

都市計画論文

2025年11月15日(土) 13:20～14:40 会場⑤(交流棟402)

講演番号[55-58]

司会:山岡 俊一(豊田工業高等専門学校)

13:20～13:40

[55]

都市人口分布の津波避難安全性評価のためのメッシュベース最適津波避難モデル

○堀合 紳弥¹、奥村 誠¹ (1. 東北大学災害科学国際研究所)

13:40～14:00

[56]

防災施設「砂留」の保全活動と近隣住民の防災意識・行動との関連性に関する研究

樋口 輝久¹、○渡邊 詩穂¹、橋本 成仁¹ (1. 岡山大学)

14:00～14:20

[57]

阪神・淡路大震災における企業本社の移転モデルの提案

-移転前後での産業別・用途地域別の分析を通して-

○赤松 京佳¹、四井 早紀²、大津山 堅介²、廣井 悠² (1. 東京大学工学系研究科都市工学専攻、2. 東京大学先端科学技術研究センター)

14:20～14:40

[58]

都市計画的観点に基づく洪水浸水想定区域内人口増減の全国的な定量分析

洪水浸水想定区域内の人口増加は、どの都市計画上の地域でどれほど全国的に起こっているのか

○小林 孝¹、片山 茜²、林 洋一郎³、森川 裕貴³、波多野 由基³、菊池 雅彦⁴ (1. 東京都北区、2. 国土交通省、3. 日本工営株式会社、4. 埼玉大学大学院理工学研究科)

都市人口分布の津波避難安全性評価のためのメッシュベース最適津波避難モデル

A Mesh-based Optimal Tsunami Evacuation Model for Safety Evaluation of Urban Population Distribution

堀合紳弥*・奥村誠*
Shin-ya Horiai*, Makoto Okumura*

Evaluating the tsunami safety of population distribution is a critical concern; however, current methods employed by local authorities, which are based on evacuation distance limits, do not guarantee the feasibility of transportation during evacuations. This study aims to develop a mesh-based optimal tsunami evacuation model that considers the effects of traffic congestion. Through empirical calculations, we confirm two key points: a) this model can compute effective evacuation methods that enhance overall safety, and b) it can detect differences in safety that depend on traffic capacity distribution, even in population distributions where traditional evaluation distance limit method shows no differences. This demonstrates its applicability in assessing the safety of population distributions.

Keywords: *Safety Evaluation, Tsunami Disaster, Mesh-based Model, Optimization*

安全性評価, 津波災害, メッシュベースモデル, 最適化

1. はじめに

(1) 本研究の背景

将来の人口分布のあり方は、都市や地域の計画策定における基本的な検討事項である。高齢化による脆弱性の高まりと、防災投資のための財政力の低下が懸念される中で、危険地域からの撤退を含めた都市構造の変革を検討する上では、都市人口分布の自然災害への安全性を評価することの重要性はますます高まっている¹⁾。津波浸水想定区域内に港湾や水産などの産業が集積している沿岸部の都市では、浸水想定区域を「危険な場所」とみなして人々の滞在や居住を禁止することには無理がある。そこで浸水想定区域内であっても、津波浸水想定時刻までに安全に避難できるという場所も「安全な場所」とみなして安全性の評価し、引き続き土地利用と人口の存在を認めるのが実際的である。

沿岸自治体におけるこれまでの津波避難計画では、歩行者や自動車の避難速度に一定値を設定し、津波浸水想定時刻までの移動可能距離に基づく範囲を算出して、その範囲内を避難可能地域とみなすことが多かった。しかし、その方法では、歩行者と自動車が混在して避難速度が低下する危険性は考慮されず、物理的に実現可能であるかどうかが不明であるという問題がある。

(2) 津波安全性評価と既往研究

従来、「交通の教則」により、津波避難における自動車の利用は禁止されていたが、2011年東日本大震災や2016年福島県沖地震では多くの地域で自動車避難が行われた。各地で渋滞が多発したが、距離的に徒歩避難が不可能な地域も多いことも明らかとなった。その後、地震津波想定改訂を受け、自動車避難をとり入れた津波避難計画を作成する自治体も増加しているが、前述したように距離に基づく

簡便な安全性の評価にとどまり、交通渋滞や歩車の相互作用などの悪影響は考慮されていない。

道路渋滞を考慮した避難交通に関する研究として、歩車の相互作用を詳細に表現できるエージェントベースのシミュレーションモデル²⁾の開発は進んでいるが、人口分布の安全性評価に適用するには人口分布に対応するエージェントを生成してシミュレーションを繰り返す必要があり、計算コストが大きい。また、道路ネットワーク上で、渋滞の発生を回避する交通パターンを求める数理最適化モデルも開発されており^{3,4)}、時間帯や平休日、季節により変化する人口分布に対応できる避難経路の集合を求める試みもなされているが⁵⁾、地域メッシュ単位で与えられた人口をネットワーク上に再配分する作業が必要であり、やはり計算コストが大きい。

人口分布を扱うには、ネットワークではなく地域メッシュをベースとすることが望ましいが、交通渋滞を考慮したメッシュベースのモデルの最適避難モデルは洪水からの自動車避難を対象とする増田ら(2023)⁶⁾に限られ、歩車混在下の津波避難を対象としたものは見られない。

(3) 本研究の目的

本研究では、今後の中・長期的な都市計画において所与の人口分布の津波安全性の評価に用いるために、理想的な条件下で物理的な実現可能性を保証しつつ最も効率的な津波避難のあり方を求める最適化モデルを構築する。時間帯や平休日、さらには季節により変化する都市内の人口分布を扱うために、多くの人口データが準拠している地域4次メッシュ(1辺約500m)を空間単位とする。

このモデルの主眼は、安全性が低い初期の人口分布から、安全性の高い分布に迅速に移行させていくためのメッシュ間の人口移動を求めることにあり、道路空間上の交通流の

*正会員 東北大学災害科学国際研究所(International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University)

実現可能性に関する物理的な条件を考慮できる構造として
いる。一方で以下の計算例では、理想的な条件下のパラメ
ータ値や概算値を用いており、本モデルの計算結果を直接
的に実際の避難計画に用いる意図はない。

構築した最適化モデルが都市人口分布の安全性評価に適
用できることを確認するため、実証計算を通して、a)この
モデルによって、全体的として安全性の高い避難方法が計
算できること、b)従来の簡便な評価方法では違いが見ら
れない人口分布でも、このモデルにより交通容量の分布に依
存する安全性の違いを検出できること、の2点を示す。

2. メッシュベース最適津波避難モデルの構築

(1) モデルの基本的な考え方

本研究では、人口集計単位として多く用いられている地
域メッシュをベースとする最適津波避難モデルを構築する。
交通工学の知見を踏まえ、自動車と歩行者が混在し、互い
の移動速度を低下させる相互作用を考慮して、メッシュ間
移動の実行可能性を保障する。また、今後の高齢化などに
より地域内の歩行困難者がさらに増加することを鑑みて、
1 台の自動車に複数回にわたり歩行者を乗降させるピック
アップ行動を表現できるようにする。

そこで避難主体として、自動車を運転する運転者、運転
者に同乗する同乗者、歩行者の3モードを考え、避難途中
の同乗者と歩行者間の移行を可能とする。各メッシュには、
図-1 に示すように、自動車と歩行者が移動する道路部分、
歩行者が自動車に乗降する道路外部分、津波避難ビルや避
難タワーに代表される避難場所部分の3つの部分を考える。
本研究では、時点 t においてメッシュ i に存在する1人の避
難者が津波に被災する確率(以下「津波被災確率」) R_t^i をメ
ッシュ i での時点 t までの最大浸水深を用いて、

$$R_t^i = 1 / \{1 + \exp(-30 * (\text{時点 } t \text{ 以前の最大浸水深} - 0.3))\}$$

と設定する。これは、浸水すると身動きができなくなり、
避難行動が取れなくなる⁷⁾とされている浸水深 0.3m 付近
を境に0から1に数値が急上昇するロジック関数である。
なお津波遡上開始以前の $t \leq t_1 = 30$ は被災の可能性は
なく、全メッシュの津波被災確率の値を0とし、津波遡上
開始後の $t > t_1 = 30$ の時点では、浸水区域内メッシュの
避難場所部分と浸水区域外メッシュは安全であると考えて、
津波被災確率の値を0とおく。

時点 t における津波被災確率と滞在者数の積を地域内で
足し合わせたものは、その時点で発生する新たな犠牲者の
期待値となる。これに基づき、2種類のリスク評価値を定
義する。まず、所与の人口分布を固定してその後の期待値
を累積し、津波の第一波到達から終了までの時間で除した
値を「静的リスク評価値」と定義する。これは、所与の人口
分布のまま避難を行わない場合の犠牲者数の期待値を意味
する。

さらに所与の人口分布から徐々に分布を変化させた場合
に変化していく犠牲者の期待値の和をとり、同様に第1波
到達から終了までの時間で除した値を「動的リスク評価値」

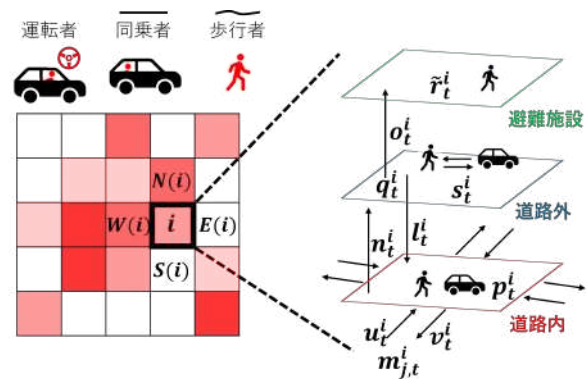


図-1 メッシュおよび変数の考え方

と定義する。これは、所与の人口分布から避難を行った場
合の犠牲者数の期待値を意味する。本モデルでは「動的リ
スク評価値」を最小とするような人口分布の推移パターン
を求めることとする。

(2) モデルの変数

本モデルで用いる集合・変数・パラメータを表-1 に示す。
本モデルの主要な変数は、各地域メッシュの道路内、道路
外部分における期ごと(地震発生からの津波第一波の浸水
終了までの1分ごと)の運転者、同乗者、歩行者の存在数
と、避難場所の滞在数である。またこれらの人数を変化さ
せる期ごとの地域メッシュ(道路内部分)間の移動量、同
一地域メッシュ内の道路内外部分相互の運転者、同乗者、
歩行者移動量、道路外部分から避難場所部分への歩行者の
移動量、および道路外部分における自動車からの乗降者数
を変数として扱う。

(3) モデルの定式化と数値計算法

本モデルの定式化を表-2 に示す。

式(1)は目的関数であり、動的リスク評価値(第1項)のほ
かに、浸水区域外の無駄な移動と無駄な乗車に対するペナ
ルティ(第2項)を加えて最小化する。式(2)~(11)はメッシュ
内の各モードの保存則である。式(12)~(17)はメッシュ間
の交通の連続式である。式(18)~(22)は自動車への同乗者数
が乗車可能人数を超えない制約である。式(23) (24)は自動車
(運転者)と歩行者それぞれの道路内部分のフロー容量制約
を示す。式(25)(26)は自動車(運転者)と歩行者の混在を表現
した収容制約であり、各モードの存在量が多いほど、互い
のモードの道路内への流入と流出が小さくなる。式(27)(28)
はメッシュの道路外部分の車両収容容量の制約で、避難場
所を有するメッシュではその駐車容量を加算している。式
(29) (30)は自動車と歩行者それぞれの道路外部分へのフロ
ーに対する容量制約である。式(31)(32)は避難場所を有する
メッシュにおいて歩行者が避難場所へ入場するフローの制
約と避難場所の収容容量制約を表す。式(33)~(37)は各モー
ドの移動には出発準備時間が必要であるため、地震発生後
一定の時間経過するまでは移動がなされないことを表す。

式(38)~(40)は各期首に存在した自動車数を上回る移動
が不可能であることを意味する制約式、式(41) ~ (45)は同

乗者と歩行者に関する同様の制約である。ただし式(43)では歩行者が1期(1分間)に80mしか移動できないことを反映する係数を考慮している。式(46)(47)は運転者、歩行者それぞれのメッシュ通過に要する時間制約を表現するために、メッシュ流入後一定時間メッシュに滞在させる制約である。式(48)(49)は自動車への乗降に要する時間を、道路外部分に一定時間以上滞在させることで表現する。式(50)は避難場所への入場に時間を要することを表す。式(51)は避難場所のない浸水域内のメッシュでの同乗者の降車を制限している。式(52)は所与のメッシュごとの初期人口が運転者と歩行者に分割されて道路外部分に与えられるという初期条件である。式(53)(54)は、運転者数の上限、式(55)は同乗者数の下限を示し、後者は徒歩困難者数に対応する。

以上、本モデルの各変数は非負の連続変数であり、目的関数、制約式が全て一次式のため、本モデルは線形計画モデルとして一般的な数値計画ソルバーで数値的に最適解を求めることができる。

3. 実証計算による人口分布安全性評価への適用性の確認

(1) 実証計算の目的

本モデルが都市人口分布の安全性評価に適用できることを確認するため、青森県八戸市の市街地を対象とする実証計算を行い、a)各避難者が最短距離で避難する場合に比べて、本モデルによって、交通混雑を避け、全体的としてより安全性の高い避難方法が計算できることを示す。つぎに、b)移動可能距離では安全性が同等な人口分布でも、交通容量との空間的な関係の違いに基づく安全性の違いを本モデルによって検出できることを示す。

(2) 青森県八戸市での計算条件

実証計算の対象地域として、青森県八戸市の中心市街地を選定した。想定する津波ハザードは、日本海溝地震モデルによる津波であり、この地域では地震発生後30分から60分の間に第1波による浸水が広がると予想されている。八戸市の津波避難計画では地震による橋梁の被災の可能性を踏まえて、橋梁を経由しない経路で避難させることとしていることに習い、本研究では、図-2に示す馬淵川と新井田川に挟まれた八戸市中心市街地における想定浸水域内に着目して、それらを含む77個の地域メッシュと内陸側浸水域外の107個の地域メッシュを合わせた合計284個の地域メッシュを計算対象とする。この地域の浸水域内には44,050人(2020年国勢調査)が居住しており、図-2に示すような夜間人口分布となっている。本研究ではこの人口分布を「基準人口分布」と呼ぶこととする。なお、以下の地図において、2つの河川の外側の計算対象としない地域

表-1 モデルで用いる集合・変数・パラメータ	
集合	
T	期(地震発生時刻からの経過分)の集合 $\{0, \dots, t_2\}$
A	メッシュの集合
A_a	浸水域内避難場所を持つメッシュの集合
A_b	浸水域内避難場所のないメッシュの集合
A_c	浸水域外のメッシュの集合
A_i	メッシュ i に隣接するメッシュの集合
$N(i), S(i)$	メッシュ i の道路上で
$W(i), E(i)$	北、南、西、東側に隣接するメッシュ
変数	
$p_t^i, \bar{p}_t^i, \tilde{p}_t^i$	道路内に存在する運転者、同乗者、歩行者数
$q_t^i, \bar{q}_t^i, \tilde{q}_t^i$	道路外に存在する運転者、同乗者、歩行者数
$\tilde{r}_t^i$	避難場所に存在する歩行者数
$u_t^i, \bar{u}_t^i, \tilde{u}_t^i$	道路内に流入する運転者、同乗者、歩行者数
$v_t^i, \bar{v}_t^i, \tilde{v}_t^i$	道路内で流出する運転者、同乗者、歩行者数
$m_{j,i}^i, \bar{m}_{j,i}^i, \tilde{m}_{j,i}^i$	メッシュ間を移動する運転者、同乗者、歩行者数
$l_t^i, \bar{l}_t^i, \tilde{l}_t^i$	道路外から道路内に移動する運転者、同乗者、歩行者数
$n_t^i, \bar{n}_t^i, \tilde{n}_t^i$	道路内から道路外に移動する運転者、同乗者、歩行者数
$\tilde{o}_t^i$	道路外から避難場所に移動する歩行者数
$s_t^i, \bar{s}_t^i, \tilde{s}_t^i$	降車する運転者数、同乗者数、乗車する歩行者数
パラメータ(本論文での設定値)	
t_1	地震発生から津波第1波到達開始までの期(31)
t_2	地震発生から津波第1波到達完了までの期(60)
θ	自動車の平均乗車可能人数(4)
R_t^i	津波被災確率(0~1, メッシュ・期毎)
H^i	道路の収容容量(0~1300, メッシュ毎)
δ^i	渋滞流と自由流の密度波速度の比(0.9)
τ_1, τ_2	自動車・徒歩での避難準備に要する時間(25,15)
τ_3, τ_4	自動車の乗降、避難場所入場に要する最小時間(3,2)
ϵ_1, ϵ_2	自由流状態の自動車、歩行者のメッシュ通過時間(1,6)
ξ^i, η^i	運転可能者(0.35)、徒歩困難者(0.15~0.23)の割合
e_h^i	歩行者と自動車の占有空間の比(1/6)
C_j^i	移動のフロー容量
D^i	各メッシュの初期人口(0~1707, メッシュ毎)
E^i	道路外に駐車可能な自動車台数(0~2309, メッシュ毎)
$\tilde{F}^i$	避難場所に収容可能な人数(59~2309, メッシュ毎)

