

# 人口分布推計モデルを用いた津波リスク軽減施策の評価 —静岡県下田市を対象として—

## Evaluation of Tsunami Risk Reduction Measures Using a Population Distribution Estimation Model: A Case Study of Shimoda City, Shizuoka Prefecture

佐藤徹治研究室 22B2112 平田 航輝  
22B2118 前田 ななみ

### 1. はじめに

近年、大規模地震の発生リスクが高まっており、南海トラフ沿岸では、今後30年間のM8~9クラスの発生確率は60~90%程度以上と予測されている<sup>1)</sup>。さらに、九州から関東にかけての太平洋沿岸の広い地域で、10m以上の大津波の襲来が想定されている。その中でも、静岡県沿岸部に位置する下田市では、28mと高知県の34mに次ぐ高い津波高さが予想されている。そのため、多重防御を基本とした総合的な津波対策が必要である。

そこで、本研究では、都市内の年齢階層別、津波浸水深別のリスク指標を作成し、津波対策（津波タワーの増設や長期的な居住誘導）による下田市の津波被害リスクの軽減可能性を都市内人口分布推計モデルを用いて評価する。

### 2. 評価手法

#### 2.1 都市内人口分布推計モデル

津波高さや関連施策により津波高さが軽減されることが転居行動に影響を与えることを想定し、既往研究のモデルに津波想定浸水深を加味した。都市内人口分布推計モデルのフローを図-1に示す。

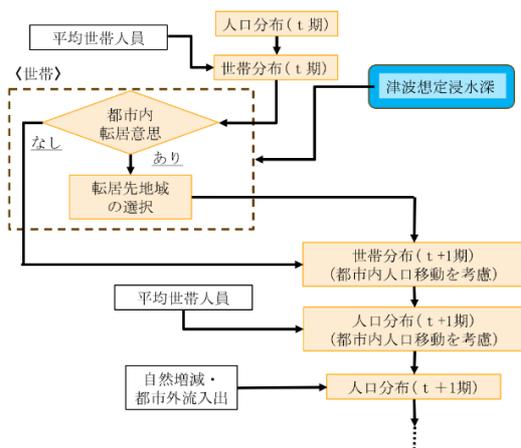


図-1 都市内人口分布推計モデルのフロー

各世帯の転居先ゾーンの選択確率は、世帯主の年齢階層別に転居先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。転居先ゾーンの選択確率を(1)式、各ゾーンの部分効用を(2)式に示す。

$$P_{i,g,t} = \frac{\text{EXP}(V_{i,g,t} + \tau_{i,g})}{\sum \text{EXP}(V_{i,g,t} + \tau_{i,g})} \quad (1)$$

$$V_{i,g,t} = f(r_{i,t}, F_{i,t}, \mathbf{Z}_{i,t}) \quad (2)$$

ここで、 $P$ は転居先ゾーン選択確率、 $V$ は部分効用、 $\tau$ はその他の効用、 $r$ は地代、 $F$ は想定浸水深、 $\mathbf{Z}$ はその他の各種要因ベクトル、 $i$ はゾーン、 $g$ は年齢階層、 $t$ は期を表す。

#### 2.2 津波リスク指標

津波リスク指標は、家屋の資産価値を考慮する「資産リスク指標」、避難に要する時間を考慮する「避難リスク指標」の2指標とする。

$$AR_i = \theta_{FD,i} \cdot A_i \quad (3)$$

$$ER_i = \sum_g (L_{g,i} \cdot v_g) \quad (4)$$

ここで、 $AR$ は資産リスク、 $\theta_{FD}$ は浸水深別重み係数、 $A$ は建物資産額、 $ER$ は避難リスク、 $L$ は想定死者数、 $v$ は一人あたりの価値、 $g$ は年齢階層を表す。

### 3. 部分効用関数のパラメータ推定

部分効用関数(2)式におけるその他の各種要因の候補は、既往研究を参考に、最寄り鉄道駅、最寄りバス停、食品スーパーまでの道路距離、およびこれらの対数変換とした。(2)式のパラメータ推定は、各ゾーンの2020年の居住確率、各説明変数の実態データを用いて最尤法(合計対数尤度が最大となるように変数選択・推定)により年齢階層別に行った。推定にはRを使用した。

地代はデータが存在しないため、代理変数として地価を用いた。各ゾーンの地価については、令和2年度地価公示データを用いて地価関数を推定し、推定された関数に各ゾーンの中心地点における説明変数の水準を代入して推計した。地価関数の推定結果を表-1に示す。

表-1 地価関数のパラメータ推定結果

変数	パラメータ	t値
最寄り駅までの道路距離	-3.277	-5.637**
建蔽率	243.662	3.192**
商業	16,387.72	1.721*
下田	15,980.75	2.836**
定数項	29,408.90	7.515
決定係数	0.74	

注) \*\*: 1%有意、\*: 5%有意。

商業: 用途地域が商業地域の場合1, 商業地域でない場合0をとるダミー。  
下田: 最寄り駅が下田駅の場合1, 他の駅の場合0をとるダミー。

(2)式の推定に際し、地価と想定浸水深が有意とならなかった場合には、年齢階層を一部統合して再推定することとした。(2)式的最終的な推定結果を表-2に示す。

表-2 部分効用関数のパラメータ推定結果

	説明変数	パラメータ	t値
0～64歳	最寄りバス停までの道路距離 (m)	-1.520E-3	-39.934**
	食品スーパーまでの道路距離 (m)	-2.867E-4	-34.943**
	LN (最寄り駅までの道路距離 (m))	-7.223E-6	-139.076**
	地価 (円)	-9.110E-6	-4.751**
	想定浸水深 (m)	-1.892E-2	-7.542**
	定数項		-3.846E-9
65歳～	LN (最寄り駅までの道路距離 (m))	-0.484	-25.535**
	食品スーパーまでの道路距離 (m)	-2.318E-4	-32.098**
	地価 (円)	-5.437E-6	-10.527**
	想定浸水深 (m)	-1.073E-2	-2.525**
	定数項		-1.550E-9

