津波・洪水対策を考慮したコンパクトシティ施策が都市内人口分布に与える影響分析
－愛知県豊橋市を対象にして－

千葉工業大学　学生会員　○　萩原　拓也
千葉工業大学　非会員　佐藤　敦穂
千葉工業大学　正会員　佐藤　徹治

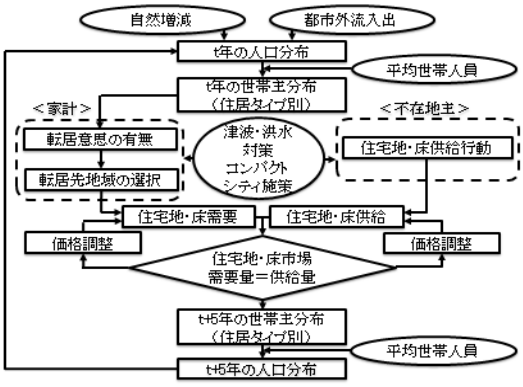
１. はじめに

わが国では、今世紀前半にも南海トラフ沿いで巨大地震が発生する可能性が高いとされており、それに伴い津波による被害が予測されるため対策が必要である。また、気候変動などにより大雨の発生回数が増加しており、洪水対策も欠かすことができない。一方、わが国では 2004 年をピークに人口減少が見込まれており、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。しかし、現在多くの都市では海岸沿いや河川区域周辺に市街地が形成され、津波・洪水に対して脆弱なケースが多い。

そこで本研究では、津波や大雨による洪水の被害リスクが都市内の人口分布に及ぼす影響が分析可能なモデルを構築し、愛知県豊橋市を対象として、構築したモデルを用いて津波・洪水対策を考慮したコンパクトシティ施策が将来の人口分布に及ぼす影響を分析する。

２. 人口分布推計モデル

モデルは今井ら(2016)[1)]を参考に構築する。モデルのフローを図－１に示す。



図－１　人口分布推計モデルのフロー

各世帯の転居地域の選択確率は(1)、(2)式に示すとおり、転居先における効用水準を基にロジットモデルで表現できると仮定する。

$$P_{ik}^{t}=\frac{EXP(E(u_{ik}^{t})+\tau_k)}{\Sigma EXP(E(u_{ik}^{t})+\tau_k)} \quad (1)$$

$$E(u_{ik}^{t})=\mathrm{f}(r_{ik}^{t},I_{ik}^{t},Z1_{ik}^{t},Z2_{ik}^{t},\cdots,Zn_{ik}^{t},TR_{ik},FR_{ik}) \quad (2)$$

ここで、上添字 t は年度、下添字 i は地域、k は住居タイプ(戸建て持ち家、集合住宅賃貸など)を表す。また、P は転居先地域選択確率、$E(u)$は期待効用水準、τ はその他の効用、r は地代(賃貸住宅の場合は家賃)、I は所得、Zn は n 番目の住環境評価指標、TR は津波リスク指標、FR は洪水リスク指標を表す。

地代(家賃)によって１世帯あたりの住宅地床需要面積が変化すると仮定し、住宅地(床)需要量は、１世帯あたりの需要面積に各ゾーンへの転入世帯数を掛け合わせることで求められる。(3)、(4)、(5)式に住宅地(床)需要量の決定式を示す。

$$D_{ik}^{t}=P_{ik}^{t}N_{ik}^{t} \quad (3)$$

$$L_{ik}^{t}=\frac{b_k^{t}}{r_{ik}^{t}}y \quad (4)$$

$$N_{ik}^{t}=P_{ik}^{t}N_{T}{}_{k}^{t} \quad (5)$$

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

また、(6)式のとおり、地代・賃貸によって供給面積が変化すると仮定する。

$$S_{ik}{}^{t}=\left(1-\frac{\sigma_k}{r_{ik}^{t}}\right)\overline{S}_{ik}^{t} \quad (6)$$

ここで、S は住宅地(床)供給面積、$\overline{S}$ は供給可能面積である。

(7)式のとおり、住宅地床市場で需要と供給が均衡し、各ゾーンの市場均衡価格（地代・家賃）が決定される。

$$S_{ik}^{t}\left(r_{ik}^{t}\right)=D_{ik}^{t}\left(r_{ik}^{t}\right) \quad (7)$$

３. 住環境評価指標

(2)式における Zn(住環境評価指標)については、既往研究を参考に、$Z1$ を最寄り駅までの所要時間(徒歩)、$Z2$ をスーパーまでの所要時間(車)、$Z3$ を小学校までの所要時間(徒歩)、$Z4$ を総合病院までの所要時間(車)、$Z5$ を JR 豊橋駅までの所要時間(車)とする。

キーワード：津波・洪水対策、コンパクトシティ、人口分布、立地均衡モデル
連絡先　〒275-0016　千葉県習志野市津田沼 2-17-1　千葉工業大学工学部建築都市環境学科　TEL：047-478-0278
E-mail：tetsuji.sato@it-chiba.ac.jp

４. データ収集

（１）概要

対象地域は、豊橋市域のうち市街化区域とする。分析の単位地域は世界測地計 500ｍメッシュ(供給可能面積が 0 のメッシュを除く 311 メッシュ)とする。モデルの構築、将来の人口分布推計にあたっては、将来各年の供給可能面積などの各変数、初年次の地代・家賃をメッシュ毎に設定する必要がある。

（２）住宅地代の推計

地代については(9)式の地価関数を推定し、その推定結果と(8)式から推計する。

$$r = R \cdot \mathrm{int} \tag{8}$$

$$R = \mathrm{f}(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) \tag{9}$$