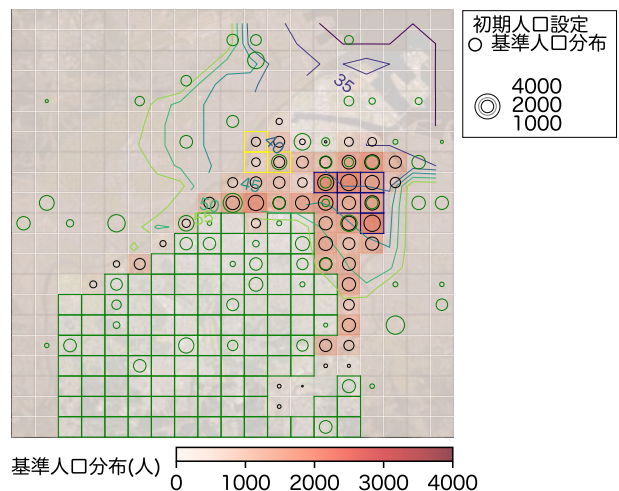


図-2: 基準人口分布と津波遡上時間の等高線

表-2 モデルの定式化

目的関数		避難前の出発準備時間制約	
$\min \frac{1}{t_2-t_1} \sum_{t \in T} \sum_{i \in A} R_t^i \left\{ \left(p_t^i + \overline{p}_t^i + \widetilde{p}_t^i \right) + \left(q_t^i + \overline{q}_t^i + \widetilde{q}_t^i \right) \right\} +$ $\frac{1}{1000} \sum_{t=0}^{t_2-1} \sum_{i \in A_d} \left[\sum_{j \in A_i} \left(m_{j,t}^i + \overline{m}_{j,t}^i + \widetilde{m}_{j,t}^i \right) + \widetilde{s}_t^i \right] \quad (1)$		$l_t^i = 0, \quad \forall t \in \{0, \dots, \tau_1 - 1\}, \forall i \in A \quad (33)$	
		$\widetilde{l}_t^i = 0, \quad \forall t \in \{0, \dots, \tau_2 - 1\}, \forall i \in A \quad (34)$	
		$\widetilde{o}_t^i = 0, \quad \forall t \in \{0, \dots, \tau_2 + 1\}, \forall i \in A_a \quad (35)$	
		$\widetilde{s}_t^i = 0, \quad \forall t \in \{0, \dots, \tau_1 - 2\}, \forall i \in A \quad (36)$	
		$\overline{s}_t^i = 0, \quad \forall t \in \{0, \dots, \tau_1 + 1\}, \forall i \in A \quad (37)$	
メッシュの保存則 (道路内) ($\forall t \in \{0, \dots, t_2 - 1\}$)		移動量の上限制約 ($\forall t \in T$)	
$p_t^i + u_t^i - v_t^i + l_t^i - n_t^i = p_{t+1}^i, \quad \forall i \in A \quad (2)$		$v_t^i + n_t^i \leq p_t^i, \quad \forall t \in T, \forall i \in A \quad (38)$	
$\overline{p}_t^i + \overline{u}_t^i - \overline{v}_t^i + \overline{l}_t^i - \overline{n}_t^i = \overline{p}_{t+1}^i, \quad \forall i \in A \quad (3)$		$l_t^i + s_t^i \leq q_t^i, \quad \forall t \in T, \forall i \in A_a \quad (39)$	
$\widetilde{p}_t^i + \widetilde{u}_t^i - \widetilde{v}_t^i + \widetilde{l}_t^i - \widetilde{n}_t^i = \widetilde{p}_{t+1}^i, \quad \forall i \in A \quad (4)$		$l_t^i \leq q_t^i, \quad \forall t \in T, \forall i \in A_b \quad (40)$	
メッシュの保存則 (道路外) ($\forall t \in \{0, \dots, t_2 - 1\}$)		$\overline{v}_t^i + \overline{n}_t^i \leq \overline{p}_t^i, \quad \forall t \in T, \forall i \in A \quad (41)$	
$q_t^i - l_t^i + n_t^i - s_t^i = q_{t+1}^i, \quad \forall i \in A_a \quad (5)$		$\overline{l}_t^i + \overline{s}_t^i \leq \overline{q}_t^i, \quad \forall t \in T, \forall i \in A \quad (42)$	
$\overline{q}_t^i - \overline{l}_t^i + \overline{n}_t^i - \overline{s}_t^i = \overline{q}_{t+1}^i, \quad \forall i \in A_a \quad (6)$		$500/80 \overline{v}_t^i + \overline{n}_t^i \leq \overline{p}_t^i, \quad \forall t \in T, \forall i \in A \quad (43)$	
$\widetilde{q}_t^i - \widetilde{l}_t^i + \widetilde{n}_t^i - \widetilde{o}_t^i + \widetilde{s}_t^i - \widetilde{s}_t^i + \widetilde{s}_t^i = \widetilde{q}_{t+1}^i, \quad \forall i \in A_a \quad (7)$		$\widetilde{l}_t^i + \widetilde{o}_t^i + \widetilde{s}_t^i \leq \widetilde{q}_t^i, \quad \forall t \in T, \forall i \in A_a \quad (44)$	
$\widetilde{r}_t^i + \widetilde{o}_t^i = \widetilde{r}_{t+1}^i, \quad \forall i \in A_a \quad (8)$		$\widetilde{l}_t^i + \widetilde{s}_t^i \leq \widetilde{q}_t^i, \quad \forall t \in T, \forall i \in A_b \quad (45)$	
$q_t^i - l_t^i + n_t^i = q_{t+1}^i, \quad \forall i \in A_b \quad (9)$		メッシュ間通過時間, 道路外乗降時間制約	
$\overline{q}_t^i - \overline{l}_t^i + \overline{n}_t^i + \widetilde{s}_t^i - \overline{s}_t^i = \overline{q}_{t+1}^i, \quad \forall i \in A_b \quad (10)$		$p_t^i \geq \sum_{s=1}^{\epsilon_1} u_{t-s}^i, \quad \forall t \in \{\epsilon_1, \dots, t_2\}, \forall i \in A \quad (46)$	
$\widetilde{q}_t^i - \widetilde{l}_t^i + \widetilde{n}_t^i - \widetilde{s}_t^i + \widetilde{s}_t^i = \widetilde{q}_{t+1}^i, \quad \forall i \in A_b \quad (11)$		$\widetilde{p}_t^i \geq \sum_{s=1}^{\epsilon_2} \overline{u}_{t-s}^i, \quad \forall t \in \{\epsilon_2, \dots, t_2\}, \forall i \in A \quad (47)$	
メッシュ間交通の連続式 ($\forall t \in T$)		$q_t^i \geq \sum_{s=1}^{\tau_3} n_{t-s}^i, \quad \forall t \in \{\tau_3, \dots, t_2\}, \forall i \in A \quad (48)$	
$u_t^i = m_{N,t}^{S(i)} + m_{S,t}^{N(i)} + m_{W,t}^{E(i)} + m_{E,t}^{W(i)}, \quad \forall i \in A \quad (12)$		$\widetilde{q}_t^i \geq \sum_{s=1}^{\tau_3-1} \overline{n}_{t-s}^i, \quad \forall t \in \{\tau_3 - 1, \dots, t_2\}, \forall i \in A_b \quad (49)$	
$\overline{u}_t^i = \overline{m}_{N,t}^{S(i)} + \overline{m}_{S,t}^{N(i)} + \overline{m}_{W,t}^{E(i)} + \overline{m}_{E,t}^{W(i)}, \quad \forall i \in A \quad (13)$		$\widetilde{q}_t^i \geq \sum_{s=1}^{\tau_4} \overline{n}_{t-s}^i, \quad \forall t \in \{\tau_4, \dots, t_2\}, \forall i \in A_a \cup A_c \quad (50)$	
$\widetilde{u}_t^i = \widetilde{m}_{N,t}^{S(i)} + \widetilde{m}_{S,t}^{N(i)} + \widetilde{m}_{W,t}^{E(i)} + \widetilde{m}_{E,t}^{W(i)}, \quad \forall i \in A \quad (14)$		避難場所のない浸水区域内メッシュでの同乗者降車禁止の制約	
$v_t^i = m_{N,t}^i + m_{S,t}^i + m_{W,t}^i + m_{E,t}^i, \quad \forall i \in A \quad (15)$		$\overline{s}_t^i \leq 0, \quad \forall t \in T, \forall i \in A_b \quad (51)$	
$\overline{v}_t^i = \overline{m}_{N,t}^i + \overline{m}_{S,t}^i + \overline{m}_{W,t}^i + \overline{m}_{E,t}^i, \quad \forall i \in A \quad (16)$		初期条件	
$\widetilde{v}_t^i = \widetilde{m}_{N,t}^i + \widetilde{m}_{S,t}^i + \widetilde{m}_{W,t}^i + \widetilde{m}_{E,t}^i, \quad \forall i \in A \quad (17)$		$q_0^i + \widetilde{q}_0^i = D^i (given), \quad \forall i \in A \quad (52)$	
同乗者数の上限制約 ($\forall t \in T$)		$q_0^i \leq \xi^i D^i, \quad \forall i \in A \quad (53)$	
$\overline{m}_{j,t}^i \leq m_{j,t}^i (\theta - 1), \quad \forall i \in A, \forall j \in A_i \quad (18)$		$\sum_{t=0}^{t_2} l_t^i \leq q_0^i, \quad \forall i \in A \quad (54)$	
$\overline{l}_t^i \leq l_t^i (\theta - 1), \quad \forall i \in A \quad (19)$		$q_0^i + \sum_{t=0}^{t_2} \widetilde{l}_t^i \leq (1 - \eta^i) D^i, \quad \forall i \in A \quad (55)$	
$\overline{n}_t^i \leq n_t^i (\theta - 1), \quad \forall i \in A \quad (20)$		操作変数の非負制約 ($\forall t \in T, \forall i \in A, \forall j \in A_i, \forall h \in A_a$)	
$\overline{p}_t^i \leq p_t^i (\theta - 1), \quad \forall i \in A \quad (21)$		$p_t^i, q_t^i, u_t^i, v_t^i, m_{j,t}^i, l_t^i, n_t^i \geq 0,$	
$\overline{q}_t^i \leq q_t^i (\theta - 1), \quad \forall i \in A \quad (22)$		$\overline{p}_t^i, \overline{q}_t^i, \overline{u}_t^i, \overline{v}_t^i, \overline{m}_{j,t}^i, \overline{l}_t^i, \overline{n}_t^i \geq 0,$	
道路内のメッシュ間フロー容量制約 ($\forall t \in T$)		$\overline{p}_t^i, \overline{q}_t^i, \overline{u}_t^i, \overline{v}_t^i, \overline{m}_{j,t}^i, \overline{l}_t^i, \overline{n}_t^i, \overline{o}_t^i \geq 0,$	
$m_{j,t}^i \leq C_j^i, \quad \forall i \in A, \forall j \in A_i \quad (23)$		$s_t^i, \widetilde{s}_t^i, \widetilde{s}_t^i \geq 0$	
$\widetilde{m}_{j,t}^i \leq \widetilde{C}_j^i, \quad \forall i \in A, \forall j \in A_i \quad (24)$		道路外へのフロー容量制約 ($\forall t \in \{0, \dots, t_2 - 1\}$)	
$u_t^i + e_h^i \widetilde{u}_t^i \leq \delta^i \{H^i - p_t^i - e_h^i \widetilde{p}_t^i\}, \quad \forall i \in A \quad (25)$		$n_t^i \leq C_n^i, \quad \forall i \in A_a \quad (29)$	
$v_t^i + e_h^i \widetilde{v}_t^i \leq \delta^i \{H^i - p_t^i - e_h^i \widetilde{p}_t^i\}, \quad \forall i \in A \quad (26)$		$\widetilde{n}_t^i \leq \widetilde{C}_n^i, \quad \forall i \in A_a \quad (30)$	
道路外の車両収容容量制約 ($\forall t \in T$)		避難場所の歩行者フロー容量, 収容容量制約 ($\forall t \in T$)	
$q_t^i - q_0^i + \sum_{s=0}^{t-1} s_s^i \leq E^i, \quad \forall i \in A_a \quad (27)$		$\widetilde{o}_t^i \leq \widetilde{C}_o^i, \quad \forall i \in A_a \quad (31)$	
$q_t^i - q_0^i \leq E^i, \quad \forall i \in A_b \quad (28)$		$\widetilde{r}_t^i \leq \widetilde{F}^i, \quad \forall i \in A_a \quad (32)$	

は灰色で着色している。また内陸側浸水区域外の地域メッシュの枠線を緑色で表示している。

実証計算では、尾崎ら(2024)⁸⁾が日本工営株式会社の津波解析コードにより実施した浸水深の数値計算結果を使用して、期ごとの各メッシュの津波被災確率 R_i^t を与える。図-2 中の実線は浸水深が 0.3m を超える期の等高線を示している。

道路の交通容量に関するパラメータを得るために、各メッシュ内の道路長と道路交差数、メッシュ間の道路本数をオープンデータソースの Open Street Map から取得した。それらから道路の収容容量 H_i 、自動車(運転者)、歩行者のメッシュ間のフロー容量 C_{ij} 、 $\overline{C}_{ij}$ をそれぞれ、

$$H_i = \frac{(\text{メッシュ内道路長}) \times (\text{自動車最大密度} = 1/6 \text{ 台/m})}{1 + \log_{10}(\text{メッシュ内道路交差数})}$$

$$C_{ij} = (\text{メッシュ } i, j \text{ 間の道路本数}) \times (1 \text{ 分間通過車両数} = 20 \text{ 台}),$$

$$\overline{C}_{ij} = (\text{メッシュ } i, j \text{ 間の道路本数}) \times (1 \text{ 分間通過人数} = 40 \text{ 人})$$

と設定した。車両の通過台数は、愛知県が実施した津波避難シミュレーション⁹⁾での速度(30km/h)を参考とし、車頭間隔 25m の車が 500m メッシュを一分間で通過できる台数を設定した。実際に計算対象メッシュに設定した道路の収容容量を図-3 に示す。浸水時期が t=35 から 40 分の等高線に沿う地域に着目すると、青色の枠で囲んだ東側の地域メッシュの道路容量が大きいのに比べ、橙色の枠で囲んだ西側の地域メッシュの道路容量が小さいことが確認できる。

避難場所として、八戸市の指定避難所の中で津波避難時に利用可能と明記されている避難場所を取り上げ、収容人数をメッシュごとに集計して当該メッシュの収容人数 F_i および駐車車可能台数 E_i とした。

この他、自動車の定員を一般的な乗用車の定員から 4 人とし、自由流状態の運転者、歩行者の移動速度をそれぞれ 30km/h、5km/h とする。運転者、歩行者の出発準備時間は東日本大震災の実績値を基にそれぞれ 25 分、15 分とする。運転可能者の割合は八戸市の人口当たり自家用車数の 0.35 とし、徒歩困難者の割合は、年齢別の要介護率、未就学児の割合等を考慮してメッシュ毎に 0.15~0.23 の値を与える。

なお、以上の設定値では、どの地域メッシュにおいても歩行困難者を最初に乗せ切るだけの運転者と車両が存在するため、複数回のピックアップ行動は生じない。

(2)「最寄避難」の設定と計算方法

本モデルによる最適解を「最適避難」と呼ぶ。一方、現在自治体が提供しているハザードマップなどの情報を頼りに、避難者各自が最寄りの浸水区域外や避難場所に移る場合の解を「最寄避難」と呼び、両者のリスク評価値を比較する。

最寄避難は、本モデルに、第一波到達完了 ($t_2 = 60$) までに避難者全員が避難場所または浸水域外に移動し終えるという制約を付け加え、道路上の移動量の和を目的関数として最小化する。つぎに、その移動量を制約として本モデルに付け加え、本来の目的関数である動的リスク評価値を最小化することで計算できる。本モデルでは、車両や歩行

者が途中で津波に遭遇した場合でも動き続けるものとして計算するため、上記の移動終了条件は安全な避難の終了を意味しない。避難の安全性は、各時点の人口分布に津波遭遇確率をかけた「動的リスク」として計算される移動中の被災者数の期待値を用いて評価する必要がある。

(3) 最適避難と最寄避難の比較

同一の基準人口分布を与え、最適避難と最寄避難の計算結果を比較する。基準人口分布の静的リスク評価値は 2.1×10^4 であり、避難を行わなければ夜間人口 44,050 人の半数弱の犠牲が予測される。最寄避難における動的リスク評価値は 2.1 人で犠牲者の期待値は十分小さくなるが、最適避難ではさらにその 12 分の 1 に当たる 0.18 人にまで抑えることができることがわかる。

最適避難と最寄避難の静的リスク評価値の時間推移を

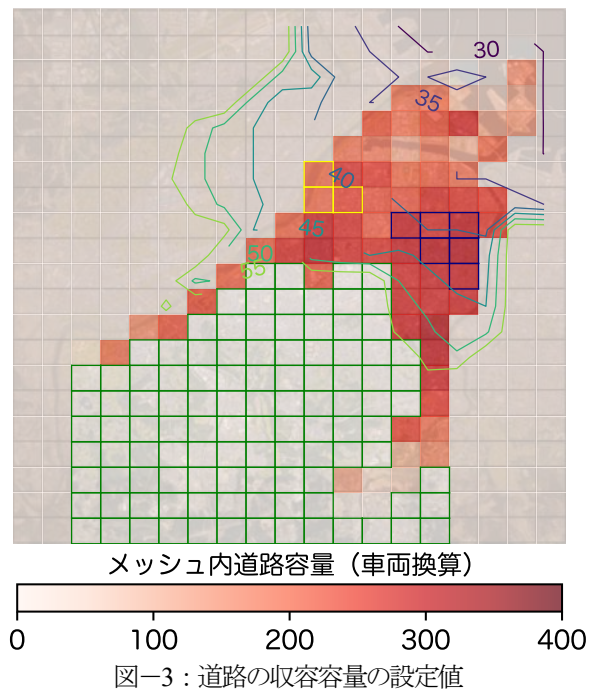


図-3：道路の収容容量の設定値

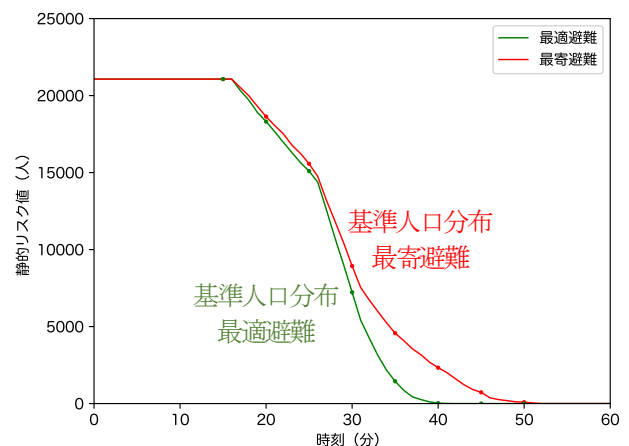


図-4：基準人口分布の最適避難と最寄避難による静的リスク評価値の推移

図-4 に示す。いずれも歩行者が避難開始する $t=16$ からリスク評価値が減少し始め、運転者が避難開始する $t=26$ から減少率が大きくなっているが、時間経過に伴い、最寄避難に比べて最適避難の値が大きく低下している。

メッシュ毎の道路内延べ移動者数を比較すると、図-5 の最寄避難では一部のメッシュに避難者が集中しているが、図-6 の最適避難では浸水区域内外の境界に広く分散している。このように、最適避難ではのちの時間の渋滞を防ぎ

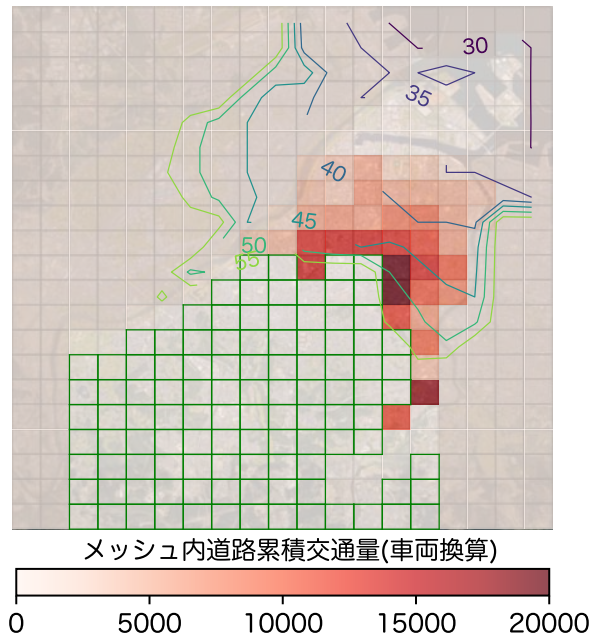


図-5：基準人口分布の最寄避難による道路内延べ移動者数

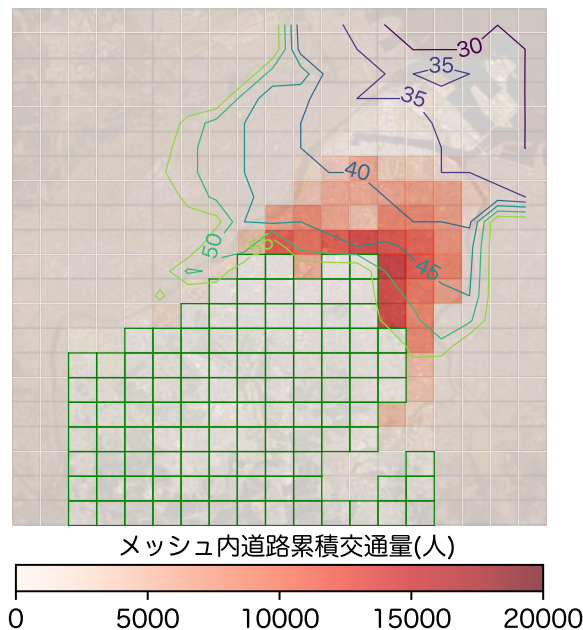


図-6：基準人口分布の最適避難による道路内延べ移動者数

静的リスク評価値を抑えるように交通を分散させている。

以上から本モデルでは、歩車混合の影響を踏まえ、安全な人口分布に素早く変化させるような理想的な避難を最適解として計算できていることが確認できた。

(4) 異なる人口分布の安全性の違いの検出

避難距離は同等であるが交通条件に差がある人口分布に対して、本モデルによって安全性の差異を検出できることを確認する。図-7 のような「比較人口分布」を設定し図-2 の基準人口分布と最適避難の比較を行う。これは、図-3 において、青色の枠で囲んだ道路容量が大きい地域メッシュの人口を、橙色の枠で囲んだ道路容量が小さい地域メッシュに移動させたもので、浸水のタイミングの点では差がなく静的リスク評価値は同等で、従来の非浸水域までの距離に基づく評価方法でも安全性は同等となる。

本モデルの最適避難による動的リスク評価値は、0.18 と 0.26 のように異なる値が計算された。図-8 に静的リスク評価値の時間的推移を比較している。両者とも時間経過に伴い静的リスクは低下するが、基準人口分布の方が低下速度は大きい。図-9 に示した比較人口分布の道路内延べ移動者数の分布を、図-6 の基準人口分布の場合と比べると、図-3 に示した道路の収容容量が小さい左側のメッシュに移動者がより多く集中している。これが移動速度の低下をもたらす、静的リスク値の低下を鈍化させたと考えられる。

このように、避難距離は同等であるが交通条件に差がある人口分布に対して、本モデルによって安全性の差異を検出できることが確認できた。

4. おわりに

本研究では、人口分布の津波安全性を評価するためのメッシュベース最適津波避難モデルを提案し、実証計算により、効率的な避難方法が計算できていること、避難距離は同等だが交通条件に差がある人口分布について、安全性の差異を検出できることを確認した。

今後の発展として、短期的な視点から地域の避難計画の

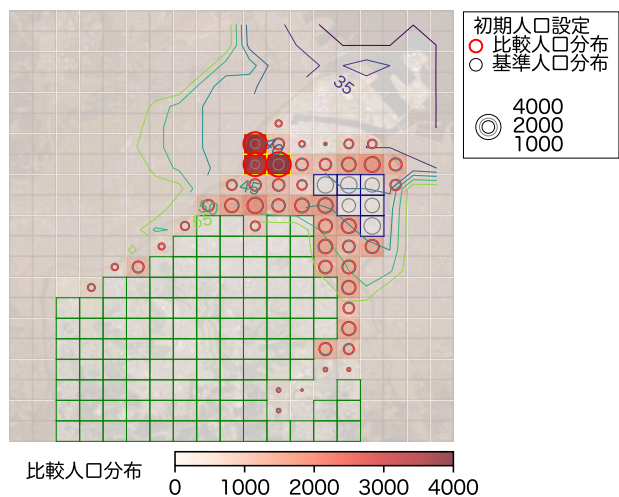


図-7：比較人口分布

策定に使用するための検討が望まれる。具体的には、現実的なパラメータ値の設定、交通条件の変更による感度分析、時点や季節などの条件の異なる人口分布間での解の比較、運転可能者が少ない場合のピックアップ避難の効果分析などがあげられる。また、最適避難を実現するための情報提供や事前の訓練についても検討を行うことが望まれる。

<謝辞>

各メッシュの津波被災確率の算定にあたり、日本工営株式会社および八戸工業大学が実施した津波数値解析結果を使用した。ここに記して感謝を示す。

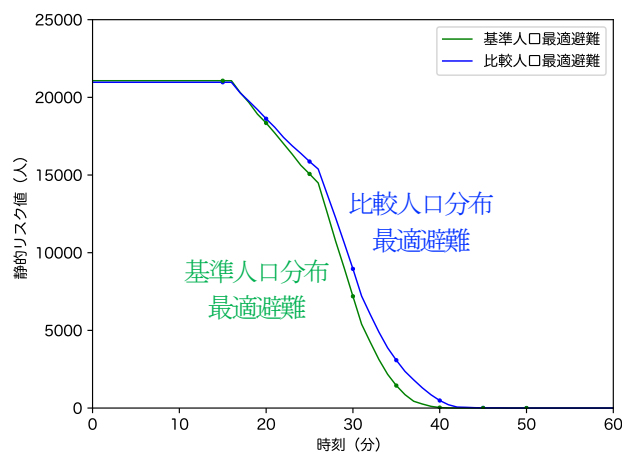


図-8：異なる分布からの静的リスク評価値の推移

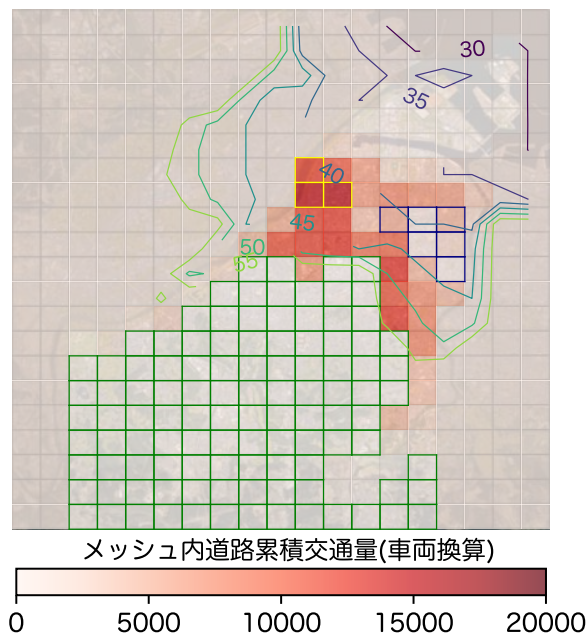


図-9：比較人口分布の最適避難による
道路内延べ移動者数

【参考文献】

- 1) 池永知史,大原美保 (2015),「全国を俯瞰した災害リスク曝露人口分布の分析—将来の人口減少を考慮した土地利用に向けて—」,地域安全学会論文集, 25, pp.45-54, 地域安全学会.
- 2) 小坂陽介, 野村尚樹,大藤愛子,宮島昌克(2017),「マルチエージェントシステムを用いた津波避難に関する解析—輪島市臨海地域を対象とした事例研究—」,土木学会論文集 A1(構造・地震工学), 73(4), pp.1_1010-1_1017,土木学会.
- 3) 横山宗一郎,安藤宏恵,倉内文孝,杉浦聡志(2016),「徒歩と自動車の混合モードにおける津波最適避難計画モデル」,土木学会論文集 D3(土木計画学), 59(3), pp. 2167-2174, 土木学会.
- 4) 竹居広樹,奥村誠(2018),「津波避難における自動車利用率設定のための基礎的分析手法」,土木学会論文集 D3(土木計画学), 74(5), pp.181-189, 土木学会.
- 5) 柳澤智仁, 奥村誠(2024),「複数の津波避難経路の事前周知による多様な避難者空間分布への対応」,土木学会論文集, 79(20), 23-20055, 土木学会.
- 6) 増田慧樹,羽藤英二(2023),「MFD-RL 配分モデルを用いた豪雨災害における垂直・水平避難の予測制御」,土木計画学研究発表会・講演集,67,CD-ROM, 土木学会.
- 7) 南海トラフの巨大地震モデル検討会, 南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告)津波断層モデル編—津波断層モデルと津波高・浸水域等について—(2012), <https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/index.html>, 2025 年 8 月 5 日.
- 8) 尾崎壮一,古里春花,堀合紳弥,野島和也,田中聖三,高瀬慎介(2024),「構造物を考慮した八戸市における津波遡上解析」,計算工学講演会論文集, 29, pp. 728-730, 日本計算工学会.
- 9) 愛知県, 愛知県市町村津波避難計画策定指針(2020), <https://www.pref.aichi.jp/soshiki/saigaitaisaku/tunamihinannkeika/kusakuteisisinn.html>, 2025 年 8 月 14 日.

