

# 洪水リスクに対する合理的な立地分布への誘導策の検討 —ファジィ推論とGISデータを用いた立地均衡モデルによるアプローチ— A Study on Guidance Measure to Rational Location Distribution Coping with Flood Risk Approached by Location Equilibrium Model with Fuzzy Reasoning and GIS Data

宮澤俊治\*\*・高木朗義\*\*\*

Shunji MIYAZAWA\*\*・Akiyoshi TAKAGI\*\*\*

## 1. はじめに

現代の都市にはカストロフな洪水リスクが内在しているが、その希少性から洪水リスクを認知しにくい状況にあり、洪水災害に対して非合理的な土地利用が形成されている可能性が高い。そこで本研究では、住民の洪水リスクに対する認知構造やリスク認知による立地行動変化を捉えた上で、洪水リスクに対して合理的な立地分布への誘導策を検討する。検討にあたっては、ファジィ推論やGISデータを用い、世代別の立地分布の経年変化を推定できるファジィ立地均衡モデルを構築する。

## 2. ファジィ立地均衡モデルの構築

### (1) ファジィ立地均衡モデルの概要

本モデルの概要を図-1に示す。社会には立地を選択し土地を需要する個人および土地を供給する土地供給者の2主体が存在するものとする。居住地決定行動は世代によって異なるため、世代を0-19歳、20-34歳、35-49歳、50-64歳、65歳以上に区分する<sup>1)</sup>。

個人は、まず土地の魅力度を決定し、次に立地変更するかどうかを決定する。そして最後に立地変更すると決めた個人が立地ゾーンを選択するものとする。この3段階の行動をそれぞれファジィ推論で表現した効用水準決定行動モデル、二項ロジットモデルで表現した立地変更決定行動モデル、多項ロジットモデルで表現した立地選択行動モデルにより捉える。一方、土地供給者は立地変更する個人に対してどの程度を新たに開発し供給すべきかを決定する土地供給行動を行う。

このような過程によって求まる土地需要量と土地供給量が各ゾーンにおける土地市場の価格調整メカニズムによって均衡することで、 $t$ 期から次期までの立地変化量が決定される。これにより $t$ 期における立地量が

\*キーワード：防災計画、立地分布、リスク認知、ファジィ推論、GIS

\*\*正会員 修(工), 株式会社オオバ, 名古屋支店  
(〒450-0003 名古屋市中村区名駅南 1-24-21,  
E-mail: Shun\_miyazawa@k-ohba.co.jp)

\*\*\*正会員 博(工), 岐阜大学工学部社会基盤工学科  
(〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1, E-mail: a\_takagi@gifu-u.ac.jp)

