

分布型崩壊概念モデルによる降雨指標を用いた崩壊発生危険度評価の実用化に向けた検討

新潟大学大学院 ○佐藤和歌子
新潟大学農学部 権田豊

1. はじめに

降雨による崩壊の危険度評価手法には、物理モデル、概念モデル等がある。物理モデルは、素因と誘因の両方を考慮しながら、崩壊の位置、規模、時刻を予測できるが、広域への適用は難しい。概念モデルは、モデルから出力される降雨指標を用いて危険度評価を行うもので、代表例である土壌雨量指数（岡田ら，2001）は、土砂災害警戒情報の判断基準として全国的に利用されている。しかし、モデルに与えるパラメータは全国一律であり、素因は十分に考慮されていない。

これらのモデルの折衷案が分布型崩壊概念モデル（Shuin, et al., 2012）である。本モデルは物理モデルと同様の計算過程を持ちながら、土層構造や降雨浸透過程を単純化しているため、広域への適用が可能である。崩壊の位置や規模の正確な予測は難しいが、安全率 1 未満のセル数（以下、UC 数）から崩壊危険度の経時変化を評価し、閾値を設定することで、崩壊発生を判定する。しかし実用にあたっては、(1) 閾値の設定方法の確立、(2) 降雨データの高解像度化による予測精度向上が課題となっている。

そこで本研究では、これらの課題の解決を目的として、UC 数を特定の基準値で正規化した場合、近隣地域間では閾値が同程度になるという作業仮説を立てた。この仮説が正しければ、崩壊履歴の無いエリアにおいても閾値を設定することが容易になる。この作業仮説を検証するために、地上観測点の降雨（以下、雨量計雨量）および解析雨量を用いて阿蘇山周辺と、広島市の崩壊事例を対象に解析を行った。

2. 解析方法及び、閾値の設定方法

解析には国土地理院の 5 m メッシュの数値標高データ（以下、DEM）を使用した。2.25 km 四方の解析エリアを阿蘇山周辺地域で 13 箇所、広島市で 8 箇所設定した。各解析エリアを 5 m 間隔のセル状に分割し、各セルにおける標高を DEM により与えた。土層厚は DEM から算出した勾配を参考に、乾燥条件下で安全率 1.2 を超えない値を設定し、上限値を 1.2 m とした。計算に用いる各パラメータは全セルで同一とし、内部摩擦角 $\phi = 28.6^\circ$ 、土の湿潤密度 $\gamma_t = 1700 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ 、飽和密度 $\gamma_{\text{sat}} = 1900 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ 、有効間隙率 $\lambda = 0.35$ 、透水係数 $k = 0.015 \text{ [m/hr]}$ とした。土の粘着力は $C = 3.0, 6.0 \text{ [kPa]}$ の 2 条件で解析した。各セルに 1 時間降水量を与え、地下水の連続

式を解き、地下水位を 1 時間毎に算出した。さらに無限長斜面安定解析を行い、UC 数を計数した。

雨量計雨量は、国土交通省水文水質データベースから、各解析エリアに近い観測所の主要な降雨イベント 14 件の 72 時間分の 1 時間降水量を入手して解析に用いた。解析雨量は、前述の降雨イベントの 1 時間降水量を財団法人気象業務支援センターから入手して解析に用いた。

全降雨イベントで UC 数を算出し、UC 数の最大値を PUC とした。さらに、確率年 200 年の日雨量から作成したモデル降雨を与えた場合の PUC を各エリアの PUC がとりうる最大値（基準値）とし、基準値で UC 数を除することで UC 数を正規化した。UC 数の閾値は、図 1 に示すように、崩壊発生降雨イベント群の PUC の最小値と、非崩壊発生降雨イベント群の PUC の最大値の間の領域（以下、閾値の領域）内に設定される。各エリアで閾値の領域を求め、正規化前後の UC 数の閾値を近隣地域間で比較し、作業仮説を検証した。

3. 結果と考察

雨量計雨量を用いた解析では、阿蘇山周辺における閾値の領域の上下限値は、正規化前はエリア毎に異なった（図 2a）が、正規化後は概ね同程度となった（図 2b）。 $C = 6 \text{ kPa}$ の場合、統一の閾値の設定範囲は約 36～72 % となった。広島市では、2014 年の崩壊発生降雨の PUC を 2018 年の非崩壊発生降雨の PUC が上回る場合があった。2018 年のイベントは、解析エリア内で崩壊は確認されていないが、広島県内で広く土砂災害が発生したこと等から非崩壊発生降雨から除外した。広島市における正規化後の閾値の領域の上下限値は、 $C = 6 \text{ kPa}$ の場合、下限値は同程度となるものの上限値にばらつきが大きく、統一の閾値の設定範囲は約 23～47 % と、阿蘇山周辺と比べ小さく、かつ範囲が狭くなった（図 3a）。 $C = 3 \text{ kPa}$ の場合、正規化後の閾値の領域の上下限値は概ね同程度となった（図 3b）。統一の閾値の設定範囲は約 61～94 % で、阿蘇山周辺地域より大きいものの近い値となり、かつ範囲の幅が同程度になった。以上の結果から、阿蘇山周辺と同様に広島市でも作業仮説は支持された。また、 $C = 3 \text{ kPa}$ とすると閾値が阿蘇山周辺と同程度となったことから、 C を地域毎に調節することで異なる地域間でも閾値を同程度に設定できる可能性があると考えた。

