

水害リスクを考慮した土地利用施策評価のための の将来の人口分布推計モデル

今井 一貴¹・佐藤 徹治²・杉本 達哉³・高森 秀司⁴

¹非会員 千葉工業大学大学院工学研究科建築都市環境学専攻 (〒275-0016 千葉県習志野市津田沼2-17-1)
E-mail:s1024038TQ@s.chibakoudai.jp

²正会員 千葉工業大学教授 工学部建築都市環境学科 (〒275-0016 千葉県習志野市津田沼2-17-1)
E-mail:tetsuji.sato@it-chiba.ac.jp

³正会員 八千代エンジニアリング株式会社 (〒161-8575 東京都新宿区西落合2-18-12)
E-mail:tt-sugimoto@yachiyo-eng.co.jp

⁴正会員 八千代エンジニアリング株式会社 (〒540-0001 大阪府中央区城見1-4-70)
E-mail:takamori@yachiyo-eng.co.jp

近年、都市部では集中豪雨などにより水害リスクが高まる傾向にある。また、今後多くの都市で人口減少が進展していくことが予想されており、水害リスクを考慮しつつコンパクトな都市を目指す土地利用施策の必要性が高まっていると考えられる。本稿では、各種水害対策、水害リスクを考慮した集約型都市の実現に向けての土地利用施策が将来の人口分布に及ぼす時系列的な影響を評価可能なモデルを提案する。また、富山県富山市を対象に、浸水被害予測と人口分布の実態を踏まえたモデルのパラメータ推定の方法について示す。

Key Words : *Computable Urban Economic model, flood risk information, distribution of population*

1. はじめに

近年、気候変動等を背景として、大雨の発生回数が増加傾向にあり、水害リスクへの対応の重要性が増加している。我が国における水害リスク対策は、堤防・調節池・下水道・人工放水路の整備などのハード施策と、避難支援などのソフト施策を両輪として進められている。代表的なソフト施策として洪水ハザードマップ(以下、洪水HM)の整備があげられる。2001年の水防法改正以降、洪水予報河川および水位周知河川を対象に、浸水想定区域図および洪水HMの整備が進められており、その公表数は、2014年7月9日現在で1,305(国土交通ハザードマップポータルサイト¹⁾)と一定の水準に達している。

一方、わが国では2000年代後半以降人口が減少に転じ、今後さらなる人口減少が見込まれている。総務省によると、2010年現在約12,806万人のわが国の人口は2060年には8,674万人になり、2110年には4,286万人になると推計されている。また、日本創世会議(2014)²⁾によると全国の49.8%の市町村で20~39歳の女性の人口が5割以上減少し消滅の可能性が指摘されているなど、人口減少を踏まえ

た市街地再編等の必要性が高まっている。インフラ維持管理の効率化や、環境負荷低減など持続可能な都市を理念とするコンパクトシティの重要性が注目されているが、持続可能性の実現に向けては、安全・安心(水害リスクの低減化)の視点も重要である。

そこで本稿では、水害リスクを考慮したコンパクトシティ化に向けての土地利用施策が、将来の人口分布に及ぼす影響を評価可能なモデルを構築することを目的とする。

土地利用施策に伴う家計・企業の立地選択変化を小地域で分析可能な代表的なモデルとしては、土地利用マイクロシミュレーションモデルと、応用都市経済(CUE: Computable Urban Economic)モデルが挙げられる。

UrbanSim³⁾に代表される土地利用マイクロシミュレーションモデルは、各種属性毎の家計や企業の土地利用行動の違いに着目したモデルであり、近年ではマイクロデータの精緻化や住宅属性の違いの考慮などによるモデルの改良が図られている。杉木ら(2013)⁴⁾は、マイクロシミュレーションにおける初期世帯マイクロデータ推計システムを富山市を対象に適用し、世帯構成・続柄・年

