

# 地震による斜面崩壊・土石流の発生危険度評価に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 22～平 24

担当チーム：火山・土石流チーム

研究担当者：石塚忠範、内田太郎、武澤永純

## 【要旨】

地震による斜面崩壊・土石流の発生危険箇所予測手法の開発を目的として、本研究課題は、①地震による斜面崩壊の発生危険箇所抽出手法の提案、②地震による土石流発生危険箇所抽出手法の提案、を達成目標として実施した。本年度は、地震によって大規模な斜面崩壊が多発した 2008 年岩手・宮城内陸地震について、当研究チームが開発した深層崩壊の恐れのある溪流の抽出マニュアル（案）の適用可能性を検証した。

キーワード：地震、深層崩壊、2008 年岩手・宮城内陸地震、微地形要素

## 1. はじめに

地震は豪雨とともに、斜面崩壊の誘因となり、数多くの斜面崩壊を引き起こし、人命や財産に深刻な被害を及ぼすことがある。特に、表土層だけでなく深層の風化した岩盤までもが崩壊土塊となる深層崩壊は、土石流や河道閉塞（天然ダム）を引き起こし、被害が甚大になる場合がある。地震による土砂災害の被害を軽減させる上では、深層崩壊の発生危険箇所を把握し、必要に応じて対策を講じることが重要である。

当研究チームは、深層崩壊の発生危険箇所を予測することを目的として、「深層崩壊の発生のある恐れのある溪流を抽出する手法」（以下、本抽出手法と呼ぶ）を開発し<sup>1)</sup>、現在、直轄砂防事業管内等で適用されている<sup>例えば2,3)</sup>。しかしこれまで、手法の精度の検証は、豪雨による深層崩壊に対する検討が中心であった。そこで、本研究は深層崩壊が多発した 2008 年岩手・宮城内陸地震を対象に同手法を適用し、本抽出手法の適用性を検証した。

## 2. 検討対象地域

検討対象地域は宮城県栗駒山系周辺の面積約 429km<sup>2</sup> の地域である（図-1 参照）。当該地域は 2008 年 6 月 14 日に発生した岩手・宮城内陸地震において、斜面崩壊が多数発生した。

検討対象地域を（独）産業技術総合研究所地質調査総合センターが刊行している 20 万分の 1 シームレス地質図を参考に、地質 A（約 74km<sup>2</sup>）、地質 B（約 85km<sup>2</sup>）、地質 C（約 271km<sup>2</sup>）の 3 つに区分した。

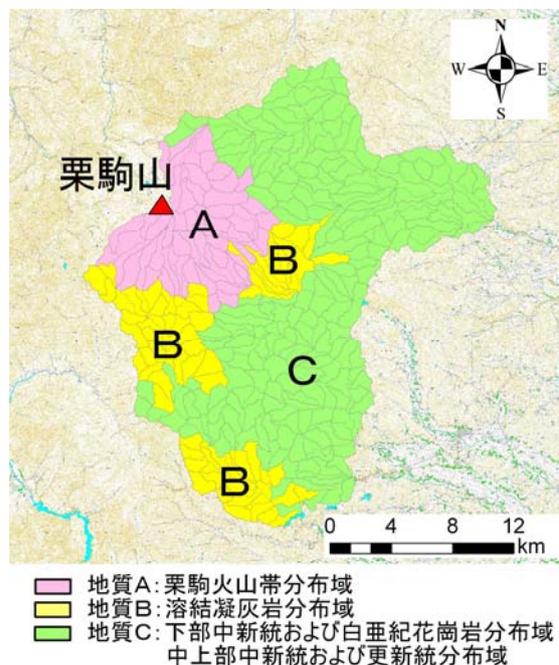


図-1 対象地域

## 3. 検討方法

本抽出手法は検討対象地域における深層崩壊跡地と地質構造、微地形要素、地形量の関係を分析し、対象地域に適した指標を設定し、深層崩壊の発生のある恐れのある溪流を抽出する手法であり、1) 深層崩壊の発生実績、2) 地質構造及び微地形要素、3) 地形量（勾配と集水面積の関係）、の 3 つの条件により、深層崩壊の恐れのある溪流を抽出するものである。ここでいう溪流とは、流域面積約 1km<sup>2</sup> の単元流域と残流域に区分した評価単位を指し、検討対象領域では、353 溪流に区分した。