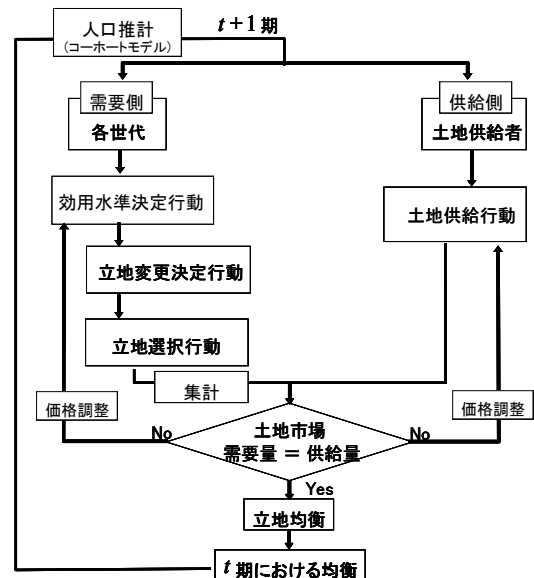


図-1 ファジィ立地均衡モデルの概要

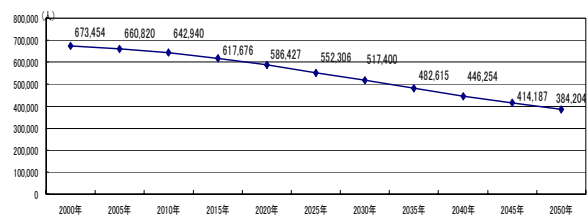


図-2 将来人口の推計結果

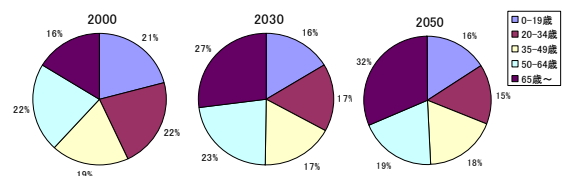


図-3 将来における人口構造の推計結果

予測できる。さらに時間が経過した場合には、再び各主体が同様の過程を繰り返すことで多期間に亘る立地分布の変化を予測することができる。これらを地区(メッシュ)ごとに取り扱うことで、それぞれの地区特性に応じた詳細な分析や少子高齢化による人口構造変化を考慮した政策の検討などが可能となる。

モデルの特徴は次の通りである。①500mメッシュのGISデータを利用することにより、都市空間における立地分布を詳細に捉えられる。②世代別に区分することにより詳細な住民の立地選択行動特性とともに、

表-1 洪水リスクに関する 16 種類のルール（洪水リスクに関するルールのみ抜粋）

|    |    |       |    |     |     |          |    |      |      |      |    |    |
|----|----|-------|----|-----|-----|----------|----|------|------|------|----|----|
| 42 | If | 洪水リスク | is | VPB |     |          |    | then | 効用水準 | is   | S  |    |
| 43 | If | 洪水リスク | is | PM  |     |          |    | then | 効用水準 | is   | B  |    |
| 44 | If | 洪水リスク | is | PB  | and | 公共交通の利便性 | is | PM   | then | 効用水準 | is | M  |
| 45 | If | 洪水リスク | is | PM  | and | 公共交通の利便性 | is | PB   | then | 効用水準 | is | VB |
| 46 | If | 洪水リスク | is | PM  | and | 公共交通の利便性 | is | PM   | then | 効用水準 | is | B  |
| 47 | If | 洪水リスク | is | PM  | and | 公共交通の利便性 | is | PS   | then | 効用水準 | is | M  |
| 48 | If | 洪水リスク | is | PS  | and | 公共交通の利便性 | is | VPB  | then | 効用水準 | is | S  |
| 49 | If | 洪水リスク | is | PS  | and | 公共交通の利便性 | is | PB   | then | 効用水準 | is | S  |
| 50 | If | 洪水リスク | is | PS  | and | 公共交通の利便性 | is | PM   | then | 効用水準 | is | M  |
| 51 | If | 洪水リスク | is | VPB | and | 中心部までの距離 | is | PS   | then | 効用水準 | is | B  |
| 52 | If | 洪水リスク | is | PB  | and | 中心部までの距離 | is | PS   | then | 効用水準 | is | B  |
| 53 | If | 洪水リスク | is | PM  | and | 中心部までの距離 | is | PS   | then | 効用水準 | is | M  |
| 54 | If | 洪水リスク | is | VPB | and | 地価       | is | VPB  | then | 効用水準 | is | VS |
| 55 | If | 洪水リスク | is | PB  | and | 地価       | is | PS   | then | 効用水準 | is | M  |
| 56 | If | 洪水リスク | is | PB  | and | 地価       | is | PM   | then | 効用水準 | is | B  |
| 57 | If | 洪水リスク | is | PM  | and | 地価       | is | PS   | then | 効用水準 | is | M  |

