

六甲山における近年の土砂移動を引き起こした降雨の特徴

京都大学大学院 農学研究科 ○吉田淳樹・小杉賢一郎
国土交通省 近畿地方整備局 六甲砂防事務所 小竹利明・前田竜治・菊森誠*
(*現 国土交通省 近畿地方整備局 姫路河川国道事務所)

1. はじめに

近年の局地的な豪雨の多発化に伴い、土砂災害の件数も増加傾向となっている。六甲山においては、花崗岩の風化に伴う脆弱化という素因も重なり、表層崩壊が多く発生することが懸念されている。

表層崩壊では、1回の降雨イベントによりすべての斜面が崩壊するわけではなく、比較的隣接した場所においても崩壊・非崩壊斜面の両方が存在することが多い。また、ある豪雨によって崩壊した斜面が、その後の異なった降雨波形をもつ降雨イベントにおいて崩壊する場合もある。

異なる降雨イベントにより崩壊する斜面の形状を比較することにより、ある特徴を持つ降雨に対して崩壊しやすい斜面とし難い斜面を明らかにすることができ、表層崩壊発生の予測精度向上につながることを期待される。本研究ではこの点に着目し、土砂移動を引き起こした複数回の降雨イベントの特徴と、それらにより発生した崩壊の地形的特徴の対応を解析した。

2. 解析手法

2.1. 対象イベント

解析対象を、2013、2014、2015、2018年に六甲山において発生した降雨イベントおよび表層崩壊とした。これらの災害後に、六甲砂防事務所により取得された、空中写真に基づく崩壊地判読結果(六甲砂防事務所(2014)、(2018))を解析に用いた。ここでは、判読により新規・拡大・継続と区分された表層崩壊のうち、各降雨イベントで新規に発生した崩壊のみを対象とした。

2.2. 対象地

住吉川流域を示した図1の1kmメッシュのうち、52351200のメッシュ(図1の破線)に属する崩壊地を対象に解析を行った。当該メッシュでは2014、2015、2018年の崩壊地が点在していた。なお2013年の新規崩壊地は、図1の南方に一点のみ存在していた。

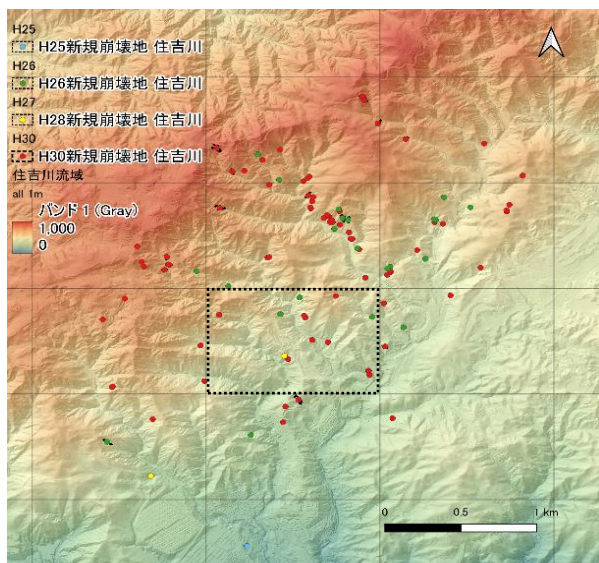


図1 住吉川流域における新規崩壊分布

2.2. 地形データ

2017年に計測された1mDEMデータをQGIS上に反映させ、崩壊地のポリゴンデータを重ねた(図1)。DEMデータおよび崩壊地データを空間結合させることにより、崩壊地の1m間隔の標高データを獲得した。さらにQGISの傾斜処理を行うことで、1m間隔の斜面勾配データを獲得した。これらのデータを用いて、崩壊地ごとの詳細な地形解析を実施した。

2.3. 降雨データ

降雨データとして、2006/1/1 0:00 から2019/1/1 0:00の1kmメッシュ解析雨量データを用いた。解析では、小杉(2022)の未経験降雨指数Tpを計算し、既往最大を観測した時刻(Tpが2006/1/1 0:00:00となった時刻)を抽出した。さらに、当該時刻において、小杉(2015)の二次元判定図(図2)の考え方にもとづき、既往最大と判断された半減期の組み合わせの範囲を絞り込んだ。特に、縦軸・横軸の異なる実効雨量の組み合わせにおいて、両方の組み合わせで既往最大値を初めて超過する時刻(図2におけるA)、縦・横軸のそれぞれがともに既往最大値を超過する時刻(図2におけるD)、およびD領域を示す組み合わせが最多となる時刻に着目した。各時刻の半減期の組み合わせの範囲を解析し、表層崩壊を引き起こした降雨の特徴を比較した。なお二次元判定図を作成するにあたり、小杉(2015)と同様に24時間以上の無降雨期間により降雨イベントが区切られると考えた(表1)。図3~6には、各降雨イベントのハイトグラフを示した。

