4つの未知数を求める。

(2) パラメータの設定

本研究において用いたパラメータとその他の定数値を表-1に示す。 α 、 β 、 ρ の値は、森杉ら²⁾が大阪府の伊丹市に対して適用した数値をそのまま用いた。これらのパラメータは、特に給与水準と土地価格水準に強く影響されると判断されるが、寝屋川流域の諸都市が伊丹市と同様に大阪のベッドタウンであること、また都心部からの通勤時間もそれほど大きな差がないこと等を考慮した。

環境質のパラメータ γ に関しては、筆者らがヘドニックアプローチを用いて算出した浸水危険度の評価額より、次のような手順により算出した。式(3)を次式のように書きなおす。

$$U' = \exp(-\rho U) = -(\alpha z_i^{-\rho} + \beta x_i^{-\rho} + \gamma Q_i^{-\rho}) \quad (11)$$

上式の全微分は次式のようになる。

$$\frac{dU'}{\rho} = \alpha z_i^{-\rho-1} dz_i + \beta x_i^{-\rho-1} dx_i + \gamma Q_i^{-\rho-1} dQ_i \quad (12)$$

効用 U' と住宅面積 x_i が一定であるとする、式(12)は次式のように変形できる。

$$-\frac{dz_i}{dQ_i} = \frac{\gamma}{\alpha} \left(\frac{z_i}{Q_i}\right)^{\rho+1} \quad (13)$$

式(13)の左辺は合成財で測った環境質に対する限界代替率に相当する。つまり、環境質が1上昇することと引き換えに、合成財に対する消費金額の減少を我慢しても良いと判断された最大減少額に相当する。

筆者らの分析によると、土地1m²あたりの浸水危険度は3,500円/mである。土地の利益率を5%、寝屋川流域の平均的な宅地面積を70m²と考えて、式(13)の左辺を175円/m²×70m²と設定した。さらに、 z_i の最大値が400

表-2 均衡状態の計算結果

cases	1	2	3	4	5	6	7	8
y(円)	4000000	4000000	4000000	4000000	4000000	4000000	4000000	4000000
N(世帯)	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
L(m ²)	350000	350000	350000	350000	350000	350000	350000	350000
L/N	70	70	70	70	70	70	70	70
L1:L2	1:1	1:1	1:1	6:1	6:1	6:1	1:6	1:6
Q1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q2	1	2	3	1	2	3	1	2
v1	12.56378	12.56484	12.56561	12.56378	12.56408	12.56431	12.56378	12.56558
v2	12.56378	12.56484	12.56561	12.56378	12.56408	12.56431	12.56378	12.56558
r1	12352.15	12291.95	12248.08	12352.15	12334.84	12322.07	12352.15	12249.63
r2	12352.15	12412.19	12455.73	12352.15	12455.75	12531.76	12352.15	12369.19
n1	2500	2481.473	2468.005	4285.714	4276.571	4269.835	714.2859	705.2802
n2	2500	2518.527	2531.995	714.2861	723.4292	730.165	4285.714	4294.72
cases	9	10	11	12	13	14	15	16
N(世帯)	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
y(円)	4000000	4000000	4000000	4000000	4000000	4000000	4000000	4000000
L	350000	350000	700000	700000	350000	350000	350000	350000
L1:L2	1:6	1:6	1:6	1:6	3:1	9:1	1:9	1:3
L/N	70	70	140	140	70	70	70	70
Q1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q2	3	1	2	3	3	3	3	3
v1	12.56689	12.67579	12.67751	12.67876	12.5647	12.56415	12.56705	12.56651
v2	12.56689	12.67579	12.67751	12.67876	12.5647	12.56415	12.56705	12.56651
r1	12175.74	7791.431	7742.357	7706.917	12299.7	12331.07	12167.17	12197.27
r2	12381.42	7791.431	7799.594	7805.468	12508.77	12541	12372.61	12403.53
n1	698.8171	714.2857	707.6169	702.8151	3725.782	4488.311	488.6483	1226.222
n2	4301.183	4285.714	4292.383	4297.185	1274.218	511.6895	4511.352	3773.778

万円であること、 Q_i のオーダーが1mであることから、これらの数値をそのまま代入して、 $\gamma = 0.4$ を得た。表-1は用いたパラメータをまとめて示している。

一世帯あたりの平均的な土地面積の影響を検討するために、表のような2種類の面積を設定した。表中 Q_1 、 Q_2 は、それぞれ地域1と2環境水準を示している。

表-1 数値解析に用いた係数と変数

α	0.3	L/N (m ²)	70, 140
β	6.0	$L_1:L_2$	1:9~9:1
γ	0.4	Q_i (m)	1~3
ρ	-0.4	y (円)	4,000,000

3. 計算結果及び考察

(1) 環境水準、地価、効用の関係

表-2に全ての計算ケースについて、均衡状態における各地域の効用、地価、人口を示した。CASE7とCASE10の比較、あるいはCASE8とCASE11との比較などにより、宅地の総面積の増加は、地価の減少と効用の上昇をもたらした、つまり、世帯が受益者となり、土地所有者が被害者になることがわかる。

環境水準が上昇する地域が狭いほど、世帯の得る便益は小さくなる。その一方で、地価の地域間格差が大きくなり、土地所有者の間に明確な損得が生じるがわかる。この傾向は、整備される地域がsmallであるほど、環境水準の変化が地価に帰着するというキャピタリゼーション仮説を、裏付けている。

本研究では、 Q_i が1m変化する評価額を175円と設定した。 Q_2 が1から2へと変化しているケースを参照すると、両地域間の土地面積比に拘わらず、地価の差が概ね120円程度となり評価額を下回っている。この理由は、本研究において設定された計算条件が、式(13)の適用条件、つまり dQ_i が十分小さいという条件を逸脱しているからであると考えられる。しかしながら、若干の差違はあるものの、地価に及ぼす Q_i の影響を良好に再現できているものと考えている。

