

# 斜面縦断特性を考慮した DEM による崩壊地形解析に関する基礎研究

環境リモートセンシング研究室 小野寺裕  
指導教員 力丸 厚

## 1. はじめに

平成 16 年の新潟県中越地震により地すべり、河道閉塞等の山岳災害が多数発生し、被害が拡大した。リモートセンシング技術を用いて山岳災害発生箇所の特徴を把握することは非常に重要であり、豪雪・暴風雨等により山岳において災害が誘発されやすい環境状態に陥った時、危険地域の予測・推定が可能ならばその被害を軽減することが出来る。

これまで、中越地震により発生した斜面崩壊には発生箇所全体に共通要因が存在すると仮定して画素単位での検討を行ってきた。しかし、実際は複数存在する崩壊の様式によって要因が異なることが報告されている。また、地形は連続したものであり、その連続性を考慮した地形要因の検討が有効であると考えられる。

斜面崩壊は過程として落水方向への挙動を示し、落水線に沿う方向を斜面の縦断方向とすると、縦断方向における地形特徴成分の特性（斜面縦断特性）が斜面崩壊の素因として関わりうる。本研究では、崩壊危険箇所推定の基礎資料となりうる地形分類図を、斜面縦断特性を考慮して作成することを目的とし、分類図と斜面崩壊地の情報を対比することで崩壊地における地形要因について考察した。

## 2. 研究の流れ

まず、対象領域全域で斜面縦断特性を求め、全域と崩壊地それぞれについて斜面縦断特性の分類を行った。その結果を比較して斜面崩壊地における斜面縦断特性の把握を行った。得られた崩壊地の斜面縦断特性から危険度の推定に有効と考えられる特性指標を検討し、それを用いて分類を行った。その結果と実際の崩壊地との照合を行い、斜面縦断特性を用いた危険度評価の有用性について考察した。図 1 に研究フローを示す。

## 3. 対象領域及び使用データ

中越地震による斜面崩壊が集中した新潟県山古志地区を中心とした領域を対象とした。

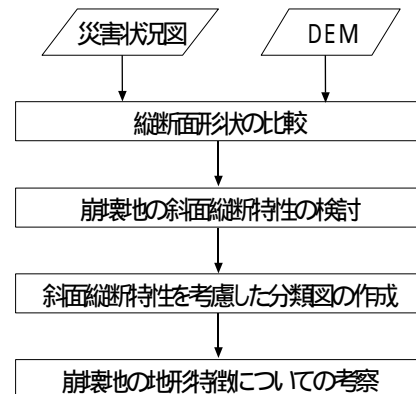


図 1 研究フロー

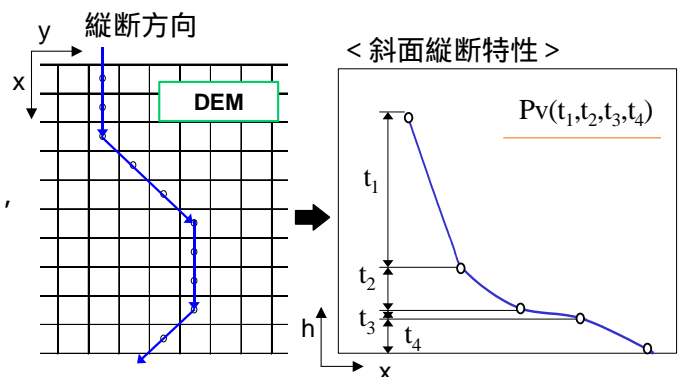


図 2 斜面縦断特性の概略図

地形情報を得るため、10m メッシュの DEM(北海道地図株式会社)を用いた。また、斜面崩壊地の情報として航空写真により判読された山古志地区における災害状況図(株式会社パスコ)を用いた。

## 4. 斜面縦断特性の把握

崩壊地がこういった斜面縦断特性を持つのかを把握するため、各画素を着目点とした斜面縦断特性を求め、対象領域全域と崩壊地それぞれで分類を行い比較した。

図 2 に斜面縦断特性の概略図を示す。斜面縦断特性を表す際には、傾斜量を用いた。着目点を中心として上流から斜面縦断方向に傾斜量データをつなげていく事で、縦断方向における全体的な傾斜や凹凸を表現することが可能であると考え