VPB:とても大,PB:大,PM:中,PS:小

VB:とても大,B:大,M:中,S:小,VS:とても小

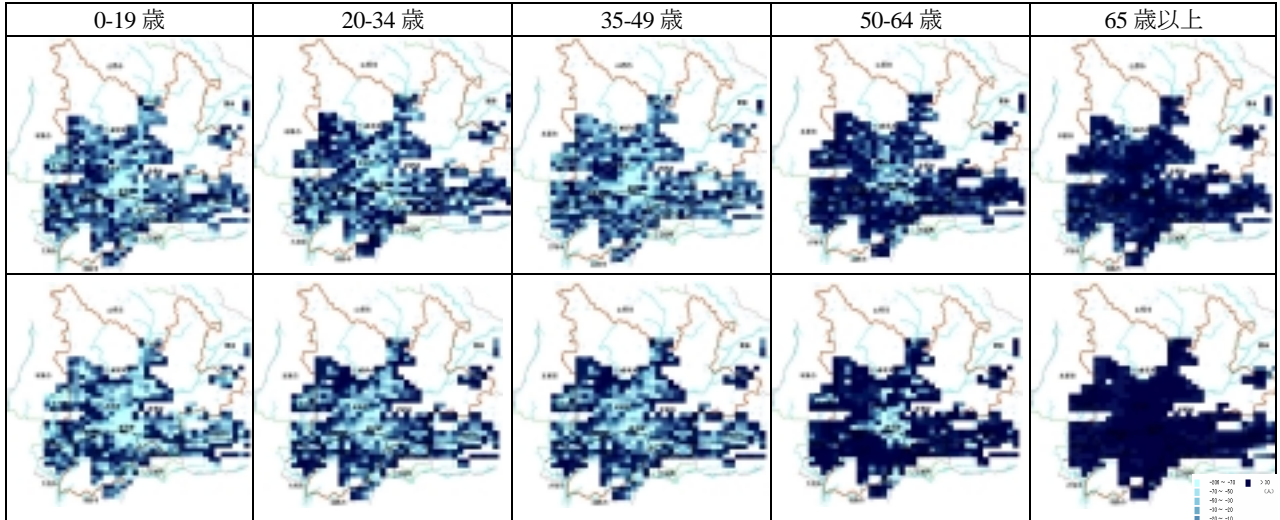


図-4 立地変化分布の実績値[上段]と推計値[下段]の比較

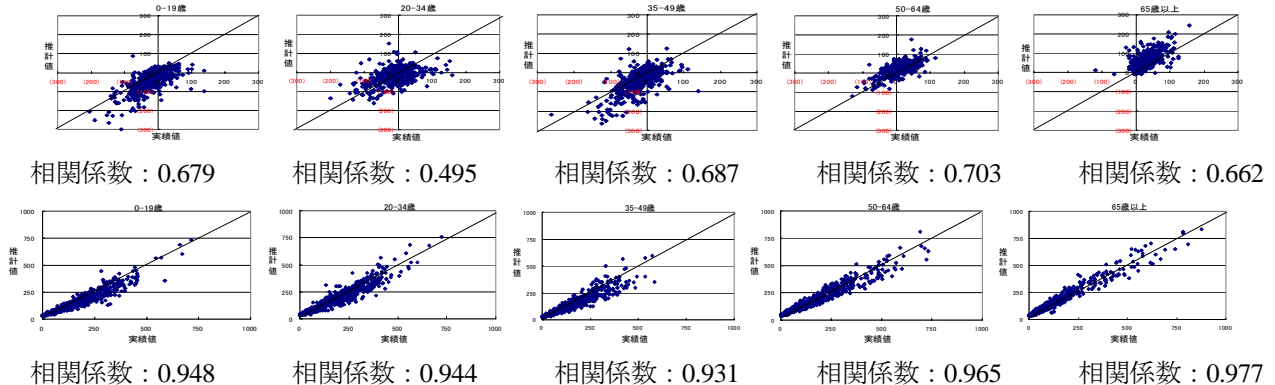


図-5 メッシュ単位の立地変化量 [上段]と立地量[下段]における実績値と推計値の比較

都市の人口構造を捉えられる。③時間軸が存在することにより、ある時点の実際の立地分布を起点として立地変化量を推計することができるため、現実の立地変更行動をより忠実に捉えられるとともに、人口構造変化を考慮した将来予測が可能となる。

### (2) 少子高齢化による人口構造変化

1995年、2000年の国勢調査のデータを用い、5歳ごとの世代でのコーホート変化率により2005年を推計する。2005年の0-4歳人口は20-34歳を親世代とし、これに2000年の0-4歳人口を1995年の親世代で除した値をかけることにより推計した。

2050年までの人口を推計した結果を図-2に示す。岐阜都市圏においては2005年前後に人口減少へと移

行していくことがわかった。2000年を基準とすると2030年の人口は23%減、2050年は43%減となる。全人口に占める世代別の割合を図-3に示す。2050年には高齢者の全人口に占める割合が32%となる。

