

## 土砂災害確率ハザードマップに基づく避難時の最適行動の変化に関する考察 Changes in Optimized Actions Employing Probabilistic Debris-Flow Hazard Map

○山野井 一輝・田中 天悠・中谷 加奈

○Kazuki YAMANOI, Tenyu TANAKA, Kana NAKATANI

Conventional debris-flow hazard maps provide binary representations of risk and do not account for variations in disaster probability associated with rainfall conditions, topography, or evacuation routes. Although probabilistic hazard maps that estimate the spatial distribution of debris-flow impact probability have been proposed, their effectiveness in supporting evacuation decision-making has not been sufficiently evaluated. This study evaluates how the use of a probabilistic hazard map influences recommended evacuation actions during debris-flow events. For each house, the disaster probability associated with staying at home and evacuating to designated shelters via optimized routes is quantified, and the action that minimizes overall risk is identified. The proposed framework is applied to the Sozugawa River basin in Saka Town, Hiroshima Prefecture, which was severely affected by the July 2018 heavy rainfall event. Comparison with recommendations derived from conventional hazard maps indicates that probabilistic information leads to more rational and individualized evacuation actions. Evacuation is recommended only for houses with relatively high at-home risk and sufficiently safe access routes, whereas staying at home is selected when evacuation increases overall disaster probability. These results suggest the potential usefulness of probabilistic hazard maps for improving evacuation decision-making in debris-flow-prone areas. (192 words).

### 1. 背景と目的

土石流災害に対しては、土砂災害警戒区域および土砂災害特別警戒区域に基づくハザードマップ（以下 HM）が整備されているが、これらは危険性を二値的に示す情報であり、被害発生 の蓋然性を定量的に評価するものではない。したがって、従来型 HM を用いた場合、降雨条件や地形条件に応じたリスクの差異、ならびに避難行動に伴うリスクの変化を十分反映した評価ができないという課題がある。これに対し、Yamanoi et al.<sup>1)</sup>は、降雨および地形情報に基づいて不確かさ込みで生成した土石流始点情報をもとに、多数の数値シミュレーションを実施し、土石流到達確率の空間分布を推定する手法を提案している。同手法により、降雨条件に応じて被災確率が連続的に変化するハザード情報を確率 HM として提示可能であることが示された。一方で、この確率 HM が、実際の避難判断や避難行動の支援に対して、どの程度有効であるかについては、十分に検証されていない。

そこで本研究では、Yamanoi et al.<sup>1)</sup>により構築された確率 HM を用い、土砂災害時の避難行動を対象として、その有効性を定量的に評価することを目的とする。具体的には、家屋・避難所・避難経路ごとの被災確率を算定し、各家屋について被災

確率が最小となる行動を推奨行動として推定する手法を構築する。さらに、従来型 HM に基づく推奨行動と比較することで、確率情報の導入が避難行動の選択に与える影響について考察する。

### 2. 研究手法

対象領域は、平成 30 年 7 月豪雨により土石流被害が発生した広島県坂町総頭川流域とした。ここでは既往研究により構築された、同降雨条件下における確率 HM（図-1）を用いた。

家屋および避難所の被災確率は、建物ポリゴン内の確率値の平均として算定した。避難経路については、道路ネットワークをセグメントに分割し、各セグメントを通過する際の被災確率を単位長さあたりのリスクとして評価した。これらの評価では、最大水深および最終堆積深に対して異なる閾値を設定して構築した確率 HM を用いた。

避難行動の評価では、「自宅待機」および「各避難所への移動」を行動候補とし、避難所へ移動する場合には、避難経路上の被災確率と避難所自体の被災確率を加算した累積被災確率を用いた。経路選択は、累積被災確率が最小となる経路を最短経路問題として、ダイクストラ法により求めた。

各家屋について、これらの行動候補の中から被災

災確率が最小となる行動を推奨行動として決定した。また、比較のため、従来型 HM のみを用いた場合についても、警戒区域および特別警戒区域に仮定的な被災確率（それぞれ 90%と 10%）を設定し、同一の枠組みで推奨行動を推定した。

### 3. 結果と考察

図-2 に、従来型 HM を用いた場合と確率 HM を用いた場合における、各家屋の推奨避難行動の空間分布を示す。従来型 HM では、警戒区域内に位置する家屋の多くで、単純に最寄りの警戒区域外に位置する避難所への移動が推奨される結果となった。一方、確率 HM を用いた場合には、自宅の被災確率が相対的に高く、かつ避難経路および避難所の被災確率が低い場合に限り、避難所への移動が推奨される傾向が確認された。また、避難所近傍に位置する家屋においても、避難行動に伴う被災確率が自宅待機時の被災確率を上回る場合には、自宅待機が推奨行動として選択される結果が得られた。