表-1 微地形要素の概念図

地質区分	微地形要素	的中率	カバー率
地質A	線上凹地 or 地すべり地形	0.49	0.78
	線上凹地 & 地すべり地形	0.89	0.35
地質B	リニアメント or 地すべり地形	0.29	0.80
	リニアメント & 地すべり地形	0.00	0.00
地質C	山頂緩斜面 or 円弧状クラック	0.36	0.32
	山頂緩斜面 & 円弧状クラック	-	0.00

合を「深層崩壊跡地率」として算出した。そして、各深層崩壊跡地率が対象地質区分における深層崩壊跡地率の平均値より2倍以上示したメッシュを、深層崩壊の危険度の高いメッシュと設定した。次に、溪流毎に深層崩壊の危険度の高いメッシュの数を算出した後、深層崩壊の危険度の高いメッシュの数について、閾値を0~500の範囲で設定し、危険度の高いメッシュが閾値以上となる溪流について、的中率とカバー率を算出した。

4. 抽出指標の設定

4.1 地質構造及び微地形要素と的中率・カバー率の関係

図-3に各地質構造、微地形要素の的中率・カバー率を示す。これより、深層崩壊跡地と関連性の高い要素として2つ候補を選定した結果、地質Aは“線状凹地”・“地すべり地形”、地質Bは“リニアメント”・“地すべり地形”、地質Cは“山頂緩斜面”・“円弧状クラック”であった。その上で、候補の微地形要素を組み合わせた的中率、カバー率を表-1に示す。表-1に示す各地質における微地形要素の組み合わせのうち、的中率が高く、カバー率が高い要素（白抜き箇所）を、各地質における最適な指標と考えた。これより、これらの要素を有する溪流は地質構造、微地形要素から見た深層崩壊のおそれのある溪流とした。

4.2 地形量と的中率・カバー率の関係

表-2に、地質区分毎に深層崩壊の危険性が高いメッシュと勾配と集水面積の範囲を示す。また、図-4には、深層崩壊跡地の多寡を分離できる危険度の高い地形量指標を有するメッシュ数を明らかにし、閾値となる地形量指標を設定するために、各溪流にお

表-2 地質毎の的中率・カバー率の結果

地質A		集水面積 (log <sub>10</sub> As)									
深層崩壊跡地率		3.40	3.70	3.88~4.00	4.10~4.40	4.44~4.70	4.72~5.10	5.11~5.40	5.40~5.70	5.70~	
深層崩壊跡地率	~10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	10~15	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	15~20	0.00	0.10	0.25	0.27	0.56	0.35	0.00	0.00	0.00	
	20~25	0.62	1.37	3.18	3.62	4.44	2.66	0.00	0.00	0.00	
	25~30	2.34	4.01	5.52	6.92	5.05	1.54	3.51	0.00	0.00	
	30~35	3.24	6.55	6.68	9.92	8.33	1.89	0.00	0.00	1.77	
	35~40	4.49	11.33	11.64	16.28	13.33	0.00	0.00	-	1.92	
	40~	11.77	26.53	34.09	12.90	0.00	0.00	0.00	-	0.00	
	深層崩壊跡地率の平均値の2倍 : 3.42										
	地質B		集水面積 (log <sub>10</sub> As)								
深層崩壊跡地率		3.40	3.70	3.88~4.00	4.10~4.40	4.44~4.70	4.72~5.10	5.11~5.40	5.40~5.70	5.70~	
深層崩壊跡地率	~10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	10~15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	15~20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	
	20~25	0.04	0.00	0.45	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	25~30	0.60	0.90	0.83	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	
	30~35	0.44	1.36	2.31	3.67	2.54	0.00	0.00	0.00	1.04	
	35~40	1.22	2.81	2.23	5.42	4.17	0.00	0.00	0.00	0.00	
	40~	2.86	9.00	9.24	16.92	16.67	0.00	0.00	0.00	0.00	
	深層崩壊跡地率の平均値の2倍 : 1.02										
	地質C		集水面積 (log <sub>10</sub> As)								
深層崩壊跡地率		3.40	3.70	3.88~4.00	4.10~4.40	4.44~4.70	4.72~5.10	5.11~5.40	5.40~5.70	5.70~	
深層崩壊跡地率	~10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	10~15	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	15~20	0.03	0.10	0.06	0.29	0.10	0.11	0.00	0.00	0.00	
	20~25	0.28	0.08	0.50	0.47	0.13	0.14	0.00	0.00	0.00	
	25~30	0.42	0.81	0.77	0.78	1.16	0.00	0.00	0.00	0.18	
	30~35	0.61	1.59	2.79	2.47	2.41	0.39	0.00	0.00	0.71	
	35~40	2.25	4.53	5.50	5.99	2.59	1.22	0.00	0.00	0.00	
	40~	6.41	7.84	10.67	9.29	0.00	0.00	14.29	0.00	0.00	
	深層崩壊跡地率の平均値の2倍 : 1.07										

