

表層土層厚に着目した航空レーザ計測データを用いた山地斜面の崩壊危険箇所の

抽出手法に関する研究

林野庁

アジア航測株式会社

木下 篤彦

○中田 慎・小川 紀一朗

1. はじめに

平成 21 年 7 月の中国・九州北部豪雨、熱帯低気圧・台風第 9 号による大雨、台風 18 号による暴風・大雨などの大規模な山地災害が相次いでいる。これらの山地災害の対策については、効率的かつ安価に広域情報が得られる航空レーザ計測や航空写真等から、危険度を把握し、優先順位を付けて対策を実施することが重要である。

本研究では、安全率に大きく寄与する山地斜面の表層土層厚に着目する。これまで、表層土層厚の面的な分布については、表層崩壊発生後の現地計測から崩壊深として把握されてきた程度であり、崩壊発生位置の検討として多平面安定解析法を用いた沖村¹⁾の研究などがある。一方、広域的な分布については、表層土層厚調査による研究の必要性は示唆されながらも、目視不可能な地下情報であることから、研究事例はほとんどない。そこで本研究では、航空レーザ計測から求められる地形を表す指標を挙げ、それらの指標と実際に計測された表層土層厚との関係を調査し、表層土層厚と相関性の高い指標について検討する。



図-1 調査対象の榛原川上流域の位置図

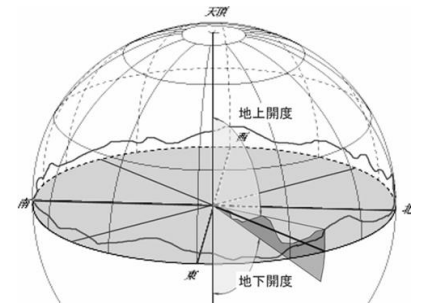


図-2 地上開度と地下開度の模式図

2. 手法の検討

2.1 検討対象地の概要

対象地は、簡易貫入試験による表層土層厚の調査結果と航空レーザ計測データの双方が揃っている地域とし、阿部ら²⁾が対象とした大井川右支榛原川上流域（静岡県）とした（図-1）。本流域の地質は、中生代～古第三紀の四万十層群の砂岩および泥岩により構成されている。

2.2 表層土層厚を推定できる指標の検討

表層土層厚は、その地点の地形的な特徴に依存することに着目し、航空レーザ計測データによって得られた DEM データを基に、実測された表層土層厚と相関の高い地形に関する指標について検討した。地形を表す指標は様々な目的で考案されているが、本研究では斜面形状や斜面の特徴を表す際に比較的良好に用いられる傾斜量、平均曲率、地上開度、地下開度、尾根谷度（地上開度・地下開度を組み合わせた地形量）を候補として挙げた。

傾斜量は、DEM のメッシュの水平面からの傾きを示す地形量である。まず、航空レーザ計測結果を用いて作成した 1m メッシュの標高値を活用し、最小二乗法によって傾向面を求める。次に、メッシュの周囲 4 点からの距離が最小となるような平面（一次傾向面）を決定し、その平面の最急勾配を各メッシュの斜面勾配とした。なお、本研究では、傾斜の正接の逆数についても検討を行った。

平均曲率は、地形の凹凸の指標として用いられるもので、曲面上のある点を通る全ての測地線（曲面上で 2 点間を結ぶ最短距離の曲線）の曲率の最大値と最小値の平均として定義される量である。ここでは、考慮半径を 50m として計算した。

地上開度は、各メッシュ地点が周囲に比べて地上に突き出た度合いを数量化したものである。任意の点から 8 方向に探索し、考慮距離内で最大傾斜角を求め、8 方向それぞれの最大傾斜角の平均を、天頂からの角度で表したものである（図-2）。なお、対象流域の地形の尾根谷のスケールを考慮し考慮半径を 20m として計算した。

一方、地下開度は、各要素に対し、その要素から 8 方向に探索し、考慮距離内で最小傾斜角を求める。8 方向それぞれの最小傾斜角の平均を、鉛直下向きからの角度で表したものである（図-2）。考慮半径は地上開度と同値とした。

尾根谷度は、式(1)の通り地上開度と地下開度の差を 2 で割った値であり、地上開度と地下開度の特色を合わせ持つ地形量である。このため、尾根谷度を用いることにより凸地形も凹地形も表現することが可能である。また、尾

根谷度では符号と凹凸が対応しており、正が谷型、負が尾根型、0が平坦斜面を示す。

$$\text{尾根谷度} = (\text{地上開度} - \text{地下開度}) / 2 \dots (1)$$

3. 指標の有効性

本研究では、既に崩壊した箇所ではなく、今後崩壊が予測される箇所を対象としているため、地形形成の営力を念頭におき、傾斜変換点（遷急線）より上位に位置する調査地点に絞り込んで検討を行った。これは概ね谷頭の凹型斜面に相当し、侵食の最前線にあたる。そのため、過去に実施された全調査地点（164地点）のうち、谷頭より上位にある凹型斜面のデータのみ赤色立体地図を確認して抽出し、66地点の表層土層厚（ $N_c=10$ ）データを使用して検証を行った。このとき、独立変数に傾斜度、平均曲率、 $1/\tan(\text{傾斜度})$ 、地下開度、地上開度、尾根谷度を設定し、これに対する従属変数を簡易貫入試験による実測の表層土層厚とした。各要因の相関の有意性を検討した結果、表層土層厚の実測値との間に関係が認められた。図-3、4に示すように、平均曲率と尾根谷度と表層土層厚との間には関係が認められなかったが、図-5~7に示す各種パラメータと表層土層厚との間には関係が認められた。これらの検討から、地形に関する指標と表層土層厚の関係が明らかになり、航空レーザ計測によって一意的に表層土層厚の分布を推定し、危険箇所の抽出の手法について可能性を示すことができた。

