

## 地震起因の斜面崩壊と地形・地質・植生との関係

## — 1987年千葉県東方沖地震および2004年新潟県中越地震を事例として —

## Relationship among topography, geology, and vegetation for slope failure due to earthquake

— Case studies of the 1987 East Off Chiba Prefecture Earthquake  
and the 2004 Niigata-Chuetsu Earthquake —

本田尚正\*1

Naomasa HONDA\*1

\*1 東京農業大学地域環境科学部

Faculty of Regional Environment Science, Tokyo University of Agriculture, Setagaya 156-8502

**要旨**：本研究は、1987年千葉県東方沖地震および2004年新潟県中越地震による斜面崩壊を対象とし、崩壊データと地形図・地質図・植生図から得られる情報をもとに、斜面が有する崩壊発生の素因と実際の崩壊発生との関係を考察した。その結果、地形条件は地震起因の崩壊斜面の地形特性の一般的な傾向とよく一致するものの、地質および植生条件は大まかな傾向を得るにとどまった。防災・減災の観点から地質図・植生図のさらなる活用を図るためには、風化や亀裂、植生による表面被覆や管理状態など、崩壊発生により直接的に影響する現地情報の補完が必要である。

**キーワード**：地震起因の斜面崩壊・崩壊発生の素因・地形・地質・植生

**Abstract**: We discuss the relationship between slope failure due to earthquake and inherent factors of collapse generating by comparing actual collapse data with the topographical map data, the geologic map data and the vegetation map data. The 1987 East Off Chiba Prefecture Earthquake and the 2004 Niigata-Chuetsu Earthquake are chosen for this investigation. As a result, the tendency of geographical feature characteristic is well in agreement with that of collapse generating due to earthquake, but it remains for acquiring a rough tendency about the geological and vegetation characteristics. The complement of more direct data of collapse generating such as weathering, fissuring, surface covering conditions by vegetation and vegetation management conditions, is required to utilize a geologic map and a vegetation map further for disaster prevention and mitigation.

**Key-word**: Slope failure due to earthquake, inherent factor of collapse generating, topography, geology, vegetation

## I はじめに

斜面崩壊発生の原因には地形、地質、植生等、斜面が潜在的に有する崩壊発生の素因と、降雨や地震等、崩壊発生の引き金となる誘因の2つがある。ここで注目すべき事実として、互いに隣り合い、誘因はほぼ同じと考えられる2つの斜面であっても、一方は崩壊し、他方は崩壊しない場合がある。これは素因の違いによって、崩壊発生の明暗が分かれたと考えられる。

崩壊発生の素因のうち、地形は近年、数値地図や衛星画像の普及、データ加工処理技術の飛躍的な進歩等により、災害予測に資する詳細な情報の入手が容易になってきた(2、4)。一方、地質や植生に関する情報の入手には、自然の場の不均一性や、広範囲に及ぶ詳細な現地調査の困難性の問題が依然として存在する。とくに地質については、崩壊発生現象の局所性に対し

て1/50,000スケールの地質図幅から得られる地質情報の精度の粗さや、地質情報を土層の物性値に換算することの困難性等も、地質情報活用上の問題点として挙げられる。

しかし、今や崩壊発生の危険性は全国各地の斜面に内在する。そのため、地質図や植生図から得られる情報の精度に関しては現状をある程度許容しつつも、崩壊の危険度評価に有効活用を図ることが現実的な対応である。

以上を背景として、本研究は1987年12月千葉県東方沖地震および2004年10月新潟県中越地震による表層崩壊を対象とし、地形図・地質図・植生図から得られる情報をもとに、崩壊と斜面勾配、地形の凹凸、地質、植生に関する一定の傾向や弱点を調べ、崩壊発生の素因と実際の崩壊発生との関係について考察する。

## II 検討対象地域および災害の概要

1. 1987年千葉県東方沖地震 1987年12月17日11時8分、千葉県東方沖（北緯35°21′，東経140°29′）を震源とするマグニチュード6.7、最大震度5の地震が発生した。当時は震度計が未設置の市町村もあり、震源地付近では被害状況から判断して震度6弱以上の揺れが発生していたと推定される。死者2名、負傷者161名、建物全壊10棟、半壊93棟、一部破損63,692棟の被害のほか、沿岸域では地盤の液状化による被害も発生した（1）。

