

豪雨および地震による斜面崩壊に關与する地形・地質条件

防災技術研究部 地質研究室

研究員 西金佑一郎

1. はじめに

近年、集中豪雨の頻発や東日本大震災の発生により、豪雨や地震による斜面崩壊の危険性についての関心が従来にも増して高まっている。斜面崩壊の発生には地形・地質条件が深く關与しているが、こうした条件から斜面の安定性を評価するには詳細な調査や専門的な知識を必要とする。そのため鉄道の保守現場などでは、斜面崩壊に關わる地形・地質条件を明確にしたうえで、これらに關する専門的な知識がなくても簡便に不安定な斜面を抽出する手法が望まれている。

そこで、既往の文献や災害事例などから斜面崩壊に關連性が高い地形・地質条件を整理し、前述した手法の検討を行っている。本発表では一連の研究の中で、豪雨および地震による斜面崩壊が多発した地域を対象に図面判読を行い、崩壊箇所と未崩壊箇所の地形・地質条件を取得した上で、統計解析によって斜面崩壊に強く寄与する地形・地質条件を抽出した結果について報告する。

2. 研究手法

本研究全体の流れを図1に示す。本発表では豪雨や地震により斜面崩壊が多発し、崩壊の誘因となった事象がある程度明らかである新潟県中越地域および山口県防府地域を対象に調査を行った結果を示す。中越地域には中新世～鮮新世の堆積岩が広く分布し、「平成16年7月新潟・福島豪雨」および同年10月に発生した「平成16年新潟県中越地震」により斜面崩壊および地すべりが多発した。防府地域には白亜紀後期の花崗岩が広く分布し、「平成21年7月中国・九州北部豪雨」により斜面崩壊が多発した(表1)。

両対象地域にそれぞれ5km×5kmの対象範囲を設定し、空中写真判読によって対象範囲内に位置する崩壊箇所をすべて抽出した。さらに両地域の対象範囲から未崩壊箇所をランダムに400箇所抽出した。

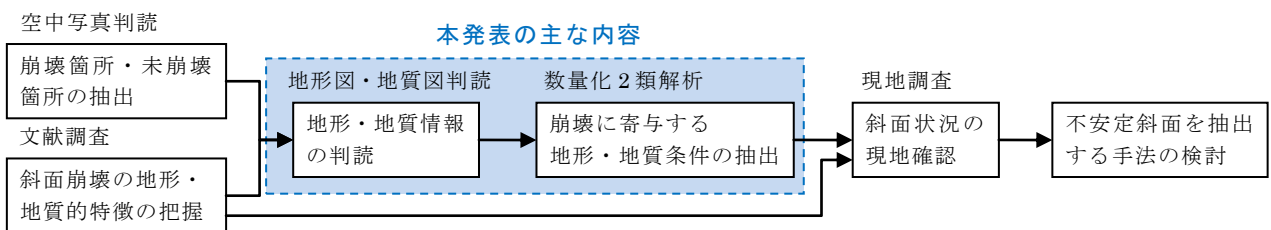


図1 研究全体の流れ

表1 研究対象地域

対象地域	主な地質	崩壊の誘因となった事象
新潟県中越地域	中新世～鮮新世 砂岩泥岩互層	平成16年7月新潟・福島豪雨 平成16年新潟県中越地震(10月)
山口県防府地域	白亜紀後期 花崗岩	平成21年7月中国・九州北部豪雨

続いて、抽出した崩壊箇所および未崩壊箇所が位置する斜面の地形・地質情報を市販されている 25,000 分の 1 地形図および 50,000 分の 1 地質図（防府地域は 150,000 分の 1 地質図）を基に判読した。判読対象とした地形・地質情報は、過去の研究^{例えば 1)、2)}で斜面崩壊に関係するとされている地形・地質的特徴を基に選定した（表 2、図 2）。なお、防府地域では層理や断層、褶曲構造が周囲に見られないため、これらに関する情報は判読対象外とした。また、崩壊箇所については崩壊頭部が位置する斜面の地形・地質情報を判読した。なお、判読に用いた地形図および地質図は、いずれも崩壊の誘因となった事象が発生する前に作成されたものを用いた。

