

ソフト・ハードの水害対策が将来の水害リスクに与える影響の分析手法

-宮崎県宮崎市を対象として-

Analytical method of impact of soft and hard measures for flood risk reduction on flood risk distribution in the future in Miyazaki city, Japan

佐藤徹治研究室 18B2038 小堺 雅己
18B2046 坂野 繁輝

1. はじめに

わが国では気候変動により、大雨の回数が増加傾向にある。そのため、洪水等の水害リスクに対応する水害対策がこれまで以上に重要になっている。水害対策には、防波堤や堤防の建設などのハード対策とハザードマップの作成、居住誘導や土地利用規制といったソフト対策がある。一方、わが国では、多くの都市で人口減少と高齢化が進んでおり、コンパクトなまちづくりと地域の公共交通を連携させる「コンパクト・プラス・ネットワーク」の考えに基づく都市施策が進められている。しかし、このような施策を進める際には水害リスクを極力小さくする視点も重要である。

本研究では、大雨による水害の被害リスクが都市内の人口分布に及ぼす影響を推計可能な立地均衡モデルを構築するとともに、水害リスク分布を評価する手法を提案する。また、宮崎県宮崎市を対象として、実証モデルを構築し、時系列での都市内人口分布推計と水害リスクの評価を行う。

2. 人口分布推計モデルの概要

各世帯の転居先地域の選択確率は、転居先地域候補の効用水準を基に多項ロジットモデルで表現できると仮定する。転居先地域選択確率を(1)式、各地域の効用水準を(2)式に示す。

$$P_{igt} = \frac{\text{EXP}(V_{igt} + \tau_g)}{\sum \text{EXP}(V_{igt} + \tau_g)} \quad (1)$$

$$V_{igt} = \alpha + (\beta + \beta_g D_g) \gamma_{it} + \sum_k (\gamma_k + \sum_g \gamma_{kg} D_g) x_{kit} \quad (2)$$

ここで、 P は転居先地域選択確率、 V は部分効用、 τ はその他の効用、 α 、 β 、 γ はパラメータ、 x_k は k 番目の住環境評価指標、下添字 i は地域、 g は年齢階層、 t は年度を表す。

本研究では、洪水リスクが人口分布に及ぼす影響を評価するため、浸水深ダミー（浸水深が一定以上の地域で1、その他の地域で0）を住環境評価指標の1つとする。1世帯あたりの住宅地の需要面積は、(3)式に示すとおり、地代によって変化すると仮定する。各地域の住宅地の需要量は、(4)(5)式のとおり、1世帯あたりの住宅地需要

面積に各地域に転入する世帯数を乗じることで求めることができる。

$$L_{igt} = \frac{b_g}{r_{igt}} y_{igt} \quad (3)$$

$$D_{igt} = L_{igt} \cdot N_{igt} \quad (4)$$

$$N_{igt} = P_{igt} \cdot N_{Tgt} \quad (5)$$

ここで、 L は1世帯あたりの住宅地の需要面積、 y は所得、 D は住宅地需要量、 N は転入世帯数、 N_T は転居意思ありの総世帯数である。

地主の住宅地供給量は(6)式に示すとおり、地代によって変化すると仮定する。

$$S_{igt} = \left(1 - \frac{\sigma_{ig}}{r_{igt}}\right) \cdot \bar{S}_{igt} \quad (6)$$

ここで、 S は住宅地供給量、 σ はパラメータ、 \bar{S} は供給可能面積である。(7)式のとおり、住宅地市場で需要と供給が均衡し、各地域の市場均衡価格（地代）、立地量が決定される。

$$S_{igt}(r_{igt}) = D_{igt}(r_{igt}) \quad (7)$$

3. 水害リスク指標

本研究では、水害リスクを評価するために、水害リスク指標を新たに設定する。各メッシュの人口（全年齢階層計）に想定最大浸水深を乗じたものを水害リスク指標とする。

$$FR_{igt} = FD_{it} \cdot \sum_g POP_{igt} \quad (8)$$

ここで、 FR は洪水リスク、 FD は想定最大浸水深、 POP は人口を表す。

4. 宮崎市を対象とする実証モデルの構築

4.1 対象地域

対象地域は宮崎県宮崎市の500mメッシュ（市街化調整区域、都市計画区域外では1kmメッシュ）とする。なお、2015年時点での人口が0のメッシュは分析対象としない。

4.2 住環境評価指標

(2)式における浸水深ダミー以外の x_k (住環境評価指標) については、既往研究と宮崎市が平成28年に実施した宮崎市市民アンケートを参考に選定する。選定した指標は、食品スーパーまでの所要時間(車)、町医者・クリニックまでの所要時間(車)、職場までの所要時間(車)、小学校までの所要時間(徒歩)、バス停までの所要時間(徒歩)、土砂災害リスク(リスクあり:1、なし:0)の6つである。

4.3 パラメータ推定結果

(2)式のパラメータ推定は、宮崎市の住民を対象とするプロフィールアンケート調査の個票データを用いる方法と実態データを用いる方法で年齢階層別に行う。

プロフィールアンケート調査票(一部抜粋)を図-2、パラメータ推定結果を表-1に示す。

No.	スーパーまでの距離	町医者・クリニックまでの距離	バス停までの所要時間(徒歩)	小学校までの所要時間(徒歩)	職場までの距離	洪水による想定最大浸水深	土砂災害リスク	1㎡あたりの地価
1	500m	500m	3分	5分	5km	0m	あり	2.2万円
2	500m	1km	10分	15分	10km	0.5m	あり	4万円
3	500m	1.5km	20分	25分	15km	3m	あり	5.8万円
4	1km	500m	3分	15分	10km	3m	あり	5.8万円

