

# 豪雨時斜面崩壊要因の抽出と広域斜面危険度予測に関する基礎的研究

建設工学専攻 加藤大佑  
指導教員 大塚 悟

## 1. 研究背景

近年、時間雨量が 100mm に達する降雨が頻発し、降雨を誘因とした斜面崩壊が多発している。豪雨による斜面崩壊は規模が大きく、被害は甚大になるものが多い。豪雨が多発する我が国において、斜面崩壊の危険度を予測することは防災計画の重要事項であり、より精度の高い危険度予測を行うことは、多くの人命を救うことに繋がる。

既往の研究により斜面崩壊の危険度予測は発達を続けてきたが、未だに斜面崩壊の発生メカニズムは不明な点が多く、既往の危険度予測の精度は決して高いとはいえないのが現状である。今後、予測の高精度化を図るためには、斜面崩壊のメカニズムを明らかにすることが不可欠である。従来の研究では、事後崩壊データを用いて、各要因について分析しているものがほとんどである。そこで、斜面崩壊の発生位置と規模に着目し、その崩壊の発生位置と規模の必然性について分析を行った。

## 2. 対象豪雨と斜面崩壊データの概要

平成 23 年 7 月新潟・福島豪雨を対象に分析を行った。この豪雨は平成 23 年の 7 月 27 日から 30 日にかけて、新潟県中越地方、下越地方、福島県会津地方を襲った集中豪雨である。本研究では魚野側流域（図-1）における斜面崩壊ポリゴンデータ（図-2）を基に分析を行った。使用した斜面崩壊データは、対象豪雨で発生した斜面崩壊を航空写真より判読し、作成したものである。



図-1 魚野側流域

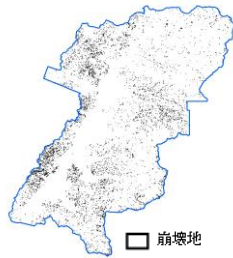


図-2 斜面崩壊データ

## 3. 統計分析

斜面崩壊危険度の評価を行うにあたって、斜面崩壊の素因である地域特性、誘因である降雨特性について斜面崩壊が発生しなかった斜面情報を含め分析を行い、対象地域における斜面崩壊の傾向を調査した。表-1 に分析によって得られた崩壊特性を示す。分析では GIS 上に整備したデータを使用した。崩壊地と非崩壊地を比較し、崩壊率の算出を行った。分析においては降雨データを使用した。経時変化する雨量データに対して崩壊データは災害後に作成されているため、時刻による分析を行うことができなかった。そのため、本分析においては相関が見られた地形について詳細な分析を行った。

表-1 各要因の特徴と傾向

崩壊面積	・100m <sup>2</sup> 前後の崩壊が多い
傾斜角	・傾斜角が大きくなるにつれて崩壊率が上昇
傾斜方向	・南東の方向の崩壊率が高い
曲率	・負の曲率で崩壊率が高い
崩壊長	・20m 以下の崩壊が多い
地質	・第四紀～新第三紀礫砂岩での崩壊率が高い ・地質毎に土壌雨量指数に対する特性が異なる
降雨	・総雨量と崩壊に相関はみられない ・崩壊の多い地域では集中的な降雨イベントが発生 ・土壌雨量指数の増加に伴い崩壊率が上昇

## 4. 遷急線の抽出方法に関する検討

降雨による表層崩壊は凹地形で発生しやすく、いずれも遷急線が崩壊の先端部となることが多い。遷急線を抽出することは危険度の多い地域を抽出することであり、危険度を評価する際に有用であると考えられる。

遷急線は標高が急激に変化する点であることから、画素値が急激に変化する点を抽出することが可能なフィルタ処理が有効であると考えた。しかし、遷急線は斜面方向に対する変化量を抽出する必要があり、既存のフィルタではこれを考慮することができない。そこで新たな手法として  $\Delta h$  フィルタを提案する。崩壊は標高の高い点から低い点へ流下することから、図-3 の 3×3 の窓を用いて注目画素と近傍画素より標高の最大と最小を取得し、最大値、注目画素、最小値の順で結んだ断面を傾斜方向に対する断面とする。これに対して図-4 に示す  $\Delta h$  の値を求める。値は遷急点であるほど正に大きく、遷緩点であるほど負に大きい値をとる。抽出結果を地形と重ね合わせることで（図-5）のように遷急線の可視化が可能となる。しかし縮尺の大きい図において今回の手法では遷急線を判読することが出来ない。そこで、窓を 27×27 に拡大することで、遷急線の明瞭化を行った（図-6）。

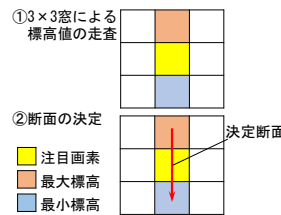


図-3 断面の決定

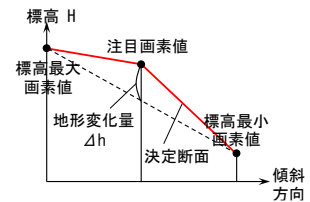


図-4  $\Delta h$  の算出

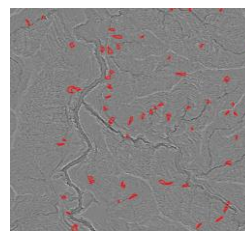


図-5 抽出結果

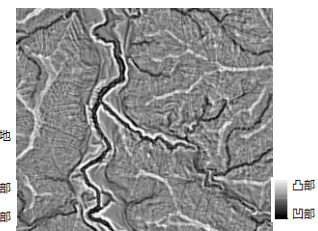


図-6 窓の拡大

## 5. 断面の走査による斜面崩壊位置についての分析

### 5.1. 分析の概要

既往の研究は崩壊要因についての分析が多く、崩壊の発生位置と規模に着目した事例は少ない。そこで、斜面単位で崩壊に着目し、その断面について走査を行うことで崩壊の発生位置や規模の必然性を考察した。断面の走査では、断面内のある範囲内における標高、傾斜、崩壊長等の取得を行った。また、この範囲を移動させ、他の範囲における値と比較を行った。データは重量の均一化を図るため、面積 100m<sup>2</sup>前後で抽出を行った。

