

## 複数のスネーク曲線を考慮することによる土砂災害発生予測手法の検討

京都大学大学院 農学研究科 ○福田幹・小杉賢一朗・正岡直也

## 1. 背景

近年集中的な豪雨の頻度が増加しており、また大型の台風の増加などで今までに経験したことがないような規模の降雨が増えると予測されている。土砂災害による全ての被害をハード対策のみによって防ぐことが困難とされる中、特に人的被害を抑えるには事前の避難が重要であり、そのためにはそれぞれの地点に適し、危険の切迫度が伝わりやすい情報が必要である。現在、土砂災害に対する警戒には主に土壤雨量指数/前60分雨量によるスネーク曲線が用いられているが、この計算のパラメータは全国どの地点でも一律であり、この指標一つだけでは地点ごとの地形や地質、土地利用の状況などの条件(以下、個別条件)を十分反映できていない可能性があるほか、がけ崩れと土石流のように災害の形態が異なる場合には最適な指標が異なることも予想される。

小杉(2015)<sup>\*1</sup>では実効雨量を両軸にとり、それぞれの半減期を様々に変化させた多数のスネーク曲線による結果をまとめることで土砂災害の危険性を評価する手法を提案している。この手法では、条件を多数設定することで上に述べた個別条件や災害形態による違いを考慮しているほか、警戒基準(以下、CL)を「そのスネーク曲線において過去に記録された最大範囲(以下、既往最大値)」と分かりやすいものになっている。

この手法をもとに、発表者は令和3年度の砂防学会においてCLとある時刻の降雨の関係を超過量を用いて定量化する手法を提案した<sup>\*2</sup>。また令和4年度森林学会において平成30年7月豪雨(以下、西日本豪雨)で発生した土石流はがけ崩れと比べて超過量が大きな地点に集中していることを報告しており、両者の発生条件に違いがあることが示唆されている。さらに、各半減期の組み合わせでどの程度災害を捕捉できたのかという検討から、西日本豪雨で発生した崩れにおいては最適な半減期の組み合わせが「1時間以下/100時間程度」と実効雨量を用いた検討で従来多く用いられた「1.5時間/72時間」の組み合わせとは異なっていたことを報告した。

そこで、各半減期によるスネーク曲線での捕捉状況についてさらなる検討を加えることで災害形態ごとの発生状況を整理し、またスネーク曲線を複数設定することの有効性についても検証を行った。

## 2. 計算手法

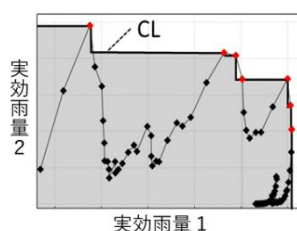
以下の条件によって実効雨量を作成した。

半減期: 0.158[h]から2512[h]の22種類  
( $10^{i/5}$ [h],  $i$ は-4から17の整数)

期間: 2006/1/1 1:00 から 2018/7/10 0:00

ただし、2002/1/1 1:00 から 2006/1/1 0:00 について同じ半減期、初項0mmで実効雨量を作成し、その最後の値をもとにこの実効雨量の初項を設定することで期間初期の誤差を抑えている。このうち2018/6/28 0:00以降を災害発生期間とし、それ以前の降雨を災害までの既往値とした。

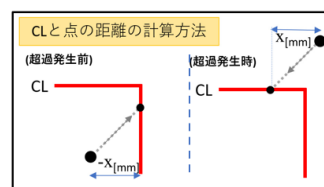
これら22種類の実効雨量による全組み合わせ(231通り)についてスネーク曲線を作成した。各スネーク曲線に対する計算は以下の通りである。既往値のプロットのうち「両軸が正の方向に他の点が存在しない点」を既往最大値を構成する点とし、これらの点からCLを作成した。



(左 CLのイメージ)

CLを構成する赤点を結んだ線と両軸に囲まれる範囲(網掛け部分、既往最大の範囲)に過去に経験した全降雨が含まれる。

このCLに対し、災害発生期間の各時刻の降雨で超過量を求めた。超過量はプロットの両軸に同じ値を加減し、CLを跨ぐ最小の値を用いて定める(詳細は昨年度の砂防学会発表概要<sup>\*1</sup>参照)。ここから、超過量が0mm以下の場合には過去に経験した範囲内であり、0mm以上でその時点での降雨は既往最大値を超過していると考えられることができる。



$$X_t = r_t + \alpha X_{t-1}$$

実効雨量    直前の降水    減衰させた直前の実効雨量

---


$$X_t + x = r_t + x + \alpha X_{t-1}$$

実効雨量+x    直前の降水量+x    減衰させた直前の実効雨量

(上 超過量計算の概念図)

国土交通省・広島県から提供を受けた土砂災害発生に関する情報をもとに西日本豪雨において災害が発生した地点を抽出した。その上で、各災害発生地点におけるそれぞれのスネーク曲線について既往最大値の超過がなかったケース数(以下、見逃し件数)をカウントした。なお、災害発生期間中における詳細な発生時刻を十分な

精度で得ることができなかつたため、ここでは災害発生期間を通じた超過量の最大値を用いている。

### 3. 結果

各災害の発生地点の分布および対象となる件数は下の図1に示す通りである。がけ崩れでは1609件のうち95件、土石流では573件のうち1件がいずれのスネーク曲線でも既往最大値を超過することなく、過去12年に経験した実効雨量の範囲内で災害が発生した。