### (3) 現況再現性の確認

洪水リスクに対する合理的な立地分への誘導策を検討するため、洪水リスクに関するルールは16種類のルールを採用した(表-1)。

世代別の立地変化分布図の実績値と推計値の分布を図-4に示す。上段に実績、下段に推計したメッシュ別立地変化分布図を示している。立地変化分布は0-19歳から50-64歳の4世代で中心部において減少している様子を再現できた。65歳以上の世代においては都市

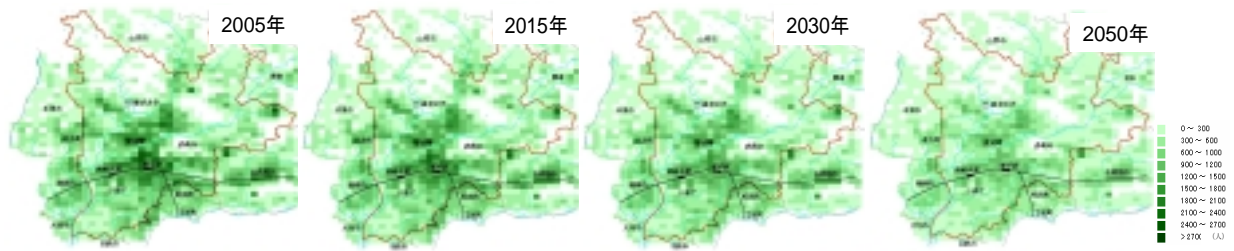


図-6 岐阜都市圏の立地分布の経年変化

圏全体で増加している様子を再現できた。立地変化量と立地量に対する実績値と推計値の比較を図-5 に示す。上段にメッシュ別立地変化量，下段にメッシュ別立地量の比較図を示す。メッシュ別立地変化量の現況再現は4世代で相関係数が0.7前後である。メッシュ別立地量は，相関係数が各世代0.9以上であり，良好な結果が得られた。

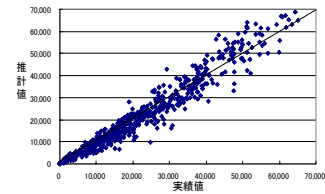
図-6 に総人口の立地分布の経年変化を示す。コーホートモデルと立地均衡モデルを組み合わせることによって，中心部の人口減少がより著しくなるという予測がなされた。また，新規開発率と新規開発量の実績値と推計値の比較を図-7 に示す。新規開発率の現況再現性は高く，土地供給量の再現も相関係数が0.9と良好な結果を得た。

### 3. ファジィ立地均衡モデルによる施策評価

#### (1) 洪水リスクに対する合理的な立地分布への誘導策

対象地域では2002年に洪水ハザードマップが作成され，図-8に示すような洪水リスクの分布図が公開されている。本研究では洪水リスクに対する合理的な立地分布への誘導策として，①治水対策，②土地利用規制，③洪水リスク認知促進策という3種類の施策を取り上げ，ファジィ立地均衡モデルを用いて施策評価を行い，誘導策としての有効性を検討する。

治水対策としては，堤防補強等によって堤防破堤時の洪水氾濫量を減少させることにより，地域全体で均等に洪水リスクが3%，5%，10%，15%減少[CASE I～IV]することを想定した。土地利用規制は洪水リスク（想定浸水深）が4m以上のメッシュで土地供給量が5%，10%，20%，30%規制[CASE A～D]されると想定した。洪水リスク認知促進策では図-9[左]に示す[CASE 1]では「洪水リスク（想定浸水深）が7mなら危険である」という認識が「4mでも危険である」という認識に変更されることを想定した<sup>2)</sup>。図-9[右]に示す[CASE 4]では洪水リスクに対して楽観視することを想定した。具体的には「3mでやや危険である」という判断が「6mでやや危険である」という判断に変更されると想定した。その他，CASE 1と同様に危険である想定浸水深が5m，6mとなる場合をそれぞれCASE 2，3とした。