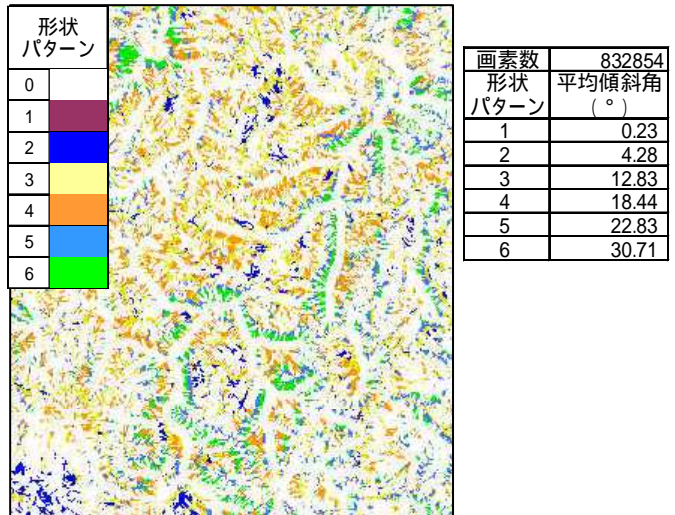
られる。各点の斜面縦断特性を  $P_v$  とすると  $P_v$  は各ノード点間の傾斜量  $t_i$  によって表されるため、以下の式によって与えられる。

$$P_v = (t_1, t_2, t_3, t_4) \quad (\text{式 1})$$

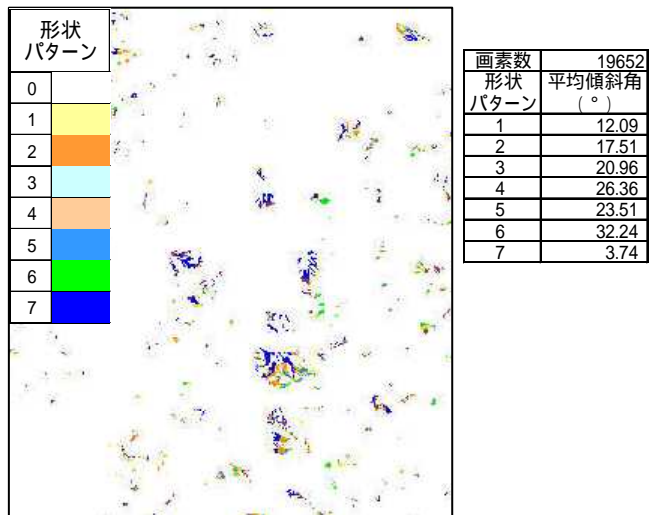
$t_i$  : 各ノード点間の傾斜量

斜面縦断特性を求めるため、まず斜面の縦断方向を設定した。全画素について落水方向を決定し、下流側は落水方向そのままの方向、上流側は着目画素の流入元方向とする。決定した縦断方向をもとに、傾斜量データとして全画素の正接 (Tan 値) を算出した。Tan 値は着目点とその下流側に隣接する画素の標高値を用いて算出した。設定範囲内の各画素の Tan 値を着目点の座標に格納した傾斜量画像を作成した後、各画像を用いて教師無し分類を行い、斜面縦断特性の分類を行った。分類は対象領域全域と全崩壊地それぞれについて行った。対象領域全域と全崩壊地それぞれにおける斜面縦断特性分類結果画像の一部を拡大して図 3 に示す。また、分類された形状パターンを模した図を図 4 に示す。

対象領域全域と崩壊地の結果を比較すると、崩壊地のクラスの方がわずかに傾斜量が大きくなる傾向にある。また、地形の凹凸が全域の分類結果と比較して大きく、着目点付近での傾斜量変化が大きいもの、斜面上部から下部に移行するに従い曲率が凸から凹へと変化するものが多く含まれていた。

