

雨量度土砂災害との関係に関する研究

北川 靖流

高知工科大学システム工学群 建築・都市デザイン専攻

近年、1 時間に 50 mm 以上の降雨の発生回数および土砂災害発生件数がともに増加傾向を示しており、大雨に起因する土砂災害リスクの増大が示唆される。このため、斜面崩壊と降雨の関係を定量的に把握することは、被害軽減の観点から重要である。斎藤ら（2014）は、九州山地・市房山および阿武隈山地を対象に、空中写真と観測所雨量データを用いて斜面崩壊発生基準雨量と確率年を推定しているが、局所的な降雨特性の反映には課題が残る。そこで本研究では、四国地方を対象に空間的に連続した解析雨量を用い、斜面崩壊発生基準となる土壌雨量指数および確率年を推定した。その結果、一部地域を除き四国全域で小規模および大規模な斜面崩壊が高頻度で発生していることが明らかとなった。一方、愛媛県宇和島市・鬼北町および香川県東かがわ市周辺では、斜面崩壊発生頻度が相対的に低い特徴が認められた。

Key word : 土壌雨量指数、確率年、解析雨量、斜面崩壊

1. 序論

降り続けると災害発生の危険が高まるとされている 1 時間 50mm 以上の非常に激しい雨の発生回数は、近年増加傾向にある。それに伴い、土砂災害の平均発生件数も増加しており、大雨に起因する土砂災害リスクは高まっていると考えられる。令和 5 年には、日本全国で 1471 件の災害が発生し、57 件の人的被害および 262 件の人家的被害が報告されている。このような状況から、斜面崩壊と降雨の関係を定量的に把握することは、被害軽減の観点から重要である。

斎藤ら（2014）は、九州山地・市房山および阿武隈山地を対象として、空中写真から斜面崩壊発生地点を特定し、国土交通省および気象庁の地上雨量データを用いて、斜面崩壊発生基準雨量と、その降雨イベントが何年に 1 度発生するかを示す確率年を算出した。その結果、対象地域での斜面崩壊発生の確率年は約 5 年と推定された。しかし、この研究では局所性のある降雨に対して、空間的に離散した観測所の地上雨量データを用いている点に課題がある。降雨には局所性が存在するため、観測所から近距離であっても雨量が大きく異なる可能性がある。そこで本研究では、四国地方を対象として、空間的に連

続した雨量データである解析雨量を用いる。また、斜面崩壊が発生した降雨イベントのみならず、発生前の降雨履歴の影響も考慮するため、雨量ではなく土壌の水分量を表す土壌雨量指数に着目する。その上で、斜面崩壊発生基準雨量ではなく、斜面崩壊発生時の土壌雨量指数を基準とした斜面崩壊発生基準土壌雨量指数および確率年を算出し、斜面崩壊の起こりやすい地点と四国の地域特性を明らかにすることを目的とする。

2. 手法

(1) 対象地域及び使用データ、期間

本研究の対象地域は四国全域とした。使用したデータは、2006 年から 2024 年までの期間における、1km メッシュ・1 時間間隔の解析雨量データ、および 1 時間間隔の AMeDAS（気象庁）と国土交通省の観測所データである。

ここで解析雨量とは、空間的に連続した降雨分布を把握可能なレーダ雨量に対して、精度の高い地上雨量計観測値を用いて補正することにより作成された降雨分布データである。

(2) 研究の流れ

(a) 解析雨量と観測所のデータ比較

解析雨量データの精度を検証するため、AMeDAS および水文水質データベースの観測所を含むメッシュにおける年間総雨量を算出し、解析雨量と各観測値を比較する。

(b) 斜面崩壊発生基準土壌雨量指数の解析

まず、防災科研の災害年表マップ、四国災害アーカイブス、新聞記事を用いて過去に四国地方で発生した斜面崩壊事例を収集する。斜面崩壊の詳細日時が不明な場合は記載期間内で土壌雨量指数が最大となった日時を発生日時と仮定する。次に過去の衛星画像を検索・取得できる LandBroser を用いて斜面崩壊発生前後の画像を目視比較し、発生地点の緯度・経度を特定する。特定した座標を用いて、解析雨量から斜面崩壊発生時の降雨イベントにおける最大土壌雨量指数を算出する。土壌雨量指数の計算にはタンクモデルを用いる。さらに、斜面崩壊発生時の土壌雨量指数が年間最大土壌雨量指数の上位何%の値にあたるか、また履歴順位の上位何%を更新した時点で崩壊が発生するかを解析し、斜面崩壊発生基準土壌雨量指数を評価する。

