

深層崩壊発生に関連性が高い微地形と地形量の特徴について

国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター 桜井 亘, 酒井 良, 奥山 悠木
アジア航測株式会社 ○船越 和也, 岡野 和行, 染谷 哲久, 山口 和也, 井之本 信

1. はじめに

平成 23 年台風 12 号の豪雨によって、紀伊山地中央部では多数の深層崩壊が発生した。紀伊山地中央部では、深層崩壊発生前の平成 21 年に十津川および北山川流域で航空レーザ計測が実施されていた (図 1)。さらに、深層崩壊発生後には十津川流域の上流および下流、北山川流域の上流で航空レーザ計測が行われており、広域で深層崩壊発生前後の詳細地形データの比較が可能となっている。

桜井ら (2014) は、十津川上流域を対象に深層崩壊発生前の詳細地形データを用いて、重力性変形による微地形量および斜面勾配等の地形量を 0.25km² 程度の面積を持つ単位斜面ごとに算出して、深層崩壊発生・非発生斜面の特徴を踏まえた危険斜面の絞り込み手法を提案している。ここでは、その手法を十津川下流域に適用し、深層崩壊との関係性がより高い地形要素で汎用的なものを抽出し、その特徴を確認した。また、北山川上流域で確認された重力性変形が進行した非崩壊斜面の検討事例を報告する。

2. 十津川下流域における地形要素の適用性

深層崩壊が多発した十津川上流域は、中生代の四万十帯が広く分布するのに対し、下流域は新生代の四万十帯や熊野層群、熊野酸性岩類などが複雑に分布する。そこで流域特性の異なる十津川下流域において、「重力性変形の延長密度」「固有値比」「斜面方位」「斜面勾配」「起伏量」の 5 つの地形要素に着目して的中率比等の値を算出し、深層崩壊発生との関連性を確認した。「重力性変形の延長密度」以外の地形量は 5mDEM を用いて算出したが、地形量は Window Size (算出範囲) により値が異なることが知られている (横山ら 2012)。そのため、複数の Window Size (最小 5m、最大 1,000m) で算出し、深層崩壊地の内外の地形量で最も頻度分布が異なる Window Size を用いた。深層崩壊発生に関連性が高いとした地形量は、表 1 の通りとした。

地形要素ごとの的中率比等の比較結果を表 2 および図 2 に示す。重力性変形の延長密度および固有値比は、深層崩壊が多発した十津川上流域で高い的中率比を示したが、深層崩壊の比較的小さい十津川下流域でも同様に高い値を示した。一方、斜面方位は十津川上流域では高い的中率比を示したが十津川下流域では 1.0 と大きく低下した。斜面方位は、流れ盤等の地質構造が関係して一部の地域で関連性が高くなるものの、地質構造が異なる地域で関連性が低下するため、流域の違いで的中率比が大きく変化する傾向があると考えられる。一方、斜面勾配や起伏量は、異なる流域においても的中率比に大きな違いは見られず、広域においても深層崩壊発生との関連性が高い地形量と考えられる。

3. 深層崩壊発生に関連性が高い地形要素の頻度分布

深層崩壊発生に関連性の高い 4 つの地形要素の頻度分布を、豪雨前の詳細地形データで解析した結果から整理した。

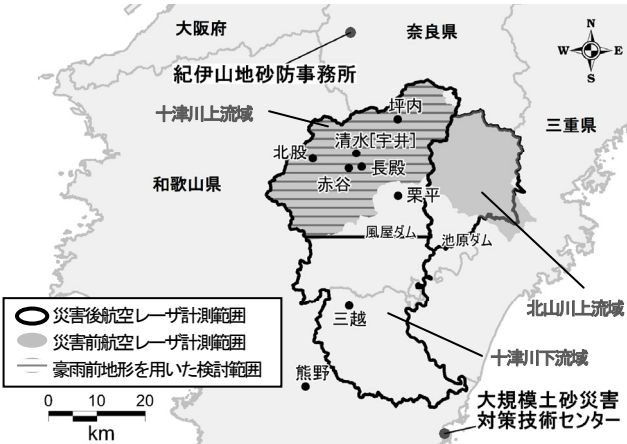


図 1 航空レーザ計測取得範囲と検討対象範囲

表 1 深層崩壊発生に関連性が高いと判定した地形要素と条件

地形要素	Window Size	関連性の高い地点地形量	単位斜面の閾値
重力性変形の延長密度	-	-	4,000m/km ² 以上
固有値比	30m	5.0 以上	15% 以上※
起伏量	-	-	275m 以上
斜面勾配	250m	30° 以上 35° 未満	5% 以上※
斜面方位	250m	300° 以上 330° 未満	35% 以上※

