

(独)土木研究所 ○鈴木隆司, 栗原淳一, 桜井 亘
 国土交通省 宮崎河川国道事務所 堤 宏泰, 下西浩治
 砂防エンジニアリング株式会社 井上享郁

1. はじめに

近年の土砂災害の形態を概観すると、異常気象の影響によると思われる極値を更新するような豪雨があっても、かつて頻発していた表層崩壊の集中的な発生は少なくなり、森林の状態に影響されない深層崩壊の発生が目立っている¹⁾。本報告はこの部分に着目したものである。

前報²⁾では、(独)土木研究所で過去に検討した「深層崩壊のおそれのある溪流の抽出手法素案」(以下、「抽出素案」)を用いて、2005年9月に宮崎県鰐塚山周辺で発生した深層崩壊区域の抽出を試み、ある程度抽出は可能なことを示した。しかし、抽出指標には空中写真判読や地形図・地質図の読図による要素が多く含まれているため、客観性に欠けるという指摘があった。本報告では、明治期以降の深層崩壊の発生事例を整理し、過去の深層崩壊事例を追加収集して抽出指標の見直しを行った上で、客観性を確保するための定量的な指標について検討した。

2. 深層崩壊の発生分布区域の絞込み

既往文献から深層崩壊の全国分布の実態を調べるために、抽出条件として、①明治時期以降に発生、②降雨(融雪)を誘因とした崩壊、③崩壊深が概ね5m以上かつ崩壊土砂量が10⁵m³以上として整理した。その結果、122箇所が挙げられ、中・古生代付加体堆積岩、第三紀付加体堆積岩、第三紀深成岩・変成岩の3つの地質区域(国土の約19%)で、既往の深層崩壊発生箇所の約70%(1地区で多発している3事例のみで約32%)が集中している。また、第四紀隆起量が750m以上の区域に集中している(既往の深層崩壊の約66%)傾向がある。図-1に示すように、深層崩壊の発生箇所には地域的な偏りが認められる。

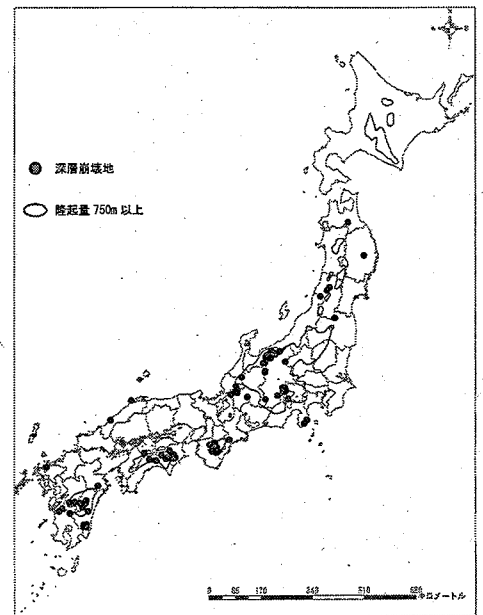


図-1 深層崩壊地の全国分布と隆起量の関係

3. 抽出素案の指標の評価と見直し

(1) 指標の評価

(独)土木研究所では、針原川の土石流災害を契機に、主に火山岩の分布区域で発生した既往の深層崩壊6事例から表-1に示す抽出素案を作成した。本検討では、近年発生した深層崩壊12箇所をはじめ、崩壊前後の空中写真や地形図・地質図などの入手可能な21箇所の事例を加えて、災害前の流域状況調査として抽出素案に基づく机上調査(第1段階および第2段階のA群とC群)を行い、抽出指標の適合度を検証した。結果を表-2に示す。「明瞭なリニアメント」や「活断層」および「山頂緩斜面」は深層崩壊の発生に関して必要条件であることが認められた。また、「深層崩壊跡地」の有無とその多

