

ソフト対策における実効雨量既往最大値の有効性について

京都大学大学院農学研究科・JST ○小杉 賢一朗

1. はじめに

降雨に伴って発生する斜面崩壊は人命・財産に甚大な被害をもたらすため、適確な予測手法の確立が重要となる。斜面崩壊の発生を予測するには、積算雨量を評価するための指標と、降雨強度を評価するための指標を併用することが効果的である。ただし現行の手法では、雨量指標や崩壊発生限界雨量線（CL）に関して、地点ごとの違いが十分に反映されていないため、予測における「見逃し」と「空振り」を完全にゼロとすることはできない。

本研究では、降雨の総量と強度の影響を単一のパラメータ（半減期）により調節できる実効雨量を使用した上で、「あらゆる半減期を持つ2種類の実効雨量の組合せについて、既往最大値超過を判定する手法」を新たに提案する。各々の地点の特性は、多数検討する半減期の組合せの中の何れかに該当するため、この手法によって「見逃し」をゼロにした斜面崩壊発生予測を行うことができる。「空振り」については、雨量の観測期間が短い間は頻繁に起こり得るが、「空振り」が起きる度に実効雨量の既往最大値が更新され CL が自動的に引き上げられるため、次第に減少させることができると期待される。以下では本手法について概説する。

2. スネーク曲線

斜面崩壊は、降雨強度が強い場合に発生する例もあるし、降雨の総量が多い場合に発生する例もある。また、同じ降雨強度でも、それまでに降った雨の総量が少なければ崩れないし、多ければ崩れる傾向があることも判っている。そこで一般的に、積算雨量の指標と降雨強度の指標をそれぞれ横軸・縦軸とするグラフ（スネーク曲線図）を描き、各時刻について点をプロットし、降雨時系列による点の軌跡を追跡することが行われる（図-1）。スネーク曲線図上には、限界雨量線（CL）が引かれ、その右上側に点が入った時点で崩壊が発生すると判断するのである。

3. 雨量指標の設定方法

斜面崩壊は、斜面内部の地下水位が限界値を超えて上昇することによって発生する。図-2 は、降雨データから斜面内部の地下水位変動を予測するために、スネーク曲線図上の各時刻のプロットを、その時刻に観測された地下水位の大きさによって塗り分けたものである。横軸・縦軸それぞれの実効雨量の半減期を、既往の災害発生予測で頻繁に用いられる 72 h、1.5 h に固定した場合（図-2 左）に対し、最適化した場合（図-2 右）には、プロットをきれいに塗り分けられることがわかる。このように、スネーク曲線により地下水位変動を良好に再現できるが、横軸実効雨量（積算雨量の指標）と縦軸実効雨量（降雨強度の指標）の半減期を最適化する必要があり、現時点では地下水位未計測地点について適切な半減期を推定する方法は確立されていない。しかしここで、横軸実効雨量の半減期と縦軸実効雨量の半減期を様々に変化させてあらゆる半減期の組合せで検討を行えば、そのいずれかは実際の地下水位変動を適切に表現できていると考えられることから、地点毎の違いを考慮した見逃しのない崩壊発生予測を実施できると期待される。

4. 崩壊発生限界雨量線（CL）の設定方法

既往手法の CL は、対象地域全体の過去の災害発生・非発生履歴に基づき、専門家の高度な判断や複雑な統計解析に基づき定められてきたが、地点毎の個別の危険性を評価できるものとはなっていない。例えば、ある地域で図-3 のような CL が設定されていたとする。非常に大きな雨①が降ってスネーク曲線が CL を大きく上回った場合には、斜面崩壊が発生する可能性が極めて高いが、全ての斜面が崩壊するわけではない。崩壊しなかった斜面については、その後、②や③で示されるより小さい規模の降雨では崩壊が発生しないと予測されるが、過去の降雨履歴に基づき CL を迅速に修正することが行われないうちに、CL の超過が起きる度に避難勧告が出されることになる。空振りが繰り返されるうちに住民の意識が低下し、避難が行われなくなる危険が生じる。

実際の斜面崩壊危険度は、地下水位が高ければ高いほど大きくなるが、崩壊が発生する限界地下水位を特定することは、特に自然斜面の場合は容易でない。このため、斜面崩壊の発生・非発生を議論する上で、地下水位の既往最大値に着目することが効果的になる。すなわち、地下水位が既往最大値を超えて上昇している時には、その斜面はいつ崩れてもおかしくない状態にあると考えることが妥当である。ただし実際に地下水位が観測されている斜面は極一部である。

ここで、適切な半減期の実効雨量を組み合わせることで地下水位変動を適切に表現できる（図

-2 右) ことを考慮すると、実効雨量既往最大値から地下水位既往最大値を推定することが可能であると考えられる。よって、スネーク曲線図における「実効雨量既往最大値を結んだ線」をCLとするのが最も合理的である。すなわち図-4に示す通り、過去の全ての降雨データを用いてスネーク曲線を描き、既往最大値を表す境界線を特定しておいた上で、当該イベントにおけるスネーク曲線が「既往最大値を超過するか否か」で崩壊の発生を予測するのである。

5. 提案した手法の特徴

災害危険区域内の住民は「この程度の雨は、過去にも起きたことがあるから大丈夫だ」や「今回のような大雨は、初めて起きるから危険だ」のように、自らの過去の経験に基づいて斜面崩壊の危険性を判断することが多いが、本研究で提案した手法は、住民が常日頃に行っているそのような判断行為を、データに基づいて厳密に実施するものと位置づけられる。さらに崩壊発生を予測する根拠が「これまでに経験したことのない降雨が観測されており、斜面の地下水位が既往最大値を超えて上昇している可能性があるから、いつ崩れても不思議はない」という明瞭で理解し易いものとなるため、自主的な警戒・避難を促進することに繋がると期待される。仮に空振りが発生したとしても、「この程度の雨までは大丈夫」という経験値として蓄積され、CL (=降雨の既往最大値) の引き上げとして次回以降の警戒・避難に直接役立つため、避難したことが無駄にはならず、住民の理解が得られ易いと考えられる。

