

平成 30 年 7 月豪雨災害データを用いた生産土砂量と土砂堆積域予測手法の提案
 Development of a Method for Predicting the Volume of Sediment Yield and its Deposition Area by
 Using Data of July 2018 Sediment Disaster in Hiroshima Prefecture

○野口新之助・山野井一輝・川池健司・中川一

○Shinnosuke NOGUCHI, Kazuki YAMANOI, Kenji KAWAIKE, Hajime NAKAGAWA

In this study, a regression model that predicts each probability of categories on sediment yield scale expressed in four stages was constructed using data of July 2018 sediment disaster in the southern part of Hiroshima prefecture. In addition, a simple sediment transport model was constructed, and a multi-case simulation using both models was applied to Saka-cho, Aki-gun, Hiroshima Prefecture, to predict the sedimentation area and evaluated the risk there quantitatively.

1. はじめに

豪雨により生産される土砂量の予測に関しては、重回帰分析を用いた研究¹⁾が行われている。しかし、実際は限定的な地域のデータを用いたものが多く、十分な精度と一般性をもって生産土砂量やその空間分布を予測可能な手法は未だ確立されていない。このため土石流や土砂・洪水氾濫の予測シミュレーションは困難な状態にある。

そこで、本研究では広島県南部地域における平成 30 年 7 月豪雨の土砂災害データを対象とした順序ロジスティクス回帰分析を行い、生産土砂量を確率的に予測可能な回帰モデルを構築した。さらに簡易土砂移動モデルを構築し、両モデルを併用したマルチケースシミュレーションを広島県坂町に適用することで土砂堆積域の確率的予測手法と土砂災害の危険度評価手法を提案した。

2. 土砂生産確率モデルの概要

(1) データセット

土砂生産量予測の対象領域は、平成 30 年 7 月号で被災した広島県内の花崗岩の領域(約 210km²)とした。データセットには XRAIN メッシュスケール(約 250m)の平均勾配, 最大 60 分間積算雨量, 最大土壌雨量指数, 生産土砂量を用いた。平均勾配は国土地理院の DEM(10m メッシュ)から、2つの降雨指標は XRAIN 観測データ(1 分単位)から、生産土砂量は広島県提供の災害前後の標高差分と国土地理院の崩壊ライン分布から作成した。

(2) 順序ロジスティクス回帰分析

順序ロジスティクス回帰モデルは順序付き離散

データの分析手法として使用される。本研究では、生産土砂量 $V(\text{m}^3)$ を次の 4 カテゴリーに区分し、XRAIN メッシュ空間で起こりうる土砂生産規模に対する 4 段階のカテゴリーを目的変数 Y とした。

$Y = 1$: 大規模生産 $n=102$ $6,036 < V$

$Y = 2$: 中規模生産 $n=204$ $3,241 < V \leq 6,036$

$Y = 3$: 小規模生産 $n=713$ $0 < V \leq 3,241$

$Y = 4$: 生産なし $n=2,135$ $V = 0$

また、各カテゴリーへの所属現象の説明変数ベクトルを $x(x_1$: 平均勾配, x_2 : 最大 60 分間積算雨量, x_3 : 最大土壌雨量指数)とした。ベクトル x の条件下で、 $Y = j$ となる確率 $Pr(Y = j | x)$ を最尤法により推定した。一例として、4 カテゴリーのうち小規模崩壊($Y = 3$)の発生確率式を以下に示す。

$$Pr(Y = 3 | x_1, x_2, x_3) \quad (1)$$

$$= \frac{1}{1 + \exp[-(-9.6842 + 0.0810x_1 + 0.0389x_2 + 0.0223x_3)]}$$

$$= \frac{1}{1 + \exp[-(-11.3731 + 0.0810x_1 + 0.0389x_2 + 0.0223x_3)]}$$

3. 簡易土砂移動モデルの概要

多数ケースのシミュレーションを行うため、本研究では土石流の堆積勾配式²⁾の $\theta_e(^{\circ})$ を一定と仮定した簡易な 2 次元土砂移動モデルを構築した。

x , y 軸方向におけるメッシュ番号を i , j , 位置 i , j にあるメッシュにおける元の地盤高を $h_{o,i,j}$, 土砂の堆積厚を $h_{i,j}$ とすると、地盤高 $H_{i,j}$ は、

$$H_{i,j} = h_{o,i,j} + h_{i,j} \quad (2)$$

と表される。計算ステップ n において、対象メッシュが $h_{i,j} > 0$ のとき、同メッシュと隣接する 8 メッ

シミュレーション間で勾配を計算し、最急勾配が形成されるメッシュに向かって、 $h_{i,j}$ の一定微小量に相当する Δh 分の土砂が輸送される。 $h_{i,j} = 0$ のとき、または最急勾配が $\tan \theta_e$ 以下のときは、そのメッシュから隣接するメッシュへの土砂の輸送は行われない。計算ステップ n における各メッシュ間での土砂の交換が全て終了すると、計算ステップ $n+1$ へと移行する。計算領域の全メッシュで土砂の移動が行われなくなった時点で、計算を終了する。