相関係数：0.978

図-7 新規開発量の実績値と推計値の比較

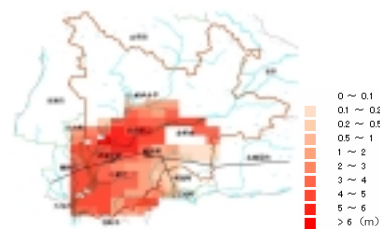


図-8 洪水リスクの分布

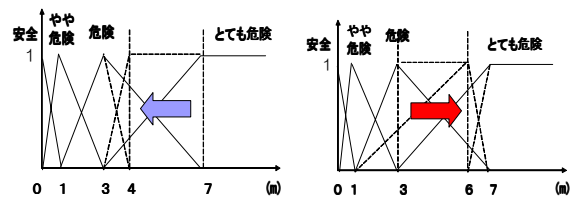


図-9 メンバシップ関数における洪水リスク認知変化の表現方法 CASE1[左]，CASE4[右]

#### (2) 立地変化量から見た施策効果の比較

治水対策と土地利用規制，洪水リスク認知促進策の施策効果を立地変化量の視点から比較する。図-10は治水対策[CASE III]の効果，土地利用規制[CASE B]の効果，洪水リスク認知促進策[CASE 1]の効果，洪水リスクに対して楽観視する[CASE 4]効果(施策の有無による立地変化量の差)について，全世代を合計した立地（人口）分布を示している。洪水リスクが正しく認知されることにより，洪水リスクの高い地区で人口が減少する結果となった。また，洪水リスクを楽観視する[CASE 4]においては危険な地区へ移転してしまう可能性があるという結果が得られた。

#### (3) 都市圏全体における洪水リスクの期待値の比較

2005年の施策なしを基準(=1)とし，施策を実施した場合の洪水リスクの期待値を図-11に示す。治水対策を実施すれば，当然のことながら期待値は下がる。土地利用規制を行えば，規制の割合に比例して若干では