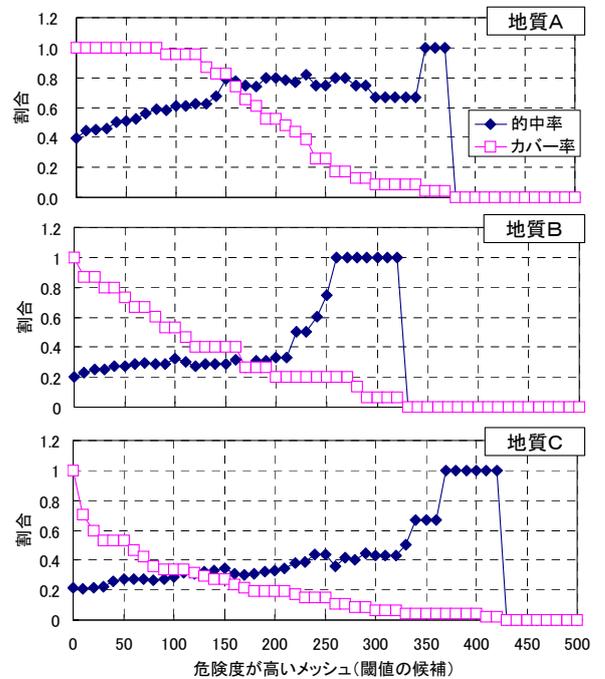


図-4 地質毎の地形量の的中率・カバー率の関係

いて、深層崩壊の危険性の高いメッシュ数と的中率、カバー率の関係を示した。その結果、閾値は、地質Aは150メッシュ以上、地質Bは100メッシュ以上、地質Cは150メッシュ以上とした。これより、これらの地形量を有する溪流は、地形量から見た深層崩壊のおそれのある溪流とした。

#### 4.3 深度評価深層崩壊の恐れのある溪流の抽出

4.1、4.2で設定した条件、および過去に発生した深層崩壊跡地の3つの条件の有無を元に、深層崩壊の恐れのある溪流の抽出を行った。この結果、条件を1つも満足しない溪流は189（全体の54%）、1つだけ満足する溪流は85（24%）、2つ満足する溪流は58（16%）、全て満足する溪流は21（6%）であった。

#### 5. 地震による深層崩壊に対する適用

4.3で設定した抽出条件によって抽出される深層崩壊の恐れのある溪流と、2008年岩手・宮城内陸地震による深層崩壊が発生した溪流の関係を解析した。すなわち、地震による深層崩壊が発生した51溪流及び発生しなかった302溪流が、4.で設定した3条件を満たす溪流かという観点で整理した。その結果を図-5に示す。図より、3つの条件を満たす数が多いほど、条件を満足する溪流に対する深層崩壊が発生した溪流の割合が高くなり、満足する条件の数は溪流単位の地震による深層崩壊発生危険度を表していた。このことは、本抽出手法は地震による深層崩壊の溪流単位の危険度評価において、有効であることが明らかになった。一方、本手法を適用した場合、地震による深層崩壊が発生した溪流を見逃した数（各条件に該当せず、かつ地震による深層崩壊が発生した溪流）を数えると、条件がひとつも満足しない場合は10（全体の20%）、1つだけ満足する場合は17（33%）、2つ満足する溪流は15（29%）であった。

ここで、各条件が地震による深層崩壊の恐れのある溪流をどの程度絞り込んでいるかについて評価するために、各条件に合致した溪流に対する深層崩壊発生確率を図-6に示す。図より、深層崩壊発生実績、微地形要素、地形量の各条件で抽出された深層崩壊発生確率は、大きくは変わらない。これは、実績、微地形、地形量のどれか1つが抽出結果に大きく効いているわけではなく、また、効いていないものもないことが分かる。