4. マルチケースシミュレーションの適用

広島県総頭川流域を対象に、上述の両モデルを以下のように適用した。

まず、2.で構築した土砂生産確率モデルに対象領域の地形データと降雨指標データを入力し、対象領域内の各カテゴリーの発生確率をXRAINメッシュスケールで得た。次に、それぞれのメッシュに疑似乱数を発生させ、どの規模で土砂生産が発生するかを決定し、それぞれの規模の代表値を生産土砂量として与えた。各カテゴリーの代表量は大規模：11,000 m³、中規模：4,400 m³、小規模：1,400 m³とした。得られた生産土砂量は各メッシュ領域内の12,500 m²の範囲に集約させ、これを3.で構築した簡易土砂移動モデルの入力とし、堆積厚分布を10m解像度で推定した。ここまでの処理を1ケースとし、確率的不確実性を評価するために、異なる疑似乱数を用いて100ケース実施した。最後に、100個の結果を用いて堆積厚の統計量や確率値等を算出した。

5. 結果及び考察

災害前後の標高差分データに基づいて算出された対象領域における総生産土砂量は、20万m³であった。これに対し、当シミュレーションにおける100ケースの総生産土砂量の平均は15.6万m³となり、標高差分データにから得られる実測値20万に対してやや小さい値となった。また平衡勾配を実測に基づき5.5°としたときの堆積厚の平均値及び標準偏差を図1に、土砂通過確率及び災害後空中写真³⁾を図2に示す。図1の通り、総頭川上流域で生産された土砂は中流域を先端として堆積する傾向を示す結果となった。これは土石流として土砂がその付近まで到達する可能性があることを示唆しており、災害報告⁴⁾でその付近まで巨礫の到達が確認されていることから大きな矛盾はないと言える。図2の土砂通過確率は、各メッシュ

において100ケース中の土砂の通過回数を確率として算出したものである。同図は総頭川上流域～中流域の結果を示している。土砂通過確率が90%を超える結果となったほとんどの地域では、実際にその地域や周辺において土砂の流出を空中写真から確認することができた。このことから、本研究で構築した2つのモデルを用いることにより、大きな矛盾なく妥当性をもって土砂災害の危険度を詳細に評価できたとと言える。

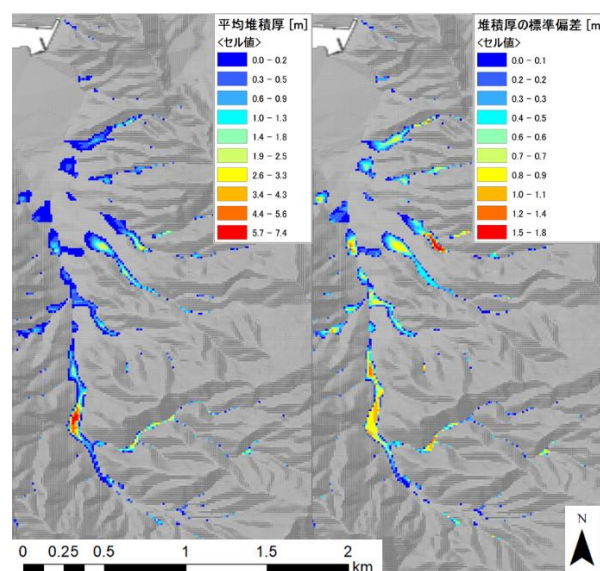


図1 堆積厚の平均値(左)と標準偏差(右)

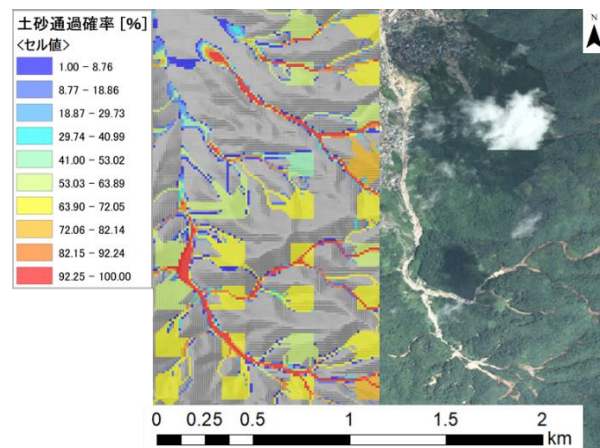


図2 土砂通過確率(左)と災害後空中写真(右)

参考文献

- 1) 例えば、荒木義則ら、土木学会論文集, No.522/VI-28, pp.133-142, 1995
- 2) 江頭ら 水理講演会論文集, 第32巻, pp.485-490, 1988
- 3) 国土地理院, 平成30年7月豪雨に関する情報(<https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H30.taihuu7gou.html>)
- 4) 奥野ら: 平成30年7月豪雨災害調査報告, 清水建設研究報告, 第69号, 2018