防災施設「砂留」の保全活動と近隣住民の防災意識・行動との関連性に関する研究

Research on the relationship between the conservation activities of the disaster prevention facility “Sunadome” and the disaster prevention awareness and behavior of neighborhood residents

樋口 輝久*・渡邊 詩穂**・橋本 成仁*
Teruhisa Higuchi*, Shion Watanabe**, Seiji Hashimoto*

As the limitations of public assistance are pointed out, disaster-resistant community development based on mutual assistance among residents is becoming increasingly important. In this study, a questionnaire survey and an interview survey were conducted in the Fukuso Elementary School District in Fukuyama City, Hiroshima Prefecture, with the aim of clarifying the impact of the conservation activities of Sunadome, a disaster prevention facility, on the disaster awareness and behavior of neighborhood residents. As a result, it was confirmed that awareness of Sunadome and support for its conservation activities have a structure that influences evacuation behavior at the time of a disaster through a sense of crisis, mutual aid awareness, and daily preparedness for disasters.

Keywords: Erosion-control facility, Disaster Prevention Actions, Disaster Prevention Town Planning

砂防施設、防災行動、防災まちづくり

1. はじめに

1-1. 背景

昨今、日本各地で台風や豪雨による土砂災害が相次いで発生している。これらの自然災害は、地球温暖化による気候変動の影響を受け、今後さらに激甚化・大規模化する可能性がある。そのため、住民が安全で安心な生活を営むためには、「防災まちづくり」を推進することが重要である。内閣府が作成した防災白書では、「公助の限界」と「自助・共助」の重要性が指摘されており、行政に過度に依存するのではなく、住民同士が協力し合い、防災意識を高めることが求められている¹⁾。防災意識や防災行動は、地域固有の特徴や抱える課題が複雑に絡み合う中で形成されるものであり、地域ごとの特性に応じた取り組みが必要である。こうした状況を踏まえ、全国各地で地域ごとの特色を活かした防災対策が進められている^{2), 3), 4)}。中でも、広島県は、平成 26 年 8 月の広島豪雨災害や平成 30 年 7 月豪雨災害など、土砂災害が頻発している地域であることから、歴史的な防災施設を活用した取り組みが注目されている。特に福山市には、江戸時代に築造された石積みの防災施設「砂留」が多数現存しており⁵⁾、歴史的にも土石流の常襲地域であったことが示されている。砂留は土砂の流出を防ぎ、植生を回復させることで、防災施設としての役割を果たしてきた。しかし、その多くは長い年月の中で土砂に埋もれ、次第にその存在が忘れ去られていった。近年、こうした砂留の存在が再認識され、地域住民の手によって保全活動が活発に行われている。これらの活動は、砂留を地域資産として保存・活用するだけでなく、地域住民の連携を促進し、防災意識向上や地域活性化にもつながるものとして期待される。

1-2. 既存研究と本研究の位置づけ

防災意識や防災行動に関する研究は幅広く行われている。二神ら⁶⁾は、学生の防災活動団体への所属有無で防災意識の比較を行い、地域防災活動への参加が危機感や関心を向上させ、地域の愛着が他者志向性や被害想像力を向上させることを示した。柿本⁷⁾は益城町において、ソーシャル・キャピタル(以下 SC)が地域防災力を高めるか検証を行い、SC の充実が地域防災力の向上につながることを示した。平山ら⁸⁾は、滋賀県内の自治会における地域防災力について約 10 年間の変化を検証し、地域防災力の変化に影響を与える要因として、消防団等および行政との連絡頻度と洪水ハザードマップの確認を挙げ、自主防災組織の有無による直接的な影響は少ないことを明らかにした。藤田ら⁹⁾は、自主防災組織の活性化と日常的な地域活動に相関があることを示したうえで、防災まちづくりの充実において地域活動を活性化していくことが重要であることを明らかにした。春山ら¹⁰⁾は、平常時における地域コミュニティベースの交流活動が盛んに行われていることが、緊急時における積極的支援活動を導くことを示した。松本ら¹¹⁾は、地域コミュニティで積極的に活動する人ほど防災活動を継続して行う傾向が強いことを示した。

地域資産と防災行動や防災意識とのかかわりに関する研究はされているが、実数としてあまり多くはない。海野ら¹²⁾は、歴史まちづくりが地域住民の防災行動に与える影響について分析を行い、歴史まちづくりが地域理解や SC の醸成の一助となっている可能性を示した。川村ら¹³⁾は、京都府福知山市の水害の多い地域において、歴史的な河川とその周辺の歴史景観を対象としたジオツアーを行い、その効果と防災意識の醸成とのかかわりについて考察した。そ

* 正会員 岡山大学学術研究院環境生命自然科学学域 (Okayama University)

** 学生会員 岡山大学大学院環境生命自然科学研究科 (Okayama University)

の結果、現地で水害について学ぶことによる防災意識向上の可能性について示した。

以上のように、防災意識や防災行動に関する既存研究においては、防災意識が高いとされる住民属性や地域属性が示され、防災意識・防災行動と地域活動との関係が扱われてきた。本研究が明らかにしたいのは、住民主体の保全活動が、活動の直接の担い手ではない近隣住民の防災意識・行動にどのような影響を及ぼし得るかである。ここでいう直接の担い手ではない近隣住民（以下、「その他の住民」とは、保全団体のメンバーや日常的な維持管理の担い手を除く居住者全般を指し、住民を対象とした見学会への一般参加者は含む。この問いを検証するため、広島県福山市福相学区を事例に、歴史的防災施設「砂留」の住民主体の保全・啓発活動を取り上げ、団体の存在の認知・賛同と住民の防災意識・行動との関連をアンケートデータに基づき統計的に把握する。すなわち、本研究の関心は砂留や当該地域の固有性に限定されず、住民主体の保全活動という一般的な実践形態が「その他の住民」の意識・行動に接続するメカニズムを、地域事例を通じて検討する点にある。

以上の背景を踏まえ、本研究では、住民主体の砂留保全活動を事例に、団体の直接メンバーではない住民における保全活動の認知・賛同と防災意識・行動の関連を、アンケートデータに基づき統計的に把握し、その意識構造を明らかにすることを目的とする。研究の流れとしては、砂留の存在する広島県福山市の福相小学校区において地域住民に対するアンケート調査を実施し、得られた結果をもとに、砂留保全団体の存在が近隣住民の防災意識・防災行動に与える影響について町内会長を中心としたヒアリング調査により因果仮説を立て、その意識構造を分析する。

2. 福相小学校区とアンケート調査・ヒアリング調査の概要

2-1. 対象地及び保全団体の概要

広島県福山市の福相小学校区は JR 福山駅から北西に約 10km の位置にある。学区南側には大谷山山系の山々、北側には一級河川である芦田川が通っている。学区南西部の別所地区には、土木学会選奨土木遺産に認定された防災施設「別所砂留」がある。この別所砂留は地元の有志で結成される「別所砂留を守る会」の活動によって整備保全が行われている。団体について、2024 年 1 月時点では、習慣的に活動に参加している構成員は 20～30 名であり、そのほとんどが別所町内会の住民である。活動は、毎年 2, 7, 12 月

を中心に年 10 回程度、砂留に堆積した土砂の除去や草刈り等の整備作業を実施している。また、必要に応じてユンボなどの重機を用いた砂留の修復も行っている。その他、市民向けの見学会の開催、地元の小学校への出前授業や現地案内、各種団体のガイドに加え、「別所砂留通信」を発行し、学区内全戸に配布するなど、砂留の価値や魅力を伝える啓発活動も行っている。そうした活動が評価され、2016 年には公益社団法人土木学会の市民普請大賞でグランプリを獲得¹⁴⁾、2025 年には第 8 回インフラメンテナンス大賞で特別賞（国土交通省）を獲得している¹⁵⁾。なお、2024 年 11 月には、学区内外から活動への参加を促し、担い手の確保や育成につなげることを目的として福相学区町内会連合会福相学区まちづくり推進委員会が、指定したボランティア活動に参加すると、特典として独自の地域クーポンを発行する試みを始めており、2025 年現在では団体が毎年行っている整備作業に別所町内会以外の学区内の町内会の参加者もみられるようになっている。

2-2. 調査概要と質問項目

アンケートは表-1 に示すとおり、2024 年 1 月 26 日～2024 年 2 月 29 日の期間、福相学区町内会連合会福相学区まちづくり推進委員会に協力を依頼し、別所町内会を除く各町内会を通じて全世帯へ配布してもらい、その後回収してもらった（図-1）。世帯回収率は 81.1% と高く、有効回答数は 889 部となった。なお、保全団体の活動が近隣住民の防災意識・行動に与える影響をみるにあたり、直接の担い手を含めると分析に偏りが生じるおそれがある。そこで本研究

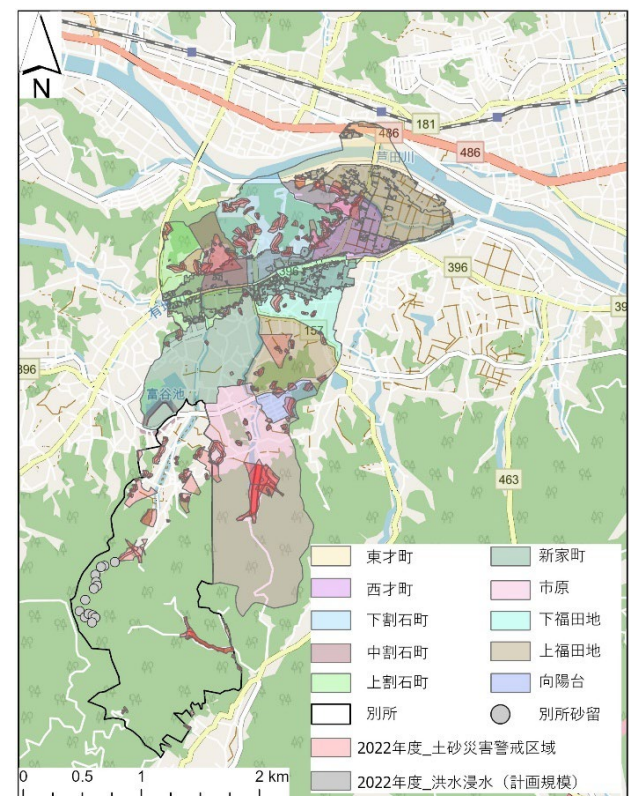


図-1 福相学区の町内会の分布

表-1 アンケート調査の概要

調査地域	広島県福山市芦田町
調査方法	福相学区町内会連合会 福相学区まちづくり推進委員会の協力による配布
調査期間	2024/01/26～2024/02/29
配布世帯	1096 世帯
世帯回収率	81.1%
有効回答	889 部

では、団体の現状を踏まえ、担い手が多数居住する別所町内会を対象外とし、他町内会の住民を「その他の住民」とした。ただし、住民を対象とした見学会への一般参加は担い手とは区別し、「その他の住民」に含めている。具体的な調査項目は表-2 に示す。各項目を 8 つのジャンルに分類して作成した。

ヒアリング調査の内容について表-3 に示す。2024 年 12 月 1 日～2024 年 12 月 15 日の期間、福相学区町内会連合会会長に協力を依頼し、中割石町内会を除く 9 町内会の町内会長・防災担当者に対してヒアリング調査を行った。本研究では、アンケートの分析結果と合わせてヒアリング調査で得られた各町内会の代表者の意見を交えながら考察する。

2-3. 基礎集計

回答者の傾向を把握するために年齢、性別、居住年数、保全活動の認知有無と賛同有無についての基礎集計結果を表-4 に示す。なお、保全活動の認知・賛同有無については、それぞれ自分の町で砂留の保全活動が行われていることを「全く知らない」～「よく知っている」の 4 段階評価、自分の町にある、歴史的な砂防施設を今後も保全していくべきだと思うかどうかについて「全くそう思わない」～「とてもそう思う」の 5 段階評価で尋ねている。

年齢としては、65 歳以上の高年層からの回答が多く 44 歳以下の壮年層からの回答は少なかった。性別に関しては、回答者の約 6 割が男性であった。この要因として、世帯アンケートであったため、世帯主（高年・男性）の割合が高くなったと考えられる。居住年数について、30 年以上が約 7 割、30 年未満が約 3 割程度であった。

保全活動の認知については、「少し知っている」「よく知っている」を合わせた認知層が 686 人 (77.2%) と多数を占める一方、「全く知らない」「あまり知らない」は 176 人 (19.8%) であった。「よく知っている」が 26.0% あるこ

とから、一定の深い理解層の存在もうかがえる。一方、保全活動の賛同では、「ややそう思う」「とてもそう思う」を合わせた賛同層が 571 人 (64.2%)、「全くそう思わない」「あまりそう思わない」を合わせた非賛同層が 55 人 (6.2%)、「どちらともいえない」が 231 人 (26.0%) であった。

3. 保全活動の認知・賛同有無と各項目との関連性の把握

保全活動の認知や保全活動への賛同意識の違いと各項目との関連を把握するために、独立性の検定、残差分析を行った。その結果を表-5 に示す。なお、本研究における保全活動の認知・賛同有無とは、それぞれ自分の町で砂留の保全活動が行われていることを「全く知らない」～「よく知っている」の 4 段階評価を「あまり知らない」以下と「少し知っている」以上の 2 段階にまとめたものと、自分の町にある、歴史的な砂防施設を今後も保全していくべきだと思うかどうかについて「全くそう思わない」～「とてもそう思う」の 5 段階評価を「どちらともいえない」以下と「ややそう思う」以上の 2 段階にまとめたものであることに留意する。

はじめに各項目で保全活動の認知と賛同の有無との間で関連性に違いがあったものについて考察する。

被災経験の有無について、保全活動を知っているかどうかとの関連がみられた。自身または知人の被災経験を有する人は、そうでない人に比べて保全活動を認知している割合が高かった。結果から、自身の被災経験はもちろん、直接的な被災経験がなくとも、身近な人物の被災を通じて、地域の防災活動への関心が喚起される可能性を示唆している。一方で、賛同有無と被災経験の有無との間には統計的な関連が認められなかった。この結果は、自身または身近な人の被災経験があることが保全への賛同につながるわけではないことを示している。砂留の認知があったとしても

表-2 調査項目

個人属性	日常的な防災行動
年齢	ハザードマップの確認
性別	食料・備品の備蓄
居住年数	避難場所の把握
所属町内会	保全団体について
災害経験	保全活動の認知
災害への危機感	活動に対する賛同意識
洪水災害の危険性	砂留の価値
土砂災害の危険性	地域固有性
地震の危険性	現代人が学ぶ教訓
土砂災害発生時の避難行動	未発見の砂防堰堤を見つけること
家族と避難	子供たちへのメッセージ性
周りの人に声をかけて避難	地域の安全に貢献
要配慮者と一緒に避難	時代を超えて現存
災害時の助け合いに対する意識	地域のシンボル
近所の安否確認・救出活動	デザインの良さ
助け合いや連携・協同	知的満足感のある学術性
要配慮者と一緒に避難	

表-3 ヒアリング調査の概要

項目	町内会ヒアリング調査の概要
調査対象	中割石町内会を除く 9 町内会の町内会長、役員、防災担当者 1～3 人 (計 19 人)
実施時間	0.5 時間/1 町内会
実施期間	2024 年 12 月 1 日 (日)～12 月 15 日 (日)
調査方法	グループインタビュー
調査項目	日常的な防災行動とそのきっかけ 砂留や砂留保全団体に対する評価 砂留保全団体の活動をきっかけに起こした意識・行動の変化

表-4 回答者の属性

年齢	壮年 (44 歳以下)	中年 (45～64 歳)	高年 (65 歳以上)	無回答
	56 (6.3%)	277 (31.2%)	506 (56.9%)	50 (5.6%)
性別	男性	女性	無回答	
	517 (58.2%)	337 (37.9%)	35 (3.9%)	
居住年数	5 年未満	5～10 年未満	10～20 年未満	20～30 年未満
	37 (4.2%)	34 (3.8%)	71 (8.0%)	96 (10.8%)
	30～40 年未満	40～50 年未満	50～60 年未満	60 年以上
	202 (22.7%)	150 (16.9%)	125 (14.1%)	119 (13.4%)
				55 (6.2%)
保全活動の認知	全く知らない	あまり知らない	少し知っている	よく知っている
	49 (5.5%)	127 (14.3%)	455 (51.2%)	231 (26.0%)
				27 (3.0%)
保全活動の賛同	全くそう思わない	あまりそう思わない	どちらともいえない	ややそう思う
	20 (2.2%)	35 (3.9%)	231 (26.0%)	380 (42.7%)
				191 (21.5%)
				32 (3.6%)