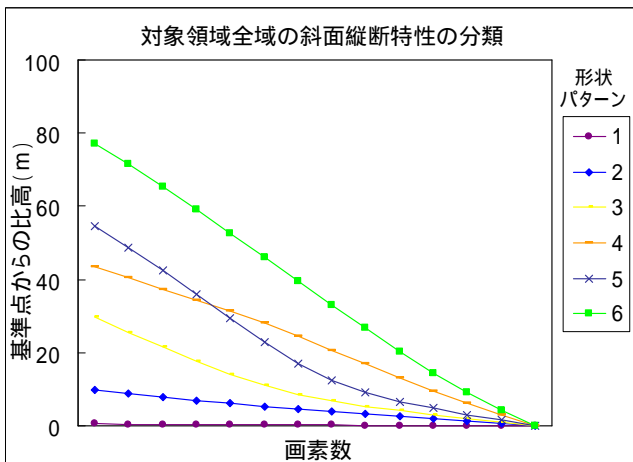


(a) 対象領域全域

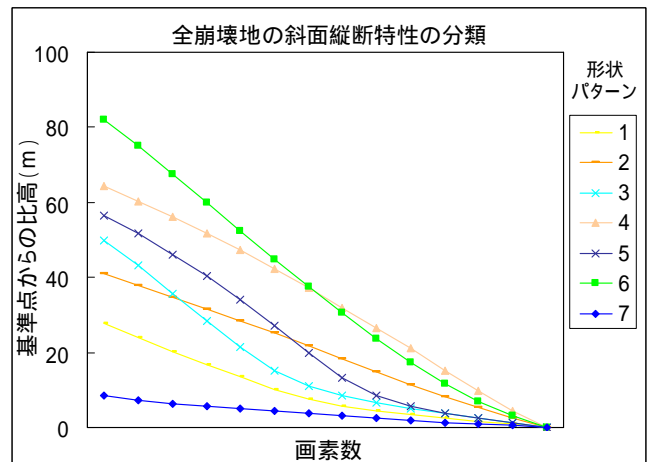


(b) 全崩壊地

図 3 斜面縦断特性分類結果画像



(a) 対象領域全域



(b) 全崩壊地

図 4 斜面縦断特性の比較

また、対象領域全域の斜面縦断特性の分類結果から得られた各形状パターンが、地すべり領域と非地すべり領域それぞれに占める割合（占有率）を比較した。斜面縦断特性の分類は、改めて形状パターン数を増やして行い、分類された斜面縦断特性の形状パターンが、全ての地すべり領域のポリゴンデータ内にどのような割合で存在するか算出し、占有率を求めた。地すべり領域を除いた非地すべり領域についても同様に求めた。対象領域全域において分類された形状パターンを模した図を図5に示す。また、占有率の比較結果を図6に示す。

地すべり領域と非地すべり領域の占有率を比較すると、それぞれ占有率が高い形状パターンが異なっており、2つの領域を主に構成する形状パターンが異なっていることがわかった。