表-1 抽出素案の概要

- ◆ 深層崩壊のおそれのある溪流の抽出手法素案の概要 ◆
- 第1段階: マクロな危険区域の抽出(調査スケール; S=1/200,000程度)
 - ・地質: 火山岩分布地域
 - ・地質構造: 明瞭なリニアメント, 活断層, 断層破砕帯, キャップロック構造
 - ・地形: 深層崩壊跡地, 災害履歴
- 第2段階: ミクロな危険区域の抽出(調査スケール; S=1/25,000程度)
 - 1) 第1段階抽出区域の大縮尺図面での見直し
 - 2-1) [A群] 地形・地質: 埋没谷, キャップロック構造, 明瞭なリニアメント, 活断層, 断層破砕帯, 深層崩壊跡地, 貫入岩
 - 2-2) [B群] 水文: 透水層と難透水層の境界, 湧水の存在, 溪流下流側への不連続な流量増加, 常時認められる流水
 - 2-3) [C群] 地質構造: 崖錐等の厚い未固結堆積物, 山頂や山腹の広い緩斜面, 厚い風化帯
- 3) 現地詳細調査: 水質測定, 流量観測

表-2 抽出指標の適合度評価

抽出指標の項目		適合度	
第1段階	地質 火山岩分布区域	7/28	
	地質構造	明瞭なリニアメント	15/28
		活断層	13/28
		断層破砕帯	23/28
地形	キャップロック構造	4/28	
第2段階	A群	深層崩壊跡地	4/28
		埋没谷	3/28
	C群	キャップロック構造	8/28
		明瞭なリニアメント	27/28
		活断層	8/28
		断層破砕帯	27/28
C群	深層崩壊跡地	28/28	
	崖錐等の厚い未固結堆積物	4/28	
	山頂および山腹の緩斜面	17/28	
	厚い風化帯	16/28	

寡はその地域での崩壊発生頻度として読み取ることができると考えられる。「断層破碎帯」や「厚い風化帯」は崩壊発生後に判明することが多く、事前の抽出指標としては適用しにくいと判断される。

(2) 新たな指標の見直し

崩壊の徴候を示す指標として、既往の深層崩壊 8 事例を対象にした崩壊前の空中写真から判読した微地形要素には、抽出素案にない「岩盤クリープ斜面」、「線状凹地」、「二重山稜」があり、崩壊発生に影響を及ぼしている可能性が推察された。「岩盤クリープ斜面」は土塊の滑動の始まりを示し、「線状凹地」、「二重山稜」はその結果として形成される地形と考えられる。

4. 定量的(客観的)評価のできる抽出指標の検討

(1) 地形解析量に見られる深層崩壊地の特徴

空中写真判読や地質図の読図を基本とする多くの抽出指標は、定量的かつ客観的に評価されている指標とはなっていない。一方、近年では数値標高モデル(DEM)データが入手しやすくなり、空間解析ツールとしてGISを利用すれば、深層崩壊地の特徴を表す地形特性値を検討することも比較的容易に行える。

前記と同様の既往の深層崩壊 8 事例について、国土地理院発行の S=1/2.5 万の数値地図(50mメッシュ)を用いて、深層崩壊箇所に関わる地形解析要素の特性値を検討した。要素の特性と結果を表-3 に示す。また、2005 年 9 月に深層崩壊の発生した鰐塚山周辺について、写真判読による山頂緩斜面の抽出と地形解析からの抽出を行った結果、抽出範囲は概ね一致することが明らかとなった(図-2)。

(2) 新たな抽出の試み

数値地形解析の結果に文献調査と空中写真判読によって抽出した指標を加えて、鰐塚山地における危険箇所候補の抽出を行った。数値地形解析による抽出条件は、表-3 を参考に下記の閾値を設定した。

危険区域の候補(鰐塚山地の場合)
 = 起伏量 > 150m かつ 高度分散量 > 50m
 かつ 湿潤度(TWI) < 6

抽出結果を図-3 に示す。文献調査と写真判読による抽出要素と輻輳する区域を含む溪流を深層崩壊のおそれのある溪流として 20 溪流を抽出した。

5. まとめと課題

- ① 深層崩壊地周辺の微地形判読結果と数値地図の地形解析から発生箇所の特徴をまとめ、新しい抽出手法を試みた。
- ② 地形解析を用いた抽出手法に関して、鰐塚山地についてはある程度抽出が可能であったが、対象地域(地質条件等)が変わった時には指標の閾値をその地域に合わせる検討が必要である。