解析雨量を用いた解析では、阿蘇山周辺における閾値の領域の上下限値は、雨量計雨量を用いた場合とほぼ同程度となり、UC 数を正規化した場合、約 41～65 % とな

った(図2c)．広島市では雨量計雨量を用いた場合より崩壊発生降雨のPUCは小さく，非崩壊発生降雨のPUCは大きくなる傾向があり，エリア間の閾値の上下限値の変動が大きくなった．そのため，UC数を正規化しても閾値の領域に共通範囲は存在しなかった(図3c)．しかし，正規化後の閾値の領域の上下限値は同程度となり，統一の閾値を28%に設定すると，H1，H3の2エリアで閾値を過小評価することになるものの，ほとんどのイベントで崩壊発生・非発生を判別可能であり，作業仮説は支持された．

4. おわりに

阿蘇山周辺と広島市の崩壊事例を対象に，UC数を正規化すると近隣地域間で閾値が同程度になるという作業仮説を検証した．その結果，雨量計雨量を用いた場合，両対象地で正規化後のUC数のばらつきの程度に差異はあるが，作業仮説は支持された．解析雨量を用いた場合，阿蘇では雨量計雨量を用いた場合と同程度の統一の閾値が設定でき，作業仮説は支持された．広島では雨量計雨量より詳細な降雨分布を取り入れたことでUC数のばらつきが大きくなり，正規化後の閾値の領域は共通範囲をもたなかった．しかし閾値の領域の上下限値は同程度となり，数件の空振りは生じるものの統一の閾値は設定可能であり，作業仮説は支持された．災害の予測精度を向上させるためには，解像度の高い降雨データを用いて危険度予測をすることが重要である．異なる2つの対象地において，解析雨量を用いた場合でも，統一の閾値が設定可能であることが示されたことは，高解像度の降雨データを用いた分布型崩壊概念モデルによる崩壊危険度評価の精度向上の可能性があることを示唆している．ただしその一方で，閾値の領域に共通範囲がない場合，本研究では見逃しが生じないよう崩壊発生降雨のPUCの最小値を閾値としたが，共通範囲がある場合と異なり，空振りが生じる．このように閾値の共通範囲の有無により設定される閾値の精度に差が生じる点は本モデルの運用時に注意する必要がある．

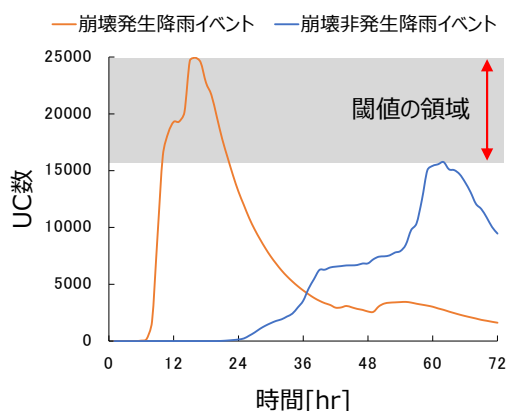


図1 閾値の領域の考え方

7. 参考文献

- 岡田ら(2001) 土壌雨量指数，天気，p.59-66
 沖村ら(1985) 数値標高モデルを用いた表層崩壊危険度の予測法，土木学会論文集，358，p.69-75
 Shuin et al. (2012) Estimating the Influence of Rainstorms on Shallow Landslides : Comparison of the Intensity-duration Method and a Distributed-landslide Conceptual Model, IJECE, 5, p.37-45

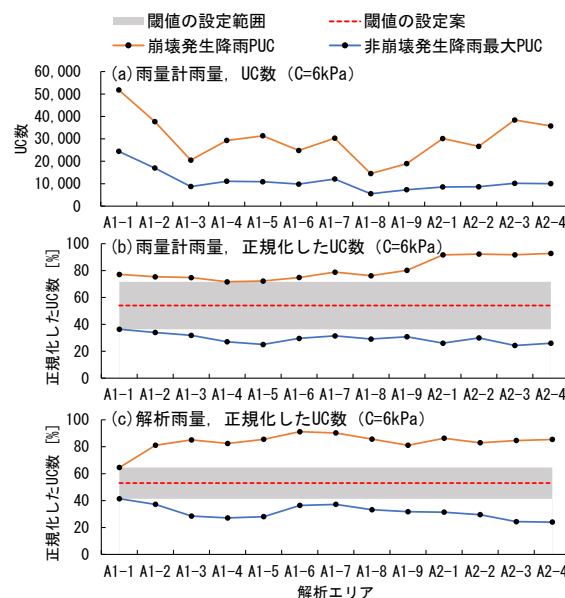


図2 阿蘇山周辺地域の閾値の上下限値

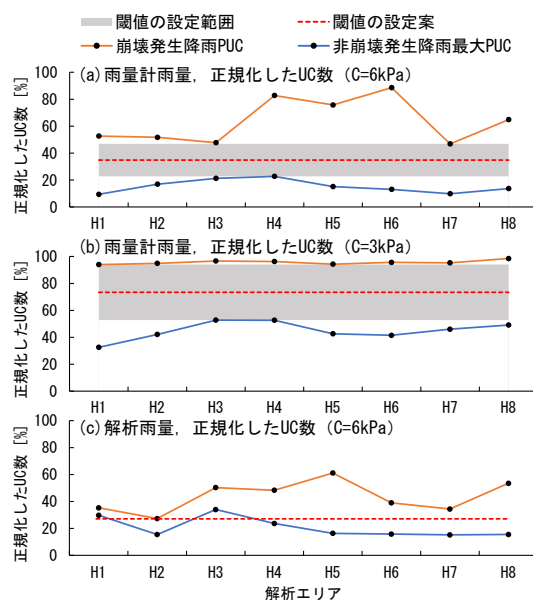


図3 広島市の閾値の上下限値