表 2 判読対象とした地形・地質情報

地形・地質に関する項目	判読に用いる図面	中越	防府
斜面の垂直断面形	地形図	○	○
斜面の水平断面形	〃	○	○
斜面の垂直方向の位置	〃	○	○
斜面の傾斜	〃	○	○
岩種	地質図	○	○
断層からの距離	〃	○	×
背斜軸からの距離	〃	○	×
向斜軸からの距離	〃	○	×
斜面の傾斜方向と地質構造の方向との関係	地形図・地質図	○	×
斜面に対する地層の相対傾斜 (流れ盤、受け盤など)	〃	○	×

○：判読対象 ×：判読対象外

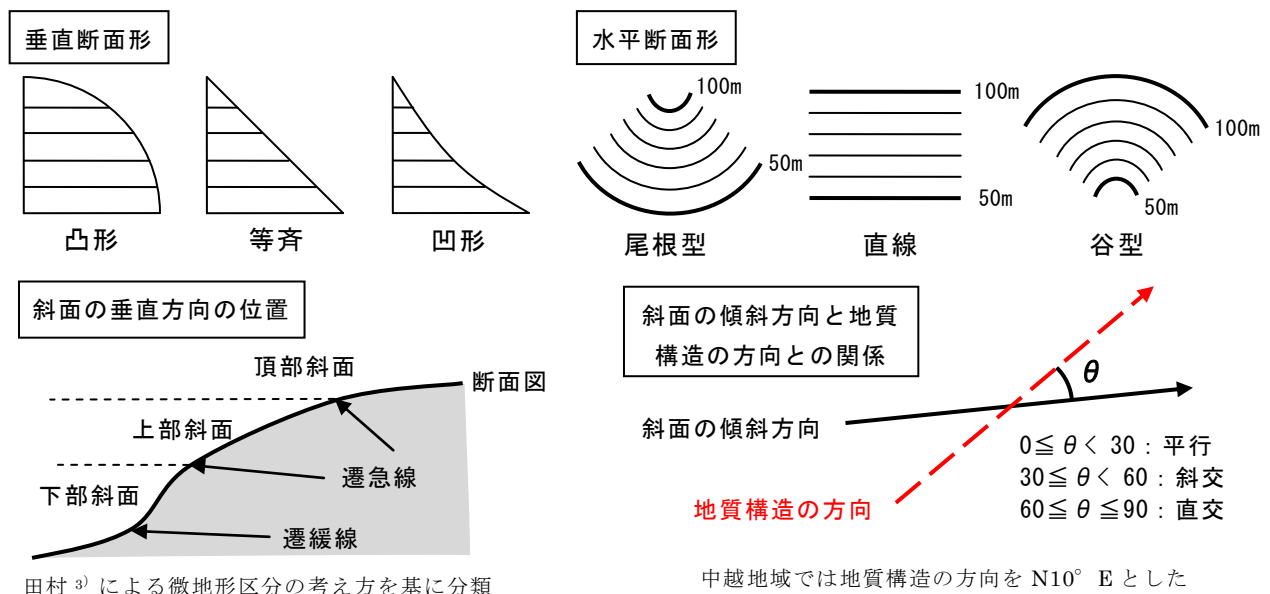


図 2 地形・地質条件のカテゴリー例

3. 斜面崩壊に関与する地形・地質条件

空中写真から判読した崩壊箇所は、中越地域で 106 箇所、防府地域で 193 箇所であった（図 3）。図面判読により崩壊箇所と未崩壊箇所の地形・地質情報を取得し、その情報から数量化 2 類解析⁴⁾を用いて斜面崩壊に強く寄与する条件を抽出した。中越および防府地域における解析結果を図 4、5 に示す。表 2 で示した地形・地質に関する項目のうち図 4、5 にないものは、予備解析により崩壊との相関が低いと判断し、除外している。