斜面崩壊は千葉県内で385箇所以上発生した。図-1は、千葉県内の崩壊地点数の市町村別分布を示したものである。同図のとおり、崩壊地点は九十九里低地と下総台地との境界部で成東町・松尾町・横芝町・山武町を中心とする地域（図中□部分）と、震源に近い上総丘陵北東部の長南町・茂原市を中心とする地域（図中■部分）の2つに集中した。（註：市町村名は旧名を含む）。

2. 2004年新潟県中越地震 2004年10月23日17時56分、新潟県旧川口町（現長岡市）を震源とする新潟県中越地震が発生した。北西-南東圧縮の逆断層型地震で、震源の深さは13kmと浅く、マグニチュード6.8、最大震度7を記録した。図-2のとおり、震度6強などの強い余震が本震の直後から長期間に発生し、それらの震源が広範囲に分布した。これは本地域がフォッサマグナに属し、複雑な地盤構造を示し、深さや位置の異なる複数の断層が活発に活動したことが要因と考えられる（3）。

中越地域には新第三紀の若い地質が分布し、典型的な活褶曲地域であること、融雪起因の地すべり多発地帯であることなどの特徴から、全国有数の土砂災害多発地帯である。2004年は台風が10個上陸するなど多雨の年であり、地盤が緩んだ状態であったと考えられる。新潟県中越地震でも1,662箇所（大規模なものだけの箇所数）で崩壊、地すべりが発生した。

## III 検討手法および条件

ここでは、1/25,000地形図上で崩壊発生箇所、1/50,000地質図と1/25,000植生図から得られる地質と植生の情報を重ね合わせて比較し、崩壊発生の素因（地形、地質、植生）と実際の崩壊発生との関係を考察する。

千葉県東方沖地震では、図-1の□で囲まれた区域の斜面崩壊（78箇所）を対象とする。新潟県中越地震では(1)本震・余震の震源直上でないこと、(2)地すべり地域ではないことを条件として、図-2の□で囲まれた旧小国町（現長岡市）の渋海川より東側を対象として検討を行う。この地域では最大震度6を記録し、比較的小規模な斜面崩壊が集団（935箇所）で発生した



図-1. 崩壊地点の分布（千葉県東方沖地震）  
（1に一部加筆）

Fig.1. Distribution of collapse generating point  
(The 1987 East Off Chiba Prefecture earthquake)

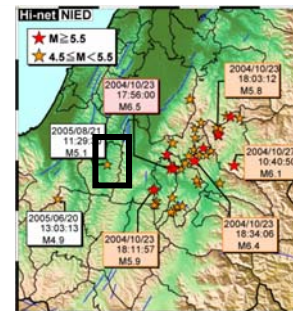


図-2. 震源分布（新潟県中越地震）（3に一部加筆）

Fig.2. Distribution of hypocenter  
(The 2004 Niigata-Chuetsu Earthquake)

## IV 結果および考察

1. 斜面崩壊と地形条件（斜面勾配、地形形状）との関係 図-3に崩壊斜面の勾配分布を示す。まず、千葉県東方沖地震では25~30°付近に集中している。崩壊は、一般的には急勾配になるほど斜面上に存在しにくくなるため、急勾配斜面では崩壊個数も必然的に減少したと考えられる。なお、平均勾配は崩壊斜面24.9°、未崩壊斜面18.9°であった。一方、新潟県中越地震では30~35°付近と40~45°付近に集中している。40~45°付近での崩壊の多発化の要因には、凸地形（後出の図-4参照）による地震波の集中などが考えられる。なお、崩壊斜面の平均勾配は34.0°であるが、未崩壊斜面は多数の崩壊斜面に比して抽出が困難なため、具体的な数値は得られていない。

図-4に崩壊地の地形形状の分布を示す。同図より、崩壊地の形状は両地域とも凸地形の割合が多い。この傾向は、地震起因の崩壊斜面の一般的な地形特性とよく一致しており、崩壊危険度の評価指標として有効である。