注) \*\*: 1%有意, \*: 5%有意。

## 4. シミュレーション分析

### 4.1 津波リスク軽減施策の設定

津波リスク軽減施策としては、施策実施範囲に転居する世帯に補助金を給布するソフト施策、避難タワーを増設し避難可能範囲を広げるハード施策を実施することとする。ソフト施策については、施策実施地域に転居した世帯は補助金分の地代負担が減少（可処分所得が増加）することを仮定する。補助金給付額については石川県輪島市と群馬県渋川市の居住誘導事業を参考に設定した。施策一覧とシミュレーションケースを表-3に示す。

表-3 施策一覧とシミュレーションケース

CASE	ソフト施策	ハード施策
0	—	—
A	補助金：100万円	—
B	補助金：300万円	—
1	—	津波タワー1棟増設
2	—	津波タワー2棟増設
A-1	補助金：100万円	津波タワー1棟増設
A-2	補助金：100万円	津波タワー2棟増設
B-1	補助金：300万円	津波タワー1棟増設
B-2	補助金：300万円	津波タワー2棟増設
C	補助金：800万円	—

ソフト施策の実施範囲は、下田市の立地適正化計画の居住誘導区域内かつ浸水深が1.3m以下の地域とした。

### 4.2 分析結果

構築した実証モデル、津波リスク指標を用いて、ケース0～Cにおける2025～2050年(5年おき)の人口分布、津波リスク分布の推計を行った。分析結果の例として、ケースCの人口分布のケース0と比較しての変化(2050年)を図-2に示す。

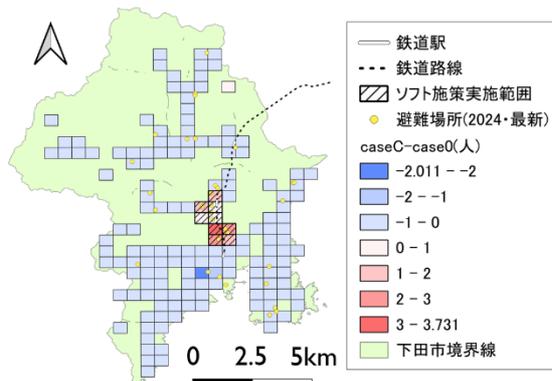


図-2 人口分布の変化 (2050年、ケースC-ケース0)

## 5. 津波リスク軽減施策評価・検討

施策実施による下田市全体の資産リスク、避難リスクの変化(2050年)をそれぞれ表-4、表-5に示す。

表-4 下田市全体の資産リスクの変化

	ケース0	346.7559億円	
ケース	資産リスク(億円)	ケース0差(億円)	ケース0比(%)
ケースA	347.0345	0.2786	0.0803
ケースB	346.6887	-0.0672	-0.0194
ケースC	346.5064	-0.2496	-0.0720

表-5 下田市全体の避難リスクの変化

	ケース0	16,842.5970億円	
ケース	避難リスク(億円)	ケース0差(億円)	ケース0比(%)
ケース1	11,851.4110	-4,991.1859	-29.6343
ケースA-1	11,850.7572	-4,991.8398	-29.6382
ケースA-2	9,101.2118	-7,741.3852	-45.9631
ケース2	9,102.0758	-7,740.5212	-45.9580
ケースB-1	11,850.2450	-4,992.3520	-29.6412
ケースB-2	9,101.4423	-7,741.1546	-45.9618

補助金給布による人口移動が小さいため、補助金800万円のケースCにおいても、人口分布に依存する資産リスクの減少は約0.07%に留まる結果となった。また、避難リスクは津波タワーを2棟増設することで大きく減少する結果となった。

## 6. まとめ

本研究では、都市内の年齢階層別、津波浸水深別のリスク指標を作成し、都市内人口分布推計モデルと併せた津波リスク分布の時系列推計手法を示した。また、下田市を対象に、津波被害軽減施策(長期的な居住誘導や津波タワーの増設)が2050年までの人口・津波リスク分布に及ぼす影響の推計を行った。分析の結果、ソフト施策(施策実施地域への転入世帯への補助金配布)、ハード施策(避難可能範囲を広げるタワー増設)ともに津波リスク軽減に効果があることが明らかになった。また、ハード施策はソフト施策と比較すると避難リスク軽減に大きな効果があることが示された。以上から、津波リスク分布軽減施策としては、ソフト施策よりもハード施策を優先して取り組む必要があることが示された。

本研究では、対象地域である下田市の総人口が比較的少ないことから、ソフト施策の実施範囲へ転入する世帯数も限定的であり、その結果として施策効果が十分に確認できなかった可能性がある。今後は、より人口規模の大きい都市を対象として同様のシミュレーション分析を繰り返し実施することで、より適切かつ効果的な施策の検討が可能になると考えられる。

## 参考文献

- 地震調査研究推進本部：南海トラフの地震活動の長期評価(第二版一部改訂)について  
[https://www.jishin.go.jp/main/chousa/25sep\\_nankai/nankai\\_gaiyou2\\_3.pdf](https://www.jishin.go.jp/main/chousa/25sep_nankai/nankai_gaiyou2_3.pdf) (最終閲覧：2025年9月28日)。