※関連性の高い地点地形量に該当するメッシュが存在する割合

表 2 地形要素に対する的中率比・カバー率および抽出される斜面の該当率

地形要素	的中率比		カバー率 (%)		該当率 (%)	
	十津川下流域	十津川上流域	十津川下流域	十津川上流域	十津川下流域	十津川上流域
重力性変形の延長密度	6.4	3.6	30.8	50.0	4.8	13.8
固有値比	2.9	2.9	30.8	37.5	10.5	13.1
起伏量	2.6	1.7	23.1	31.3	9.0	18.3
斜面勾配	1.3	1.7	15.4	37.5	11.4	21.6
斜面方位	1.0	2.6	7.7	31.3	7.6	12.0

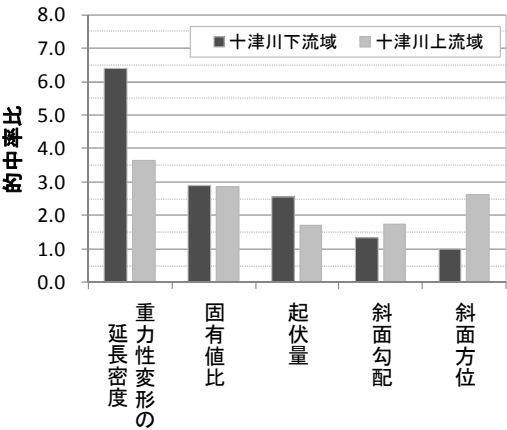


図 2 十津川流域における的中率比の比較

地形要素ごとにみた単位斜面出現頻度を示すヒストグラム（図3）を見ると、設定した閾値以上の条件に該当する斜面は、全体の10%から20%であった。地形要素ごとの単位斜面出現率は、対象とする地域ごとに異なる場合も考えられ、他の地域では今回設定した閾値条件に該当する斜面の出現頻度が変化することが考えられる。そのため、深層崩壊発生と地形要素の関連性を検討する際には、その地域の地形要素の出現傾向に応じて閾値を設定することも必要である。

4. 豪雨による重力性変形の進行事例

北山川流域の上流域においても、平成21年に航空レーザ計測が実施されており、平成23年台風12号前後の詳細地形データが存在する。この詳細地形データから、深層崩壊発生に関連性の高い重力性変形による小崖等を判読した結果、前鬼川上流で豪雨により重力性変形が進行し、小崖が多数形成された非崩壊斜面の事例が確認された（図4）。

豪雨前においても斜面上部に重力性変形による段差地形（小崖）や凹地が確認され、斜面の中腹から下部では崩壊跡地形が確認される。これに対し、豪雨後では斜面上部の段差地形や凹地が拡大し、周辺に円弧状のクラック地形が発達している。なかでも、凹地下部のサギングと想定される線状地形が多数形成され、斜面が前方に変位していることが確認された。

重力性変形が確認された斜面の地形縦断変化を図5に示す。斜面上部では凹地が4m程度沈下する一方、斜面中腹では前方に3m程度隆起する傾向が認められた。なかでも中腹での変化は、線状地形に沿って前方変位と沈下が概ね均等に分布するような前傾変位（トップリング）と見られる兆候が確認され、高角の縦亀裂構造のトップリングによる地表面に発生したサギングが明瞭となった可能性がある。なお、当該斜面は衛星写真等から確認した結果、平成23年台風12号の直後に大きく変位したことを確認している。

ここで、豪雨前の詳細地形データを用いて深層崩壊発生に関連性の高い地形要素を算出し、十津川流域で検討した深層崩壊発生に関係性の高い地形要素の該当状況を確認すると、重力性変形の延長密度と固有値比が当該斜面に該当していたことが確認された。

5. おわりに

深層崩壊発生に関連性の高い地形要素のうち、重力性変形による地形要素は、異なる流域においても高い関連性があることがわかった。また、豪雨により重力性変形が進行する場合もあり、変形前の地形では重力性変形に関連する地形要素が該当している箇所であった。今後、このような深層崩壊発生に関連性の高い地形要素に該当する斜面について、地質水文調査などを行い、斜面の深層崩壊発生危険性を確認、検証していくことが重要な課題と考えられる。