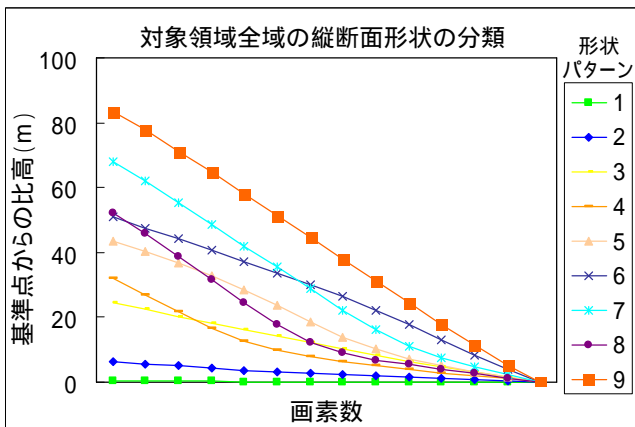


図5 全域における斜面縦断特性の分類形状パターン

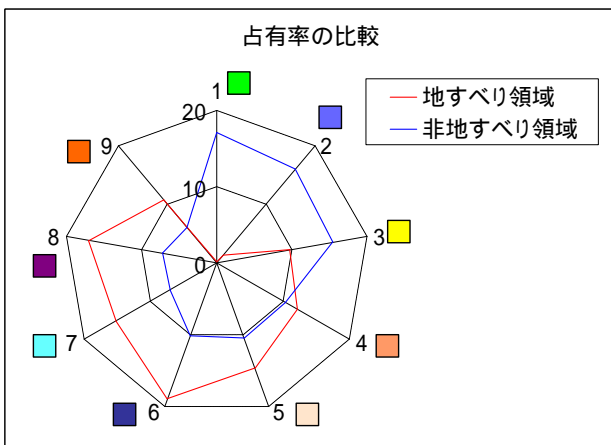


図6 占有率の比較

### 5. 斜面縦断特性を考慮した旧地すべり微地形の解析

得られた崩壊地の斜面縦断特性から崩壊危険箇所の推定に有効と考えられる指標を考案し、検討した。

本研究では、地すべり地形に見られると考えられる上流凸・下部凹というS字型の斜面縦断特性に着目し、このような斜面を捉えるためにS字指標を考案した。S字指標の概略図を図7に示す。S字指標は、まず、着目点を境として上流と下流でTan値から凹凸量を算出する。上流は凸をプラス、下流は凹をプラスとして算出し、足し合わせたものをS字指標とした。S字指標の算出式を以下に示す。

$$S = (T_{a2} - T_{a1}) + (T_{a3} - T_{a4}) \quad (\text{式2})$$

$T_{ai}$ : 概略図の各区間の平均傾斜量

S字指標は上流凸・下流凹の斜面形状で値が大きくなるが、上流凹・下流凸の斜面形状ではマイナスに大きい値をとる。このような斜面も検出するため、算出したS字指標の絶対値を取ってS字指標画像を作成した。また、斜面は連続したものであり、実際の崩壊は面的な広がりを持つもので

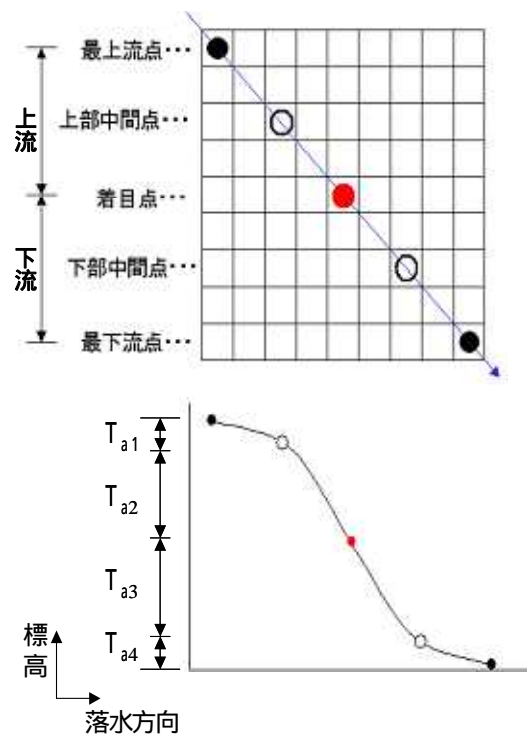


図7 S字指標の概略図



あると考えられる。S字指標画像に3×3画素の局所フィルタを適用することで、周辺により危険と判定された箇所があれば、その情報を自身の場所に引用して同程度の危険があると判断した。

実際の地すべりのうち、代表的な地すべりとして寺野地すべりと東竹沢地すべりの2箇所を選定し、それぞれの崩壊地ポリゴンデータ内におけるS字指標最大値のうち低い値をとり、その値以上のS字指標値を示す画素を危険域とした。作成した分類図と地すべりデータを照合した画像を図8に示す。

照合した結果、5パターンの縦断面範囲で50%強の地すべりとの対応を確認することが出来た。また、崩壊地が集中する場所の付近は捉えられていた。特に崩壊が集中していた芋川沿いの領域は、ほとんどの地すべりとの対応が確認された。