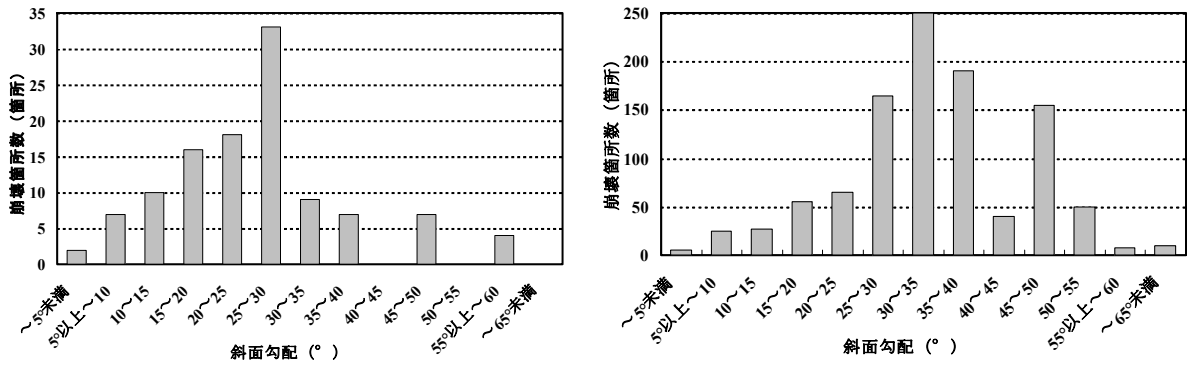


図-3. 崩壊発生斜面の勾配の分布

Fig.3. Distribution of inclination of collapse generating slope

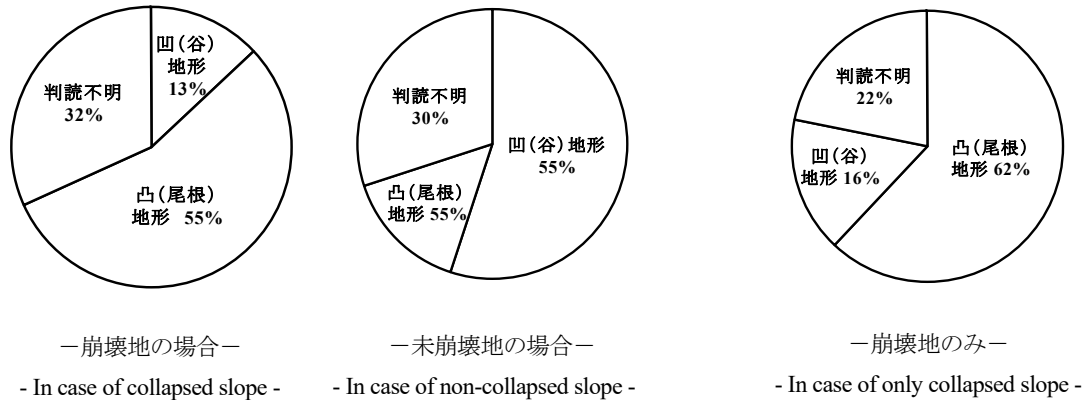


図-4. 崩壊地の地形形状の分布

Fig.4. Distribution of geographical feature of collapse generating slope

表-1. 崩壊発生数の比と地質条件の面積比との関係

Table 1. Relationship between collapse generating rate and area rate of geological conditions

(a) 千葉県東方沖地震の場合  
 (a) In the case of the East Off Chiba Prefecture earthquake

地層名	下総層群	上総層群 (笠森層)
対象地域内の面積比	74.2%	25.8%
崩壊箇所数の比率	76.9%	23.1%

(b) 新潟県中越地震の場合  
 (b) In the case of Niigata-Chuetsu Earthquake

地層名	魚沼層		
	礫砂シルト層 (U1)	砂シルト層 (U2)	海成シルト層 (U3)
対象地域内の面積比	33.6%	61.7%	4.7%
崩壊箇所数の比率	28.7%	64.6%	6.7%

2. 斜面崩壊と地質条件, 地形形状との関係 表-1に、1/50,000 地質図による対象地域内の地質条件の面積比と崩壊箇所数の比との関係を示す。同表から千葉県東方沖地震、新潟県中越地震ともに、対象地域内の面積比が大きい地層で崩壊が多く発生しており、地質条件の違いによる崩

壊危険度の差はみられなかった。

次に、崩壊地の地形形状(凸地形か、凹地形か)が同じ場合、地質条件の違いによって崩壊箇所数に差があるかどうかを調べたが、2つの地震のいずれでも、地質図からの情報の範囲では明確な関係は見出せなかった。

表－2 崩壊発生数の比と植生条件の面積比との関係

Table 2. Relationship between collapse generating rate and area rate of vegetation conditions