年齢・性別に関してゾーン別に推計を行い、実都市への適用可能性を確認している。金崎ら(2014)⁹⁾は、マイクロシミュレーションを行う際、年代によって世帯属性や住宅属性が転居行動へ与える影響が異なると考え、転居年代の違いによる転居行動をロジットモデルを用いて分析を行っている。

CUEモデルは、家計や企業等の最適行動と土地市場における需給均衡(立地均衡)を仮定したモデルで、上田ら(2009)⁶⁾により発展経緯が整理されている。CUEモデルに関する近年の研究としては、萩野ら(2011)⁷⁾、堤ら(2012)⁸⁾などがある。萩野ら⁷⁾は、物流施設や工場・商業施設を対象に立地均衡モデルを構築し、東京都市圏を対象に人口の都心回帰が産業立地に及ぼす影響を分析している。堤ら⁸⁾は、土地市場だけでなく建物市場を考慮したCUEモデルを構築し、東京湾アクアラインの料金値下げによる効果について従来のCUEモデルとのシミュレーション、比較を行い、建物市場の考慮が推計結果に及ぼす影響を考察している。

また、水害リスクを考慮したCUEモデルに関する既往研究としては、高木ら(2001)⁹⁾や、寺本ら(2010)¹⁰⁾が挙げられる。高木ら⁹⁾は、浸水リスクが立地選択に影響を及ぼすと仮定し、そのメカニズムのモデル化を行い、治水対策による便益を評価している。寺本ら(2010)¹⁰⁾は、多くの世帯は浸水リスクをあまり考慮せず立地選択行動していると考え、浸水リスクに基づいた土地利用規制政策を実施した場合に生じる費用と便益を比較し、大阪都市圏および東京都市圏を対象に適用性・妥当性を検証している。しかし、これらの既往研究では現在のハザード情報に基づく立地選択行動を仮定しており、また将来時系列の人口分布を推計できるモデルとなっていない。

2. 人口分布推計モデル

(1) モデルの概要

本稿のモデルは前年の人口分布を所与とし、家計の転居行動、土地の需給バランスを考慮して当年の人口分布をアウトプットする体系とする。アウトプットされた人口分布を再びモデルにインプットすると翌年の人口分布が算出され、これを繰り返すことによって将来時系列の人口分布を推計することができる。

家計の行動については、①転居意思の有無、②転居先地域の選択の2段階の意志決定行動を仮定する。また、転居先地域の選択に際しては、転居先候補となる各地域の水害リスクおよびその認知度が行動に影響を与えるものとする。

本稿のモデルは、CUEモデルをベースとし、土地(住宅地)について家計による上記の2段階の転居行動を踏まえた需要、不在地主による供給、これらの均衡(価格調

整)を考慮する体系とする。本研究におけるモデルのフローを図-1に示す。

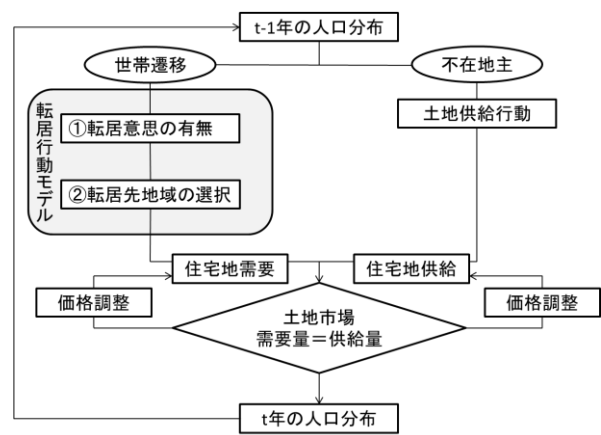


図-1 人口分布推計モデルフロー

(2) モデルの定式化

a) 転居行動モデル

転居意思の有無はライフスタイルの変化(例えば子供の独立、就職、結婚、持ち家の購入など)に伴い転居を行うと仮定し、世代別・転居前後の住宅タイプ別に、実態データに基づき転居割合を設定する。転居前後の住宅タイプは、借家・賃貸→持ち家、借家・賃貸→借家・賃貸、持ち家→持ち家、持ち家→借家・賃貸、の4通りである。