(c) 確率土壌雨量指数マップの作成

解析雨量を用いて、2006年から2024年までの各年・各メッシュにおける年最大土壌雨量指数を算出する。得られた年最大土壌雨量指数をGumbel分布に当てはめ、50年に1度の頻度で発生すると推定される土壌雨量指数、つまり50年確率土壌雨量指数を各メッシュで求め、その分布図を作成する。

(d) 四国全域の災害確率年マップの作成

斜面崩壊発生基準土壌雨量指数と2006年から2024年までの年最大土壌雨量指数を用いてGumbel分布に当てはめ、四国全域における斜面崩壊の発生確率年を推定する。ここで発生確率年とは四国全域において斜面崩壊が平均して何年に1度の頻度で発生すると見積もられるかを示す指標である。

3. 結果および考察

(1) 解析雨量と観測所データの比較

解析雨量データの精度検証のため、AMeDAS および水文水質データベースの観測所を含むメッシュにおける年間総雨量について、地上雨量と解析雨量とのRMSEの値を算出した結果を図-1に示す、この結果から解析雨量データの精度は地点により大きく異なることが確認された。

また、生口島における解析雨量と観測所の年間総雨量の経年変化を図-2に示す。図-2より、年ごとの

増減傾向は概ね一致しているものの、多くの年で解析雨量が地上雨量を上回る傾向が見られた。同様の傾向は神山、立川、大三島を除く観測所で確認された。

以上の結果から、本研究で算出される土壌雨量指数は、一部の地点では実際より高めに評価される可能性が示唆される。したがって、本研究ではこの特性を考慮する必要がある。

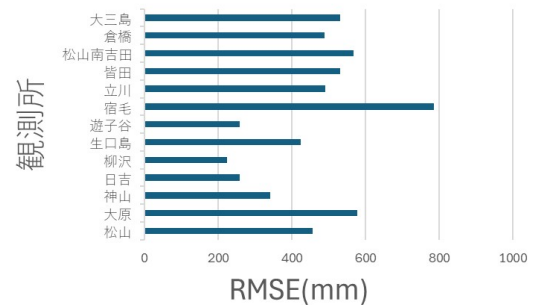


図-1 観測所ごとのRMSE

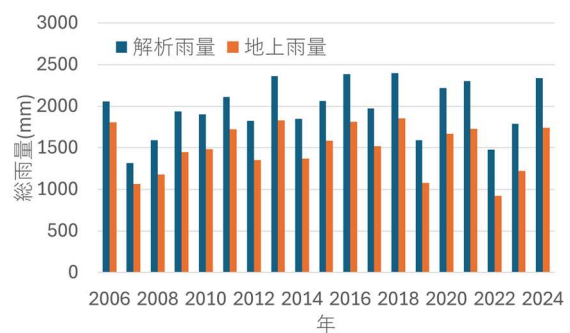


図-2 解析雨量と地上雨量の比較

(2) 斜面崩壊の事例

防災科研の災害年表マップ、四国災害アーカイブス、新聞記事を用いて2006年から2024年の間に四国全域で発生した斜面崩壊事例を収集した。さらに、LandBroserを用いて斜面崩壊発生地点の緯度・経度の特定した結果、図-3に示す15か所で斜面崩壊が確認された。



図-3 斜面崩壊発生地点

(3) 斜面崩壊発生基準土壌雨量指数

斜面崩壊発生時の降雨イベントにおける最大土壌雨量指数と、その値が年間最大土壌雨量指数に対して何%に相当するか、さらに画像解析から推定した斜面崩壊のおおよその発生面積を表-1に示す。その結果、斜面崩壊は年間最大土壌雨量指数の約40%～90%の範囲で発生していることが明らかとなった。このうち、40%～60%の範囲で発生した事例は、発生面積が5000m²未満の小規模崩壊が多く、一方、70%～90%の範囲では、発生面積が5000m²以上で、かつ複数箇所で崩壊が生じた大規模事例が多かった。そこで本研究では、年間最大土壌雨量指数の40%を小規模斜面崩壊発生基準、70%を大規模斜面崩壊発生基準として設定した。これらの発生基準に基づく土壌雨量指数の分布を図-4、図-5に示す。