参考文献

小杉ら，砂防学会誌，66(4)，21-32；66(6)，3-14；67(4)，18-22；67(5)，12-23

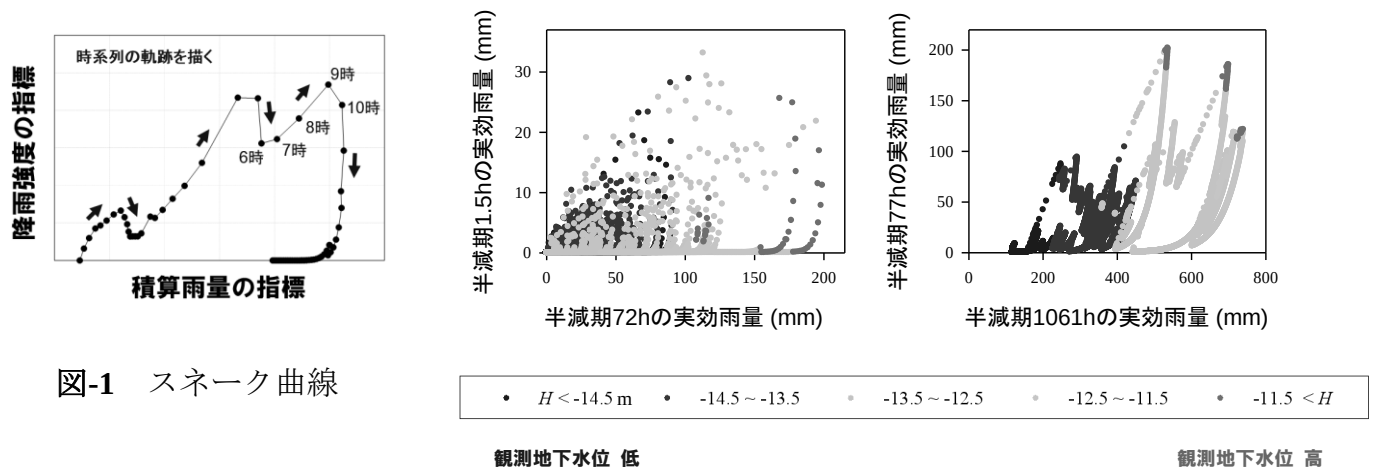


図-1 スネーク曲線

図-2 スネーク曲線による地下水位の再現結果

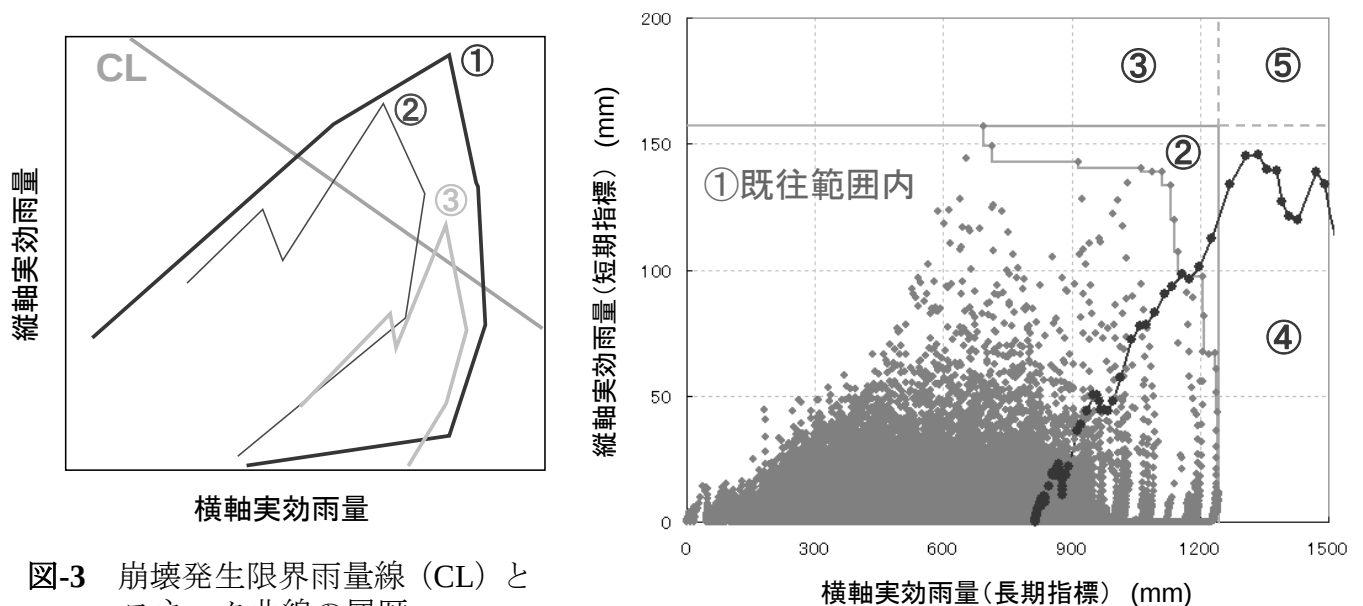


図-3 崩壊発生限界雨量線 (CL) とスネーク曲線の履歴

図-4 スネーク曲線における実効雨量既往最大値