表-5 砂留保全活動の認知・賛同有無と各項目との関連性

		砂留保全活動の認知有無		P値			砂留保全活動の賛同有無		P値
		知らない	知っている				賛同しない	賛同する	
個人属性	年齢			P < 0.001	**	年齢			P < 0.001
	壮年：44歳以下 (n=56)	24(15.0%)	32(4.9%)			壮年：44歳以下 (n=56)	33(12.5%)	23(4.2%)	
	中年：44～64歳 (n=268)	65(40.6%)	203(30.9%)			中年：44～64歳 (n=269)	81(30.8%)	188(34.1%)	
	高年：65歳以上 (n=494)	71(44.4%)	423(64.3%)			高年：65歳以上 (n=490)	149(56.7%)	341(61.8%)	
	被災経験			0.0173	*	被災経験			0.0801
	自身または知人が被災 (n=226)	34(19.4%)	192(28.7%)			自身または知人が被災 (n=225)	64(22.9%)	161(28.8%)	
	被災経験なし (n=617)	141(80.6%)	476(71.3%)			被災経験なし (n=614)	216(77.1%)	398(71.2%)	
	性別			0.7221		性別			P < 0.001
災害への危機感	男性 (n=504)	98(59.0%)	406(60.9%)			男性 (n=504)	188(69.9%)	316(56.3%)	
	女性 (n=329)	68(41.0%)	261(39.1%)			女性 (n=326)	81(30.1%)	245(43.7%)	
	洪水災害の危険性			0.0205	*	洪水災害の危険性			0.0075
	感じる (n=407)	73(41.7%)	334(48.8%)			感じる (n=401)	123(43.2%)	278(48.8%)	
	どちらでもない (n=110)	33(18.9%)	77(11.2%)			どちらでもない (n=110)	51(17.9%)	59(10.4%)	
	感じない (n=343)	69(39.4%)	274(40.0%)			感じない (n=344)	111(38.9%)	233(40.9%)	
	土砂災害の危険性			P < 0.001	**	土砂災害の危険性			P < 0.001
	感じる (n=353)	51(29.1%)	302(44.5%)			感じる (n=351)	101(35.4%)	250(44.2%)	
	どちらでもない (n=115)	37(21.1%)	78(11.5%)			どちらでもない (n=115)	57(20.0%)	58(10.3%)	
	感じない (n=386)	87(49.7%)	299(44.0%)			感じない (n=384)	127(44.6%)	257(45.5%)	
土砂災害発生時の避難行動	地震災害の危険性			0.0235	*	地震災害の危険性			0.0045
	感じる (n=607)	110(62.5%)	497(72.6%)			感じる (n=601)	179(62.8%)	422(73.9%)	
	どちらでもない (n=94)	27(15.3%)	67(9.8%)			どちらでもない (n=95)	40(14.0%)	55(9.6%)	
	感じない (n=160)	39(22.2%)	121(17.7%)			感じない (n=160)	66(23.2%)	94(16.5%)	
	家族と避難する			0.0335	*	家族と避難する			0.0035
	当てはまる (n=584)	107(62.2%)	477(71.2%)			当てはまる (n=583)	178(63.1%)	405(72.7%)	
	どちらでもない (n=197)	53(30.8%)	144(21.5%)			どちらでもない (n=195)	85(30.1%)	110(19.7%)	
	当てはまらない (n=61)	12(7.0%)	49(7.3%)			当てはまらない (n=61)	19(6.7%)	42(7.5%)	
	周りの人に声をかけて避難する			P < 0.001	**	周りの人に声をかけて避難する			P < 0.001
日常的な防災行動	当てはまる (n=592)	101(58.7%)	491(72.8%)			当てはまる (n=589)	163(58.0%)	426(76.1%)	
	どちらでもない (n=195)	52(30.2%)	143(21.2%)			どちらでもない (n=194)	90(32.0%)	104(18.6%)	
	当てはまらない (n=59)	19(11.0%)	40(5.9%)			当てはまらない (n=58)	28(10.0%)	30(5.4%)	
	要配慮者と一緒に避難する			0.3818		要配慮者と一緒に避難する			P < 0.001
	当てはまる (n=565)	108(62.8%)	457(67.8%)			当てはまる (n=566)	156(56.1%)	410(72.7%)	
	どちらでもない (n=235)	52(30.2%)	183(27.2%)			どちらでもない (n=231)	102(36.7%)	129(22.9%)	
	当てはまらない (n=46)	12(7.0%)	34(5.0%)			当てはまらない (n=45)	20(7.2%)	25(4.4%)	
	HMの確認をしている			P < 0.001	**	HMの確認をしている			P < 0.001
災害時の助け合いに対する意識	当てはまる (n=518)	64(37.2%)	454(67.4%)			当てはまる (n=516)	141(50.2%)	375(66.8%)	
	どちらでもない (n=180)	54(31.4%)	126(18.7%)			どちらでもない (n=181)	83(29.5%)	98(17.5%)	
	当てはまらない (n=148)	54(31.4%)	94(13.9%)			当てはまらない (n=145)	57(20.3%)	88(15.7%)	
	食料・備品の備蓄をしている			0.0065	**	食料・備品の備蓄をしている			P < 0.001
	当てはまる (n=261)	36(20.7%)	225(33.0%)			当てはまる (n=258)	64(22.5%)	194(34.3%)	
	どちらでもない (n=204)	52(29.9%)	152(22.3%)			どちらでもない (n=203)	85(29.8%)	118(20.9%)	
	当てはまらない (n=390)	86(49.4%)	304(44.6%)			当てはまらない (n=389)	136(47.7%)	253(44.8%)	
	避難場所の把握をしている			P < 0.001	**	避難場所の把握をしている			P < 0.001
	当てはまる (n=668)	94(54.0%)	574(83.8%)			当てはまる (n=666)	186(65.0%)	480(84.4%)	
	どちらでもない (n=95)	39(22.4%)	56(8.2%)			どちらでもない (n=94)	56(19.6%)	38(6.7%)	
	当てはまらない (n=96)	41(23.6%)	55(8.0%)			当てはまらない (n=95)	44(15.4%)	51(9.0%)	
災害時の助け合いに対する意識	近所同士の安否確認・救出活動は大事			0.0250	*	近所同士の安否確認・救出活動は大事			P < 0.001
	そう思う (n=783)	152(86.4%)	631(92.5%)			そう思う (n=777)	229(80.6%)	548(96.3%)	
	どちらでもない (n=65)	21(11.9%)	44(6.5%)			どちらでもない (n=66)	47(16.5%)	19(3.3%)	
	そう思わない (n=10)	3(1.7%)	7(1.0%)			そう思わない (n=10)	8(2.8%)	2(0.4%)	
	助け合いや連携・協力は大事			0.0075	**	助け合いや連携・協力は大事			P < 0.001
	そう思う (n=799)	153(87.9%)	646(94.7%)			そう思う (n=795)	238(83.2%)	557(98.2%)	
	どちらでもない (n=48)	17(9.8%)	31(4.5%)			どちらでもない (n=50)	43(15.0%)	7(1.2%)	
	そう思わない (n=9)	4(2.3%)	5(0.7%)			そう思わない (n=8)	5(1.7%)	3(0.5%)	

独立性の検定 **：1%有意 *：5%有意

クロス集計の残差分析

下線：1%有意 〇：5%有意
青字：期待度数より実測度数が高い 赤字：期待度数より実測度数が低い

その価値や必要性を十分に理解し、保全活動に積極的に賛同するまでには至っていない可能性がある。つまり、被災経験の有無にかかわらず地域住民が砂留の役割や意義をどの程度認識しているかに依存する側面があると考えられる。

性別について、保全活動を賛同するかどうかの項目では女性の方が活動に賛同する人の割合が高いことが示された。一方で、保全活動の認知については性別の違いによる関連性は示されなかった。

土砂災害時避難行動の項目である「要配慮者と一緒に避難」について、保全活動を賛同する人の方が避難行動として要配慮者と一緒に避難する人の割合が高いことが示され

た。一方で、保全活動を認知しているかどうかとは関連性が示されなかった。

防災意識や行動について、災害への危機感、日常的な防災行動といった項目では、保全活動の認知・賛同との関連性が示された。上記すべての項目において、保全活動を認知・賛同している人は各項目に対して肯定的な回答をしていることから、砂留の保全活動が近隣住民の防災意識に対して何らかの影響を与えている可能性が示唆された。次章では、砂留の保全活動と「その他の住民」における防災意識・行動の意識構造について考察する。

4. 保全活動が近隣住民の防災意識・行動に繋がる意識構造の仮説とその検証

本章では、地域の実情に整合する意識構造の仮説を先に立て、それを独立したアンケートデータで検証する手順で分析を行う。仮説設定では、当該学区の町内会長・防災担当者への半構造化ヒアリングにより因果仮説を作成した。ここでの町内会長は、任期は原則2年の当番制で、各町内会はいずれも50世帯以上を擁するため同一人物の連続就任は稀であり、実施時には40代の会長も含まれるなど、住民一般と大きく乖離しない属性の地域代表である。このため、仮説設定の対象者として妥当と判断した。

4.1. ヒアリング調査に基づいた保全活動と近隣住民の防災意識・行動との関連性の把握

本節では、保全活動と防災意識・行動との関連性について町内会長を中心にヒアリング調査を行った。その結果を表-6に示す。

防災に関して自身でハザードマップの確認や食料の備蓄といった何かしらの防災対策を行っている人は、ヒアリング調査対象の19人のうち10人であった。きっかけとして、「今後起こるかもしれない自然災害や日常生活における身近な危険に備えておくため。」「平成30年7月豪雨災害がきっかけであったため。」「テレビやニュースなどで災害に関する情報を知ったため。」などが挙げられた。

次に、砂留や保全活動に対する評価をしている人はヒアリング調査対象の19人のうち13人であった。得られた評価としては、「砂留を地域資産として感じている。」「防災施設として地域に安全を提供してくれているという感覚がある。」「保全団体に対しては傍観しているだけではあるが、砂留に対しては歴史的な価値や公園としての価値は感じている。」などが挙げられた。一方で、団体に対する評価については「直接かかわっていないが、保全活動は今後も続けていくべき。」といった評価が多く挙げられた。

最後に、保全団体の活動をきっかけに起こした意識・行動の変化があった人はヒアリング調査対象の19人のうち

4人であった。得られた意見として、「砂留の見学会で砂留を実際に見て、昔から土砂災害の被害があったと実感する機会になった。日常生活と防災について考えるようになった。例えば山の手入れをすることが防災にもつながるのかも。」「直接かかわりがあるわけではないが、地元住民として砂留の存在がうれしいと思うし、誇りに思った。」「小学校・中学校の頃は存在すら知らなかった。見学会に去年ボランティアに行き、「ここにそんなものがあるんだな。」とわかった程度であった。当時は、なぜ地域に必要なのかはわからなかったが大雨時に家の裏山から水がすごく出てきた時に砂留があれば大丈夫なのかと考えることはあった。」「砂留の役割は知らなかった。別所砂留と団体の活動を通じて初めてその役割や先人の考えがわかった。その意味を知らしめるのが防災意識にも影響があるのではないかなと思う。」などが挙げられた。

ヒアリング調査の結果、砂留の存在や保全活動への関心の度合いは、住民の防災意識や行動に一定の影響を与えていることが分かった。特に、実際に砂留を見る、保全活動の取り組みを知ることが、防災意識を高める重要な契機となっていると考えられる。

4.2. 因果仮説の設定とその検証

本節では、前節のヒアリング調査で得られた意見や、アンケート分析での結果を踏まえ、図-2に示すような因果仮説を設定した。

まず、「災害への危機感」、「砂留保全団体の認知と賛同意識」、「砂留の価値」の三者については、因果方向を仮定せず共分散(両矢印)で表現する。理由は次のとおりである。

第一に、保全活動を知り賛同することが地域の災害への関心を促し、危機感の高まりにつながり得る一方で、もともと危機感が高い住民が情報探索を通じて保全活動を知る・賛同する経路も想定できる。

第二に、砂留の価値認識と認知・賛同は相互に強め合い得る。活動を知ることによって価値を理解する場合もあれば、価値を見出したからこそ認知・賛同が高まる場合もある。

第三に、価値認識と危機感の関係も双方向に成立し得る。平時に危機感が高い人ほど砂留の価値を感じやすい一方、保全活動をきっかけに価値を理解したことで自地域の危機感が高まる可能性もある。横断データでは時間順序を特定できないため、これら三者は同時的に高まるとして扱った。

次に、「災害への危機感」は「災害時の助け合いに対する意識」、「日常的な防災行動」に影響を及ぼすとした。理由として、ヒアリング調査において日常的な防災行動や災害時の助け合いに対する意識とそのきっかけを聞いた際に、災害に対する危機感や災害時には一人では対応できないため共助が必要であるという意見が見受けられたためである。

最後に、「災害時の助け合いに対する意識」、「日常的な防災行動」は「土砂災害時避難行動」に影響を及ぼすとした。理由として、「災害時における意識」と「災害に備えた行動」が土砂災害時の行動に影響するとしたためである。

表-6 ヒアリング調査の結果

項目	人数(人)	割合(%)
防災に関して、自身で何かしらの行動をしている人	10人	52.6%
砂留や保全団体の行っている活動に対する評価をしている人	13人	68.4%
保全団体の活動をきっかけに起こした意識・行動の変化があった人	4人	21.1%

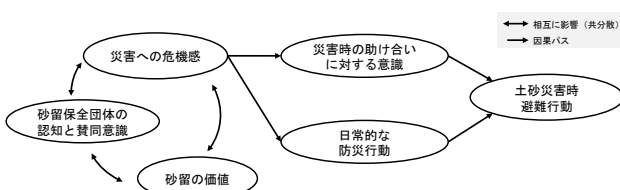


図-2 本研究で想定した心理・行動要因の因果仮説模式図

以上の因果仮説を、共分散構造分析を用いて検証し、砂留とその保全活動の存在が近隣住民の防災意識・行動に対してどのような影響を与えるのかを明らかにすることとした。分析で用いた潜在変数と観測変数を表-7に示す。観測変数は5段階評価で得られた結果をそれぞれの質問項目に該当:1・非該当:0に変換している。また、砂留の価値に関する9項目の質問項目の因子分析結果を表-8に示す。砂留の価値については、各項目の質問に対し1点（全くそう思わない）～5点（とてもそう思う）の5段階評価で尋ね、項目のまとまりを確認するために主因子法、Promax 回転、

表-7 共分散構造分析に用いた変数

潜在変数	観測変数	
災害時の助け合いに対する意識	ご近所さん同士による安否確認と救出活動は大事だと思う 地域としての助け合いや連携・協力は大事だと思う	1: 該当 0: 非該当
砂留保全団体の認知と賛同意識	自分の町にある歴史的な砂防施設を今後も保全していくべきだと思う 自分の町で砂留の保全活動が行われていることを知っている	
災害への危機感	日常生活の中で洪水災害の危険性を感じている 日常生活の中で土砂災害の危険性を感じている	
日常的な防災行動	自分の地域でどんな災害の危険性があるかハザードマップで事前に確認している 災害に備えて、食料や備品をまもって準備している 自分の地域の避難場所を把握している	
土砂災害時避難行動	自分の家族の避難で精いっぱいなので、とにかく家族と避難所に避難する 周りの近所の人にも声をかけて避難する 足が悪い等の理由で一人で逃げられない人がいれば一緒に連れて避難する	因子分析の際の 因子得点
砂留の価値	地域固有性 意匠・学術性 耐久・地域安全性	

※1: 5件法は中立点を二値化。1=「少し〜」「とても〜」/0=「どちらともいえない」「あまり〜ない」「全く〜ない」
※2: 保全活動の認知 1:「（「少し知っている」「よく知っている」）、0:「（「全く知らない」「あまり知らない」）」

表-8 砂留の価値の因子分析結果

調査項目	第1因子 地域継承的 価値	第2因子 意匠・学術的 価値	第3因子 地域機能 としての価値
砂留には、地域の固有の価値がある	0.6861	0.1359	0.1132
砂留には、現代人が学ぶ教訓としての価値がある	0.8115	0.0525	0.0809
砂留には、まだ未発見の砂防環境を見つけることに価値がある	0.4426	0.3836	0.0617
砂留には、子供たちに伝えたいメッセージとしての価値がある	0.4604	0.2124	0.2907
砂留には、地域の安全に貢献しているという意味で価値がある	0.4212	0.0407	0.4613
砂留には、時代を超えて現存していることに価値がある	0.1700	0.1022	0.7432
砂留には、地域のシンボルとして価値がある	0.1661	0.4697	0.3272
砂留には、そのデザインの良さに価値がある	0.0421	0.8799	-0.0131
砂留には、知的満足感があり学術的な価値がある	0.1136	0.7037	0.1497
固有性	6.4563	0.3853	0.1602
意匠性	71.74%	4.28%	1.78%
累積寄与率	77.80%		

因子負荷量の閾値を 0.3 として因子分析を実施した。因子分析の結果、第1因子には、「現代人が学ぶ教訓としての価値」「地域固有の価値」「子供たちに伝えたいメッセージとしての価値」などの項目が高い因子負荷量を示し、砂留の歴史性や地域的な継承性を重視する価値観が表れていると解釈されることから、「地域継承的価値」とした。第2因子には、「そのデザインの良さ」「知的満足感・学術的価値」といった、意匠的・専門的側面への関心を示す項目が強く寄与しており、「意匠・学術的価値」とした。第3因子には、「時代を超えて現存している」「地域の安全に貢献している」といった、砂留の物理的機能や構造的特性に関連する価値観がみられたため、「地域機能としての価値」とした。なお、第3因子は初期固有値 0.1602（寄与率 1.78%）と小さいが、回転後の因子負荷量のパターンが他因子と明確に異なり、内容面でも一貫して解釈可能であったため採用した。

分析の結果、図-3 で示すような構造モデルとなった。作成したモデルではすべてのパスが1%水準で有意になった。また、パスの係数（相関係数: r 、標準化パス係数: β ）はすべて標準化した。CFI が 0.960、RMSEA が 0.046 と非常に良好な精度を有している。

図-3 から、災害への危機感が災害時の助け合いに対する意識（ $\beta=0.48$ ）および日常的な防災行動（ $\beta=0.64$ ）を高め、さらに助け合い意識（ $\beta=0.50$ ）と日常行動（ $\beta=0.21$ ）が土砂災害時避難行動を促す構造が確認された。一方、砂留保全団体の認知・賛同、砂留の価値、災害への危機感の三者は強い相関（例: $r=0.82$ 、 0.79 、 0.61 ）を示すが、行動・共助への因果は危機感を介して生じるという構造が支持された。したがって、保全団体の存在を知り・賛同し、砂留の価値を理解することは、災害への危機感の高まりを通じて共助・備え・避難に間接的に結び付くと解釈される。なお、本結果はヒアリングで得られた記述「砂留を実際に見て地域の災害の危険性を実感し、日常生活と防災について考えるようになった」とも整合しているものといえる。

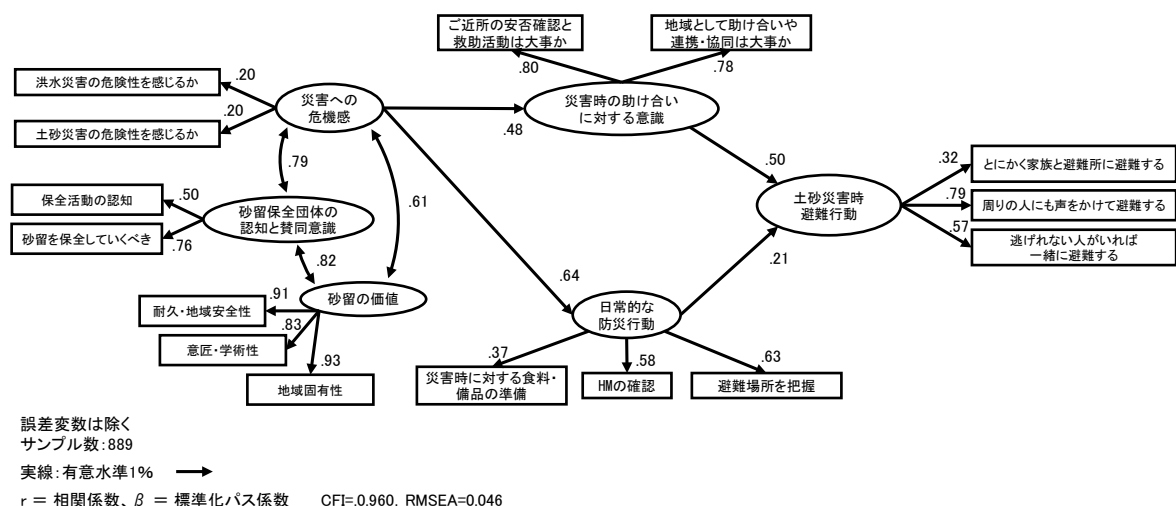


図-3 統計的に支持された心理・行動要因の因果関係

5. おわりに

本研究では、「砂留」を保全する団体の存在と近隣住民の防災意識・行動との関連性を把握するために、砂留の保全活動が行われている広島県福山市の福相小学校区において、地域住民に対するアンケート調査・ヒアリング調査を実施した。アンケートの際、防災に対してのみ尋ねるのではなく、砂留の存在に関する項目や保全団体の活動に関する項目など、行動と意識から幅広く尋ねることで、複合的に絡み合う地域防災の意識構造を把握することを目指した。

その結果、独立性の検定及び残差分析では、砂留の保全活動を認知・賛同している人は、災害への危機感、災害時の助け合いに対する意識をはじめとした防災意識や防災行動、共助の意識において、肯定的な回答をした人の割合が有意に高くなっていることが明らかとなった。

次に砂留の保全活動が近隣住民の防災意識に繋がる構造を把握するために、町内会長を中心としたヒアリング調査をもとに因果仮説を立て、共分散構造分析を用いて意識構造モデルの構築を行った。その結果、保全団体の存在を知り・賛同し、砂留の価値を理解することは、災害への危機感の高まりと強くかわり、それが共助・備え・避難に間接的に結びつく可能性が統計的に示された。

本研究の成果としては、砂留の保全活動と防災意識・行動の意識構造を明らかにした点があげられる。特に、保全活動の認知や賛同と災害への危機感との間では強い相関がみられ、例えば砂留に関する見学会において、災害への危機感喚起を中核に据えることが防災意識の醸成に対して効果的である可能性が示唆される。こうした知見は今後の防災まちづくりを図る上で有用である。また、他地域における類似の防災施設の保全活動や地域の防災活動の取り組みに対しても、本研究の成果が参考となることが期待される。

本研究では、砂留の保全活動と近隣住民の防災意識・行動との関連性について一定の知見を得ることができたものの、いくつかの課題が残されている。

まず、本研究の調査は横断的なデータを用いた分析に基づいており、時間軸を考慮した因果関係を完全に示すことはできていない。砂留の保全活動が住民の防災意識や行動に与える影響について、より確実に検証するためには、今後は長期的な視点に立った縦断的な調査を行う必要がある。具体的には、保全活動への認知や参加の有無が、時間の経過とともにどのように意識や行動の変化に影響を及ぼしていくのかを追跡調査することが求められる。

次に、住民が保全活動をどの程度理解しているかという点についても、さらなる検討が必要である。本研究では、保全活動に対する認知や賛同の有無を主に評価したが、その理解度や関与の深さに基づく差異については十分に分析できていない。例えば、単に活動の存在を知っているだけのひと、見学会などのイベントを通じて実際に砂留の役割を学んだ人、さらには保全活動に直接参加した経験のある人とは、防災意識や行動に対する影響が異なる可能性が考えられる。特に、見学会やワークショップなどの体験を

通じて得られた学びが、防災意識の醸成や具体的な行動にどのように結びついているのかを明らかにすることは、今後の防災教育や地域活動のあり方を検討する上で重要な示唆を提供すると考える。