表-1 土壌雨量指数の比較

災害発生地点	降雨イベント最大土壌雨量指数	年間最大土壌雨量指数	割合	斜面崩壊発生面積 (m ²)
宇和島	241.3	259.3	0.9	58943.0
大月橋浦	284.2	307.4	0.9	5482.0
宿毛	311.5	340.6	0.9	2474.0
高浜	174.7	210.0	0.8	6364.0
伊予	169.5	208.0	0.8	1686.0
大豊	327.0	406.1	0.8	20580.0
内原	235.1	294.7	0.8	4305.0
上怒和	155.7	204.5	0.8	9306.0
今治	161.4	216.5	0.7	5393.0
興居島	140.8	191.4	0.7	28141.0
西予	146.7	233.8	0.6	4011.0
上島	126.7	203.7	0.6	816.0
鬼北	137.3	286.5	0.5	604.0
下東内	151.0	371.1	0.4	1923.0
上育水	145.5	361.4	0.4	4404.0

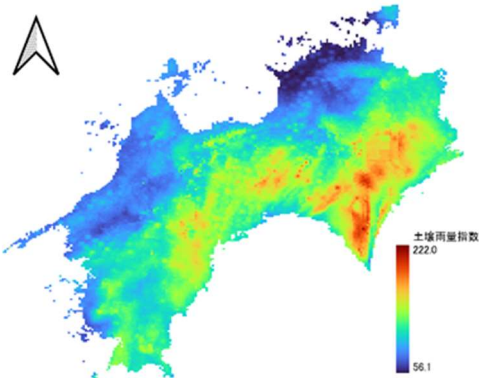


図-4 小規模斜面崩壊発生基準土壌雨量指数

(4) 確率土壌雨量指数マップ

2006年から2024年までの解析雨量を用いて、50年確率土壌雨量指数の分布図(図-6)を作成した。図-6より四国南部では土壌雨量指数が高く、北部は低い傾向が確認された。南部は太平洋から流入する湿潤気流が山地により強制上昇することで地形性降

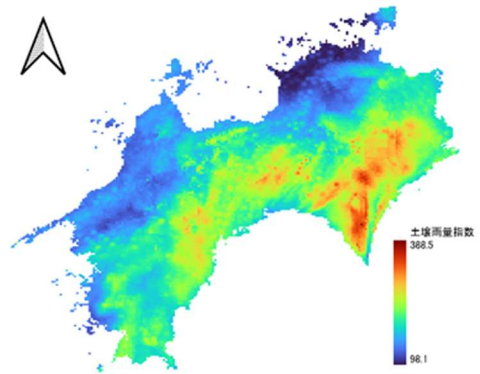


図-5 大規模斜面崩壊発生基準土壌雨量指数

雨が生じやすく、さらに台風の進路に位置することから、強雨や長時間降雨が発生しやすい地域である。その結果、土壌中に水分が蓄積されやすく、土壌雨量指数が高くなっていると考えられる。一方、北部では南部に比べて降雨量が少ない傾向にあり、そのため土壌雨量指数が低くなる分布が形成されていると考えられる。

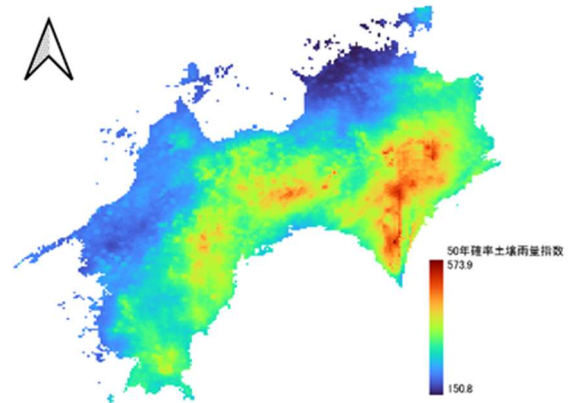


図-6 50年確率土壌雨量指数

(5) 確率年マップ

各メッシュにおける斜面崩壊発生の確率年を図-7および図-8に示す。図-7より、小規模斜面崩壊は四国全域で概ね1～1.5年の間隔で発生する可能性が示され、地域にかかわらず高頻度で生じる傾向が確認された。一方、図-8より、大規模斜面崩壊は多くの地域で約1～4年間隔で発生する可能性が示され、一部に8年や16年と発生間隔が長い地点も見られるものの、全体としては比較的高頻度で発生する傾向が認められた。図-4と図-7を比較すると、太平洋側では斜面崩壊発生基準土壌雨量指数の値が高い一方で、斜面崩壊発生頻度も高いことが分かる。これは、該当地域では比較的大きな土壌雨量指数に達しなければ斜面崩壊が発生しにくいことを示唆しており、その背景には地形や地質などの要因が関与している可能性がある。

また、該当地域は地形性降雨が発生しやすく、台風の進路に位置することから、年最大土壌雨量指数が大きくなりやすい地域である。年最大土壌雨量指数が高くなりやすい地点では、年最大値の分布が高値側に偏るため、同一の土壌雨量指数に対応する確率年が小さくなる。その結果、推定される斜面崩壊発生頻度が高くなると考えられる。