(a) 千葉県東方沖地震の場合  
(a) In the case of the East Off Chiba Prefecture earthquake

植生名	スギ・ヒノキ・サワラ植林	シイ・カシ二次林
対象地域内の面積比	78.2%	21.8%
崩壊箇所数の比率	83.3%	16.7%

(b) 新潟県中越地震の場合  
(b) In the case of Niigata-Chuetsu Earthquake

植生名	スギ・ヒノキ・サワラ植林	オクチョウジザクラ・コナラ群集
対象地域内の面積比	60.0%	40.0%
崩壊箇所数の比率	44.9%	55.1%

3. 斜面崩壊と植生条件、地形形状との関係 表－2に、1/25,000 植生図による対象地域内の植生条件の面積比と崩壊箇所数の比との関係を示す。まず、千葉県東方沖地震の場合には、対象地域内で広い面積を占める植林地で崩壊がより多く発生していることがわかる。一方、新潟県中越地震の場合には、オクチョウジザクラ・コナラ群集（二次林）の面積比の方がスギ・ヒノキ・サワラ植林の面積比より小さいにもかかわらず、崩壊箇所数の比は二次林の方が植林地を上回った。

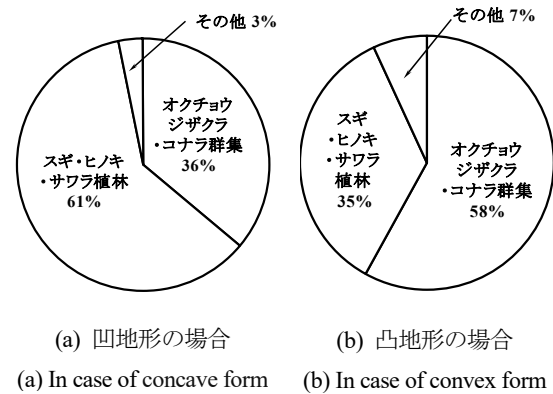
中越地震の検討対象地域内では図－5に示すとおり、スギ・ヒノキ・サワラ植林は凹地形に多く分布し、オクチョウジザクラ・コナラ群集（二次林）は凸地形に多く分布する。一方、崩壊地では前出の図－4 (b) のとおり、凸地形が62%を占める。一般に、凸地形は地震波の影響を受けやすい。そのため、内陸型の中越地震では、実際の崩壊箇所数は凹地形に多い植林地（植生条件）よりも、凸地形に多く群生する二次林（地形条件）の方が上回ったものと推察される。一方、海溝型の千葉県東方沖地震では、上述のような傾向はみられなかった。

4. 斜面崩壊と地形・地質・植生条件との関係 1. ～ 3. をまとめると、次のとおりである。

- (1) 千葉県東方沖地震では「斜面勾配 25～30°付近」、「凸地形」、「植林地」といった条件下で崩壊が多発した。
- (2) 新潟県中越地震では「斜面勾配 25～30°付近および 40～45°付近」、「凸地形」といった条件下で崩壊が多発した。一方、凸地形に多く群生する二次林で、凹地形に多く分布する植林地よりも崩壊が多発しており、地形条件の方がより支配的であったと考えられる。
- (3) 本研究手法では、地形条件に関しては地震起因の崩壊斜面の一般的な傾向とよく一致したが、地質条件と植生条件に関しては大まかな傾向を得るに留まった。

## V おわりに

地質図や植生図から崩壊発生により直接的に影響する現地情報、具体的には風化の程度や亀裂の状況といった詳細な地質情報や、表面被覆の状態や管理状態などの詳



図－5. 地形形状別の植生の比率  
(新潟県中越地震の場合)

Fig.5 Vegetation rate according to geographical feature form  
(In the case of Niigata-Chuetsu Earthquake)

細な植生情報を得ることに限界がある。しかし、それらは防災・減災の観点から地質図・植生図の有用性を問う上で克服されなければならない課題であり、そのためにも現地調査による情報の補完が必要である。

## 引用文献

- (1) 千葉県東方沖地震斜面崩壊調査グループ (1990) 千葉県東方沖地震による松尾・成東・東金周辺地域の斜面崩壊—地震による洪積台地の斜面崩壊—. 地質学論集 35 : 47-62
- (2) 千葉達郎・鈴木雄介・荒井健一・富田陽子・小泉市朗・中島幸信・小川紀一郎 (2010) 富士山青木ヶ原における貞観溶岩流の計測—航空レーザ計測と赤色立体地図による詳細地形調査とボーリング調査—. 砂防学会誌 60(1) : 44-48
- (3) 独立行政法人防災科学研究所 (2016) 地震観測ポータルサイトより引用.
- (4) 岩橋純子・神谷 泉・山岸宏光 (2009) LiDAR DEM を用いた表層崩壊のアセスメントに適する勾配と凹凸度の計算範囲の推定. 地形 30(1) : 15-27