

第II部門

エージェント型立地選択モデルへの洪水災害発生機構の導入

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○山口 雄也
 京都大学大学院地球環境学学 正会員 田中 智大
 京都大学防災研究所 正会員 横松 宗太

京都大学大学院工学研究科 正会員 萬 和明
 京都大学大学院工学研究科 正会員 市川 温
 京都大学大学院工学研究科 正会員 立川 康人

1. 研究の目的と背景 「立地誘導」政策はコンパクトシティ等を推進する都市政策であるが、リスクの低い地域へ居住移転を促す洪水リスク管理策としても重要である。これまで土地利用規制に対して一般均衡モデルを用いて均衡状態での効果を評価する試みがなされてきたが、実際に政策が立地変化に表れるまでには長期間を要する。そこで筆者らは、立地誘導等による立地構造の時間変化をシミュレートする手法としてエージェント型立地選択モデルを構築してきた。本発表では、同モデルにおける家計（世帯）の経済行動モデルを改良し、シミュレーション期間中に確率的に洪水が発生する機構を組み込み、被害を受ける家計の立地選択行動の変化を分析できるモデルの構築を試みた。

2. エージェント型立地選択モデルの概要

2.1 モデルの構造 本モデルは、対象領域をメッシュ分割し、各メッシュ内で1) 住宅価格、2) アメニティ水準（利便性や快適さなどの魅力）、3) 洪水災害リスクは同一とする。各メッシュにおいて複数の家計および1つのディベロッパー（土地開発業者と不動産業者をまとめた経済主体）がそれぞれ住宅購入および住宅販売行動を行い、両者を通して住宅価格が更新される。各年に引越を検討する家計がランダムに選択され、住宅売買に伴う立地選択行動により立地が変化する。

2.2 家計の立地選択行動 家計は間接効用関数を最大化するように立地選択行動を行う。均衡状態ではなく各年の立地変化を扱う本モデルでは、効用最大化問題を解く代わりに、引越を行う年に現住居と引越候補物件における効用を比較して高い方に居住する。間接効用関数は住宅価格、住宅特性、および地域特性を基に以下の式で与える。

$$V(i, j, t) = C_{ijt}^{\alpha_c, \omega_1} \cdot h_{jt}^{\alpha_h, \omega_1} \cdot l_{jt}^{\alpha_l, \omega_1} \cdot a_{jt}^{\alpha_a, \omega_1} \beta \varepsilon_{it} \quad (1)$$

ここで、 t は現在の年、 i は家計属性（単身もしくは世帯

持ち）、 j はメッシュ番号を表し、 h_{ijt} は土地面積、 l_{ijt} は庭面積、 a_{jt} はアメニティ水準、 $\beta \varepsilon_{it}$ はランダム項を表す。 α_X は項目 X の効用パラメータである。 C_{ijt} は候補物件（引っ越さない場合は現住居）で平均居住期間 T_0 期間の諸経費等を除いた合成材の水準を表し、以下の式で表される。

$$C_{ijt} = Y(t, T_0) + \delta_{Mt} \cdot \{\Lambda_j - \Omega_{jt} - Y\} - \left\{ \rho T_0 + \sum_{t'=t}^{t+T_0} \varsigma_{jt'} \right\} \Omega_{jt} - \chi d_{\omega_1, i} T_0 \quad (2)$$

ここで、 $Y(t)$ は t 期から T_0 期間の所得、 δ_{Mt} は引越しの有無を示す特性関数である。 Λ_j は現在の住居（メッシュ j ）の買取価格、 Ω_{jt} は引越検討物件（メッシュ j ）の販売価格、 Y は引越費用、 ρ は住宅メンテナンス費用、 $\varsigma_{jt'}$ は保険料率、 $\chi d_{\omega_1, i}$ は年間通勤費用を表す。保険料率は、居住メッシュでの洪水災害リスクカーブ¹⁾から算出された年期待浸水被害率 $\bar{\eta}_{jt}$ にマークアップ率(2.0)を掛けた値とした。

2.4 ディベロッパーの住宅販売行動 ディベロッパーは、住宅の売却確率を予想し、利潤の期待値を最大化するように住宅価格を決定する。

3 本研究の立地選択モデルの改良 2.3のとおり、現在のモデルは保険に加入する世帯が保険料の形でのみ洪水災害リスクの影響を受け、加入しない世帯には影響がない。本研究で洪水災害発生機構を導入することで、保険に加入しない世帯への影響を明示的に考慮できるようになる。

3.1 家計の貯蓄更新過程の導入 洪水災害が発生すると、復旧・移転に伴う貯蓄の減少を通してその後の立地や資産形成に影響を与える。本研究では、 t 期から T_0 期間の貯蓄 W_{ijt}^E を以下の式で家計の効用関数に加える。

$$V(i, j, t) = C_{ijt}^{\alpha_c, \omega_1} \cdot W_{ijt}^E \alpha_w, \omega_1 \cdot h_{ijt}^{\alpha_h, \omega_1} \cdot l_{ijt}^{\alpha_l, \omega_1} \cdot a_{jt}^{\alpha_a, \omega_1} (1 + \beta \varepsilon_{it}) \quad (3)$$

そして、効用関数 V が最大となるように予算

$$B_{ij}(t) = s_{ijt} + Y(t, T_0) + \delta_{Mt} \cdot \{\Lambda_j - \Omega_{jt} - Y\} - \left\{ \rho T_0 + \sum_{t'=t}^{t+T_0} \varsigma_{jt'} \right\} \Omega_{jt} - \chi d_{\omega_1, i} T_0 \quad (4)$$