一方で、愛媛県宇和島市、鬼北町および香川県東かがわ市周辺は、斜面崩壊発生基準土壌雨量指数の値が低いにもかかわらず、斜面崩壊発生頻度は周囲と比較して低い傾向が認められた。これらの地域では、比較的少量の降雨でも斜面崩壊が発生し得る一方で、降雨そのものの発生頻度が低いため、結果として斜面崩壊の発生頻度が低くなっていると考えられる。また、**図-5**と**図-8**を比較すると、分布傾向は小規模斜面崩壊の場合と概ね同様であるが、大規模斜面崩壊の発生確率年の値の範囲は、小規模斜面崩壊より広がっていることが分かる。このことから、斜面崩壊の規模が大きくなっても、発生しやすい地点の空間分布は大きく変化しない一方で、発生しにくい地点では確率年がさらに大きくなり、相対的に発生しにくくなる傾向があると考えられる。

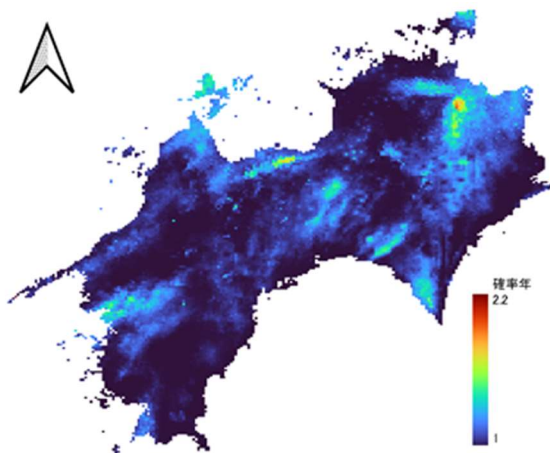


図-7 小規模斜面崩壊の確率年

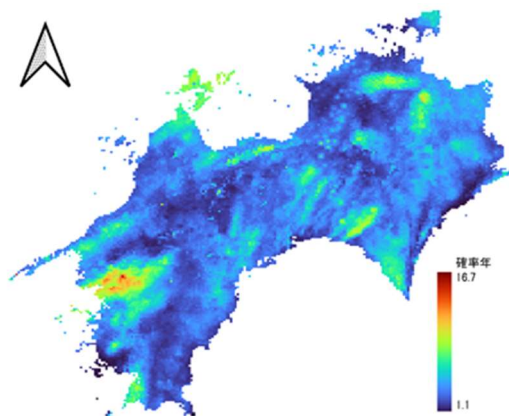


図-8 大規模斜面崩壊の確率年

4. まとめ

本研究では、四国地方を対象に解析雨量を用いて斜面崩壊発生基準土壌雨量指数およびその確率年を推定した。その結果、一部地域を除き、四国全域において小規模および大規模な斜面崩壊が比較的高頻度で発生する可能性が示唆された。特に太平洋側では、斜面崩壊発生基準土壌雨量指数が高く、斜面崩壊発生頻度も高い傾向が確認された。一方、愛媛県宇和島市・鬼北町および香川県東かがわ市周辺では、斜面崩壊発生基準土壌雨量指数が低いにもかかわらず、周囲と比較して斜面崩壊発生頻度が低い特徴が認められた。これらの地域差は、各地域における降雨イベントの強度や発生頻度の違いに起因する可能性が考えられる。なお、各地域における斜面崩壊発生基準土壌雨量指数の差異を規定する要因、および本研究で算出した土壌雨量指数が一部地点において実際より過大に評価されている可能性については、今後、より詳細な検討が必要である。

参考文献

- 1) 斎藤仁、村上亘、大丸裕武、小口高 (2014) : 斜面崩壊発生基準雨量と確率雨量との関係、日本地理学会 2014 年度秋季学術大会発表要旨集
- 2) 一般社団法人 四国クリエイト協会：四国災害アーカイブス、
<https://www.shikoku-saigai.com/>
- 3) 防災科学研究所：災害年表マップ、
<https://dstr.mhr.bosai.go.jp/saigai2016/>
- 4) 田中丸, 治哉、大槻, 恭一、近森, 秀高、諸泉, 利嗣 (2016) : 地域環境水文学、朝倉書店
- 5) 産業技術総合研究所：LandBrowser、
<https://gsvrg.ipri.aist.go.jp/landbrowser/>
- 6) 気象庁：AMeDAS、
<https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php>
- 7) 国土交通省：水文水質データベース、
<https://www1.river.go.jp/>