(2) 便益配分の概要

世帯の得た便益は次のような手順で求めることができる。式(4)の間接効用関数 V は次式のように表示できる。

$$V_i^j = f(y, R_i^j, Q_i^j) \quad (14)$$

ここに、添え字 $j = 0, 1$ はそれぞれ事業実施前と事業実施後の状態を示す。環境水準ではなく所得変化 ev によって、事業実施後の間接効用の水準を得たとすると、

表-3 面積比による便益分配の変化

cases	1,15	7,9	1,16	1,3	1,13	4,6	1,14
L1:L2	1:9	1:6	1:3	1:1	3:1	6:1	9:1
q20→q21	1.0→3.0	1.0→3.0	1.0→3.0	1.0→3.0	1.0→3.0	1.0→3.0	1.0→3.0
Δr_{111}	-6474317	-8820508	-13552075	-18212304	-13768176	-9024023	-6640225
Δr_{212}	6444888	8780859	13487219	18126514	13704175	8980469	6609737
Δr	-29429	-39649	-64856	-85790	-64001	-43554	-60488
n1ev	6416441	8725430	13439394	18117624	13736958	9056320	6638212
n2ev	59238556	53704572	41360604	18587376	4698042	1548680	756788
nev	65654996	62430000	54800000	36705000	18435000	10605000	7395000
Σev	65625568	62390352	54735144	36619208	18371000	10561446	7364512
$\Delta r_{111} / \Sigma ev$	-0.099	-0.141	-0.248	-0.497	-0.749	-0.854	-0.902
$\Delta r_{212} / \Sigma ev$	0.098	0.141	0.246	0.495	0.746	0.850	0.898
n1ev / Σev	0.098	0.140	0.246	0.495	0.748	0.857	0.901
n2ev / Σev	0.903	0.861	0.756	0.508	0.256	0.147	0.103

次式のような関係が成立する。

$$V_i^1 = f(y + ev, R_i^0, Q_i^0) \quad (15)$$

この ev は、 i 地域に居住する1世帯が受ける便益であり、これに世帯数を乗じることにより、 i 地域の全世帯の便益 $n_i ev$ となる。

一方、 i 地域の地主の総便益は次式により算定される。

$$\Delta r_i = r_i^1 L_i^1 - r_i^0 L_i^0 \quad (16)$$

表-3は、表-1において示した各ケース間の世帯効用や地価の差違から、式(15)、(16)を用いて算出した世帯あるいは地主の便益を示している。表中のCASESは差違を算出した2つケースの示している。全てのケースにおいて、地域1の環境水準は $Q_1 = 1$ と固定されている。また、地域2の環境水準の変化は表中の Q_2 欄に記述されている。特に、表-3では両地域の面積比率による便益分配の変化について示している。 L_2 / L_1 が小さくなるほど、地域2（環境水準の上昇する地域）の地主の便益は大きくなり、その一方で、地域2の地主の損失は大きくなる。また、 L_2 / L_1 と $n_2 ev / n_1 ev$ の比率は等しくなっており、世帯の便益が面積比に無関係であることがわかる。整備対象地域の面積が大きくなるほど、地主の便益が減少し、世帯の便益が上昇することについては既述の通りである。

4. まとめ

本研究では、住宅立地モデルを用いて、潜在的な浸水危険度が解消されるような治水事業が実施された場合に、その経済的な影響がどのような形で波及するかという問題を、簡単な住宅立地モデルにより検討した。以下で選られた主要な結果をまとめる。

- 1) 効用関数中の潜在的浸水危険性の選好性を示すパラメータを、ヘドニックアプローチによって求めた評価額により算定した。
- 2) 潜在的浸水危険度の軽減あるいは解消が、世帯の行動や地主の便益に少なからず影響を及ぼすことから、それ

に対する選好性は世帯の住宅立地行動に対して強く影響していると考えられる。

- 3) 事業の直接的な便益を受ける地域と、間接的な影響を受ける地域面積の割合によって、便益の帰属先は大きく変化する。直接的便益を受ける地域が小さいほど、世帯の便益は小さくなり、かつ土地所有者の便益は大きくなる。逆の場合には、便益の大半は世帯に帰属することになる。

実際の土地の属性は多くの環境要素が含まれており、さらにそれらは連続的に変化しているので、2地域の住宅立地モデルは、こうした状況を正確には記述しているわけではない。しかしながら、ある程度一様の環境条件を持つ広い地域の中に、比較的小さな治水事業がなわれる場合、例えば、比較的短い区間にスーパー堤防が建設されるような場合などについては、本モデルをそのまま用いることも可能であると思われる。

参考文献

- 1) 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、27。
- 2) 森杉壽芳、由利昌平(1987)：住環境改善便益の資産価値に反映する程度に関する数値計算的考察、日本不動産学会誌、第2巻、第4号、pp.71-79。
- 3) 金本良嗣(1992)：ヘドニック・アプローチによる便益評価の理論的基礎、土木学会論文集、No.499/IV-17、pp47-56。
- 4) 肥田野登、林山泰久、山村能郎(1992)：都市間交通施設整備がもたらす便益と地価変動、土木学会論文集、No.499/IV-17、pp.67-76。
- 5) 肥田野登、林山泰久(1992)：地価指標による都市間交通整備がもたらす便益計測、土木計画学研究論文集、No.10、pp.175-182。
- 6) 林山泰久、肥田野登、浅井智博(1994)：都市環境整備事業評価のためのヘドニック・アプローチの分析精度、日本都市計画学会学術研究論文集、pp.325-330。

(1999.9.30受付)