

## 航空レーザ計測データと現地調査に基づく表層土層厚推定に関する研究

林野庁

林野庁（現：国土交通省 近畿地方整備局 六甲砂防事務所）

アジア航測株式会社

坂井 佑介

木下 篤彦

○中田 慎・松田 昌之・小川 紀一郎

## 1. はじめに

一般に、崩壊危険度を推定する上で表層土層厚は重要な要因であると言われるが、表層土層厚を面的に把握することは労力を要するため非常に困難である。そこで、筆者ら<sup>1)</sup>は、効果的な治山事業実施のために、広域的な崩壊危険度推定に資する目的で、航空レーザ計測や航空写真等を用いて表層土層厚の効率的かつ面的な推定を試みた。本報告では、モデルの精度をより高めるため、高精度な航空レーザ計測データと GPS による正確な位置情報を持った簡易貫入試験データに基づく表層土層厚の推定手法についての検討を行った。

## 2. 計測および調査

治山事業が実施されている山梨県の野呂川上流の残流域約 0.5km<sup>2</sup> を調査対象流域とした(図-1)。本流域の地質は、中生代の四万十層群の砂岩および泥岩等によって構成されており、崩壊地が多く分布している。

## 2.1 航空レーザ計測による DEM の解析

本調査での使用を目的として、より高密度にデータを取得できるヘリレーザ計測を実施し、メッシュサイズ 0.5m の DEM(Digital Elevation Model)を作成した。図-1 下図は、DEM を用いて作成した赤色立体地図である。比較検証のためにメッシュサイズ 0.5m の DEM から 2 点ごとに 1 点を間引く方法でメッシュサイズ 1m の DEM を作成した。本報告ではこれらの DEM データを活用し、斜面形状や斜面の特徴を表す際に比較的よく用いられる地形量である傾斜量・開度(尾根谷度・地上開度・地下開度)・曲率(平均曲率・K1・K2)を基本とした地形量をメッシュごとに算出した。

## 2.2 簡易貫入試験による表層土層厚の調査

対象斜面の斜面中腹部より下方は崖錐斜面と尾根部、谷部が入り組んでおり、それらの地形により表層土層厚の傾向が異なる可能性がある。そのため、谷部・尾根部・崖錐などの地形的特性に応じた簡易貫入試験を 53 地点で実施した。簡易貫入試験の結果から、Nd 値が 10(以下、Nd=10)となる深さを読み取り、GPS による位置情報とともに各地点における表層土層厚とした。

## 2.3 表層土層厚推定指標の検討

## 2.3.1 考慮距離の検討

筆者ら<sup>1)</sup>は、傾斜、地形の凹凸を表す各種地形量と表層土層厚にある程度の相関性があることを示唆し、表層土層厚推定モデルを示したが、一般に、開度および曲率は算出する考慮距離により値が変化することが知られている。ここでは、0.5mDEM を用い、上記の地形量について適正な考慮距離を把握するため、表層土層厚との相関関係を検討した。

開度は、図-2 に示すようにある地点における上空の開放角によって斜面全体における尾根地形や谷地形を表現することができる地形量である。このとき、考慮範囲を比較的広く設定し、斜面全体の地形区分(尾根・谷など)を表現することが可能である。一方、曲率は、斜面形状(凹凸)を表現する地形量であり、開度と同様に考慮距離を広くすることで尾根地形や谷地形を表現することができる。しかし、計算手法の特性上、考慮距離を大きくしすぎると、考慮距離間に存在する尾根や谷の地形を評価できないことから、対象となる地形との適合性が悪くなる可能性があるため、考慮範囲を比較的狭く設定し、微地形としての凹凸を表現できるよう配慮した。