ここで、R は地価、int は利子率、X_1 は最寄り駅までの距離、X_2 は豊川 IC までの距離、X_3 は豊橋駅ダミー、X_4 は市街化区域ダミー、X_5 は住宅地ダミーとする。豊橋市の地価公示データを用い、パラメータ推定を行った結果を表－１に示す。

表－１　地価関数のパラメータ推定結果

定数項	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	R^2
100,250.18	-2.3094	-0.4212	-11,038.24	-37,028.75	-1,232.13	0.70
(-29.08**)	(-4.85**)	(-2.13**)	(-2.93**)	(-8.57**)	(-0.79)	

注：( )内はt値。**：1%有意、*：10%有意。

５. パラメータの設定

（１）効用関数

(2)式のパラメータ推定は、豊橋市の住民を対象とするプロファイルアンケート調査の個票データを用いて住居タイプ別に行う。図－２にプロファイルアンケート調査票の例を示す。

No.	最寄り駅までの所要時間(徒歩)	スーパーまでの所要時間(車)	小学校までの所要時間(徒歩)	総合病院までの所要時間(車)	JR豊橋駅までの所要時間(車)	津波リスク	洪水による想定最大浸水深	1m²あたりの地価	回答欄 (←住みたくない 住みたい→)
例	5分	5分	5分	5分	5分	あり	0m	6万円	1 2 3 ④ 5
1	5分	5分	5分	5分	5分	あり	0m	6万円	1 2 3 4 5
2	5分	10分	10分	10分	15分	あり	0.5m	8万円	1 2 3 4 5
3	5分	20分	15分	20分	25分	あり	2ｍ	10万円	1 2 3 4 5
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

図－２　プロファイルアンケート調査票例(戸建て)

また、表－２に効用関数の推定結果を示す。

表－２　効用関数の推定結果

	r	I	Z1	Z2	Z3	TR	FR	D20	D30	D40	R^2
戸建て	-0.4142 (-1.76**)	0.3383 (2.32**)	-0.0681 (-5.66**)	-0.0142 (-2.35**)	-0.0241 (-2.00**)	-0.7626 (-7.74**)	-0.2599 (-4.49**)		-0.3796 (-3.15**)	0.3720 (2.09**)	0.2734
賃貸 (~50㎡)	-0.5193 (-3.60**)	0.0010 (1.94**)	-0.1397 (-7.24**)	-0.0315 (-3.25**)	-0.0449 (-2.32**)	-0.4096 (-2.58**)	-0.1719 (-1.84**)	-0.6595 (-2.80**)	0.3852 (1.40**)		0.3392
賃貸 (50㎡~)	-1.5597 (-4.85**)		-0.0476 (-2.29**)	-0.0213 (-2.04**)		-0.8084 (-4.74**)		2.0548 (8.68**)	0.7504 (3.29**)		0.5086

注：( ) 内はt値。　**：5%有意。D20は20代ダミー、D30は30代ダミー、D40は40代ダミー。

なお、アンケート調査は 2016 年 11 月にポスティング配布・郵送回収で実施し、配布数 2400 部、回収数 351 部（回収率 14.6%）、有効回答数 223 部（有効回答率 9.3%）であった。

（２）その他

(4)式の土地需要関数のパラメータ b は、平均土地需要量と平均土地面積が同じになるように表－３のとおり設定した。

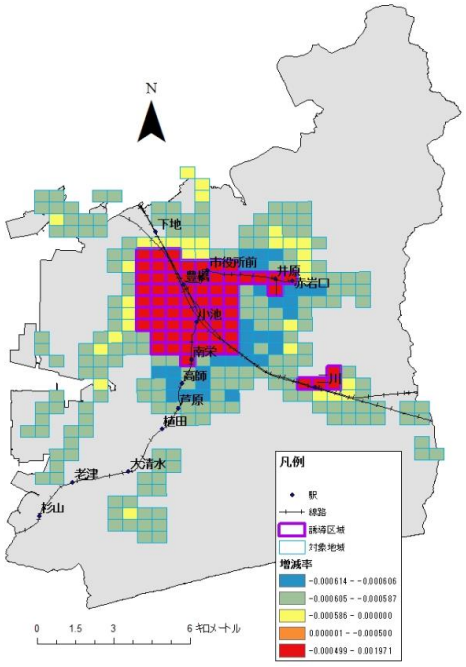
表－３　その他のパラメータ設定結果

	戸建て	賃貸(~50㎡)	賃貸(50~㎡)
b	0.418426	0.059966	0.105299

６. 津波・洪水対策を考慮したコンパクトシティ施策の影響分析

現在、豊橋市は、コンパクトな都市への転換を目標に、都市機能誘導区域と居住誘導区域を定める立地適正化計画の策定を進めている。

本研究では、人口集積の現状と津波・洪水リスクを踏まえて居住誘導区域を設定し、誘導区域に転居する際に補助金（戸建ての場合 100 万円/月、賃貸の場合 1 万円/月）を給付する施策が将来の人口分布に及ぼす影響を分析する。図－３に 2025 年の施策有りの場合の同年の施策無しの場合と比較した世帯数の増減割合を示す。



図－３　2025 年の施策有りの場合の世帯数の増減割合

７. まとめ

本研究では、津波や大雨による水害リスクが都市内人口分布に及ぼす影響が検討可能なモデルを構築し、愛知県豊橋市を対象に人口分布への影響を分析した。

今後の課題として、様々なソフト・ハード施策の組み合わせの人口分布への影響分析、分析結果を踏まえた費用便益分析、最適な施策の検討が挙げられる。

参考文献

1)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.I_423-I_434