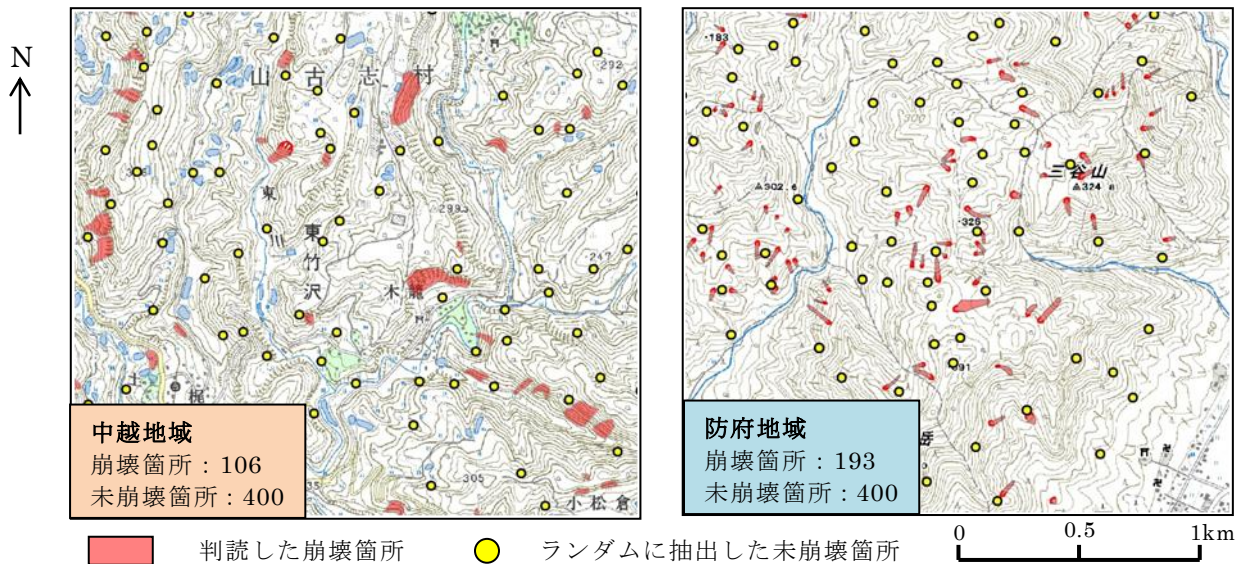


図3 中越地域および防府地域の崩壊箇所と未崩壊箇所（対象範囲から一部抜粋）

地形・地質的特徴		カテゴリースコア		レンジ (順位)
項目	カテゴリー	負 ←	0 → 正	
斜面の 垂直断面形	凸形	0.773		1.296 (2)
	等斉	-0.418		
	凹形	-0.523		
斜面の 水平断面形	尾根型	0.145		0.702 (4)
	直線型	-0.209		
	谷型	0.493		
斜面の傾斜 θ (°)	$\theta < 20$	-0.484		1.389 (1)
	$20 \leq \theta < 25$	-0.577		
	$25 \leq \theta < 30$	-0.400		
	$30 \leq \theta < 35$	-0.177		
	$35 \leq \theta < 40$	0.169		
	$40 \leq \theta < 45$	0.812		
斜面の 垂直方向の 位置	頂部斜面	-0.499		0.707 (3)
	上部斜面	0.208		
	下部斜面	-0.303		
向斜軸から の距離 L(m)	$L < 300$	0.331		0.450 (5)
	$300 \leq L < 600$	-0.031		
	$600 \leq L$	-0.119		
斜面の傾斜方向 と地質構造の方向との関係	直交	0.169		0.399 (6)
	斜交	0.125		
	平行	-0.231		

図4 数量化2類解析の結果（中越地域）

地形・地質的特徴		カテゴリースコア		レンジ (順位)
項目	カテゴリー	負 ←	0 → 正	
斜面の 垂直断面形	凸形	0.669		1.135 (2)
	等斉	-0.169		
	凹形	-0.436		
斜面の 水平断面形	尾根型	-1.136		1.993 (1)
	直線型	-0.341		
	谷型	0.856		
斜面の 垂直方向の 位置	頂部斜面	-0.782		1.036 (3)
	上部斜面	0.260		
	下部斜面	-0.196		