一方、地震による斜面崩壊の発生確率は誘因であ

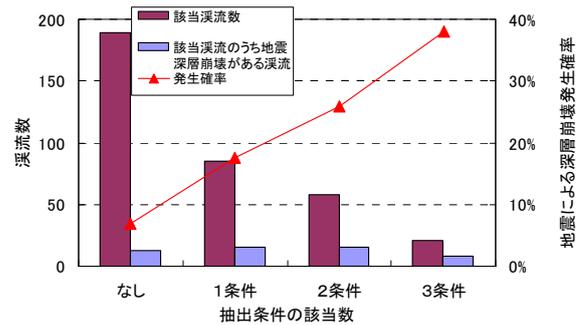


図-5 抽出手法の適用性の評価

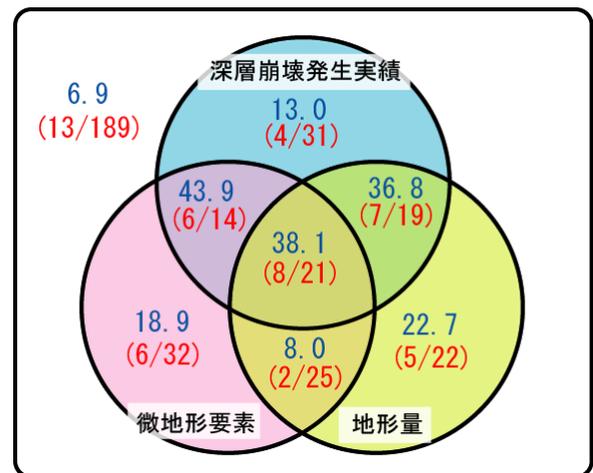


図-6 各条件における深層崩壊発生確率  
(図中の数字の単位は%、括弧書きは深層崩壊発生確率の計算式)

る地震力に影響することが言われているが(例えば4)、本抽出手法では地震力の場所による違いは考慮されていない。このことは、地震力の影響を考慮できれば、抽出精度はより向上し、見逃しが減少する可能性を示している。さらに、当該地域では、近年大規模な地震がなく、過去に発生した深層崩壊（深層崩壊跡地）の多くは雨または融雪によるものであった可能性が考えられる。しかしながら、本研究で示したように、本抽出手法は地震に対する深層崩壊に関しても有効であることが分かった。また、このことは、「溪流単位」というスケールを見た場合、降雨による深層崩壊と地震による深層崩壊の危険度の相関が高い可能性を示していると考えられる。

#### 6. まとめ

栗駒山周辺を対象に2008年岩手・宮城内陸地震以前に発生した深層崩壊跡地に関して、地質構造・微地形要素および地形量から解析した結果を元に、岩手・宮城内陸地震で発生した深層崩壊が分布する

溪流の抽出において、抽出手法の適用可能性を検証した。その結果、本抽出手法は地震による深層崩壊発生危険溪流を抽出する上で有効であることが明らかになった。

#### 参考文献

- 1) 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム：深層崩壊の発生の恐れのある溪流抽出マニュアル（案）、土木研究所資料第 4115 号、2008.
- 2) 道畑亮一、田中秀基、八木澤和人、小島隆、金子裕司、内田太郎、鈴木隆司、宮瀬将之、安田勇次：鬼怒川上流域における深層崩壊危険度評価に有効な指標の選定手法の検討、第 58 回砂防学会研究発表会概要集、p. 368-369、2009.
- 3) 若林栄一、齋藤克浩、三上真範、伊藤俊介、内田太郎、鈴木隆司、川上誠博、道畑亮一、安田勇次：立谷沢川流域における深層崩壊発生危険度評価、第 58 回砂防学会研究発表会概要集、p. 378-379、2009.
- 4) 武澤永純、内田太郎、田村圭司、本間信一、小林容子：地震による崩壊の危険度に影響を与える素因・誘因の評価、第 59 回砂防学会研究発表会概要集、p.574-575、2010.

【英文タイトル】 Study on assessing for susceptibility of earthquake induced landslides and debris flows

【Budget】 Grants for operating expenses General account

【Research Period】 FY2010-2012

【Research Team】 Erosion and Sediment Control Engineering Research Group (Volcano and Debris Flow Research Team )

【Author】 Tadanori ISHIDUKA, Taro UCHIDA, Nagazumi TAKEZAWA

【英文要旨】

In steep mountainous regions, landslides may include not only soils but also underlying weathered bedrock (here called the “deep catastrophic landslides”). The method for assessing deep catastrophic landslide susceptibility (here called the “the method”) was developed by using case of landslides due to the heavy rain. In other words, it is not clarifies to applicability of the method with landslide due to the earthquake. So we confirmed it by using data of landslide where occurred in Iwate & Miyagi inland earthquake, 2008.

【英文キーワード】

Earthquake, deep catastrophic landslide, Iwate & Miyagi inland earthquake in 2008, Presence of faults or landforms due to long-lasting mass movements