<謝辞>

本研究を進めるにあたり、アンケート配布及びヒアリング調査を広島県福山市福相学区町内会連合会福相学区まちづくり推進委員会の皆様に、アンケート調査を福相学区に住民の皆様にご協力頂いた。心より御礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 内閣府(2014),「防災白書, 特集 第5章1「公助の限界」と自助・共助による「ソフトパワー」の重要性」
- 2) 岐阜県,「伝統的防災施設マップ」を活用した地域防災力の向上, <https://www.pref.gifu.lg.jp/page/9898.html>(2025.01.16 最終閲覧)
- 3) 石巻市, 石巻市震災遺構HP, <https://www.ishinomakiikou.net/>(2025.01.16 最終閲覧)
- 4) 京都市(2024), 京都市地域防災計画, pp.55-56,
- 5) 近世以前の土木・産業遺産, <http://kinsei-izen.com/>(2024.01.16 最終閲覧)
- 6) 二神透, 中嶋友哉(2019),「一般学生ならびに防災活動参加意向者の防災意識分析」, 土木学会論文集 F6(安全問題), Vol.75, No.2, pp.I_21-I_26
- 7) 柿本竜治(2020),「益城町におけるソーシャル・キャピタルと地域防災力の関係性の検証」, 自然災害科学, Vol.39, 特別号, pp.57-70
- 8) 平山奈央子, 瀧健太郎(2021),「滋賀県内自治会における地域防災力の変化要因に関する考察」, 土木学会論文集 F6(安全問題), Vol.77, No.2, pp.I_108-I_113
- 9) 藤田勝, 清水浩志郎, 木村一裕, 佐藤陽介(2003),「活発な自主防災活動と日常的な地域活動の関連性に関する研究」, 都市計画論文 集 No.38-3, 社団法人日本都市計画学会, pp.19-24
- 10) 春山成子, 水野智(2007),「2004 年福井水害にみる災害特性と地域防災力に関する考察」, 自然災害科学 Vol.26, pp.307-322
- 11) 松本美紀, 矢田部龍一(2008),「実被災者地域住民における地域防災 活動継続意図の規定因」, 自然災害科学 Vol.27, pp.319-330
- 12) 海野遥香, 飯島大翔, 寺部慎太郎, 柳沼秀樹, 鈴木雄(2023),「歴史まちづくりが地域住民の防災行動に与える影響」, 都市計画論文集, Vol.58, No.3, pp.1352-1359
- 13) 川村教一, 小長谷誠, 吉本直弘, 崎山正人, 藤岡達也, 岡田大爾(2022),「防災学習の視点を取り入れたジオツアーの成果と課題-福知山城下町における自然と歴史景観の活用-」, 防災教育学研究, Vol.3, No.1, pp.75-85
- 14) 樋口輝久(2017),「平成の普請「別所砂留を守る会」の活動 ―近世最大の砂防施設を守り, 地域の活性化を図る」, 土木学会誌, Vol.102, No.12, pp.52-55
- 15) 国土交通省,「第8回インフラメンテナンス大賞」, p.18, <https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/03activity/pdf/08maintenanceaward.pdf>(2025.02.26 最終閲覧)

阪神・淡路大震災における企業本社の移転モデルの提案

—移転前後での産業別・用途地域別の分析を通して—

Proposing a Relocation Model for Corporate Headquarters in the Context of the Great Hanshin-Awaji Earthquake

Based on an Industry-Specific and Land-Use Zoning Analysis Before and After Relocation

赤松京佳*・四井早紀**・大津山堅介***・廣井悠***

Kyoka AKAMATSU*, Saki YOTSUI**, Kensuke OTSUYAMA***, U HIROI***

This study quantifies post-quake headquarters relocation for firms in nine cities hit by the Great Hanshin-Awaji Earthquake, using combined lenses of land-use zoning and industrial classification. It proposes an integrated relocation model to guide zone-specific inducement strategies for urban recovery and corporate aid. A binary logit for 2,472 relocated and 1,000 non-relocated firms employs paid-in capital, employees, organizational form, neighborhood damage, and zoning dummies; subsidiary models address sectoral contrasts and intra-/inter-city moves. Neighborhood damage is the most powerful driver, while individual proprietorship and pre-quake location in commercial zones further raise relocation odds; firm size matters little. Greater damage steers move within the city, and relocation motives vary markedly by industry.

Keywords: Corporate Relocation, Binary Logit, Industry-Specific, Land-Use Zoning, the Hanshin-Awaji Earthquake

企業移転, ロジットモデル, 産業別, 用途地域, 阪神・淡路大震災

1. はじめに

(1) 研究背景と既往研究の整理

復興計画研究では「住む」ことに関する研究が多く行われている一方で、「働く」ことに関する研究は十分に進んでいない現状がある。小野らの研究¹⁾によれば、1995年から2021年の間に発表された復興計画研究の動向をテーマ別に整理した結果、都市計画に関する研究が全体の21.6%、住宅に関する研究が17.6%を占めていることが示されている。一方で、産業空間に関する研究はわずか55本、全体の3.0%に過ぎず、この分野にはさらなる議論と研究の余地が多く残されている。また、近年、都市型災害の増加に伴って、集積地域における企業の被災問題を理解するための分析の必要性が高まっている。経済・雇用の集積地である首都圏や大都市圏が被災した場合、サプライチェーンや関連産業にも深刻な影響が及ぶため、企業被災のリスクを見据えた新たな視点が求められる。しかし、土地利用規制や用途地域といった都市計画的要素を考慮した企業移転・再建に関する研究は十分に蓄積していない状況にある。

Uchidaらの研究²⁾では、東日本大震災と阪神淡路大震災の両事例について、効率性が高い企業ほど倒産しにくいという結果が報告されている。内田の研究³⁾では、東日本大震災後に被災地では特に倒産による退出が減少していることや解散や廃業は震災後に増加していることを明らかにした。渡邊らの研究⁴⁾によれば、東日本大震災で甚大な被害を受けた石巻市の水産加工業を対象に、再開パターンを基に企業を分類して再建の障壁と課題を詳細に分析し、水産加工業者が立地する加工団地や湊門脇地区では、震災後の区画整理や道路整備の遅延が営業再開を妨げる要因であると指摘している。

植杉らの研究⁵⁾では、阪神・淡路大震災を対象に震災前後の企業データを用いて分析を行い、被災地では震災後に企業の移転率が上昇しており、特に被害が集中した地域で顕著であることや、地域内移転が多く、約1/3の移転が1km未満の近距離移転であったことが明らかとなった。Onoらの研究⁶⁾では、企業移転に伴う立地選択の決定要因について、東日本大震災によって本社移転をした被災企業を対象に分析を行い、被災企業は、販売先が所在していた市区町村と金融機関の取引店舗が所在していた市区町村へ移転する確率が高いが、仕入先の所在は移転先決定に有意な影響を及ぼしていないことが示されている。しかし、これらは企業同士の関係性、特に金融に関する分析を行っており、都市計画的な視点から分析した論文は少ない。

益邑⁷⁾は、東日本大震災の津波被災市街地を対象として分析を行い、災害危険区域に指定された地域では、事業所が移転を余儀なくされるケースが多く、これが一部の企業で廃業の要因になったことを示し、移転先の選定において、事業所の規模や業種が影響していることを示唆した。先行研究は、企業の存続に注目した論文は散見されるが、再建に影響し得る要因として、被災後の空間整備事業や土地利用規制を扱う研究は見る限り少ない。土地利用規制を扱う研究の中でも、用途地域に注目した研究は、管見の限りない。

また、植杉らの研究⁵⁾では、被災地に所在する企業と被災地外に所在する企業を比較した結果、被災地内の企業の方が移転しやすいことが明らかにされている。このように、被災により企業移転が増加する傾向が示されているが、企業の特性は多様であり、一概に語ることは難しい。特に、企業の産業ごとの詳細を明らかにすることは、被災後の企

* 学生会員 東京大学大学院 工学系研究科都市工学専攻 (The University of Tokyo)

** 非会員 東京大学 先端科学技術研究センター (The University of Tokyo)

*** 会員 東京大学 先端科学技術研究センター (The University of Tokyo)

業行動をより精緻に捉える上で重要な知見を提供するものと考えられる。先行研究では、被災地に所在する企業を対象に廃業や存続、移転について分析を行なっているが、産業別の違いに注目した研究は管見の限りない。

以上より、本研究では、用途地域が企業の移転有無や移転先の選択に与える影響を検証するとともに、総務省の定める産業分類大分類ごとに移転要因を推定し、その結果を比較することで災害後の企業行動を精緻に把握することを目指す。

(2) 研究目的と問い

本研究では、多様な産業の集積度が高く、用途地域の指定のすすんでいた地域が被災地となった阪神・淡路大震災を対象に、被災後実際に本社移転を行った企業を対象にして、用途地域が移転意思決定にどのような影響を与えるのかを分析する。特に都市部や集積度の高い地域では、用途地域による建物用途の制約が大きく、企業にとって重要な立地選択となり得る。あわせて産業分類大分類別のモデルを推定し、業態の違いによって移転行動に差異が生じるのかを検証することを主たる目的とする。

重要な意思決定機能を持つ本社をどこに立地させるかは各企業にとって重要な判断の一つであり、産業集積の変容を理解するにあたって一助となるような重要な知見を得ることができる。

用途地域が移転決定に与える影響や産業ごとの移転特性の違いを明らかにすることは、将来地震災害により集積度の高い地域が被災した場合の企業復興政策、都市再生、土地利用計画に対して重要な視座を与えると考えられる。

2. 対象と方法

(1) 対象地域・対象期間

建設省告示第千二百三十六号⁸⁾において提示されている区域のうち、町と大阪市を除く 9 市（豊中市、神戸市、尼崎市、明石市、西宮市、芦屋市、伊丹市、宝塚市、川西市）を分析対象の被災地として定義した。植杉らの研究⁹⁾では、被災地内の企業移転率と被災地外の企業移転率を比較し、両者の移転率の差が 1%を超えていたのは、1995 年および 1996 年に発生した移転を対象とした場合に限られることが明らかにされている。この知見を踏まえ、本研究では 1995 年 1 月～1997 年 1 月を対象期間として設定した¹⁾。本研究が対象とする期間においては、復興土地区画整理事業（以下、区画整理事業）の計画決定も未了の地区があり、同事業の進捗を変数化することは困難である²⁾。しかしながら、同事業対象地の移転は分析対象に含み、事業の影響を分析する。

(2) 使用データ

企業データとして、株式会社帝国データバンクが保有する企業のデータ「COSMOS2 企業概要ファイル」を用いて、被災前に対象地域に所在していた企業で移転のなかった企業の 19,521 社のうち、「令和 3 年経済センサス-活動調査」⁹⁾における産業分類第分類別資本金別の企業数割合を元にサンプリングした 1,000 社のデータ³⁾と、移転のあった全企

業 2,472 社を用いた。また、日本標準産業分類大分類における A 農業、林業、B 漁業、C 鉱業、採石業、砂利採取業、F 電気・ガス・熱供給・水道業、T 分類不能の産業については、各産業の企業数割合が産業全体の 10%未満であり、十分なサンプル数が確保できないため、まとめて「その他産業」として扱った。

阪神・淡路大震災前後の用途地域のデータについては、QGIS を用いて自治体から提供されたラスタ画像データか

表 1 企業本社移転有無についてのパラメータ推定に
用いた変数の定義

項目	説明
移転ダミー	t 年から t+2 年における企業の本社所在地変更ダミー 移転あり = 1、移転なし = 0
<u>COMPANY</u>	<u>企業の性質・規模を表す変数群</u>
資本金	1994 年時点での資本金(千円)
従業員	1994 年時点での従業員数(人)
個人営業	法人組織であるか個人営業であるかを表したダミー
ダミー	変数、個人営業 = 1、その他 = 0
<u>DAMAGE</u>	<u>被災程度を表す変数群</u>
町丁目	町丁目被災度 = (全壊又は大破の棟数 + 火災による損傷の棟数) / (全棟数 - 被災未調査棟数)、移転する企業については、移転以前に企業が所在していた町丁目の町丁目被災度を用いる
被災度	
<u>AREAUSE</u>	<u>土地利用を表す変数群</u>
住居系用途	住居系用途地域に所在していれば 1、移転する企業については、移転以前の所在地で定義する
地域ダミー	
商業系用途	商業系用途地域に所在していれば 1、移転する企業については、移転以前の所在地で定義する
地域ダミー	
工業系用途	工業系用途地域に所在していれば 1、移転する企業については、移転以前の所在地で定義する
地域ダミー	
<u>INDUSTRY</u>	<u>産業を表す変数群</u>
D 産業ダミー	日本標準産業分類大分類 D 建設業を表すダミー変数
E 産業ダミー	日本標準産業分類大分類 E 製造業を表すダミー変数
G 産業ダミー	日本標準産業分類大分類 G 情報通信業を表すダミー変数
H 産業ダミー	日本標準産業分類大分類 H 運輸業、郵便業を表すダミー変数
I 産業ダミー	日本標準産業分類大分類 I 卸売業、小売業を表すダミー変数
J 産業ダミー	日本標準産業分類大分類 J 金融業、保険業を表すダミー変数
K 産業ダミー	日本標準産業分類大分類 K 不動産業、物品賃貸業を表すダミー変数
L 産業ダミー	日本標準産業分類大分類 L 学術研究、専門・技術サービス業を表すダミー変数
M 産業ダミー	日本標準産業分類大分類 M 宿泊業、飲食サービス業を表すダミー変数
N 産業ダミー	日本標準産業分類大分類 N 生活関連サービス業、娯楽業を表すダミー変数
O 産業ダミー	日本標準産業分類大分類 O 教育、学習支援業を表すダミー変数
P 産業ダミー	日本標準産業分類大分類 P 医療、福祉を表すダミー変数
R 産業ダミー	日本標準産業分類大分類 R サービス業(他に分類されないもの)を表すダミー変数
その他産業	日本標準産業分類大分類 A 農業、林業、B 漁業、C 鉱業、採石業、砂利採取業、F 電気・ガス・熱供給・水道業、T 分類不能の産業を表すダミー変数
ダミー	

らポリゴンデータを作成した。阪神・淡路大震災後の対象地域外の用途地域は、国土数値情報で提供されている最も古い 2011 年のデータを用いた。

建物被害データは、建築研究所¹⁰⁾が町丁目単位で集計した結果を収録した CD-ROM のデータを用いた。CD-ROM で提供されている全壊率、火災損傷率の定義や、植杉ら⁹⁾が研究で用いた住宅全壊率の定義を参考に、本研究では町丁目被災度を以下の式(1)で定義した。

$$\text{町丁目被災度} = \frac{\text{全壊又は大破の棟数} + \text{火災による損傷の棟数}}{\text{全棟数} - \text{被災未調査棟数}} \quad (1)$$

(3) 分析方法

本研究では、阪神・淡路大震災で移転した企業の特徴を捉えるために、産業別や用途地域別、空間的分布、移転距離に関する集計分析を行った。

続けて、被災地に所在する企業の移転有無について、二項ロジットモデルを適用し、確定項のパラメータを最尤推定法により推定した。移転の有無に関するモデルでは、選択肢集合として「1:移転あり、2:移転なし」を設定した。

移転有無の推定に用いた変数の定義を表 1 に示す。企業が被災時点で所在していた地域の町丁目被災度を導入し、企業周辺の物理的被害が移転意思決定を促す要因となるかを測定した。あわせて、企業そのものの属性を表す資本金や従業員数、法人組織か個人営業かを示すダミー変数を効用関数に含めることで、経営規模や営業形態による移転のしやすさを検証できるようにしている。さらに、住居系・商業系・工業系用途地域ダミーを考慮することで、地域の土地利用規制がどのように企業行動に影響を与えるかを把握しやすくしている。また、産業分類を示すダミー変数を設定し、業態ごとの特性差をモデル内で反映させることで、

表 2 企業本社移転先についてのパラメータ推定に
用いた変数の定義

項目	説明
市内移転ダミー	t 年から t+2 年における企業の本社所在地が市区内移転であれば 1、市区外移転であれば 0
COMPANY	企業の性質・規模を表す変数群
資本金	1994 年時点での資本金(千円)
従業員	1994 年時点での従業員数(人)
個人営業ダミー	法人組織であるか、個人営業であるかを表したダミー変数、個人営業であれば 1、それ以外であれば 0
DAMAGE	被災程度を表す変数群
町丁目被災度	町丁目被災度=(全壊又は大破の棟数+火災による損傷の棟数)/(全棟数-被災未調査棟数)、移転後に企業が所在する町丁目の町丁目被災度の値を用いる
AREAUSE	土地利用の特性を表す変数群
住居系用途地域ダミー	住居系用途地域に所在しているか 1、移転後の所在地で定義する
商業系用途地域ダミー	商業系用途地域に所在しているか 1、移転後の所在地で定義する
工業系用途地域ダミー	工業系用途地域に所在しているか 1、移転後の所在地で定義する

震災時の各産業の移転挙動の違いを精査できるようにしている。

推定に先立って行う変数の標準化は、資本金や従業員数といった数値の単位や変動幅が大きく異なる説明変数の影響度を比較可能にする目的で導入されている。平均 0、分散 1 に正規化することで、変数群の次元がそろい、各係数間の大小を直観的に理解することが容易になる。この手法により、推定結果の解釈やモデル評価において、特定の変数のみスケールの大きさから突出してしまうことを防ぎ、すべての説明変数を扱うことが可能となる。

最後に、被災地に所在する企業の移転先について、上述と同様の方法で推定した。移転先に関するモデルでは、選択肢集合として「1:市内移転、2:市外移転」を設定した。移転先の推定に用いた変数の定義を表 2 に示す。町丁目被災度は、移転後に企業が所在する町丁目の町丁目被災度の値を用いる。

3. 結果

(1) 阪神・淡路大震災で移転した企業の特徴

(I) 産業分類大分類別分析

1995 年時点で被災地域に所在した企業を産業別に集計すると、卸売業・小売業が最多であった(表 3)。また、全体の本社移転率は 11%だが、業種間で大きなばらつきが見られた。情報通信業は 23%と突出しており、学術研

表 3 産業分類大分類別移転率

産業分類大分類	移転率	産業分類大分類	移転率
A 産業	9%	J 産業	19%
B 産業	14%	K 産業	12%
C 産業	0%	L 産業	20%
D 産業	10%	M 産業	11%
E 産業	9%	N 産業	11%
F 産業	0%	O 産業	11%
G 産業	23%	P 産業	6%
H 産業	13%	Q 産業	12%
I 産業	12%	R 産業	10%
		全産業	11%

究・専門・技術サービス業が 20%、金融・保険業が 19%となっている。一方、鉱業・採石業と電気・ガス・水道業は移転例がなく、医療・福祉の移転率は 6%にとどまった。さらに、製造業は建設業よりも企業数が多いにもかかわらず移転企業数で建設業に劣り、産業ごとに被災影響の受け止め方や再立地戦略が異なっていた。

(II) 用途地域別の分析

移転前後で用途地域が変わらない企業は 55%を占め、商

表 4 移転前後での用途地域分類別企業数

		移転後				
		住居系	商業系	工業系	用途	合計
		用途地域	用途地域	用途地域	地域外	(社)
移 転 前	住居系	541	177	132	49	899
	商業系	346	603	123	29	1,101
	工業系	119	80	214	24	437
	用途地域外	11	5	8	11	35
	合計	1,017(41%)	865(35%)	477(19%)	113(5%)	2,472

業系用途地域から商業系用途地域への移転企業が最多であった。移転後、住居系用途地域に立地する企業割合が全体の41%に達し、商業系用途地域から住居系用途地域に移転する企業も増加した(表4)。用途地域外に所在する企業は約3倍に増加するが、商業系用途地域から用途地域外への移転割合は少なかった。産業分類大分類別では、商業系用途地域に所在する金融業や卸売・小売業が減少し、情報通信業や運輸業は工業系用途地域への移転が増加した。学術研究や技術サービス業では住居系用途地域への移転が目立った。

(Ⅲ) 企業の空間的分布

移転のなかった企業の分布と移転のあった企業の1995年1月第二土曜日時点での所在地、つまり移転前の分布を比較すると、いずれの分布も臨海部や尼崎市と豊中市の市境周辺に企業が集中しており、似た傾向を示していることが観察された。

次に、移転のあった企業の1997年時点での所在地³⁾の分布を対象地域周辺の図1と広域地図の図2で示す。特に、対象地域周辺への移転に注目すると、対象地域内の内陸部や、兵庫県内の内陸部に企業移転が進んでいることが大きな特徴として挙げられる。

また、被災地近郊で被災地よりも集積度の大きい大阪市へ移転した企業が120社確認された。大阪市へ移転した企業の産業分類大分類別割合は、建設業、製造業の割合が低く、情報通信業の割合は高くなっている。また、首都圏や愛知県、福岡県といった別の大規模商圏に移動した企業も複数確認された。

(Ⅳ) 復興土地区画整理事業における移転

表5に区画整理事業における本社の移転の割合を示す。移転した全企業2,472社のうち、区画整理事業対象地からの移転企業は137社(5.5%)と限定的であることから、必ずしも区画整理事業によって本社移転が促進または阻害されたとは言えないことが分かる。区画整理事業対象地から移転した最大の産業はE産業とI産業であり、特にE産業は全体の割合が14.2%に対して、40.9%と大きな乖離が見られることから、区画整理事業対象地からの移転は、製造業の本社移転が多かったことがわかる。なお区画整理事業

表5 区画整理事業における移転企業数の割合

	移転 企業数	割合	区画整理事業 内の移転企業数	割合
D産業	365	14.8%	12	8.8%
E産業	351	14.2%	56	40.9%
G産業	55	2.2%	0	0
H産業	132	5.3%	2	1.5%
I産業	1,017	41.2%	56	40.9%
J産業	22	0.9%	0	0
K産業	182	7.4%	4	2.9%
L産業	117	4.7%	3	2.2%
M産業	57	2.3%	1	0.7%
N産業	49	2.0%	2	1.5%
O産業	22	0.9%	0	0
P産業	13	0.5%	0	0
R産業	80	3.2%	1	0.7%
ABCFT産業		0.4%	0	0
個人営業	343	13.9%	45	32.9%
その他	2,129	86.1%	92	67.2%
合計	2,472	100%	137(5.5%)	100%

の対象地を確認すると、全体の51.8%が「新長田駅北地区震災復興土地区画整理事業」に該当することが分かった。

(Ⅴ) 移転距離に関する分析

移転のあった企業2472社に対して、式(2)で表される球面余弦定理を用いて移転距離を算出した結果を表6に示す。ここでは、地球の半径を6371kmで固定している。

移転距離(km)

$$= 6371 \cos^{-1}(\cos Y_{before} \cos Y_{after} \cos(X_{after} - X_{before}) + \sin Y_{before} \sin Y_{after}) \quad (2)$$