図5 数量化2類解析の結果（防府地域）

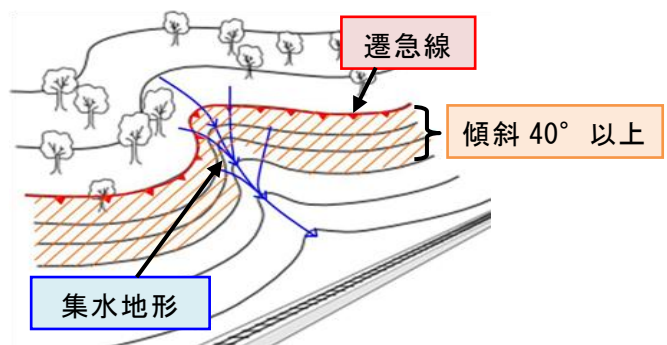


図6 斜面崩壊に強く寄与する地形・地質条件

解析によって得られるカテゴリースコアの値が大きいカテゴリー（地形・地質条件）ほど、斜面崩壊への寄与が大きいことを意味する。カテゴリースコアの大きさから、中越地域において斜面崩壊に強く寄与する地形・地質条件は、「垂直断面形が凸形」、「水平断面形が谷型」、「斜面の傾斜が40°以上」であった（図6）。一方、防府地域において斜面崩壊に強く寄与する地形・地質条件は、「垂直断面形が凸形」および「水平断面形が谷型」であった。

「垂直断面形が凸形」の斜面とは遷急線が存在する斜面、「水平断面形が谷型」の斜面とは集水

地形を呈する斜面を意味している。また、 40° 以上の傾斜は一般的な砂の地上での安息角よりも急傾斜である⁵⁾。これらの特徴は過去の研究^(例えば1)、2)でも斜面崩壊に関係するとされている。

レンジの大きさ(図4、5)は地形・地質の項目が崩壊の発生に寄与する強さを示す。これにより、中越地域においては斜面の傾斜が最も崩壊の発生に寄与する項目であることが示された。一方防府地域では、水平断面形が最も崩壊の発生に寄与する項目であった。2番目に崩壊の発生に寄与する項目は、中越・防府両地域で垂直断面形であった。各々の地形・地質条件および項目が崩壊に寄与する度合いは、地域によって一部に差が認められる。このような差が生じる原因には、周辺地質や崩壊の誘因が関連している可能性が考えられる。

実際の斜面の状況を確認するために中越・防府の両地域で現地調査を行った結果、数量化2類解析で抽出された前述の地形・地質条件が多くの崩壊箇所で見られた(写真1)。また防府地域においては、比較的緩斜面でも崩壊が発生していたことが確認された。



写真1 中越地域で発生した斜面崩壊

これらの結果から、地質や崩壊誘因の違いによらず崩壊の危険性が高い斜面を抽出する場合、本研究で示された斜面崩壊に強く寄与する地形・地質条件(図6)が有効な着眼点の一部であると考えられる。

4. おわりに

豪雨および地震によって斜面崩壊が多発した新潟県中越地域と山口県防府地域を対象に、図面判読から崩壊箇所と未崩壊箇所の地形・地質情報を取得し、数量化2類解析によって崩壊に関与する地形・地質条件を抽出した。以下に本研究で得られた結果をまとめる。

- ・地形・地質に関する項目で崩壊の発生に最も寄与するのは、中越地域では斜面の傾斜、防府地域では斜面の水平断面形である。
- ・「垂直断面形が凸形」および「水平断面形が谷型」の地形・地質条件、つまり遷急線の存在や集水地形は中越・防府両地域で崩壊に強く寄与する。中越地域ではこれらに加え、「斜面の傾斜が 40° 以上」の条件も崩壊に強く寄与する。
- ・上記の地形・地質条件を判読するには必ずしも専門的な知識を必要としないため、簡便に不安定な斜面を抽出する手法を構築する上で有用と思われる。

現在、他地域においても同様の調査を行っており、本研究で抽出した斜面崩壊に寄与する地形・地質条件の共通性を確認し、専門的な知識がなくても簡便に不安定斜面を抽出する手法の構築を進めている。

参考文献：

- 1) 羽田野誠一：羽田野誠一地形学論集，古今書院，436p，1998.
- 2) 千木良雅弘：群発する崩壊，近未来社，228p，2002.
- 3) 田村俊和：微地形分類と地形発達－谷頭部斜面を中心に－，水文地形学－山地の水循環と地形変化の相互作用古今書院，(恩田裕一・奥西一夫・飯田智之・辻村真貴編)，pp.177-189，1996.
- 4) 菅民郎：多変量解析の実践(下)，現代数学社，257p，1993.
- 5) 図解応用地質学用語集：図解応用地質学用語編集委員会編，東洋書店，501p，1985.