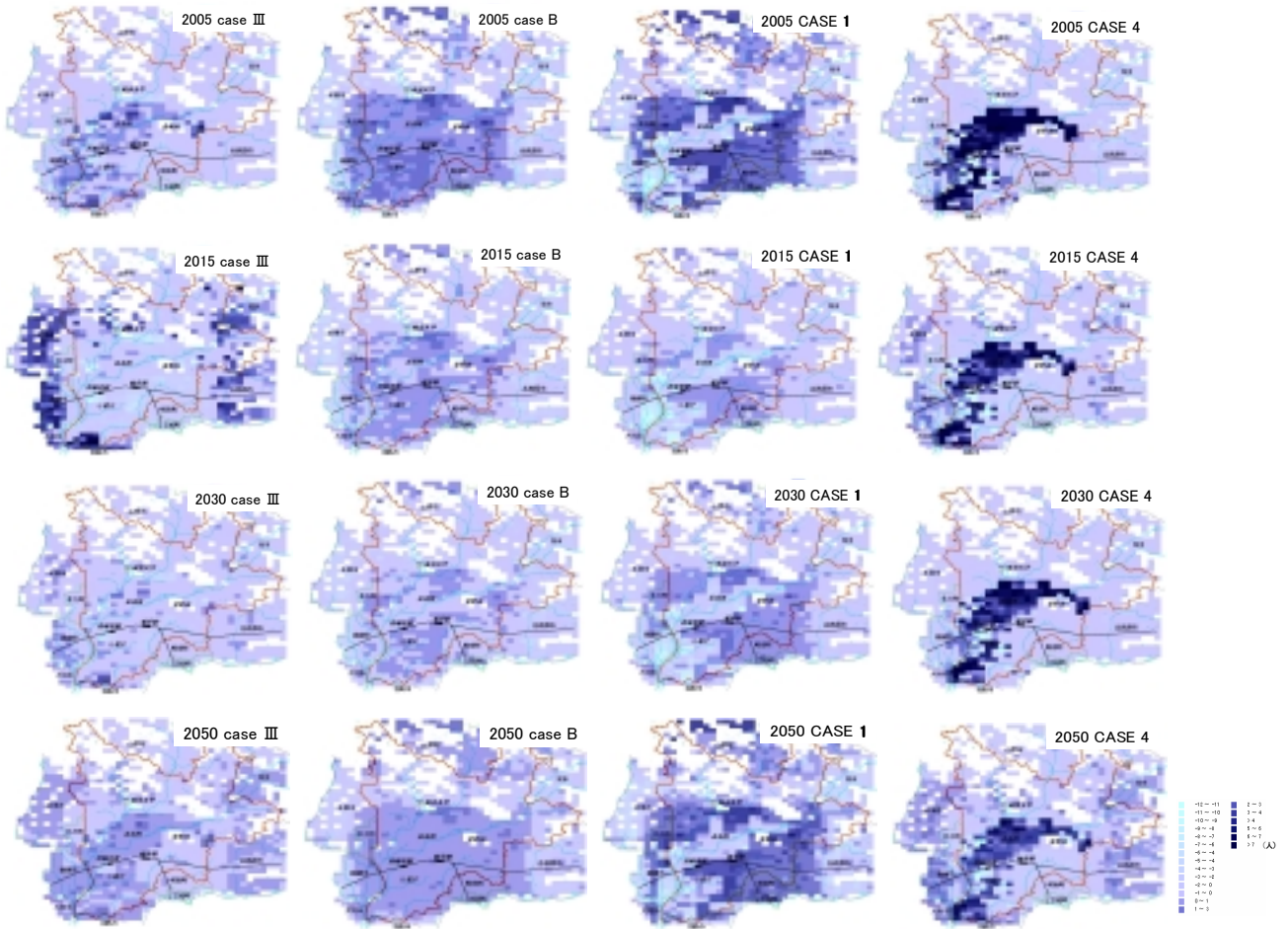


図-10 施策による立地量変化の差

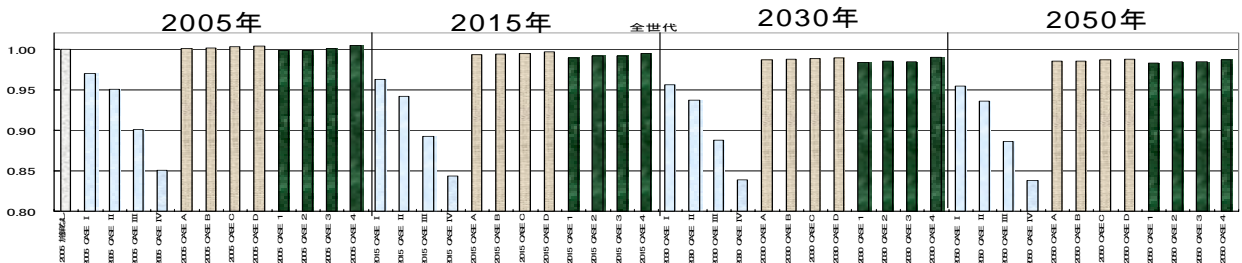


図-11 岐阜都市圏全体における洪水リスクの期待値

あるが期待値が上がるという結果が得られた。洪水リスク認知促進策[CASE 1~3]を行えば、若干であるが期待値は低減する結果となった。一方、洪水リスクに対して楽観的になると想定した場合、期待値は高くなった。

#### 4. おわりに

本研究の成果としては、①500mメッシュという詳細な立地分布を多期間に渡って世代別に推定できるモデルを開発したこと、②洪水リスクに対する合理的な立地分布に誘導するために、治水対策、土地利用規制、洪水リスク認知促進策を想定し、各施策の有効性を示したことである。特に、住民が洪水リスクを正しく認知すればリスク回避行動が促進され、住民自ら危険な地区から安全な地区に移転し、都市圏全体の洪水リス

クを低減させる可能性があることがわかった。具体的には1~2%の洪水リスク低減効果が生じている。これに対し、洪水リスクに対して楽観的になると都市圏全体の洪水リスクが高くなる。ゆえに、洪水リスクを正しく認知することは重要であり、それにより僅かながらでも都市圏全体の洪水リスクを減少させる可能性があるため、防災教育や情報提供などの洪水リスク認知促進策を実施することの重要性は高い。

#### 参考文献

- 1) 宮澤俊治・高木朗義・秋山孝正・大森貴仁：ファジィ推論とGISデータを用いた世代別立地均衡モデルの構築、土木計画学研究・論文集，Vol.21，pp211-220，Vol.23，2005。
- 2) NPO 法人レスキューストックヤード：災害時における障害弱者の支援・救援を考える会：できることからはじめよう～災害弱者防災ハンドブック～，2004。