X_{before} : 移転前の経度[rad]

X_{after} : 移転後の経度[rad]

Y_{before} : 移転前の緯度[rad]

Y_{after} : 移転後の緯度[rad]

移転のあった企業のうち、1km未満の移転は39%であった。また、2km未満、10km未満の移転は各々53%、79%であった。一方で、50km以上の距離を移転した企業は全体の2%にとどまっており、被災後の新たな都市構造の生成に対しては、大きく影響を与えないと推測される。

植杉らの研究⁹⁾によれば、被災地における移転企業の約

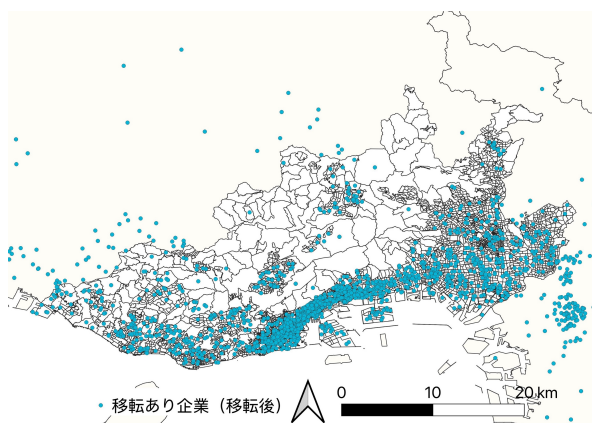


図1 移転のあった企業の移転後の分布(対象地域周辺)

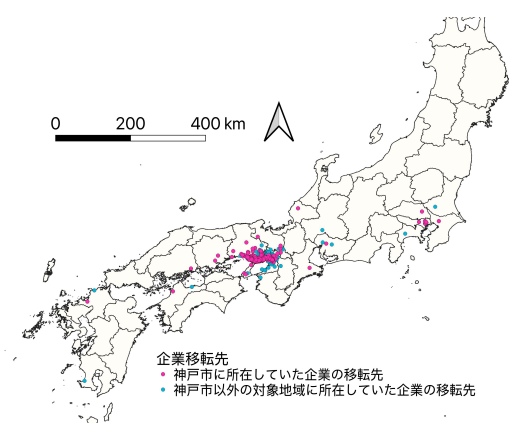


図2 移転のあった企業の移転後の分布(広域)

1/3 が移転距離 1km 未満であると報告されており、本研究における 39%という結果と概ね一致している。一方で、植杉らの研究では移転距離 10km 以上の企業について、より細かく距離別に細分化した議論が行われておらず、他都道府県への移転企業に関する言及も見られない。また、産業別の議論は行われていない。

1km 未満の移転をした企業割合が同産業内で 50%以上を占める産業は宿泊業、飲食サービス業と医療、福祉の 2 種類であり、ともに 60%以上の企業が 1km 以内の移転をしたことが明らかとなった。

10km 以上の移転をした企業割合が同産業内で 30%以上を占める産業は、その他企業を除き情報通信業と医療、福祉の 2 種類であった。ただし、医療、福祉の企業で 50km 以上の広域移転を行った企業は存在しなかった。医療、福祉の企業は、1km 未満の移転をした企業が 61%(8 社)であることと、10km 以上の移転をした企業が 31%(4 社)であることから、いずれも他の産業と比較して高い割合を占めていることが確認された。また、情報通信業は、1km 未満の移転をした企業割合が同産業内で 27%を占めており、他の産業と比較すると小さな値となっている。

表 6 産業分類大分類別の移転距離の企業数割合

	1km 未満	1km 以上 10km 未満	10km 以上 30km 未満	30km 以上
全産業	38%	41%	17%	5%
D 産業	44%	44%	11%	2%
E 産業	39%	40%	15%	7%
G 産業	26%	37%	29%	8%
H 産業	32%	40%	20%	9%
I 産業	38%	39%	19%	4%
J 産業	37%	47%	14%	5%
K 産業	45%	43%	11%	2%
L 産業	26%	49%	22%	4%
M 産業	60%	27%	11%	4%
N 産業	38%	36%	20%	4%
O 産業	24%	51%	27%	0%
P 産業	61%	8%	23%	8%
R 産業	47%	39%	9%	7%
ABCFT 産業	10%	30%	50%	10%

表 7 移転有無における産業分類大分類別推定結果

(サンプル数)	モデルの 有意性	的中率	資本金	従業員	個人営業 ダミー	町丁目 被災度	住居系用途 地域ダミー	商業系用途 地域ダミー	工業系用途 地域ダミー
全産業 (3472)	***	0.63	3.07×10^9	4.75×10^5	6.01×10^{-1}	1.80	3.03×10^{-1}	7.05×10^{-1}	1.29×10^{-1}
D 産業 (486)	*	0.52	-1.19×10^{-5}	2.72×10^{-3}	5.00×10^{-1}	9.42×10^{-1}	1.04	1.16	1.11
E 産業 (464)	***	0.58	-2.72×10^{-8}	3.84×10^{-4}	8.09×10^{-1}	1.63	-7.64×10^{-2}	1.38×10^{-1}	-4.53×10^{-1}
G 産業 (127)		0.65	6.22×10^{-7}	2.40×10^{-4}	1.98	2.85	-1.32×10^{-1}	2.10×10^{-1}	-5.41×10^{-1}
H 産業 (150)		0.59	-7.09×10^{-8}	-1.09×10^{-5}	-6.20×10^{-1}	1.46	-7.33×10^{-2}	5.67×10^{-1}	-7.07×10^{-2}
I 産業 (1241)	***	0.59	1.12×10^{-7}	-6.17×10^{-4}	4.90×10^{-1}	1.42	2.60×10^{-1}	5.29×10^{-1}	-6.06×10^{-2}
J 産業 (38)		0.63	1.05×10^{-7}	-4.15×10^{-4}	7.14×10^{-1}	1.01	8.53×10^{-1}	-4.84×10^{-1}	-3.88×10^{-1}
K 産業 (342)	***	0.69	-8.56×10^{-8}	-3.07×10^{-3}	1.04	5.43	3.55×10^{-1}	3.60×10^{-1}	3.58×10^{-1}
L 産業 (220)	**	0.59	-6.40×10^{-6}	7.73×10^{-3}	8.55×10^{-1}	1.29	-4.72×10^{-2}	5.41×10^{-1}	-3.20×10^{-1}
M 産業 (103)	*	0.73	4.50×10^{-5}	-2.98×10^{-3}	1.49	4.43	2.09×10^{-1}	2.03×10^{-1}	2.14×10^{-1}
N 産業 (97)	**	0.70	1.85×10^{-5}	1.96×10^{-3}	7.34×10^{-1}	2.92	-3.94×10^{-1}	9.88×10^{-1}	-8.29×10^{-1}
O 産業 (31)		0.71	2.35×10^{-7}	-1.03×10^{-3}	-2.56	1.83	-3.10×10^{-1}	4.07×10^{-1}	-1.53×10^{-1}
P 産業 (29)		0.86	1.90×10^{-5}	-1.22×10^{-2}	1.03	1.76×10^{-1}	-2.22	7.80×10^{-1}	3.12
R 産業 (129)		0.62	-1.29×10^{-6}	1.13×10^{-3}	-5.00×10^{-1}	1.37	-3.30×10^{-2}	7.04×10^{-1}	-1.78×10^{-2}
ABCFT 産業(8)		1	-1.35×10^{-4}	-4.8	1.16×10^{-1}	7.97×10^{-2}	-7.66×10^{-2}	-7.30×10^{-1}	-3.20×10^{-2}

p<0.01 ***, p<0.05 **, p<0.1 *

表 8 移転先における産業分類大分類別推定結果

(サンプル数)	モデルの 有意性	的中率	資本金	従業員	個人営業 ダミー	町丁目 被災度	住居系用途 地域ダミー	商業系用途 地域ダミー	工業系用途 地域ダミー
全産業 (2472)	***	0.61	2.83×10 ⁹	3.99×10 ⁵	3.57×10 ¹	2.01	1.78	2.23	1.84
D 産業 (387)	**	0.61	2.14×10 ⁵	-5.76×10 ³	3.84×10 ¹	5.51×10 ¹	2.39	2.25	2.28
E 産業 (343)	***	0.66	-7.36×10 ⁸	-9.26×10 ⁴	1.41×10 ¹	2.09	1.47	2.05	2.03
G 産業 (52)		0.58	6.71×10 ⁷	2.40×10 ³	6.19×10 ¹	4.08	-1.40×10 ¹	-4.00×10 ²	2.60×10 ¹
H 産業 (130)	*	0.63	-1.22×10 ⁶	-1.44×10 ⁴	-1	4.12×10 ¹	1.34	2.62	2.14
I 産業 (1009)	***	0.63	-4.19×10 ⁸	-1.03×10 ⁴	4.73×10 ¹	3.00	2.07	2.68	2.01
J 産業 (20)		0.73	1.73×10 ⁷	4.56×10 ³	-3.10×10 ¹	1.17×10 ¹	-2.25×10 ¹	-2.15×10 ¹	-2.24×10 ¹
K 産業 (192)	***	0.72	-1.03×10 ⁶	-1.60×10 ²	9.06×10 ¹	1.86	2.83×10 ¹	2.92×10 ¹	2.80×10 ¹
L 産業 (113)		0.59	-1.91×10 ⁵	2.06×10 ²	3.72×10 ¹	1.15	-4.98	-4.63	-5.12×10 ¹
M 産業 (54)	*	0.81	4.43×10 ⁶	-2.13×10 ²	1.81×10 ¹	-1.14	1.65×10 ²	1.65×10 ²	1.63×10 ²
N 産業 (53)		0.80	1.13×10 ⁵	-2.08×10 ³	-1.91	9.38	3.65×10 ¹	3.69×10 ¹	3.69×10 ¹
O 産業 (19)		0.73	-1.04×10 ⁴	-5.31×10 ⁴	1.04×10 ²	2.17	-1.14×10 ¹	-1.16×10 ¹	1.30×10 ²
P 産業 (13)		1	5.23×10 ⁴	-1.37	-8.06	1.68×10 ²	-2.08×10 ²	-1.82×10 ²	7.42×10 ¹
R 産業 (79)		0.64	-5.39×10 ⁶	3.63×10 ³	1.59	2.10	-2.04	-1.33	-1.85
ABCFT 産業(3)		0.90	4.17×10 ⁷	5.04×10 ¹	0.00	-6.87	4.67	1.20	1.13

p<0.01***, p<0.05**, p<0.1*

(2) 企業本社の移転有無に関するパラメータ推定

標準化前のデータ数値に対するパラメータの推定結果、的中率、モデルの統計的有意性を表 7 に示す。灰色で示された負の値をもつパラメータは、移転の有無に対して、負の影響を及ぼし、移転確率を低下させることを表している。

企業全社を対象としたロジットモデルの推定結果では、資本金や従業員数といった企業規模に関する変数は統計的に有意ではなかった。一方、個人営業ダミーは統計的に有意であり、個人営業の企業ほど移転確率が高い傾向が確認された。また、町丁目被災度がもっとも強い影響を及ぼす要因として示された。用途地域に着目すると、商業系用途地域に立地する企業は移転しやすいことが示唆されたが、ほかの用途地域ダミーは顕著な影響を示さなかった。産業分類ごとに分析した結果、不動産業・物品賃貸業、宿泊業・飲食サービス業、および生活関連サービス業・娯楽業のモデルが的中率 60% 以上かつ統計的に有意という結果を示した。不動産業・物品賃貸業は全産業を対象とした推定結果と同様の傾向を示すが、宿泊業・飲食サービス業および生活関連サービス業・娯楽業では資本金が正の影響を及ぼし、規模の大きい企業ほど移転確率が高まる特性が明らかとなった。さらに生活関連サービス業・娯楽業では商業系用途地域に所在する企業の移転確率が高く、住居系や工業

系用途地域に所在する企業の移転確率が低いことが確認された。

(3) 企業本社の移転先に関するパラメータ推定

被災後に企業が市内か市外かのいずれを移転先として選択するかを分析対象とし、企業全体および産業分類大分類ごとにロジットモデルを用いたパラメータ推定を行った結果を表 8 に示す。その結果、企業規模を示す資本金や従業員数は、移転先の選択について統計的に有意な影響を示さない場合が多かった。

一方で、個人営業か否かという営業形態に関しては、移転先の選択に影響を及ぼす要因として推察される結果が得られた。具体的には、個人営業の企業ほど市内移転を偏好する傾向があった。

町丁目被災度については、市外ではなく市内への移転を促す大きな要因として示され、被災度合いが高い地域であっても、企業があえて市内に留まる選択をするという行動が見られる。

さらに、用途地域の存在が企業の移転行動を左右する要因であることも本研究から明らかとなった。特に商業系用途地域は、企業が市内への移転を決断するうえで強い誘因となる傾向が示唆されている。一方で、住居系や工業系用途地域もすべてが市外移転を招くわけではなく、条件が同

様であれば市内を選ぶ企業も少なくないことがうかがえる。

産業別の観点から見ると、建設業、製造業、卸売業・小売業、不動産業・物品賃貸業などは、モデル全体が統計的に有意となり、かつ用途地域の影響を受けやすい産業として位置づけられる。一方で、金融業・保険業など、中心市街地立地への要請が強くとも、必ずしも市内移転のモデルにおける係数がプラスに作用しないケースもある。

4. 考察

(1) 阪神・淡路大震災で移転した企業の特徴の考察

移転の全体傾向として、対象期間内に移転した企業は約一割にとどまるものの、業種間で大きなばらつきが見られた。情報通信業や学術研究・専門・技術サービス業では移転率が高いことが確認された。これらの産業は、大阪市への移転割合が高く、集積度の高い地域へ移転することで得られる効用が高いと考えられる。

用途地域との関係では、移転前後で用途地域区分が大きく変わらない企業が多いものの、金融・保険業や卸売業・小売業のように商業系用途地域から他地域に分散する動き、また情報通信業や運輸業が工業系用途地域へ集積する動きがそれぞれ観察され、学術研究・専門・技術サービス業においては住居系用途地域への移転が進む現象も確認されたことから、用途地域が企業の再配置を大きく左右していると推察される。用途地域外への移転数も増加したが、商業系用途地域からの移転割合は相対的に低く、商業系用途地域に立地することの効用が示唆された。

移転の有無にかかわらず、企業分布は類似していたが、移転後の立地をみると、内陸部や首都圏への再配置が進んでいた。近距離移転が多い一方で一部の産業では長距離移転も見られた。この結果から、情報通信業の割合はより集積度の高い地域へ移転することで得られる効用が高いと考えられる。また、この結果により、建設業、製造業は集積度がより高い地域へ移転するのではなく、周辺地へ移転する可能性が示唆されている。

(2) 企業本社の移転有無ならびに移転先に関するパラメータ推定結果の考察

企業規模が移転有無に与える影響は必ずしも大きくないにもかかわらず、個人営業の企業ほど移転確率が高いことが示唆された。町丁目被災度が上昇するにつれて移転の可能性が高まるという結果が得られ、これは周辺地域の倒壊やインフラ被害が企業の立地再考を促す主要な要因であることを意味すると考えられ、植杉らの先行研究⁹⁾をサポートする結果と言える。さらに、商業系用途地域に所在する企業ほど移転しやすい傾向が統計的に裏付けられ、用途地域による立地制約が企業行動と深くかかわっている可能性が示された。

なお、区画整理事業における企業本社の移転は、区画整理事業内では個人営業の割合が高かった点は既往研究^{11,12)}とも整合する一方、全体から見た移転企業数の割合が5.5%以下であったため、少なくとも本稿が対象とする2年間に

おける区画整理事業や仮換地による企業本社の移転という観点では影響が限定的であることが分かった。

また、移転先の町丁目被災度が高いほど移転先として市外ではなく市内を選びやすくなることから、市外に移転するには移転先の町丁目被災度が低いことが必要条件となることが示された。ただし、企業規模が移転先の選定に与える有意な影響は確認されず、被災地内の企業本社を市内に誘致したいと考えた場合に、単純に企業規模を指標として支援策を組み立てるだけでは、十分な効果が得られない可能性を示唆していると言える。

住居系・商業系・工業系用途地域が移転先に含まれる場合に市内への移転選択が促進される傾向も見られ、特に建設業、製造業、卸売業・小売業、不動産業などの産業で統計的に有意な結果が得られた。そのため、これらは用途地域の影響を受けやすい産業として位置づけられ、用途地域が移転意思決定に与える影響や業態の違いによって移転行動に差異が生じることが明らかとなった。これらの産業の多くは、災害直後の復興需要や地場客への依存度が比較的高い場合があるため、市内移転の有効性が特に高くなる可能性が考えられる。

5. 結論と今後の課題

本研究では、1995年の阪神・淡路大震災による被災地域に所在していた企業本社を対象とし、被災後2年間で所在地が変更された企業を「移転あり」と定義して移転挙動を分析し、得られた結果を通じて災害後の企業動態や都市計画への示唆を提示することを目的としている。

災害後の企業本社移転の背景には、町丁目被災度という直接的な被害状況だけでなく、用途地域による立地制約や産業固有の経済要因が複合的に作用していることが明らかとなった。

もっとも、本研究で用いたデータには偏りや座標精度の問題が残り、当時と現代とでは社会状況が変化している点に留意が必要である。しかしながら、本研究が提示した企業本社移転モデルは、産業分類と用途地域を組み合わせる新たな手法で企業の立地変動を解析した点に大きな意義があると言える。

今後の課題としては、本研究で得られた知見を補完するものとして、工場や事業所といった企業本社以外の主体に注目した分析を行うことで、企業移転の構造を詳細に把握し、災害後の企業の集積を明らかにすることが求められるだろう。また、企業や地区ごとの個別事情をより詳細に反映するために、マクロ的なモデル分析を補完する視点も求められる。

<謝辞>

株式会社帝国データバンクよりデータを提供いただいた。また、分析対象地の県・市町村より用途地域データを提供いただいた。記して感謝申し上げる。

【補注】

- (1) 1995 年 1 月第 2 土曜日確定のデータと 1997 年 1 月第 2 土曜日確定のデータを用いている。
- (2) 本研究が対象とする期間においては、復興土地区画整理事業の事業計画決定も未了の地区があり、例として、鷹取東第一地区震災復興土地区画整理事業の事業計画決定が 1995 年 11 月 30 日や新長田駅北地区震災復興土地区画整理事業の着手が 1997 年 1 月 4 日など、本研究が対象とする 1995 年 1 月から 1997 年 1 月の 2 年間に於いて震災復興土地区画整理事業の進捗を変数化することは困難である。したがって、本研究の結果には、復興土地区画整理事業に起因する効果が十分に反映されていない可能性がある点に留意されたい。
- (3) サンプリング方法は以下のものである。まず、「令和 3 年経済センサス - 活動調査 企業等に関する集計 - 産業横断的集計 - 企業等数、従業員数 第 3 - 2 表 企業産業(小分類)、資本金階級(10 区分)別会社企業数、事業所数、男女別従業員数及び常用雇用者数 - 全国、都道府県、大都市」を用いて、東京都区部に本社を置く企業を、産業大分類別資本金別に集計し、各分類の企業割合に基づき、全体で 1000 社となるように企業数を割り振り、その割り振りの中から産業別資本金別ごとにランダムに抽出を行った。なお、割り振られた企業数が実際の企業数を上回る場合、その差分については、元の割合において企業数の比率が低く、サンプル数が十分に確保されていない「ABC_FQ_その他」に分類される企業群の中からランダムに抽出を行った。

【参考文献】

- 1) 小野悠、井本佐保里、浦田淳司、萩原拓也、羽藤英二(2022), 「日本の復興計画の研究動向と今後の展望 1995 年以降の建築・都市・土木の計画分野を中心に」, 日本建築学会計画系論文集, 87(799), 1832-1843.
- 2) Uchida, H., Miyakawa, D., Hosono, K., Ono, A., Uchino, T. and Uesugi, I. (2014), 「Natural Disaster and Natural Selection」, RIETI Discussion Paper Series, 14-E-055
- 3) 内田浩史(2014), 「東日本大震災と企業退出: 企業データベースの分析」, 経営研究, 60, pp. 1-2
- 4) 渡邊享子、真野洋介 (2013), 「水産都市の復興に向けた地域産業の実態に関する研究 宮城県石巻市における水産加工業者の実態を対象として」, 都市計画論文集, 48(1), pp.67-72.
- 5) 植杉威一郎、内田浩史、内野泰助、小野有人、間真実、細野薫、宮川大介(2013), 「大震災と企業行動のダイナミクス」, 経済研究, 64(2), pp.97-118.
- 6) Ono, A., Miyakawa, D., Hosono, K., Uchida, H., Uchino, T., Uesugi, I. (2014), 「Transaction partners and firm relocation choice: Evidence from the Tohoku earthquake」 (No. 11). Institute of Economic Research, Hitotsubashi University.
- 7) 益邑明伸 (2020), 「東日本大震災津波被災市街地の復興都市計画と被災中小企業の動態に関する研究」 (Doctoral dissertation, 東京大学)
- 8) 国土交通省、阪神・淡路大震災による災害に係る激甚災害に対処するための特別の財政援助等に関する法律施行令第四十一条第一項の区域, <https://www.mlit.go.jp/notice/noticedata/sgml/1995/25278010/25278010.html>, (最終閲覧日: 2025 年 4 月 9 日)
- 9) 総務省統計局, e-Stat, 経済センサス - 活動調査/令和 3 年経済センサス - 活動調査/企業等に関する集計産業横断的集計企業等数、従業員数, https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200553&tstat=000001145590&cycle=0&tclass1=000001145666&tclass2=000001145669&tclass3=000001145673&stat_infid=000040067957&tclass4val=0 (最終閲覧日: 2025 年 4 月 9 日)
- 10) 建設省建築研究所(1996), 「平成 7 年兵庫県南部地震被害調査最終報告書 - 第 I 編中間報告書以降の調査分析結果」, pp.5-300.
- 11) 濱田愛、高希麗、周郷万里菜、川手撰、田中暁子 (2024), 「震災復興土地区画整理事業実施地区における空地の発生及び利活用に関する研究: 阪神・淡路大震災における神戸市の復興都市計画事業区域に着目して」, 都市計画論文集, 59(2), pp.275-283.
- 12) 田中正人、塩崎賢明、堀田祐三子 (2007), 「復興土地区画整理事業による市街地空間の再編とその評価に関する研究: 阪神・淡路大震災における御菅地区の事例を通して」, 日本建築学会計画系論文集, 72(618), pp.57-64.