注) 5段階評価の回答欄は省略

図-1 プロフィールアンケート調査票例(一部抜粋)

表-1 パラメータ推定結果

	アンケート	実態データ			
		29歳以下	30-49歳	50-69歳	70歳以上
ln(スーパーまでの所要時間)	-0.2710 (-10.2613**)	-0.3352 (-72.8363**)	-0.3260 (-73.6840**)	-0.2991 (-70.3003**)	-0.1809 (-42.9707**)
30~49歳ダミー	0.1991 (5.4143**)				
ln(町医者・クリニックまでの所要時間)	-0.1147 (-3.1433**)	-0.1874 (-36.2238**)	-0.1679 (-33.7665**)	-0.1721 (-35.3236**)	-0.2891 (-60.0204**)
ln(職場までの所要時間)		-0.7416 (-60.3722**)	-0.7736 (-65.4985**)	-0.6899 (-59.7645**)	-0.5334 (-46.1390**)
ln(バス停までの所要時間)	-0.0397 (-1.8782)	-0.4600 (-84.0930**)	-0.4906 (-94.2008**)	-0.5105 (-99.7774**)	-0.4843 (-94.8812**)
ln(小学校までの所要時間)	-0.0490 (-1.9861*)	-0.4172 (-73.3447**)	-0.4189 (-76.5856**)	-0.4251 (-79.1123**)	-0.3585 (-67.3084**)
ln(土砂災害リスク)	-3.188528 (-14.3313**)	-0.1335 (-17.2014**)	-0.1591 (-21.3298**)	-0.1241 (-16.9557**)	
ln(浸水深3.0mダミー)	-0.2857 (-8.1358**)	-0.0319 (-2.3551*)	-0.0224 (-1.7168)	-0.4313 (-15.8873**)	-0.0976 (-3.5794**)
ln(1㎡あたりの地代)	-0.1322 (-3.1885**)	-2.9314 (-251.0457**)	-1.0265 (-92.5300**)	-1.0265 (-92.5300**)	-0.8498 (-81.1635**)
70歳以上ダミー	-0.0370 (-4.0280**)				
定数項	4.3335 (13.8073**)	0.0783 (14.0993**)	0.0480 (8.9934**)	0.0789 (15.0805**)	0.1210 (23.0330**)
R ²	0.0804	0.4215	0.4456	0.4404	0.3769

注) () 内はt値。**は1%有意、*は5%有意。

推定結果から浸水深と地代のパラメータを用いて浸水深1m低減の貨幣価値を算出した結果を表-2に示す。

表-2 浸水深のパラメータ/地代のパラメータ

	アンケート	実態データ
29歳以下	2.1612	0.01096
30-49歳	2.1612	0.21814
50-69歳	2.1612	0.42015
70歳以上	1.6888	0.11483

この結果から、アンケート調査では浸水深が高い地域への転居を避ける傾向にあるが、実態データでは浸水深が高い地域に居住している傾向があることがわかる。

5. 将来の水害リスク分布の推計

本研究の手法により、将来時系列の水害リスク分布を推計することができる。一例として、図-2に、施策を実施しない場合の2045年の水害リスク分布、表-3に、2015年と2045年の水害リスクの比較を示す。

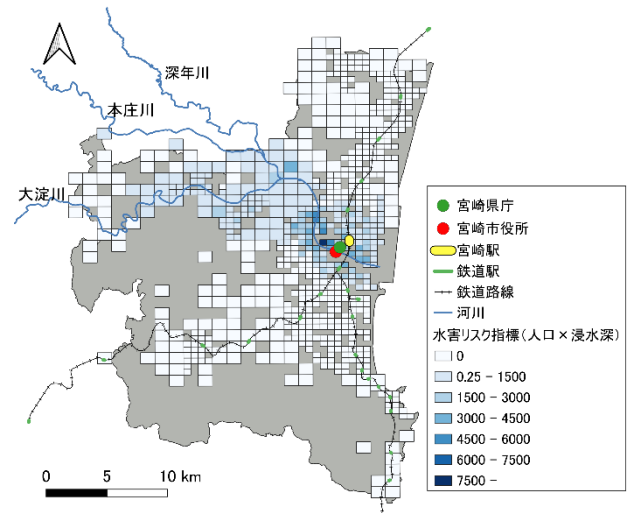


図-2 2045年の水害リスク分布(施策なし)

表-3 水害リスクの比較

	総人口(人)	総水害リスク(人・m)	一人当たりの浸水深(m)
2015年	322,076	285,915.25	0.8877
2045年	278,582	248,979.75	0.8937

この結果から、水害対策を実施しない場合、水害リスクは微増するため、対策が必要であることが示唆される。

6. まとめ

本研究では、水害の被害リスクが都市内の人口分布に及ぼす影響を推計可能な立地均衡モデルを構築するとともに、水害リスク指標およびリスク分布の分析手法を提案し、宮崎県宮崎市で実証的な分析を行った。

今後の課題として、実態データとアンケート調査の個票データを用いてパラメータ推定を行ったモデルによる分析結果の比較、ソフト・ハードの水害対策実施時の水害リスク分布の変化の推計および各種対策の評価が挙げられる。

参考文献

- 寺本雅子, 市川温, 立川康人, 椎葉充晴 (2010): 水災害危険度に基づく土地利用規制の費用便益評価-世帯所得の分布を考慮して-, 土木学会論文集 B, Vol. 66, No. 2, pp. 119-129
- 今井一貴, 佐藤徹治, 神永希, 杉本達哉, 高森秀司 (2016): ソフト施策による水害リスク軽減対策が将来の都市内人口分布に与える影響分析, 土木学会論文集 D3, Vol. 72, No. 5, pp. 423-434