いずれかのスネーク曲線で既往最大値の超過が発生した災害事例数に対し、ある単一のスネーク曲線で既往最大値を超過した件数の割合をそのスネーク曲線での捕捉率とする。

がけ崩れの発生地点について、各スネーク曲線の捕捉率を図2に示す。この図の両軸がスネーク曲線に用いる実効雨量の各半減期を表し、

それぞれの四角形の色が各スネーク曲線での捕捉率を表す。図2では四角形が赤色で表されている横軸100時間付近、縦軸1時間以下の半減期の組み合わせで最も災害を捕捉していることが示されている。一方でこれらの組み合わせでも単一のスネーク曲線では2%(32件)以上の見逃しが発生しているため、複数のスネーク曲線における結果を組み合わせることは災害発生の見逃しを抑える上で重要であると考えられる。

また、土石流の発生地点について各スネーク曲線での捕捉率を図3に示す。超過の程度の大きな地点で発生する傾向が強いこともあり、捕捉率の高い範囲は広い範囲に及んでいる。この結果は一回の豪雨による災害事例のみを用いた検討結果であることから、今後は他の災害事例も用いてより詳細な検討を行うことが必要であると考えられる。

### 謝辞

災害発生についてのデータは国土交通省、国土技術政策総合研究所、広島県から提供を頂き、またそのデータ処理においては東大CSISのCSVアドレスマッチングサービスを利用させて頂きました。本研究の一部は、国交省河川砂防技術研究開発公募制度の補助を受け実施しました。

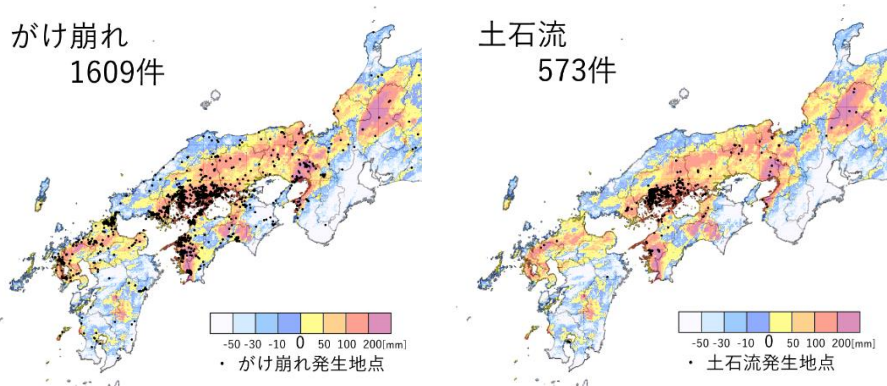


図1 期間を通じた超過量最大値の分布と災害発生地点

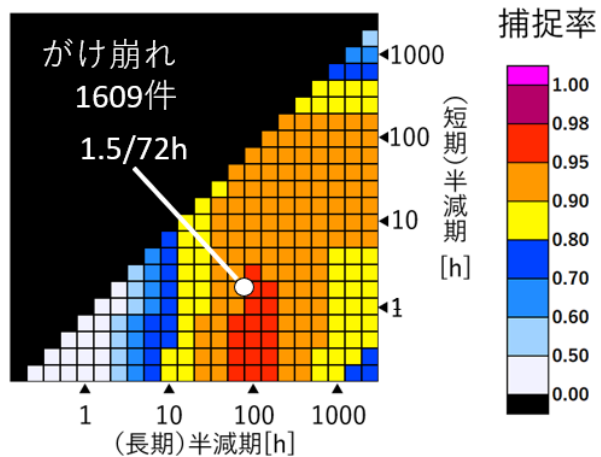


図2 各スネーク曲線におけるがけ崩れの捕捉率

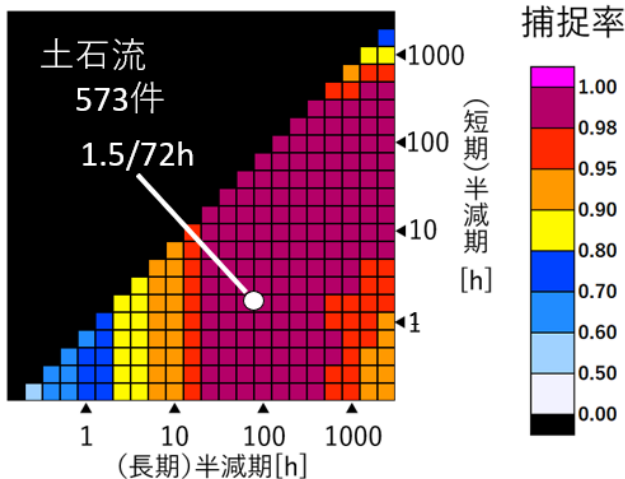


図3 各スネーク曲線における土石流の捕捉率

### 参考文献

- \*1 小杉賢一郎 斜面崩壊の誘因となった降雨の評価手法, 砂防学会誌, Vol.67, No.5, pp.12-23, 2015
- \*2 〇福田幹・小杉賢一郎・正岡直也 解析雨量によるスネーク曲線の既往最大値を利用した土砂災害発生予測, 第70回R3年度砂防学会研究発表会概要集 P1-52, 2021