表-3 深層崩壊に関わる地形解析要素とその特徴

計測要素	深層崩壊との関連	解析量の特徴(特性値)
斜面勾配	単位面積内の最大傾斜度。深層崩壊の発生場としては30-40度に集中する傾向がある。	崩壊地の頭部付近は30度以上の急勾配斜面
起伏量	単位面積内の高度差。起伏量が大きいかつ比高差があり、斜面が不安定になると考えられる。	170m以上
高度分散量	単位面積内に含まれる標高値データの標準偏差。高度分散量が大きいかつ斜面の凹凸度合いが激しく、斜面が不安定と考えられる。	40m以上(偏差が大きい)
曲率	斜面勾配の変化量。斜面の逶迤線(緩急)付近で崩壊の発生が多いことから、斜面の勾配変換点の有無および位置の分布により、深層崩壊の発生可能性が高い斜面を抽出する。	解析数値の十の一の混在(凹凸が激しい)
斜面凹凸度(TPI)	斜面部の凹凸の状態。深層崩壊では、凸型斜面の方が凹型斜面より重力的に不安定な場合が見られる。	解析数値(TPI)が0以上
湿潤度(TWI)	斜面の湿潤の度合。TWIが高いほど斜面の集水度が高く湿潤であると考えられ、その結果崩壊の発生する度合も高くなると考えられる。	解析数値(TWI)が6以下
山頂緩斜面	深層崩壊発生箇所は上部斜面に緩斜面を持つ場合が多い。緩斜面の有無とその幅を計測し、下位の急斜面での崩壊発生の可能性が考えられる。	山頂部の勾配25度以下、かつ TPI > 0 の区域(空中写真判読結果とほぼ一致した)

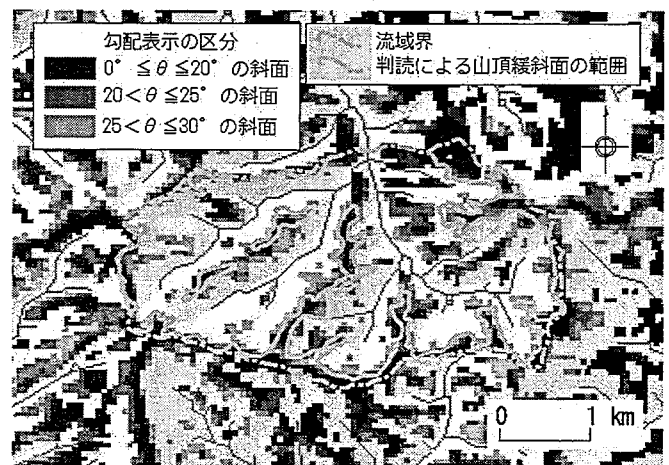


図-2 別府田野川流域における山頂緩斜面の抽出例

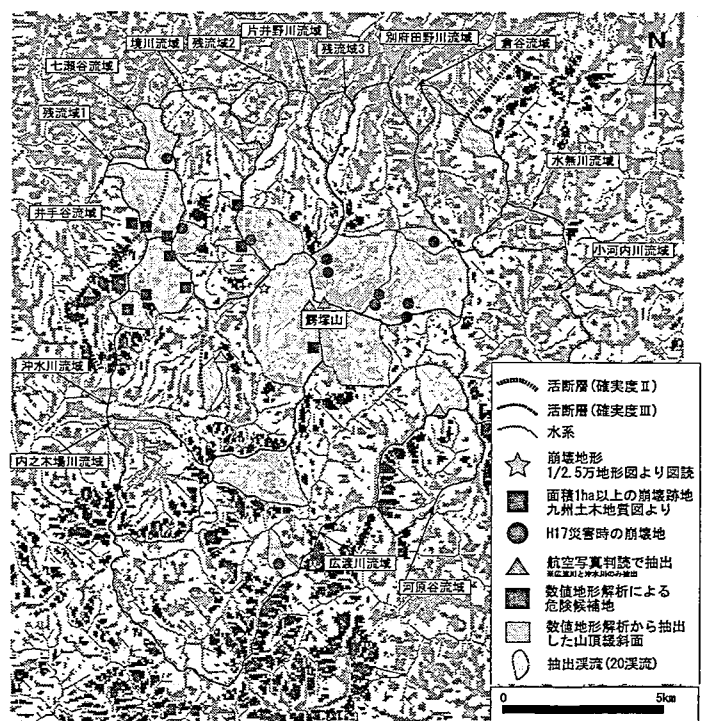


図-3 鰐塚山地における危険箇所候補の抽出例

参考文献 1) 太田(2004):地学雑誌 113,p.203-211, 2) 栗原ら(2006):H18 砂防学会研究発表会概要集,p.118-119