都市計画的観点に基づく洪水浸水想定区域内人口増減の全国的な定量分析

洪水浸水想定区域内の人口増加は、どの都市計画上の地域でどれほど全国的に起こっているのか

A Nationwide Quantitative Analysis of Population Changes in Flood Inundation Assumption Areas from an Urban Planning Perspective

Where and to What Extent Is Population Increasing in Urban Planning Zones within Flood Inundation Assumption Areas?

小林 孝*, 片山 茜**, 林 洋一郎***, 森川 裕貴****, 波多野 由基****, 菊池 雅彦*****
Takashi Kobayashi*, Akane Katayama**, Yoichiro Hayashi***, Yuki Morikawa****, Yuki Hatano**** and Masahiko Kikuchi*****

While efforts to improve river basin flood management, and promote disaster-resilient development are underway, the population in flood inundation assumption areas is increasing. This study quantitatively clarified nationwide population trends in these areas and analyzed them from an urban planning perspective. As a result, population has steadily increased in urbanized areas, while declining in zones such as urbanization control areas. Nearly half of the areas with population growth in flood-prone zones are urbanized, accounting for 70 to 80 percent of the total increase. Furthermore, most areas with notable growth were in major metropolitan regions. These findings strongly suggest that population growth in flood-prone areas is largely driven by inflows into urban centers.

Keywords: river basin management, disaster-resilient development, flood inundation assumption area, population shift
流域治水, 防災まちづくり, 洪水浸水想定区域, 人口増減

1. はじめに

地球温暖化に伴い豪雨災害の激甚化・頻発化が懸念されており、流域治水の取り組みなどを通じて浸水被害の軽減が目指されている。令和3年に流域治水関連法が改正され、流域治水推進のための法制度上の枠組みが整えられ、また、各河川管理者と基礎自治体の連携などの取り組みが進められているところである。

このような取り組みが進められている一方で、我が国の総人口が減少に転じているにもかかわらず洪水浸水想定区域（以下、浸水想定区域）の内に居住する人口（以下、浸水想定区域内人口）が増加しており、浸水に対する災害リスクが高まっているのではないかと指摘がされている。秦ら¹⁾は、1995年～2015年の国勢調査に基づく500mメッシュの人口と国土数値情報の浸水想定区域データを重ね合わせ、浸水想定区域内人口が一貫して増加しており、浸水想定区域内人口は30都道府県で、浸水想定区域内世帯数は47都道府県で増加していることを明らかにし、浸水リスクの高い地域の宅地化が進んでいると結論付けている。中野ら²⁾は、浸水想定区域と都市計画区域及び人口集中地区の重複状況を調査し、ほとんどの自治体で用途地域と浸水想定区域が重複していること、用途地域や継続的に人口集中地区となっている地域に相対的に浸水想定区域が多く含まれていることを明らかにしている。白川³⁾は、浸水想定区域の面積及び人口を集計し、都市計画区域内においては面積ベースで約21.8%、人口ベースで約32.2%、用途地域内においては面積ベースで約26.6%、人口ベースで約31.1%が浸水リスクに晒されていると結論付けている。野澤ら⁴⁾は、土地利用規制別に2010年から2020年の浸水

ハザードエリア人口増減を整理し、既成市街地の浸水想定がないエリアへの居住誘導の余地に関する分析等を行い、浸水ハザードエリアの人口増加が著しい市町村があることを明らかにした上で、既成市街地への人口誘導によりハザードリスクが低減される可能性があることを明らかにした。中野ら⁶⁾は、国勢調査の調査票情報と基本単位区境界という2つのマイクロデータを用いて、全国・都道府県別の災害リスク地域内の人口・世帯数推計を行っている。国土交通省国土政策局⁷⁾は、2015年の人口と2050年の将来人口予測を用いて、浸水想定区域内人口が将来的に減少するものの、総人口に占める割合は増加することを予想している。

また、これらの研究が進むにつれ、メディアにおいても浸水想定区域内人口が増加していることを問題視する報道がされている。NHK⁸⁾⁹⁾は2022年の報道の中で、1995年から2015年の想定最大浸水域の人口の変化を都道府県ごとに検証し、特に人口増加が著しい埼玉県幸手市で浸水リスクを把握しないままに市街化調整区域に新築戸建てを購入した家族の事例を取材している。日経新聞¹⁰⁾は2023年に「市街地の水没危険域で人口増」と題する報道の中で、浸水リスクのある区域の人口が全国で増加し、過去20年で60万人増加していることを指摘したうえで、「こうした危険な地域は開発を抑制する必要がある」とし、自治体による対策が必要であるとしている。

しかし、既往研究では、浸水想定区域内人口が増加している都道府県やサンプル都市を対象に増加している場所を特定したものはあるが、都市計画上のどのような区域でどれほどの人口が変化しているか、そのボリューム感や傾向を全国規模で定量的に明らかにした研究はない。流域治水

* 正会員 東京都北区 (City of Kita)

** 正会員 国土交通省 (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism)

*** 正会員 日本工営株式会社 (NIPPON KOEI Co., Ltd.)

**** 非会員 日本工営株式会社 (NIPPON KOEI Co., Ltd.)

***** 正会員 埼玉大学大学院理工学研究科 (Saitama University)

と都市政策が連携して対策を効率的に進めていくためには、浸水想定区域内人口が変化している地域の都市計画上の位置づけを把握したうえで、夫々の特性に対して効果的な対策を打つことが重要と考えられる。

このため、本研究では、(1)1995 年から 2020 年の人口変化、(2)浸水想定区域、及び(3)市街化区域・市街化調整区域（以下、調整区域）・非線引き都市計画区域の用途地区（以下、非線用途）・非線引き都市計画区域の用途地域の指定がない地区（以下、非線白地）・都市計画区域外（以下、都計外）の分類（以下、都計分類）の 3 つを重ね合わせて分析し、都市計画上のどのような区域で浸水想定区域内人口が増減しているか、全国的なボリュームを定量的に明らかにするものである。また、特に増加の顕著な場所を抽出・分析することで、浸水リスクが増加している個所とその原因を推定する。この研究により、より実態に即した防災まちづくりに関する政策立案や、防災対策の優先順位付け、効果的・効率的な対策の実施に寄与することを期待するものである。

2. 利用するデータと分析方法

今回、利用するデータは以下のとおりである。

まず、人口に関しては国勢調査に基づく人口データ 4 次メッシュ（500m メッシュ）人口データ¹¹⁾を活用する。調査年は 1995 年から 2020 年までの間、5 年おきである。浸水想定区域については、国土数値情報に掲載された令和 4 年時点のポリゴンデータ¹²⁾を活用する。このデータには、計画規模降雨に基づく浸水深（以下、L1 レベル）のポリゴンデータと既往最大レベルでの降雨に基づく浸水深（以下、L2 レベル）が収録されているが、今回は L1 レベル、L2 レベルそれぞれの浸水深 0.5m 以上と 3.0m 以上の別のそれぞれの組み合わせ 4 パターンを分析対象とする（以下、L1-0.5m、L1-3.0m、L2-0.5m、L2-3.0m）。これは、浸水深 0.5m 以上が床上浸水、3.0m 以上が 2 階への避難が必要であることを根拠としている¹³⁾。都計分類は、国土交通省都市局が公表している令和 5 年度版の都市計画決定に関する GIS データの全国データ¹⁴⁾を活用する。なお、浸水想定区域は河川整備の進展や想定流量の変化により年々変化をしており、また都計分類は都市計画変更により年々変化しているが、本研究では人口増減に着目した分析を行うため、浸水想定区域と都計分類についてはこれらの最新時点データに固定をして分析するものとする。

表-1 全国を対象とした浸水想定区域内人口の推移

表の数字は、左側が人口（千人）、右側が 1995 年の人口を 1.0 とした比率

L1-0.5m	総計	市街化区域	非線用途	調整区域	非線白地	都計外
1995年	18,167 (1.00)	12,303 (1.00)	1,082 (1.00)	2,743 (1.00)	1,265 (1.00)	774 (1.00)
2000年	18,349 (1.01)	12,498 (1.02)	1,086 (1.00)	2,730 (1.00)	1,269 (1.00)	767 (0.99)
2005年	18,613 (1.02)	12,798 (1.04)	1,074 (0.99)	2,725 (0.99)	1,260 (1.00)	757 (0.98)
2010年	18,865 (1.04)	13,133 (1.07)	1,055 (0.98)	2,709 (0.99)	1,233 (0.97)	734 (0.95)
2015年	18,913 (1.04)	13,319 (1.08)	1,037 (0.96)	2,656 (0.97)	1,193 (0.94)	708 (0.92)
2020年	18,991 (1.05)	13,551 (1.10)	1,017 (0.94)	2,594 (0.95)	1,149 (0.91)	681 (0.88)
(構成比)	100%	71%	5%	14%	6%	4%

L1-3.0m	総計	市街化区域	非線用途	調整区域	非線白地	都計外
1995年	2,540 (1.00)	1,707 (1.00)	105 (1.00)	430 (1.00)	163 (1.00)	135 (1.00)
2000年	2,546 (1.00)	1,727 (1.01)	104 (1.00)	421 (0.98)	163 (1.00)	131 (0.97)
2005年	2,569 (1.01)	1,763 (1.03)	103 (0.98)	416 (0.97)	160 (0.99)	127 (0.94)
2010年	2,616 (1.03)	1,830 (1.07)	100 (0.96)	409 (0.95)	156 (0.96)	121 (0.89)
2015年	2,603 (1.02)	1,846 (1.08)	99 (0.94)	395 (0.92)	149 (0.92)	115 (0.85)
2020年	2,619 (1.03)	1,893 (1.11)	97 (0.92)	380 (0.88)	143 (0.88)	108 (0.79)
(構成比)	100%	72%	4%	15%	5%	4%

L2-0.5m	総計	市街化区域	非線用途	調整区域	非線白地	都計外
1995年	39,157 (1.00)	25,986 (1.00)	2,811 (1.00)	5,508 (1.00)	2,773 (1.00)	2,079 (1.00)
2000年	39,606 (1.01)	26,464 (1.02)	2,802 (1.00)	5,497 (1.00)	2,783 (1.00)	2,060 (0.99)
2005年	40,104 (1.02)	27,067 (1.04)	2,758 (0.98)	5,482 (1.00)	2,763 (1.00)	2,034 (0.98)
2010年	40,511 (1.03)	27,668 (1.06)	2,698 (0.96)	5,456 (0.99)	2,705 (0.98)	1,984 (0.95)
2015年	40,565 (1.04)	28,043 (1.08)	2,635 (0.94)	5,358 (0.97)	2,613 (0.94)	1,917 (0.92)
2020年	40,671 (1.04)	28,482 (1.10)	2,574 (0.92)	5,250 (0.95)	2,517 (0.91)	1,848 (0.89)
(構成比)	100%	70%	6%	13%	6%	5%

L2-3.0m	総計	市街化区域	非線用途	調整区域	非線白地	都計外
1995年	12,142 (1.00)	7,854 (1.00)	767 (1.00)	2,006 (1.00)	821 (1.00)	695 (1.00)
2000年	12,229 (1.01)	7,974 (1.02)	766 (1.00)	1,991 (0.99)	816 (0.99)	683 (0.98)
2005年	12,353 (1.02)	8,143 (1.04)	752 (0.98)	1,980 (0.99)	808 (0.98)	671 (0.97)
2010年	12,456 (1.03)	8,327 (1.06)	734 (0.96)	1,965 (0.98)	785 (0.96)	645 (0.93)
2015年	12,433 (1.02)	8,424 (1.07)	717 (0.93)	1,922 (0.96)	753 (0.92)	617 (0.89)
2020年	12,433 (1.02)	8,554 (1.09)	699 (0.91)	1,873 (0.93)	720 (0.88)	587 (0.84)
(構成比)	100%	69%	6%	15%	6%	5%

次に、メッシュで集計されている人口データを、ポリゴンで整備されている浸水想定区域や都計分類に按分する方法については、以下のとおりである。

まず、メッシュ単位の人口データは、そのまま利用すると森林や湖沼など非可住地もメッシュ内に含まれることから、このような地域には人口が存在していないと仮定し、土地利用データと重ね合わせたうえで非可住地を除外する処理を行った。具体的には、人口メッシュと非可住地メッシュ（土地利用細分メッシュデータ¹⁵⁾のうち、森林及び河川・湖沼）を重ね、人口メッシュと重なる非可住地部分は人口 0 人と仮定して除外（人口を可住地部分に配分）した。その上で、非可住地を除外処理した人口メッシュデータと浸水想定区域や都計分類と重ね合わせ、面積按分でポリゴンデータに人口の割付けを行った。なお、本処理では、全域が土地利用上非可住地となっている人口メッシュについては人口の有無を問わず 0 人として扱ったため、市町村単位や全国等で集計した際に総数が合わなくなる場合がある。

3. 全国を対象とした浸水想定区域内人口の整理

まず、浸水想定区域内人口の動向について、全国を対象

として、市街化区域・調整区域・非線用途・非線白地・都計外の5つの都計分類ごとに、時系列でその推移を整理した。その結果を、表-1 に示す。

総計で見ると、4 つのいずれのパターンでも浸水想定区域内人口は経年的に増加する傾向にある。この傾向・数値については、既往論文と同様であることが確認できた。我が国の総人口が 2010 年頃をピークに減少に転じていることを鑑みると、浸水想定区域外での人口減少が進む一方で、浸水想定区域内への人口集中が続いている状況が示唆される。

都計分類ごとに見ると、市街化区域で浸水想定区域内人口が一貫して増加している一方、調整区域、非線用途、非線白地、都計外では減少している。4 つのいずれのパターンでも市街化区域内の浸水想定区域内人口の増加率はこの 25 年間で約 10%である。また、浸水想定区域内人口の総数に対する、市街化区域内のそれは、約 7 割程度である。

このことから、全国的な浸水想定区域内人口の増加の主な要因は、市街化区域での人口増加の影響を大きく受けているものと推察される。

4. 人口増減別・都計分類別のメッシュ数分析

前項の分析では、市街化区域内での人口増加に伴い浸水想定区域内人口が増えていることが明らかになったが、局所的な変化についても検討を加える必要がある。このため、4 次メッシュ (500m メッシュ) ごとの浸水想定区域の人口増減を分析し、そのメッシュの都計分類を判定することにより、どのような都市計画上の地域で浸水想定区域の人口が変化しているかを明らかにする。

具体的には、浸水想定区域内人口が存在する全国のメッシュを、人口が増加しているメッシュ (以下、増加メッシュ)、変化が僅かなメッシュ (以下、維持メッシュ)、減少しているメッシュ (以下、減少メッシュ) の3つに分類する。それぞれのメッシュの判別ルールは、以下のとおりである。

- ・増加メッシュ：1995 年から 2020 年で浸水想定区域人口が 10%以上増加かつ 50 人以上増加しているメッシュ
- ・維持メッシュ：増加メッシュ、減少メッシュ以外
- ・減少メッシュ：1995 年から 2020 年で浸水想定区域人口が 10%以上減少しているメッシュ

ここで、増加メッシュにおいて 50 人以上という閾値を設けているのは、人口が少ないメッシュにおいて多少の人口増減であっても割合が大きく算出される影響を取り除くためである。

結果を表-2 に示す。浸水想定区域が存在するメッシュ数に対し、増加メッシュの数の割合は、L1-0.5m で 10%、L2-0.5m で 13%となっており、維持メッシュや減少メッシュに比べてかなり少ない。また、L1-3.0m では 3%、L2-3.0m では 6%と、浸水深のリスクの高いエリアにおける増加メッシュの割合はさらに少なく、より限られた地域の人口増加の影響によるものであることがわかる。この結果から、全

表-2 パターン別の増加・維持・減少メッシュ数
上段はメッシュ数 (メッシュ)、下段は総計に対する構成比

	L1-0.5m	L1-3.0m	L2-0.5m	L2-3.0m
総計	102,477 100%	45,947 100%	158,927 100%	106,316 100%
増加 メッシュ	10,510 10%	1,322 3%	21,006 13%	6,901 6%
維持 メッシュ	46,323 45%	23,740 52%	67,468 42%	51,662 49%
減少 メッシュ	45,644 45%	20,885 45%	70,453 44%	47,753 45%

表-3 都計分類別の増加・維持・減少メッシュ数
上段はメッシュ数 (メッシュ)、

中段は増加・維持・減少メッシュ数の総計に対する構成比
下段は各都計分類に対する増加・維持・減少メッシュの構成比

*1:市街化区域 *2:非線用途 *3:調整区域 *4:非線白地
*5:都計外 *6:その他

L1-0.5m	総計	市街*1	用途*2	調整*3	白地*4	外*5	他*6
増加 メッシュ	10,510 100% (10%)	4,720 45% (28%)	604 6% (12%)	2,096 20% (8%)	1,289 12% (6%)	317 3% (1%)	1,484 14% (16%)
維持 メッシュ	46,323 100% (45%)	6,984 15% (41%)	1,674 4% (34%)	11,680 25% (44%)	9,962 22% (47%)	11,889 26% (50%)	4,134 9% (45%)
減少 メッシュ	45,644 100% (45%)	5,350 12% (31%)	2,632 6% (54%)	12,743 28% (48%)	9,823 22% (47%)	11,457 25% (48%)	3,639 8% (39%)

L1-3.0m	総計	市街*1	用途*2	調整*3	白地*4	外*5	他*6
増加 メッシュ	1,322 100% (5%)	605 46% (13%)	56 4% (6%)	271 20% (4%)	152 11% (4%)	62 5% (1%)	176 13% (7%)
維持 メッシュ	23,740 100% (52%)	4,230 18% (60%)	840 4% (43%)	5,887 25% (49%)	4,080 17% (51%)	6,384 27% (50%)	2,319 10% (54%)
減少 メッシュ	20,885 100% (45%)	2,242 11% (32%)	1,045 5% (54%)	5,780 28% (48%)	3,781 18% (47%)	6,256 30% (49%)	1,781 9% (42%)

L2-0.5m	総計	市街*1	用途*2	調整*3	白地*4	外*5	他*6
増加 メッシュ	21,006 100% (13%)	8,961 43% (32%)	1,334 6% (17%)	4,064 19% (11%)	2,872 14% (9%)	958 5% (2%)	2,817 13% (21%)
維持 メッシュ	67,468 100% (42%)	10,067 15% (36%)	2,204 3% (28%)	15,485 23% (41%)	14,805 22% (45%)	19,697 29% (50%)	5,210 8% (39%)
減少 メッシュ	70,453 100% (44%)	8,766 12% (32%)	4,222 6% (54%)	18,178 26% (48%)	15,301 22% (46%)	18,695 27% (48%)	5,291 8% (40%)

L2-3.0m	総計	市街*1	用途*2	調整*3	白地*4	外*5	他*6
増加 メッシュ	6,901 100% (6%)	3,108 45% (18%)	399 6% (8%)	1,444 21% (6%)	702 10% (3%)	294 4% (1%)	954 14% (10%)
維持 メッシュ	51,662 100% (49%)	8,875 17% (50%)	1,853 4% (37%)	11,664 23% (46%)	10,006 19% (50%)	14,676 28% (51%)	4,588 9% (49%)
減少 メッシュ	47,753 100% (45%)	5,671 12% (32%)	2,738 6% (55%)	12,258 26% (48%)	9,470 20% (47%)	13,864 29% (48%)	3,752 8% (40%)

表-4 人口増減別・都計分類別のメッシュ内浸水想定区域内人口の変化

*a: 1995 年浸水想定区域内人口 (千人) *b: 2020 年新市水想定区域内人口 (千人)

*c: 浸水想定区域内人口増減 (b-a) *d: 人口増減 (c) の総数に対する構成比 *e: 浸水想定区域内人口増減率 (c/a)

*1:市街化区域 *2:非線用途 *3:調整区域 *4:非線白地 *5:都計外 *6:その他

L1-0.5m	総計	市街*1	用途*2	調整*3	白地*4	外*5
増加 メッシュ	1995年*a	5,452	4,591	190	421	144
	2020年*b	8,274	6,664	309	800	313
	増減数*c	+2,822	+2,073	+119	+379	+169
	構成比*d	100%	73.5%	4.2%	13.4%	6.0%
	増減率*e	+52%	+45%	+63%	+90%	+117%
維持 メッシュ	1995年*a	5,305	4,055	247	627	234
	2020年*b	5,639	4,093	262	750	326
	増減数*c	+334	+38	+15	+123	+92
	構成比*d	100%	11.4%	4.5%	36.8%	27.5%
	増減率*e	+6%	+1%	+6%	+20%	+39%
減少 メッシュ	1995年*a	7,414	3,658	646	1,695	888
	2020年*b	5,078	2,794	445	1,044	511
	増減数*c	-2,336	-864	-201	-651	-377
	構成比*d	100%	37.0%	8.6%	27.9%	16.1%
	増減率*e	-32%	-24%	-31%	-38%	-42%

L2-0.5m	総計	市街*1	用途*2	調整*3	白地*4	外*5
増加 メッシュ	1995年*a	11,701	9,593	491	973	340
	2020年*b	17,818	14,006	787	1,770	732
	増減数*c	+6,117	+4,413	+296	+797	+392
	構成比*d	100%	72.1%	4.8%	13.0%	6.4%
	増減率*e	+52%	+46%	+60%	+82%	+115%
維持 メッシュ	1995年*a	10,870	8,150	578	1,238	505
	2020年*b	11,396	8,183	596	1,420	669
	増減数*c	+526	+33	+18	+182	+164
	構成比*d	100%	6.3%	3.4%	34.6%	31.2%
	増減率*e	+5%	+%	+3%	+15%	+32%
減少 メッシュ	1995年*a	16,585	8,243	1,742	3,297	1,928
	2020年*b	11,458	6,293	1,192	2,060	1,116
	増減数*c	-5,127	-1,950	-550	-1,237	-812
	構成比*d	100%	38.0%	10.7%	24.1%	15.8%
	増減率*e	-31%	-24%	-32%	-38%	-42%