各世帯の転居先地域の選択は、高木ら⁸⁾を参考に、各転居先候補の地域における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。各世帯の転居先地域の選択確率を(1)~(6)式に示す。

$$P_i^{rs} = \frac{\exp(U_i^{rs})}{\sum_s \exp(U_i^{rs})} \quad (1)$$

$$U_i^{rs} = V_i^{rs} + \varepsilon_i^{rs} \quad (2)$$

$$V_i^{rs} = \sum_w \phi_w^s \left\{ (A_w^s)^{\alpha_h} (B_w^s)^{\alpha_z} \right\} C_i^{rs} \left\{ a \ln(I_i^{rs}) - b \ln(R^s) - dT^s \right\} \quad (3)$$

$$A^s = \ln(\bar{H} - H^s) \quad (4)$$

$$B^s = (1 - D^s) Z^s \quad (5)$$

$$C_i^{rs} = \sum_k c_k X_{ik}^{rs} \quad (6)$$

ここで、 P_i^{rs} はゾーン r に居住する世帯 i のゾーン s の選択確率を表している。 U は効用水準を表し、 V は効用水

準確定項, ε は効用水準確率項である. w は状態(平常時・洪水時)を表し, ϕ は 水害生起確率, A は洪水安全度, B は水害後保有資産額, C は個人属性, I は所得, R は地代, T は中心駅までの所要時間である. $a, b, d, \alpha_v, \alpha_h$ はパラメータであるが, α_h は水害リスク認知によって変化するパラメータであると仮定している. \bar{H} は効用関数の序列を整合化する定数 (= 10) であり, H は浸水深である. D は資産被害率, Z は保有資産額, X_k は個人属性を表す k 番目の変数, c はパラメータである.

b) 住宅地需要量

住宅地需要量は各ゾーンの人口に 1 世帯あたりの居住地面積を掛け合わせることで求めると仮定する. t 年における住宅地需要量を(7)~(8)式に示す.

$$Q_t^s = l^s \sum_j N_{j,t}^s \quad (7)$$

$$N_{j,t}^s = N_{j,t-1}^s - N_{j,t-1}^{*s} + \sum_r N_{j,t-1}^{*r} P_j^{rs} \quad (8)$$

ここで Q は住宅需要量, N は人口, l は 1 世帯あたりの居住地面積, j は属性(ここでは世代・住宅タイプを示す), t は年, N^* は転居意思ありの人口を表す.

c) 住宅地供給量

地主は地代収入が大きくなるように住宅供給行動を起そうとする. 例えば, 地代が高い場合にはより多くの土地を供給しようとし, 低い場合供給量を減らすことになる. t 年における住宅地供給量を(9)式に示す.

$$L_t^s = \left(1 - \frac{\delta^s}{R_t^s}\right) \bar{Y}_t^s \quad (9)$$

ここで L は住宅供給量, δ はパラメータ, Y は供給可能面積を表す.

d) 土地市場の均衡

各ゾーンにおける土地需要量と土地供給量が一致するように土地市場の価格調整が行われ, 最終的に各ゾーンの立地量が決まる. t 年における土地の需要量と供給量の均衡は(10)式で表される.

$$L_t^s(R) = Q_t^s(R) \quad (10)$$

3. 実証分析

(1) 対象地域

対象地域は, LRT をはじめとする公共交通を活性化させ, 沿線に都市機能を集積させることにより, 公共交

通を軸としたコンパクトシティ政策を行っている先進的な自治体の一つである富山県富山市とする. 富山市の市街地は, 一級河川であり急流河川として知られている神通川と常願寺川に挟まれた扇状地に位置し, 水害リスクに対して脆弱性の高い市街地となっている.