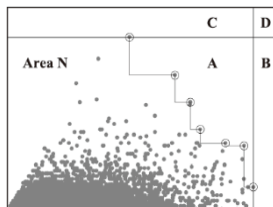


図2 二次元判定図
小杉(2015)より引用

表1 解析対象とした降雨期間

解析時刻	
2013	8/21 19:00~8/27 10:00
2014	8/1 19:00~8/11 16:00
2015	7/15 21:00~7/20 9:00
2018	7/3 13:00~7/9 12:00

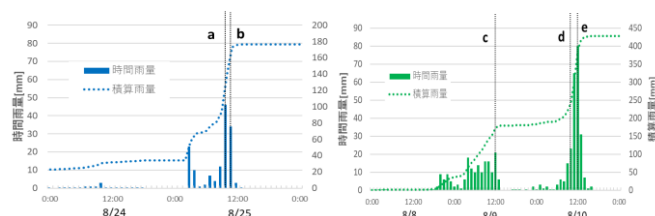


図3 ハイエットグラフ-2013

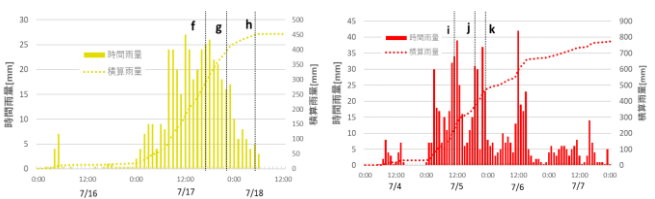


図4 ハイエットグラフ-2014

図5 ハイエットグラフ-2015 図6 ハイエットグラフ-2018

3. 解析結果と考察

3.1. 地形解析

図7は、各崩壊地の比高と崩壊面積の関係である。比高は、崩壊地内の最高標高と最低標高の差分とした。比高と崩壊面積には正の相関があることがわかる。2018年のイベントでは、比高・面積ともに特に大きな崩壊が発生していた。

図8は、各崩壊地の勾配分布の箱ひげ図、ならびに崩壊面積の棒グラフである。降雨イベント間の差はあまり明瞭では無いが、詳しく見ると、2018年の崩壊については、勾配が大きいもの(ID51)と小さいもの(ID50)の差が大きかった。ID50は勾配が小さいものの面積は最大であった。また2018年は、崩壊地の総面積および出現数が最多となった。一方、2015年の崩壊地は1箇所のみで、規模も小さかった。

3.2. 降雨解析

Tpは崩壊を引き起こした各降雨イベントにおいて2006/1/1 0:00に遡り、いずれのイベントにおいても降雨の既往最大となる時刻が出現していた。

既往最大値を記録した時刻における二次元判定図を、図9a~kに示した。またD領域に達した時刻において、D領域となった半減期の範囲を表2に示した。さらに、A領域となった半減期の範囲を表3に示した。これらの図表におけるa~kは、図3~6のハイトグラフに示した時刻と対応している。なお、2013年の降雨イベントにおいては、A、D領域の初出が同時刻であった。

既往最大値を記録した半減期の組み合わせの数は、2015年のイベントで最小となり(図9f, g, h)、これが崩壊箇所数が少なかったこと(図8)の要因となっている可能性が考えられる。

表2から、D領域に達した半減期は2015年の降雨イベントで小さく、2018年の降雨イベントで最大となっていることが分かる。つまり2018年のイベントは、積算雨量が大きいところに特徴があるといえる。この降雨の特徴が原因となり、勾配が比較的小さい斜面において大規模な崩壊(ID50やID48の崩壊)が発生した可能性が考えられる。一方、2014年のイベントでは、幅広い半減期においてD領域に達していた(図9e, 表2)。このことが原因となって、種々の特性をもつ斜面が崩壊した(図8)可能性が考えられる。

4. 今後の課題

今後、解析対象メッシュを増やすことで、より一般的な傾向を抽出することが課題である。また、崩壊地周辺の地形解析を進め、集水面積や微地形が崩壊に与える影響についても検討を進めたい。さらに、各崩壊地の履歴(自然斜面と人工改変斜面の違い、新規と拡大崩壊の違い)が及ぼす影響の検討も課題である。