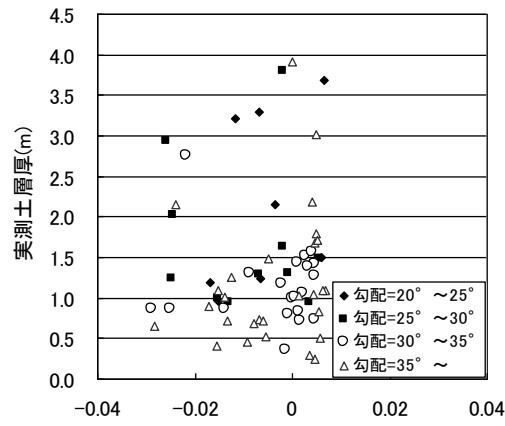


図-3 平均曲率と表層土層厚の関係

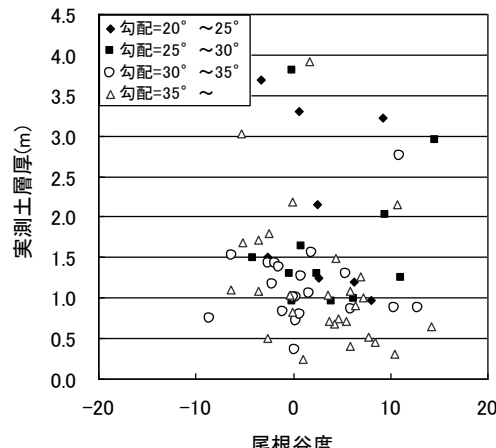


図-4 尾根谷度と表層土層厚の関係

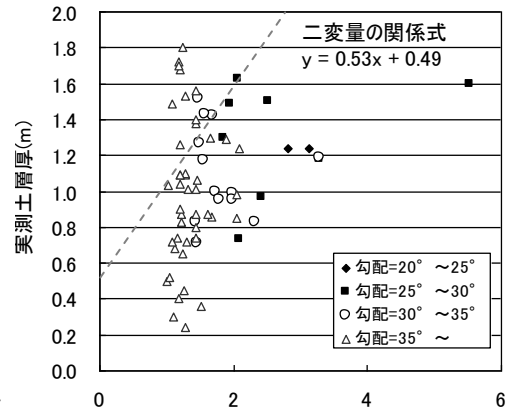


図-5 $1/\tan(\text{傾斜度})$ と表層土層厚の関係

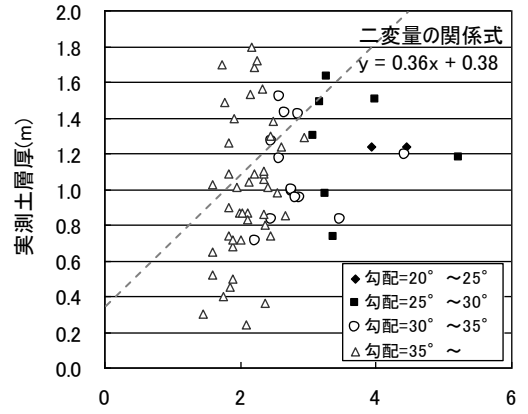


図-6 地上開度/傾斜度と表層土層厚の関係

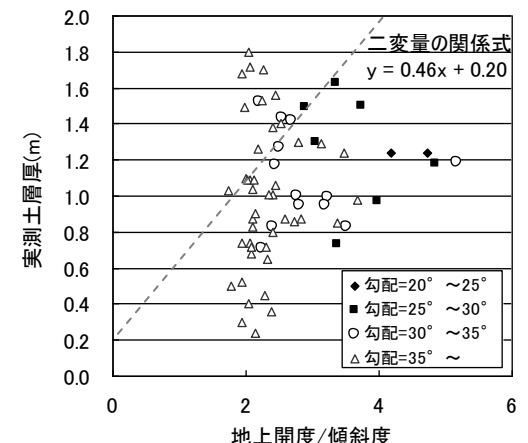


図-7 地下開度/傾斜度と表層土層厚の関係

4. まとめと今後の課題

GPSやGISといった位置情報を統一的に整理することができるツールの進歩から、地形データを精度良く得ることができるようになった。本研究では地形を表す指標と表層土層厚にある程度の相関性があることが分かった。今後は、以下の点に留意していくつかの地形を表すパラメータから表層土層厚を推定するモデルを検討する。

- 1) 異なる地質における表層土層厚推定指標の検討
- 2) 根系効果を考慮した表層崩壊危険度評価モデルの開発

<参考文献>

1) 沖村孝: 潜在崩土層分布を利用した表層崩壊発生位置に関する研究, 砂防学会誌, Vol.35, No.1, 9-18, 1982
 2) 阿部和時・黒川潮・松山康治・渡辺悦夫・西之園一成・松田伸一: 高標高山地斜面の表層土厚さの分布に関する研究, 日林関東支論, 213-216, 2002