L1-3.0m	総計	市街*1	用途*2	調整*3	白地*4	外*5
増加 メッシュ	1995年*a	713	637	15	41	12
	2020年*b	1,058	906	24	82	29
	増減数*c	+345	+269	+9	+41	+17
	構成比*d	100%	78.0%	2.6%	11.9%	4.9%
	増減率*e	+48%	+42%	+60%	+100%	+142%
維持 メッシュ	1995年*a	800	625	25	99	30
	2020年*b	883	643	29	129	45
	増減数*c	+83	+18	+4	+30	+15
	構成比*d	100%	21.7%	4.8%	36.1%	18.1%
	増減率*e	+10%	+3%	+16%	+30%	+50%
減少 メッシュ	1995年*a	1,028	445	65	290	121
	2020年*b	679	344	44	169	68
	増減数*c	-349	-101	-21	-121	-53
	構成比*d	100%	28.9%	6.0%	34.7%	15.2%
	増減率*e	-34%	-23%	-32%	-42%	-44%

L2-3.0m	総計	市街*1	用途*2	調整*3	白地*4	外*5
増加 メッシュ	1995年*a	3,385	2,836	116	289	82
	2020年*b	5,102	4,081	188	544	170
	増減数*c	+1,717	+1,245	+72	+255	+88
	構成比*d	100%	72.5%	4.2%	14.9%	5.1%
	増減率*e	+51%	+44%	+62%	+88%	+107%
維持 メッシュ	1995年*a	3,484	2,567	177	460	153
	2020年*b	3,746	2,604	189	551	217
	増減数*c	+262	+37	+12	+91	+64
	構成比*d	100%	14.1%	4.6%	34.7%	24.4%
	増減率*e	+8%	+1%	+7%	+20%	+42%
減少 メッシュ	1995年*a	5,274	2,451	474	1,257	585
	2020年*b	3,586	1,870	322	777	333
	増減数*c	-1,688	-581	-152	-480	-252
	構成比*d	100%	34.4%	9.0%	28.4%	14.9%
	増減率*e	-32%	-24%	-32%	-38%	-43%

全国的に浸水想定区域内人口が減少している地域が多い一方、一部の浸水想定区域内人口が増加している地域の影響により、全国的に見れば浸水想定区域内人口が増加している結果になっていることが推測される。

次に、それぞれのメッシュを市街化区域・調整区域・非線用途・非線白地・都計外の5つのいずれかの都計分類に振り分けた。ただし、2 つ以上の区域が存在するメッシュがあるため、2/3 以上を占める場合、その都計分類に属しているとみなし、2/3 以上を占める都計分類がない場合は「その他」として集計した。

結果を表-3 に示す。このメッシュ数、増加・維持・減少メッシュ数の総計に対する構成比をみると、L1-0.5m の増加メッシュは市街化区域が 45%、非線用途が 6% となっており、約半数が既存市街地となっている。その他のケースの増加メッシュも同様の結果となっており、このことから市街化区域もしくは非線用途での人口増加が全体に大きく影響していることが見て取れる。また、各都計分類に対する増加・維持・減少メッシュの構成比をみても、市街化区域・非線用途では増加メッシュの割合が高い傾向がみられる。

ただし、増加メッシュの残りの半数近くは調整区域や用途白地、都計外に存在している。これらは開発に伴うものと考えられ、開発の妥当性や防災上必要な基盤整備の有無については、検証が必要と考えられる。

5. 人口増減別・都計分類別のメッシュ人口分析

前項で、メッシュ「数」での傾向が明らかになったが、それぞれのメッシュが 3. に示した全国の浸水想定区域内人口増減にどれほど影響しているかについても検討を加える必要がある。このため、前項で分析した増加・維持・減少メッシュごとの人口変化を集計する。なお、本項では、2 つ以上の都計分類がメッシュ内に存在する場合、2. で示した方法で人口を面積按分し、それぞれの都計分類に割り振ることにより、分析を行った。

結果を表-4 に示す。前項のメッシュ数の分析では、増加メッシュの数は全体に対して L1-0.5m で 10%、他のパターンでも 3% から 13% と少なかったが、増加メッシュ内での浸水想定区域内人口の増の総数は L1-0.5m では 2,822 千人で、これは同減少メッシュ内での減少の総数 2,336 千人を上回っており、少ない増加メッシュに属する一部地域での

人口増加が全国的な浸水想定区域内人口の増加に影響していることが確認された。また、増加メッシュ内における浸水想定区域内人口増を都計分類別にみると、L1-0.5m の市街化区域の増減数構成比は 73.5%、他のパターンも同程度であり、人口増の 7 割～8 割程度は市街化区域内での増加によるものといえる。一方、減少メッシュ内における浸水想定区域内人口減については、L1-0.5m で市街化区域の増減構成比は 37%、他のグループも同程度である。このように市街化区域内での浸水想定区域内の人口減は全体の 4 割以下であり、調整区域や用途白地での減少数も大きく、減少は各都計分類にまたがる広い範囲で起きているといえる。以上をまとめると、浸水想定区域内人口の増加は、市街化区域の一部の地域で概ね都市部への人口流入に伴って発生していることが強く示唆される結果となった。

6. 浸水想定区域内人口が急増しているメッシュの分析

前項までの分析により、一部の地域の人口増加が全国的な浸水想定区域内人口の増加に影響していることが明らかになったが、具体的にそのような地域がどこに存在しているかを抽出し、その原因の推察を試みる。

L1・L2 の別、浸水深 0.5m・3.0m の別のそれぞれの組み合わせ 4 パターンごとに、浸水想定区域内人口増が大きいメッシュから 100 メッシュを抽出し、これを「増加トップ 100 メッシュ」として分析した。この 100 という数字を、増加メッシュ数に対する比率として見てみると、増加メッシュ数が最も多い L2 の 0.5m 以上では 0.5%、最も少ない L1 の 3.0m 以上では 7.6%になる。

これら 100 メッシュを、存在している市町村別に分けて集計したものが、表-5 である。4 つの集計、すべてにおいて東京 23 区が最もメッシュ数が多く、50 前後と、概ね半分を占めており、また、他市町村に比

べて人口増も相当多いことが分かる。23 区に続いては、川口市・戸田市・さいたま市・横浜市・川崎市といった東京都心に近い自治体が多く、首都圏以外では大阪市、福岡市、広島市、名古屋市などが、浸水想定区域内人口の増加が大きいことが明らかとなった。

表-5 で浸水想定区域内人口増加数が最も多くなった東京 23 区を、特別区別に集計したものが表-6 である。メッシュのなかに複数の自治体が存在する場合は、メッシュの 2/3 以上がひとつの自治体に属する場合、明らかに人口増がいずれか自治体で発生していると判断できる場合は当該自治体に計上している。ただし、23 区は境界が入り組みメッシュの中に複数の区が存在するメッシュが多く存在し、上記で割り振りができないメッシュがあったため、それについては、複数区に跨るメッシュとして個別に計上した。

表-5 増加トップ 100 メッシュの存在する市町村

数はメッシュ数、人口増は浸水想定区域内人口増加数（人）

L1-0.5m			L1-3.0m			L2-0.5m			L2-3.0m		
市町村	数	人口増	市町村	数	人口増	市町村	数	人口増	市町村	数	人口増
東京23区	53	159,084	東京23区	58	78,047	東京23区	47	172,146	東京23区	52	116,372
川口市	8	21,208	川口市	16	31,144	福岡市	11	37,229	川口市	14	32,279
川崎市	6	18,949	戸田市	4	6,838	大阪市	8	29,625	大阪市	9	19,797
横浜市	5	15,688	名古屋市	4	3,570	川崎市	6	29,958	広島市	6	12,810
戸田市	4	12,030	京都市	3	4,677	横浜市	5	18,391	戸田市	4	11,809
市川市	4	11,004	流山市	3	3,624	市川市	3	11,200	横浜市	4	8,910
さいたま市	3	10,638	さいたま市	2	3,401	尼崎市	2	8,385	京都市	1	2,688
八潮市	3	7,764	清須市	2	2,190	さいたま市	2	8,013	流山市	1	2,407
吉川市	3	7,250	野田市	2	1,959	吹田市	2	7,703	枚方市	1	2,217
三郷市	2	6,137	広島市	1	1,393	越谷市	2	6,768	さいたま市	1	2,165
福岡市	2	4,714	志木市	1	1,385	川口市	2	6,581	寝屋川市	1	2,124
吹田市	1	3,306	豊田市	1	1,133	三郷市	2	6,137	久喜市	1	1,891
京都市	1	2,688	福井市	1	947	戸田市	1	5,225	志木市	1	1,779
尼崎市	1	2,588	久留米市	1	853	八尾市	1	4,663	川崎市	1	1,753
西宮市	1	2,435	岐阜市	1	840	八潮市	1	3,023	守口市	1	1,718
流山市	1	2,407	計	100	141,998	神戸市	1	2,851	調布市	1	1,682
仙台市	1	2,179	対全増加メッシュ	7.6%	41%	西宮市	1	2,840	米子市	1	1,585
札幌市	1	2,172				稲沢市	1	2,794	計	100	223,986
計	100	292,243				広島市	1	2,780	対全増加メッシュ	1.4%	13%
対全増加メッシュ	1.0%	10%				吉川市	1	2,763			
						計	100	369,075			
						対全増加メッシュ	0.5%	6%			

表-6 増加トップ 100 メッシュの存在する特別区

数はメッシュ数、人口増は浸水想定区域内人口増加数（人）

L1-0.5m			L1-3.0m			L2-0.5m			L2-3.0m		
特別区	数	人口増	特別区	数	人口増	特別区	数	人口増	特別区	数	人口増
墨田区	11	31,410	足立区	22	30,091	墨田区	9	29,702	江戸川区	9	25,409
江戸川区	10	30,597	北区	8	10,628	中央区	8	34,335	足立区	9	17,088
台東区	9	27,458	江東区	7	10,408	台東区	7	23,274	台東区	8	18,952
江東区	7	18,537	板橋区	5	7,144	江戸川区	4	17,551	江東区	5	11,902
中央区	5	18,073	荒川区	3	3,366	荒川区	3	12,184	荒川区	3	8,086
荒川区	2	8,108	江戸川区	2	2,495	大田区	3	12,099	北区	4	6,707
大田区	2	6,387	墨田区	2	2,342	品川区	3	10,583	葛飾区	3	5,145
足立区	1	2,590	葛飾区	2	1,839	江東区	3	9,359	板橋区	3	4,857
葛飾区	1	2,346	荒川/足立	2	2,902	千代田区	1	4,129	墨田区	2	4,659
北区	1	2,215	足立/葛飾	2	2,223	新宿区	1	3,228	中央区	1	3,132
荒川/足立	1	3,214	北/足立	1	1,845	墨田/江東	1	3,642	大田区	1	1,710
江東/江戸川	1	3,061	江東/江戸川	1	1,497	荒川/足立	1	3,227	荒川/足立	1	2,649
台東/荒川	1	2,891	北/板橋	1	1,268	江東/江戸川	1	3,123	江東/江戸川	1	2,407
墨田/江戸川	1	2,198				台東/荒川	1	2,891	北/足立	1	1,860
						中央/墨田/江東	1	2,818	足立/葛飾	1	1,808

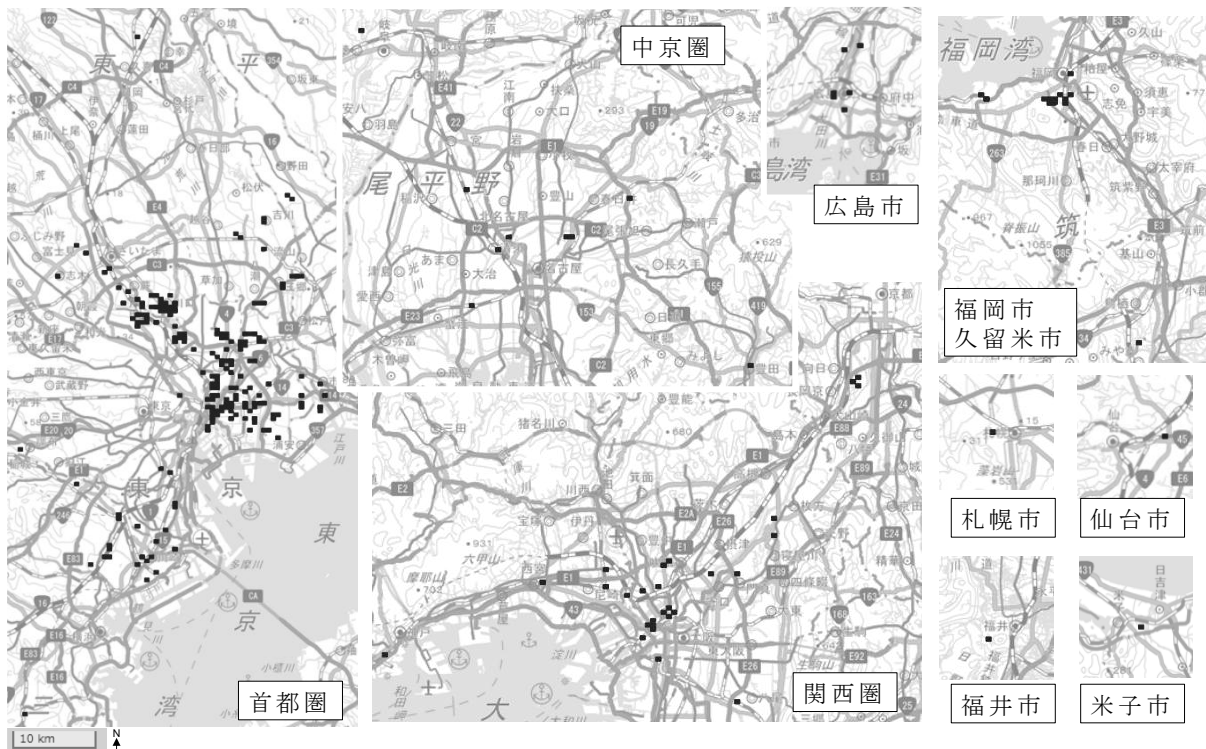


図-1 増加トップ100メッシュの位置 (図内の黒四角が、増加トップ100メッシュ)
地理院タイルにメッシュを追記して掲載

結果としては、城東・城北地域の区で浸水想定区域内人口の増加が大きいことが明らかとなった。

また、これらのメッシュを地図上にプロットしたものが、図-1である。多くのメッシュは、都市部の中心部に存在しており、増加メッシュの具体的な分布からも、浸水想定区域内人口の増加は、都市部への人口流入によって引き起こされていることが強く示唆される結果となった。

一方、3大都市圏の郊外部や、久留米市、米子市、福井市などにも増加トップ100メッシュが見られ、こうしたメッシュに関しては都市部への人口流入とは異なり郊外部の開発により浸水想定区域内人口の増加が引き起こされている可能性がある。

7.まとめ

本研究では、都市計画上のどのような区域で浸水想定区域内人口が増減しているか、全国的なボリュームを定量的に明らかにするために、1995年から2020年までの25年間の人口データ・浸水想定区域データ・都市計画GISデータの重ね合わせを行った。これに加えて、浸水想定区域内人口の増加要因を探るため、人口増減別・都計分類別のメッシュ数や人口を分析し、特に人口が増加しているメッシュについて即地的に分析を行った。

本研究で明らかになったことは以下のとおりである。

浸水想定区域内人口については、既往研究と同様に全国で増加しているという結果になったが、そのうち7割を占める市街化区域内の浸水想定区域内人口が一貫して増加し、

この25年間で1割程度増加していることが分かった。一方、調整区域・非線用途・非線白地・都計外では一貫して減少しており、市街化区域内での人口増加に伴い、全国での浸水想定区域内人口の増加が引き起こされていることが分かった。

浸水想定区域内人口の増減をメッシュ数で分析したところ、増加メッシュの割合は、維持メッシュや減少メッシュに比べてかなり少なく、全国的には浸水想定区域内人口が減少している地域が多い一方、一部の地域での増加が、全体の増加を引き起こしていること、リスクが高くなるほどその傾向が強いことが分かった。また、増加メッシュの半分近くは市街化区域に存在し、そこで7割〜8割程度の浸水想定区域内人口の増加が起こっていることも分かった。一方、減少メッシュ内の人口減は、市街化区域内での減少は4割以下であり、調整区域や用途白地での減少数も大きい。浸水想定区域内人口が増加している地域について、増加トップ100メッシュを抽出したところ、東京23区をはじめとする大都市部が多くを占めることが分かった。これらのことから、浸水想定区域内人口の増加は、概ね都市部への人口流入に伴って発生していることが強く示唆される結果となった。

本研究の結果から得られた、今後の流域治水と連携した防災まちづくりにおける留意点を以下に示す。

まず、浸水想定区域内人口の増加は、この25年間の都心回帰の流れや都市再生の動き、大都市近郊の土地利用の転換が要因となった都心部への人口流入により起因している

と考えられる。全国的にはこの 25 年間で人口増加局面から減少局面へと転じたが、今後もその傾向は継続すると予想される。我が国の大都市部の多くの地域が浸水想定区域内に存在することを鑑みれば、全国的に浸水想定区域内人口が増加することのみをもって、我が国の防災対策に問題があるとは言いきれないであろう。水災害リスクは、一般的に、ハザード、暴露（人口、財産等）、脆弱性（システム、資産の被害の被りやすさ）の 3 因子から決定される被害規模に、当該ハザードの発生確率を勘案することにより評価されるとされている¹⁴⁾。浸水想定区域内人口（暴露）の増加のみならず、脆弱性を低減させる対策が行われているかも併せて検討することが必要であろう。このようなことを考慮すると、今後の防災まちづくりとしては、市街化区域内で都市更新に合わせて防災力を向上させていくことがますます重要である。

一方、調整区域や白地地域では、浸水想定区域内人口が減少しているメッシュと増加しているメッシュが併存している。後者については開発行為に伴う人口増加と思われ、開発において適切な浸水対策が取られているか検証を行ったうえで、適切な対応を取っていく必要がある。

各自治体で浸水想定区域人口の増加理由は異なることが示唆されたため、全国的なマクロの数字だけではなく、ミクロの分析を行うことが重要である。特に、大都市部での市街化区域では計画規模降雨（L1）に基づく浸水深 3.0m 以上という最もリスクの高い地域でも増加メッシュが存在し、また調整区域や用途白地、都計外においても増加メッシュが存在しており、どのような理由で浸水想定区域内人口が増加しているか、また防災上必要な基盤整備がなされているかについては、検証が必要である。

最後に、今後の課題を以下に示す。まず、本研究は、500m メッシュ人口で分析しているため、区域界での按分で誤差が発生している可能性ある。2015 年以降の国勢調査では 250m メッシュ人口が公開されているため、最新の傾向については、これを用いて詳細に分析する必要があると思われる。また、市街化区域内においても、今後の人口減少を踏まえると居住誘導区域外として人口の誘導を行わない地域とされる場合もあり、こういった地域で、浸水想定区域外へ居住を誘導できる可能性があるかどうかについては、さらに検証が必要である。

【参考文献】

- 1) 秦 康範、前田 真孝（2020 年）「全国ならびに都道府県別の洪水浸水想定区域の人口の推移」, 災害情報 18 巻 (2020)1 号, p. 107-114
- 2) 中野 卓、木内 望（2020 年）「水害リスクを踏まえた都市づくりにおける洪水浸水想定区域の活用可能性と課題」, 都市計画論文集 2020 年 55 巻 3 号 p. 888-895
- 3) 白川 慧一（2020 年）「国土数値情報にみる用途地域内の浸水想定区域の状況」, 土地総研リサーチ・メモ, https://www.lij.jp/news/research_memo/20201030_2.pdf
- 4) 白川 慧一（2020 年）「国土数値情報にみる都市計画区域内における浸水想定区域の状況」, 土地総研リサーチ・メモ, https://www.lij.jp/news/research_memo/20201130_1.pdf
- 5) 野澤 千絵、上田 聖也、柿沼 太貴（2023 年）「最大想定規模の浸水想定区域における土地利用規制別の人口推移と居住誘導に関する研究」, 都市計画報告集 2023 年 21 巻 4 号 p. 452-459
- 6) 中野 卓、竹谷 修一（2024 年）「国勢調査マイクロデータに基づく災害リスク地域内の居住人口・世帯数推計」, 日本建築学会計画系論文集 2024 年 89 巻 819 号 p. 854-861
- 7) 国土交通省国土政策局総合計画課国土管理企画室, 「中長期の自然災害リスクに関する分析結果」, https://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudoseisaku_tk3_000122.html, 2022 年 12 月
- 8) NHK, 「「浸水域に約 4700 万人居住」の衝撃」, https://www3.nhk.or.jp/news/special/saigai/select-news/20220603_01.html, 2022 年 6 月
- 9) NHK, 「浸水リスク地域で増える住宅 一体何が…」, https://www3.nhk.or.jp/news/special/saigai/select-news/20220603_02.html, 2022 年 6 月
- 10) 日本経済新聞「市街地の水没危険域で人口増 20 年で 60 万人、行政誘導も」, <https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUE221DL0S3A520C2000000/> 2023 年 8 月 23 日
- 11) e-Stat, <https://www.e-stat.go.jp/>
- 12) 国土数値情報ダウンロードサイト, <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-A31a-2022.html>
- 13) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室, 国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室（2015 年）「洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第 4 版）」
- 14) 都市計画決定 GIS データ 全国データダウンロードページ, https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/tosiko_tosiko_tk_000087.html
- 15) 国土数値情報ダウンロードサイト, <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L03-b-2021.html>
- 16) 国土交通省都市局 水管理・国土保全局 住宅局, 「水災害リスクを踏まえた防災まちづくりのガイドライン」, 令和 3 年 5 月