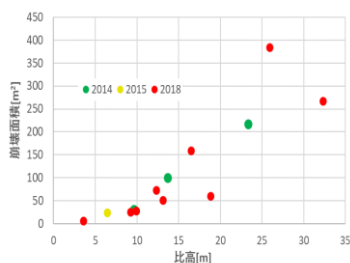


図7 比高と崩壊面積の関係

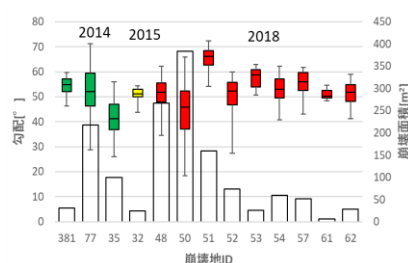


図8 傾斜の分布と崩壊面積

表2 D領域を出力した半減期の範囲

時刻	縦・横軸半減期(h)
a	1.2~1.5
d	90~167
g	14~21
j	469~1070
b	0.8~9.3
e	0.1~577
h	382~871
k	9.3~3000

表3 A領域を出力した半減期の範囲

時刻	横軸半減期(h)	縦軸半減期(h)
c	21~206	0.1~0.5
f	3000	2.2~111
i	1616~3000	1.8~2.2

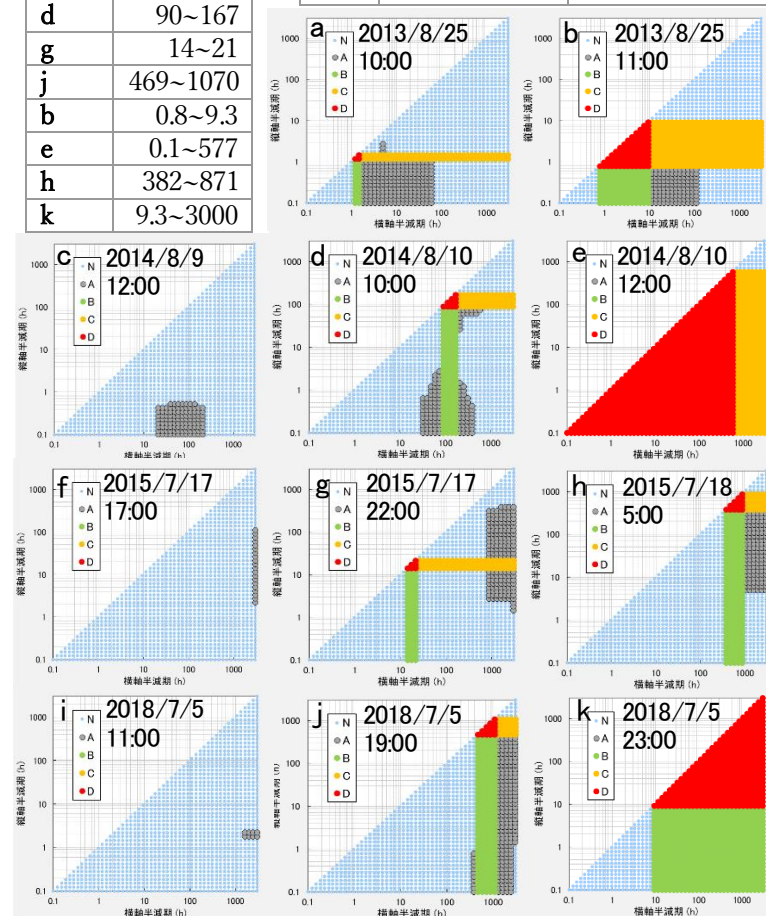


図9 各年の二次元判定図

- 1列目: A領域に初めて到達した時刻および半減期
- 2列目: D領域に初めて到達した時刻および半減期
- 3列目: D領域が最多となった時刻および半減期

参考文献

- 小杉賢一朗(2015): 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, p12-23
小杉賢一朗(2022): 土砂災害に対する警戒・避難のための未経験降雨指数の提案, 砂防学会誌, vol.75, No.1, p.3-14
六甲砂防事務所(2014): 平成26年度 六甲山系崩壊箇所抽出緊急調査業務
六甲砂防事務所(2018): 平成30年度 六甲山系崩壊箇所抽出緊急調査業務
里深ら(2018): 平成30年7月豪雨による関西における災害, 砂防学会誌, vol.71, No.4, p.38-48