#### 6. 谷地形を考慮した旧地すべり微地形の解析

中越地震の直前に先行降雨があり、崩壊に対して、地下水の増大に伴う地盤の弱化の影響が考えられる。地形の集水性を考慮に入れ、谷地形の抽出により危険域の推定を試みた。

谷地形の判別は横断方向の凹凸により判別した。横断方向は着目点の下流側縦断方向に対して直角方向を定義した。横断凹凸量を算出する幅は、着目点から両側に5画素ずつ、計10画素で算出した。計算には着目点、着目点から両側の横断方向に5画素ずつ移動した点2画素、計3画素の標高値を用いて、2次差分により横断凹凸量を求めた。横断凹凸量がプラスならば谷地形とし、S字指標による危険域と谷地形が一致した画素を危険域として分類した。作成した分類図と地すべりデータを照合した画像を図9に示す。

照合した結果、5パターンの縦断面範囲で50%前後の地すべりとの対応が確認出来た。S字指標のみの場合より危険域と推定した領域は少ないにも関わらず、対応した地すべりの数はそれほど減少しなかった。S字指標と対応した地すべりのほとんどは谷地形に位置していたこととなり、谷地形によって地盤の含水量が増す環境にあったことが崩壊に影響したことが示唆される。

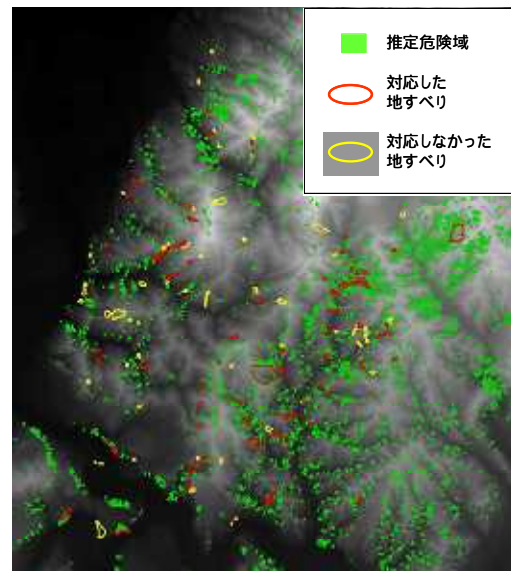


図8 S字指標による推定危険域の照合結果画像

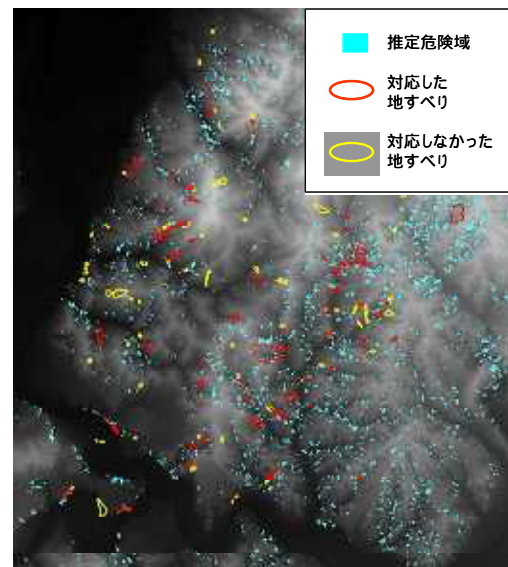


図9 S字指標と谷地形による推定危険域の照合結果画像

#### 7. まとめ

中越地震により崩壊が発生した箇所とそれ以外の領域について斜面縦断特性の分類をそれぞれ行い、比較することで崩壊地における斜面縦断特性の把握を行った。その結果、傾斜量の大きい、曲率の絶対値、斜面途中の凹凸変化、という3つの特性が得られた。

得られた特性からS字型斜面を検出する指標を考案し、崩壊危険域の推定を行った。その結果、中越地震によって発生した地すべり発生箇所の約50%を検出できた。