図-3 は、HM に基づく推奨避難行動の対応関係を示したものである。その結果、多くの家屋において推奨行動の変化が確認され、特に「避難所への移動」から「自宅待機」へと推奨が変化する事例が多数を占めた。

以上により、確率 HM を用いることで、土砂災害時の避難行動を家屋単位で評価し、被災リスクの観点からより合理的な推奨行動を導出できる可能性が示された。本研究の結果は、確率 HM を用いることで、土砂災害時の避難行動選択をより合理的に評価できる可能性を示唆している。

### 参考文献

- 1) Yamanoi, K., Oishi, S. and Kawaike, K.: Prediction of Spatial Distribution of Debris-Flow Hit Probability Considering the Source-Location Uncertainty. J Flood Risk Management, 18: e70011. 2025, <https://doi.org/10.1111/jfr3.70011>
- 2) 山野井一輝, 田中天悠, 中谷加奈: 土砂災害確率ハザードマップを用いた避難時の推奨行動の変化に関する研究, 土木学会論文集 B1, 2026. (印刷中)

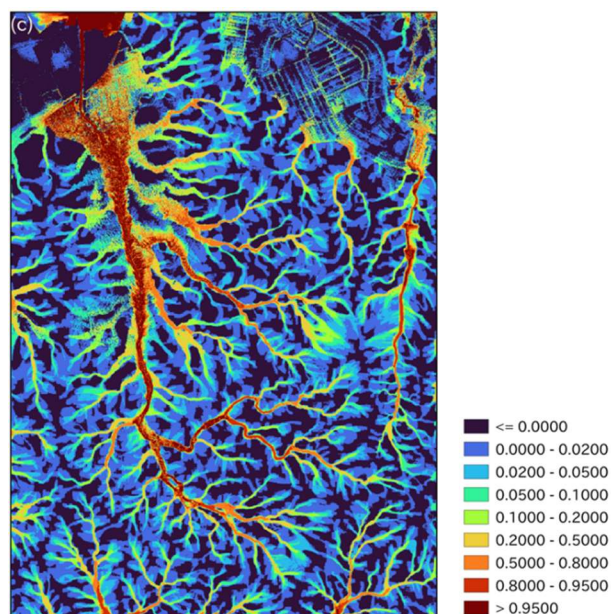


図-1 本研究で用いた確率 HM の例<sup>1)</sup>

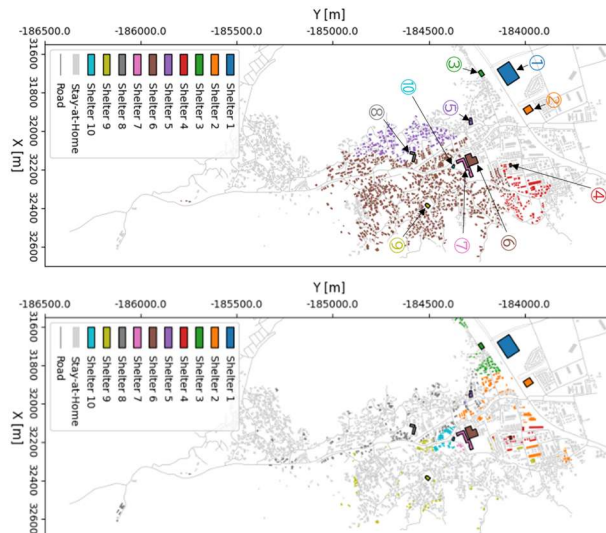


図-2 従来型 HM と確率 HM を用いた場合の推奨行動の分布（それぞれ上, 下）<sup>2)</sup>

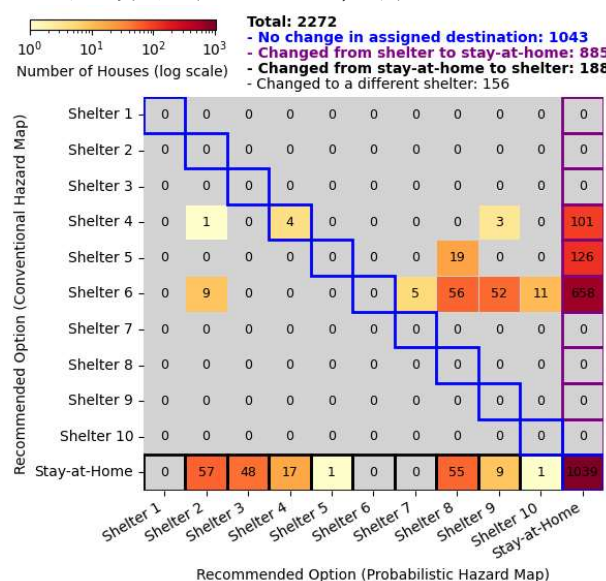


図-3 従来型 HM と確率 HM に基づく、推奨避難先数の変化<sup>2)</sup>