

P6：2004年新潟県中越地震に伴う斜面崩壊の地形・地質的特徴のGIS解析

GIS analysis for geomorphologic and geologic characteristics of slope-failure occurred with the 2004 Chuetsu earthquake

○五十里和也, 卯田強 (新潟大学)

Kazuya Ikari, Tsuyoshi Uda

1. はじめに

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震では、震央に近い東山丘陵を中心に数多くの斜面崩壊が発生した。長岡市妙見町白岩地区では地すべりで県道589号線が埋まって犠牲者を出したほか、旧山古志村の芋川流域では地すべりによる天然ダムが形成し、多くの家屋が水没するという大きな被害をだし、中山間地における地震による斜面災害の恐ろしさをまざまざと見せ付けられた。中越地震に伴う斜面崩壊については、斜面崩壊そのものの性質・発生原因¹⁾、地震との関係、地形・地質・地質構造との関係²⁾、地層を構成する岩石の強度など³⁾、地質学的、地球物理学的、地質工学的等さまざまな角度からの研究がなされている。これらから得られた結論は、おおよそ以下の点に集約できると思われる。地すべりは、①砂質岩もしくは砂岩泥岩互層の砂質岩などに多く発生している。②層理面に沿うすべり面が多くみられる。

ところで、新潟大学理学部自然環境科学科ではサイトライゼンスのあるESRI社のArcGISを用いた講義・実習を行っており、そのうちの「地形変動論」で上述の2つの結論が被害の大きい東山丘陵全体に当てはまるかどうかを課題にして解析を行なった。この報告はその結果をもとに、修正・加筆し、まとめたものである。

中越地震に伴う斜面崩壊についてのGISによる解析はすでになされており^{4,5)}、とくだん目新しくはないが、ここでは中越地震に伴う斜面崩壊だけではなく、地震以前に起こっていた地すべりも含めて解析した。

2. 使用データと解析方法

地形データは北海道地図院による10mDEMを使用し、斜面崩壊地や地形・地質に位置・標高データとして与えた(図1)。

斜面崩壊については、国土地理院発行1/25,000災害状況図「山古志」、「小千谷」に記述されている斜面崩壊地を地すべり・崩落(以上中越地震に伴うもの)、旧地すべり(地震以前に起こっていた地すべり)の3つのタイプに分け、それぞれをポリゴンでデジタル化した。また、これらの長軸(すべり方向、縦幅)と短軸(横幅)もデジタル化した。この長軸から地すべりの移動方向と実移動の距離・比高を求め、さらにすべり角を求めた。

地質データは工業技術院地質調査所発行1/50,000地質図幅「長岡」及び「小千谷」をポリゴンにしてデジタル化した。地層境界が斜面崩壊地を横切る場合、その2つの交点と境界線上の midpoint の3点から地層の走向・傾斜をVisual Basicで算出した。これで斜面崩壊が起こった箇所の地層の向きがわかる。

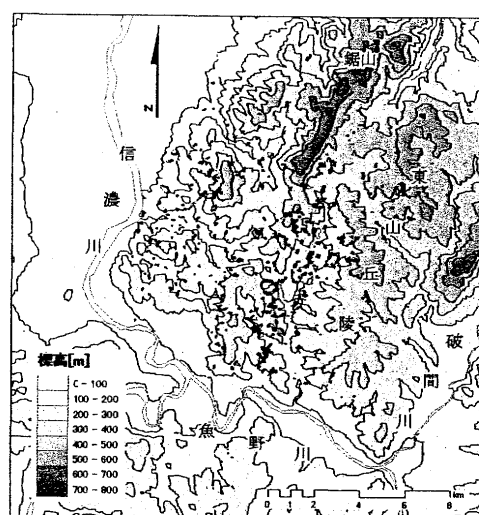


図1. 東山丘陵の地すべり

3. 斜面崩壊の形態的特徴

斜面崩壊は地すべり309箇所、崩落3620箇所、旧地すべりが920箇所であった。ただし、旧地すべりには繰り返し発生したと見られるものが多くあるが、詳しい履歴がわからないので、1箇の地すべりとした。

斜面崩壊のタイプ別の面積の頻度分布は、いずれも対数正規分布をとるが、中央値は地すべり4,294m²、崩落737m²、旧地すべり26,211m²となり、それぞれ1桁ごとに大きさが異なる(図2)。

また、地震時の地すべりのうち70.2%が旧地すべり地内に発生しており、崩落は42.1%である。この地域はもともと既存の地すべりが多数存在しているので、数字から地震時に再活動した地すべりが多いという結論にはただちに至らないが、それでもその可能性を十分うかがわせることは確かである。

斜面崩壊の形態はアスペクト比(長軸の長さ/短軸の長さ)で表すことができる。アスペクト比も対数正規分布をし、中央値は地すべり1.63、崩落1.58、旧地すべり1.45である。全体として1.5前後のアスペクト比をもつので、長軸がやや長い楕円形の一般的な形態であるが、地震時に起こった地すべりの中には5-8程度の細長い値をとるものがある。これらは沢の下流方向に流れ下ったものの値である。

斜面崩壊地の最大傾斜角(すべり面角ではない)は、地すべりが21°~22°であるのに対し、崩落では約30°と急傾斜になっている。旧地すべりは20°程度とやや緩い傾斜である。この地域全体を500mメッシュで求めた平均傾斜角は5°~36°で、20°前後の斜面が多く、地すべり地と大差ない。