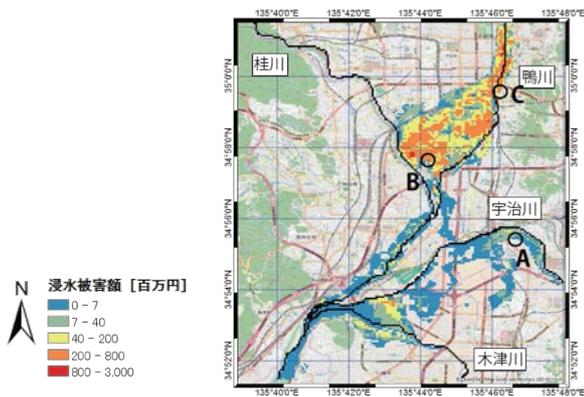


図1 田中ら⁹⁾による京都市域のメッシュ単位の洪水災害リスクカーブから得られる再現期間200年に対応する被害額の分布

を消費 C_{ijt} と貯蓄 W_{ijt}^E に分配する最適化問題を解く. 式(4)は式(2)と比べて貯蓄 s_{ijqt} が含まれることに注意されたい.

3.2 洪水災害発生機構の導入 年浸水被害率 η の累積分布 $F_H(\eta)$ から逆関数法によって各期の被害率 η_{jt} を発生させ, 住宅価格 Ω_{jt} を掛け合わせた被害額 $\eta_{jt}\Omega_{jt}$ を貯蓄 s_{ijqt} から引くことで被害が貯蓄の減少に反映される.

4. 淀川流域中流部への適用 淀川水系中流部の桂川・宇治川・木津川合流域の北東に位置する京都市とその周辺域を対象とした(図1参照). 計算期間は80年とし, 初期の家計(世帯)分布や住宅価格は国勢調査等を基に設定した. 計算は, A) 気候変動(21期で2度昇温, 61期で4度昇温)・河川整備(21期・41期から桂川・木津川の河川整備基本方針の河道断面, 61期から鴨川の河川整備計画の河道断面を氾濫モデルに導入)・アメニティ政策(図1中でリスクの高いメッシュのアメニティ水準 a_{jt} を相対的に小さくする)シナリオがある場合と B) ない場合の2通り計算した.

5 結果と考察 図2に, 貯蓄更新過程のみを導入した場合の潜在的被災量 $N_{pda}(j, t)$ を示す. これは各メッシュでの年期待被害率に居住世帯数を掛けて足し合わせた全被災世帯数の年平均値であり, 以下の式で表される.

$$N_{pda}(j, t) = \sum_j \bar{\eta}_{jt} N_{jt} \quad (1)$$

ここで, N_{jt} は年 t , メッシュ j での世帯数である. まず, シナリオありの場合は気候変動や河川整備のタイミングに対応して被災量が大きく変化し, アメニティ政策の効果により経年的に被災量が低下している. 先行研究(破線)と本研究(実線)を比較すると, どちらの場合も本研究の貯蓄更新によって被災量が増加していることがわ

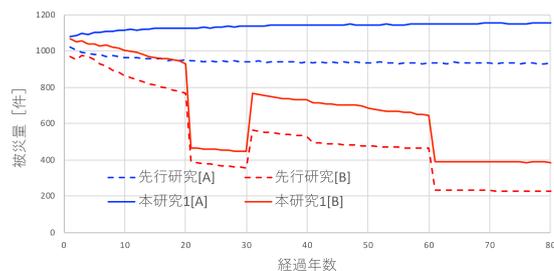


図2 先行研究(破線)と貯蓄更新過程導入後(実線)の潜在的被害額の比較(赤線:A)シナリオあり, 青線:B)シナリオなし)

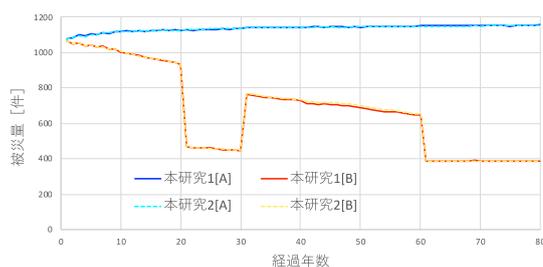


図3 洪水災害発生機構の有(破線)無(実線)による潜在的被災量の比較(赤線:A)シナリオあり, 青線:B)シナリオなし)

かる. これは, 貯蓄を考慮することで経済性が優先され, より安価でリスクの高い地域に立地が集中したためであり, 先行研究よりも現実的な住宅市場を反映した結果といえる. 実際, 先行研究では住宅価格が高騰する課題が見られたが, 本研究ではそのような特徴がみられず, より合理的な住宅価格の推移を示した.

図3に, 洪水災害発生機構までを考慮した結果を破線で示す. 貯蓄更新過程をのみを反映した実線とほぼ同じ結果となり, 本研究の対象領域と対象期間では洪水災害の発生確率が低く洪水発生の影響が見えなかった.

6 結論 本研究では, 立地誘導等による経年的な立地変化を計算するエージェント型の立地選択モデルを改良し, 貯蓄更新過程と洪水災害発生機構を導入した. その結果, 主に貯蓄更新過程の導入によってより経済性を反映した立地選択モデルへの改良に成功した. 今後は, モデル検証と被災世帯の資産形成の詳細な分析を行う予定である.

参考文献

- 1) 田中智大, 市川温, 萬和明, 立川康人: 浸水被害確率マップ作成手法の開発と宅地かさ上げによる便益評価への応用, 土木学会論文集 B1 (水工学), 第74巻, 第4号, pp. I_1477-I_1482, 2018.