(2) 対象地域の現状分析

図-2 は神通川(図中左側)と常願寺川(図中右側)が 48 時間あたり神通川 260mm, 常願寺川 500mm (どちらも約 150 年に一度程度の大雨)が降った場合の浸水被害の予測をしたものである. データ出典は国土数値情報ダウンロードサービス¹⁾である. また図-3 は神通川と常願寺川流域の 500m メッシュ別人口を表す. データ出典は平成 22 年国勢調査である. 図-2, 図-3 から富山駅を含む中心市街地の水害リスクは, 都市郊外部と比較して高く, 神通川沿いを中心として, 浸水想定深が 2m 以上となる地域が広がっていることが分かる.

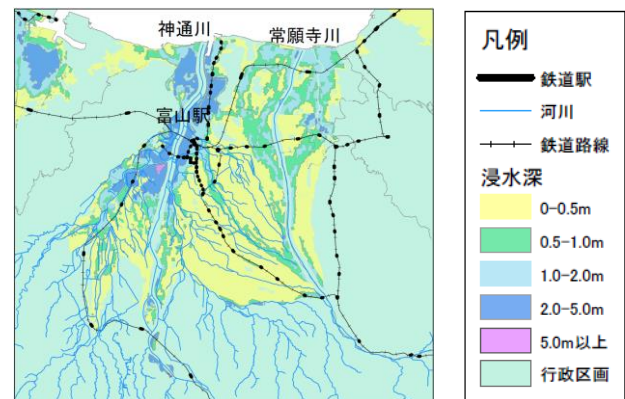


図-2 神通川・常願寺川最大浸水深の分布

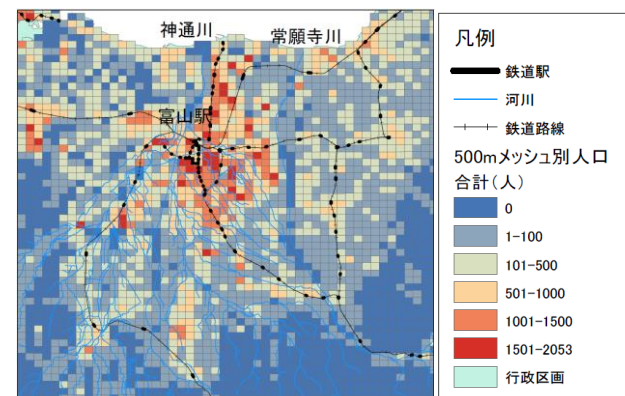


図-3 平成 22 年富山市 500m メッシュ別人口分布

(3) モデルのパラメータ推定方法

(3)式のパラメータ推定には, 水害リスクも踏まえて, どのような転居意思への影響が生じるかや, 立地選択に当たりどのような行動を行うかなどのパラメータを推定する必要がある. 推定に当たっては, 既存調査・文献等を参考に整理する他, 必要に応じて富山市民を対象とし

たアンケート調査等を実施することが有効である。パラメータ推定にあたり、把握の必要性が高いと考えられる要素について、表-1に示す。

表-1 パラメータ推定に必要であると考えられる要素

区分	項目
共通要素	各要素が立地選択に与える影響の重み付け、各要素の判断の基準となる閾値等
個人属性	年齢階層、性別、家族構成、居住地域、住居タイプ等
転居要素	現在の転居意向・予定等、転居後の住居タイプ等
生活環境要素	通勤・通学先、買い物施設、最寄りバス停・鉄道駅等への近接性等
経済要素	地価・家賃等

また、本稿の目的である水害リスクの影響を考慮した将来の人口分布の推計においては、表-2のような水害リスクに関する意向の把握・設定も重要と考える。

表-2 水害リスクに関する要素

区分	項目
水害リスク要素の影響度	水害リスクの程度が居住地選択へ与える影響度
現行のリスク情報の評価	現行の洪水HMの評価
望ましいリスク情報に対する意見	より理解しやすい(居住地選択に反映させやすい)情報の提供方法について