参考文献

- 1) 桜井亘・酒井良・岩田孝治・大山誠・北川眞一・船越和也・岡野和行・染谷哲久・山口和也（2014）：航空レーザ計測データを用いた地形解析と微地形判読による深層崩壊発生斜面の絞り込み手法について、平成26年度砂防学会研究発表会概要集，p.B-284-B-285
- 2) 横山修・内田太郎・中野陽子・石塚忠範・笠井美青・鈴木隆司（2012）：レーザ測量データを用いた岩盤クリープ斜面の表面形状把握，砂防学会誌，vol.64，No.6，p.13-24

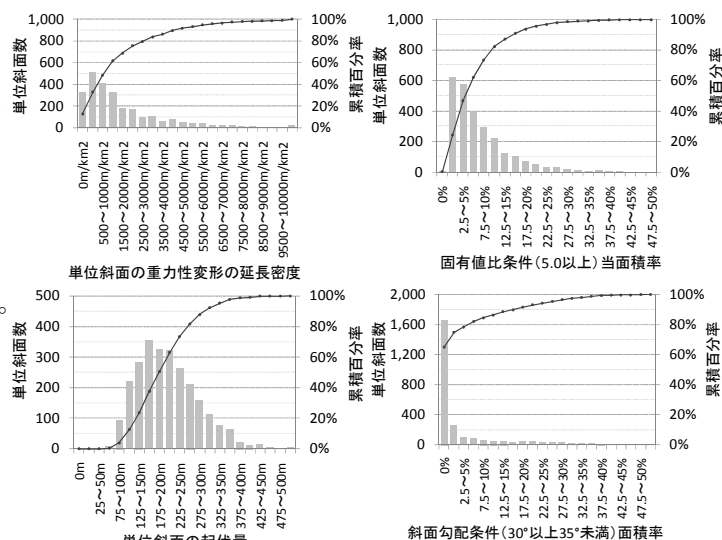


図3 深層崩壊発生前の航空レーザ計測データによる各地形要素の出現頻度

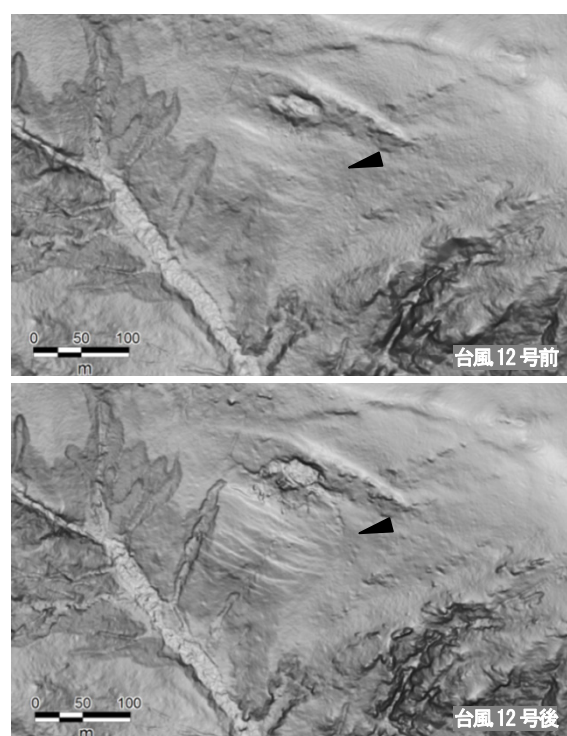


図4 台風12号災害前後で確認された重力性変形の進行事例（1mDEM斜度図）

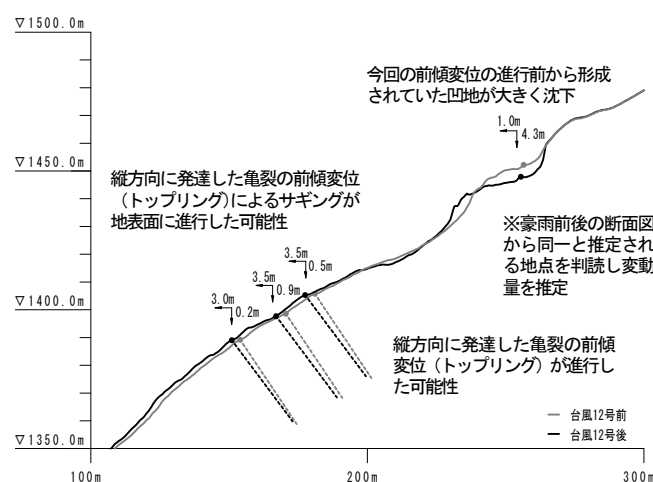


図5 重力性変形箇所の縦断形状