### 5.2. 崩壊の分類

作成した断面データと GIS 上に整備したデータを目視によって調査し、地形的特長により、谷付近で多く形成される崩積土斜面(図-7)、比較的平坦な断面を形成する平坦斜面(図-8)の2種類に分類した。崩積土斜面では急傾斜地を含む場合が多いことに加え低強度の崩積土によって構成され、平坦斜面では凹型の地形となっており、降雨による表面流等が比較的集中しやすくなっている。平坦斜面での崩壊が静止した条件は不明だが、崩積土斜面では谷への到達により静止したと考えられる。

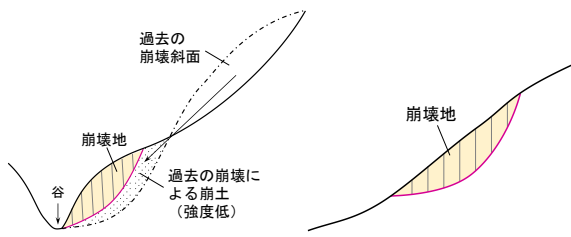


図-7 崩積土斜面

図-8 平坦斜面

### 5.3. 断面の走査

以下の3種類の走査を利用して分析を行った。また、走査では図-9に示す値の取得を行い、他のステップと比較する。各走査において、断面の地形的特徴から崩壊の発生位置・規模についての考察を行った。上端を固定した走査(図-10)では崩壊の到達位置について、下端を固定した走査(図-11)では遷急線や傾斜が崩壊情報へ与える影響、範囲の移動による走査(図-12)ではなぜその位置で崩壊したのかを分析する。



図-9 値の取得

図-10 上端を固定

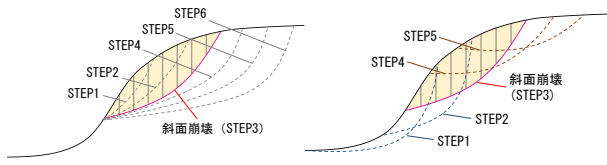


図-11 下端を固定

図-12 範囲の移動

### 5.4. 分析結果

図-13は最大傾斜と崩壊傾斜の関係を示したものである。最大傾斜は下端を固定した走査により取得した。平坦斜面では最大傾斜と崩壊傾斜がほぼ等しくなるが、崩積土斜面においては最大傾斜が大きくなると最大傾斜と崩壊傾斜の差が大きくなり、崩壊規模が大きくなっていることが見てとれる。図-14は平坦斜面における崩壊傾斜と崩壊長の関係を示したものである。崩壊傾斜と崩壊長が比例関係にあることで、傾斜から崩壊規模を予測できると考えられる。図-15、図-16は崩積土斜面に対して範囲の移動による走査を行った場合の各断面の傾斜である。最大傾斜付近で崩壊が発生しており、傾斜が最も急な地点で危険度が高かったと考えられる。

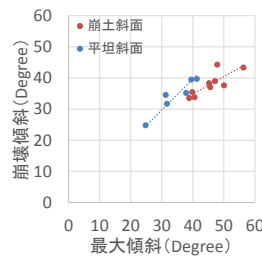


図-13 最大-崩壊傾斜

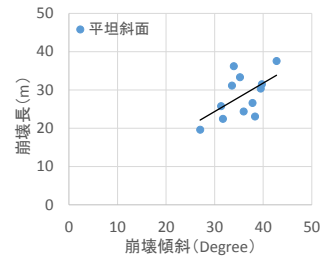


図-14 崩壊傾斜-崩壊長

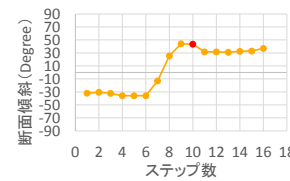


図-15 走査断面の傾斜①



図-16 走査断面の傾斜②

### 5.5. 結果の利用

分析結果の利用による崩壊位置と規模の予測手法について提案する。崩積土斜面においては谷線から上方へ走査を行い、最大傾斜を求めることで崩壊傾斜から崩壊規模を求める。また、傾斜が最大となる時点で最も危険度が高いとする。平坦斜面については、崩壊が発生した場合に到達地点の予測を傾斜と崩壊長の関係から行う。

## 6. まとめと今後の課題

統計分析と地形分析を行い、各要因と地形の特徴を得た。地形については崩壊を分類し、以下の知見を得た。

- 1) 崩積土斜面では、崩壊は崩積土が堆積している斜面の谷付近で発生し、土砂は谷に到達して静止している。また、遷急傾斜が大きくなるほど崩壊の規模が大きくなり、傾斜が約40°以上で発生している。
- 2) 平坦斜面では崩壊傾斜と崩壊長の間接関係を得た。また、断面の地形的特長から崩壊発生位置を予測することは難しいと考えられる。
- 3) 分析結果を利用して、各崩壊種類における崩壊位置と規模の予測手法についての提案を行った。

今後の課題として、データ数の増加、地形以外の要素の追加、平坦斜面の発生要因の検討が挙げられる。