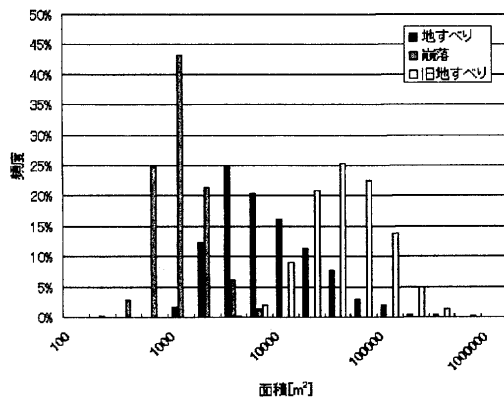


図2. 斜面崩壊面積の頻度分布

4. 斜面崩壊と地質・地形との関係

この地域を構成する地質は中新世から更新世の堆積岩からなり、一部に火山砕屑岩類が分布する。このうち分布面積の50%余りを鮮新統が占め、中新統および更新統はそれぞれ25%程度である。東山丘陵の稜線付近を東山背斜の褶曲軸が通るため、稜線を中心にしてほぼ東西に対称的に地層が分布し、褶曲軸から離れるほど新しい地層が分布する。この褶曲は南に向かってブランチするので、東西の地層は南をまわって連続して分布している。また、東山背斜の東翼側には梶金向斜や松倉背斜などの複向斜構造が見られる。なお、魚野川はこの褶曲軸を切るところで急に穿入蛇行することから、この褶曲は現在でも活動しているとみられる。

この地域の地形には、こうした褶曲構造を反映した特徴がみられる。平均傾斜角は褶曲軸部で大きく、翼部で相対的に小さい。つまり東山背斜は軸部がとがって翼部が平らな形態をしている。したがって起伏量は軸部のほうが大きい。また水系頻度（メッシュ内の水系数、谷密度相当）も若干軸部のほうが多い。つまり、とがった軸部のほうがより開析されていることになる。

全地層（完新統と鮮新世の段丘群を除く）に対する斜面崩壊の面積比として表すと、地すべり・崩落がいずれも1.7%、旧地すべりが28.1%である。地震時に起こった地すべりは数は少ないが面積は少ないが面積が広く、崩落は面積が1桁小さいが数が10倍ほどあっても、結局占有率としては同じくらいの値になるから、土塊の移動の総エネルギーはどちらも同じ規模であったと考えられる。これに対して旧地すべりは占有率が3割近くもあり、中越地震と同じような原因が重複していたとすれば、単純に占有率からしてもおよそ16回あまりとなる。

斜面崩壊の地層ごとの占有率（地層上の斜面崩壊地の面積/地層の面積）を斜面崩壊のタイプごとに、相対的な値で表1に示した。地震に伴う斜面崩壊はおもに川口層（砂質泥岩互層）・白岩層（砂質泥岩）に多く起こっており、更新世の魚沼層にはあまり起こっていない。これに対して、旧地すべりは荒谷層・魚沼層などの泥岩層に多く、逆に砂質層には相対的に少ない。また、これらの地層の地形的特徴は、荒谷層・魚沼層よりも川口層・白岩層・和南津層のほうが若干平均傾斜角も起伏量も大きい。斜面崩壊の発生を左右するほどの有意差はない。水系頻度は荒谷層が大きいものの、他はほとんど同じである。このこ

表1. 斜面崩壊の地層ごとの占有率

地質年代	層序	地すべり	崩落	旧地すべり
第四紀更新世	魚沼層	7%	9%	12%
第三紀鮮新世	和南津層	14%	18%	14%
	白岩層	21%	18%	14%
	栖吉層	1%	4%	5%
	牛ヶ首層	17%	15%	13%
	川口層	26%	18%	18%
第三紀中新世	荒谷層	12%	10%	19%
	鳥屋ヶ峰層	0%	3%	0%
	猿倉岳層	2%	6%	6%

とから、地形的条件は前述した褶曲との関連性があるだけで、斜面崩壊に対してはあまり大きな要因ではないとして差し支えないといえる。したがって、多くの研究結果が指摘しているとおり、やはり地震に伴う斜面崩壊は砂質岩に多く起こり泥質岩には少なく、既存の地すべりは泥質岩にも多いので、中越地震では従来の地すべりとは異なったメカニズムが働いていたと考えることができる。

斜面崩壊が起こった地域の最大傾斜方向は前述したように3点法で斜面崩壊地内の地層の走向・傾斜を求め、斜面崩壊の最大傾斜方向との関係を見た（ただし、斜面崩壊地内の地層境界が通らない場合には3点法では地層の走向・傾斜が求まらないので、これらは除外している）。この場合、地層の傾斜方向と斜面崩壊の移動方向の間の角度が、0°～60°を流れ盤、60°～120°を横盤、120°～180°を受け盤として分類した。その結果、流れ盤が52.4%、横盤が13.3%、受け盤が34.3%となった。やはり、これも多くの研究者の指摘通り、流れ盤すなわち層面すべりが半分以上発生していたことになる。

参考文献

- 1) 関口辰夫, 佐藤浩: 新潟県中越地震における斜面崩壊の特徴と分布 地すべり学会 vol.43, no.3, pp.142-154, 2006
- 2) 千木良雅弘: 2004年新潟県中越地震による斜面災害の地質・地形的特徴 応用地質学会 vol.46, no.3, pp.115-124, 2005
- 3) 臼杵伸浩, 田中義成, 水山高久: 新潟県中越地震における地滑り土塊の移動距離に関する考察 砂防学会発表概要集 o-048, 2005
- 4) 権田豊, 登坂陽介, 田中将徳, 川邊洋: 新潟県中越地震により発生した芋川流域の崩壊及び地すべりのGISによる特性解析 新大農研報 vol.59, pp.108-113, 2007
- 5) 井上直人ほか: GIS解析による中越地震地盤災害分布と地形・地質情報との相関 地盤工学研究会発表講演集 vol.43, pp.2047-2048, 2008