特に本稿の対象地域には、神通川・常願寺川をはじめとして複数の河川が流下しているが、浸水想定における降雨確率は50年～150年に一度の幅を持った設定がなされている。また外水氾濫時には、市街地側で内水氾濫が発生している可能性があるが、現時点では同時発生等の情報は未整理である。複数河川が近接する地区の住民にとっては、横並びの水害リスクの評価・理解が困難となっている可能性等も念頭において、現行の水害リスク情報への評価や望ましい情報提供のあり方について示唆を得ることが重要と考える。

また、一般に居住地選択行動は水害リスク等だけではなく、様々な要因を同時決定していると想定されることから、意向等の把握においてはコンジョイント法等の適用が有効と考える。プロフィールアンケート調査を行う場合の調査票の例(借家から借家への転居)を表-3に示す。

表-3 プロフィールアンケート調査票の例

	周辺環境①	周辺環境②	周辺環境③
自宅からの所要時間(バス・LRTを利用)	10分	20分	30分
食品スーパーまで(徒歩)	5分	5分	5分
公園まで(徒歩)	10分	15分	10分
予想浸水深	3m (2階浸水)	1m (床上浸水)	0.5m (床下浸水)
家賃	9万円	7万円	5万円

4. おわりに

本稿では、水害リスクを考慮した土地利用施策が人口分布に及ぼす時系列的影響を評価可能なモデルの構築を行った。また、浸水被害予測と人口分布の実態を踏まえたモデルのパラメータ推定方法を提示した。今後は、構築したモデルを用いた実証分析を行い、水害リスクを踏まえた将来の人口分布推計モデルの深化を図る予定である。

本稿の分析手法により、人口減少下において水害リスクを踏まえた人口分布の将来推計が可能となり、安全・安心なまちづくりの検討に寄与する基礎的な情報を提供するとともに、リスク対策におけるハード施策とソフト施策の効果的な連携に向けた評価等が可能となると考えられる。

なお、本稿では世帯を対象に立地均衡モデルを構築しており、企業の立地選択行動については今後の課題と認識する。

参考文献

- 1) ハザードマップポータルサイト, 国土交通省, <http://disaportal.gsi.go.jp/>.
- 2) 日本創世会議, 全国市区町村別「20～39歳女性」の将来推計人口, http://www.policycouncil.jp/pdf/prop03/prop03_2_1.pdf.
- 3) Paul Waddel: UrbanSim: Modeling Urban Development for Land Use, Transportation and Environmental Planning, APA Journal, Vol.68, No.3, pp297-314, 2002.
- 4) 杉木直, 村中智哉, 宮本和明: 実都市を対象とした初期マイクロデータの推定方法の適用と検証, 土木計画学研究・講演集, Vol.47, CD-ROM, 2013.
- 5) 金崎智也, 北詰恵一, 井ノ口弘昭: 富山市における住宅地選択モデルによる都市政策評価, 土木学会土木計画学研究・講演集, Vol.48, CD-ROM, 2014.
- 6) 上田考行, 堤盛人, 武藤慎一, 山崎清: 我が国における応用都市経済モデル—特徴と発展経緯—, 計画・交通研究会 ワーキングペーパーシリーズ, No.9-3, 2009.
- 7) 萩野保克, 遠藤弘太郎, 兵藤哲朗: 土地需給バランスを考慮した施設立地モデルによる東京都市圏の物流施設配置分析, 都市計画論文集, Vol.46, No.3, pp.859-864, 2011.
- 8) 堤盛人, 宮城卓也, 山崎清: 建物市場を考慮した応用都市経済モデルの可能性, 土木計画学論文集, Vol.68, No.4, pp.333-343, 2012.
- 9) 高木朗義, 武藤慎一, 太田奈智代: 応用都市経済モデルを用いた治水対策の経済評価, 河川技術論文集, Vol.7, pp.423-428, 2001.
- 10) 寺本雅子, 市川温, 立川康人, 椎葉充晴: 水災害危険度に基づく土地利用規制の適用性に関する分析, 土木学会論文集 B, Vol.66, pp.130-144, 2010.
- 11) 国土数値情報(浸水想定区域データ), 国土交通省, <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>.