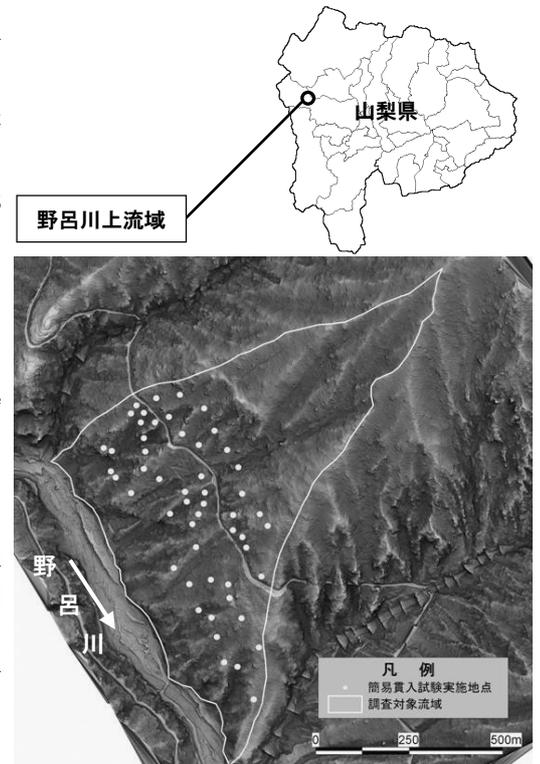


図-1 表層土層厚の調査位置図

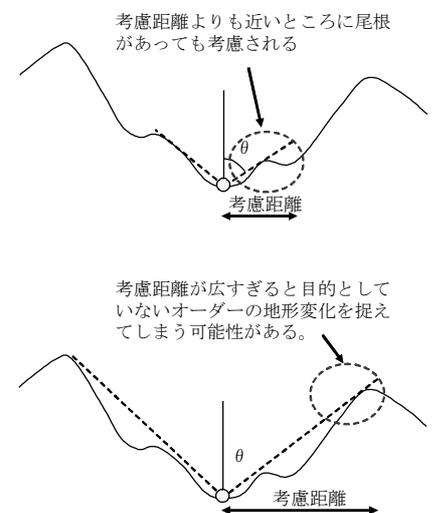


図-2 考慮距離の影響イメージ

まず、表層土層厚と各地形量との相関を整理すると、開度では25m以上、曲率では特に2.5mが適正と判断された。次に、表-1に示すように、地形量同士の従属関係を把握するため、相関分析を行った結果、考慮距離に近いもの同士は高い相関を示しており、尾根谷度および平均曲率の組み合わせを用いることは望ましくなく、開度と曲率の2分類それぞれの考慮距離はなるべく差を大きく設定する必要があることがわかった。その結果、表-2に示す考慮距離を用いたが、これらは当該流域のうち、開析の進んでいる下方斜面における尾根地形から谷地形に変化する間隔とほぼ一致しているため、正しい考慮距離はこのような地形スケールをもって設定すべきであると考えられる。

表-1 考慮距離の違いによる各地形量間の相関

考慮距離	地形量	2.5m			5m			25m			50m		
		地上開度	地下開度	尾根谷度									
1m	K1	-0.66	0.64	-0.75	-0.56	0.57	-0.69	-0.42	0.44	-0.55	-0.38	0.38	-0.51
	K2	-0.80	0.75	-0.90	-0.78	0.67	-0.89	-0.72	0.45	-0.76	-0.68	0.37	-0.71
	平均曲率	-0.79	0.77	-0.90	-0.73	0.69	-0.87	-0.82	0.50	-0.72	-0.57	0.43	-0.67
2.5m	K1	-0.64	0.71	-0.77	-0.59	0.71	-0.78	-0.52	0.58	-0.70	-0.51	0.50	-0.67
	K2	-0.64	0.69	-0.76	-0.70	0.67	-0.84	-0.73	0.53	-0.82	-0.70	0.45	-0.78
	平均曲率	-0.72	0.78	-0.86	-0.74	0.77	-0.92	-0.72	0.63	-0.87	-0.69	0.54	-0.83
5m	K1	-0.44	0.44	-0.51	-0.50	0.53	-0.62	-0.53	0.54	-0.69	-0.54	0.45	-0.66
	K2	-0.59	0.58	-0.68	-0.67	0.60	-0.78	-0.76	0.59	-0.87	-0.72	0.52	-0.83
	平均曲率	-0.64	0.64	-0.74	-0.71	0.70	-0.86	-0.77	0.69	-0.94	-0.74	0.61	-0.90
10m	K1	-0.60	0.45	-0.62	-0.65	0.50	-0.71	-0.69	0.44	-0.74	-0.69	0.35	-0.71
	K2	-0.45	0.47	-0.53	-0.55	0.54	-0.66	-0.69	0.66	-0.87	-0.66	0.60	-0.84
	平均曲率	-0.57	0.53	-0.64	-0.66	0.61	-0.78	-0.78	0.69	-0.94	-0.75	0.61	-0.91

### 2.3.2 表層土層厚推定式の算出

上記の点を考慮に入れ、目的変数(Y)を表層土層厚、地形量を説明変数として重回帰分析を実施し、重回帰式として(1)式が求められた。ただし、得られた推定式はマイナスの項が存在することから、地形量の組み合わせによっては推定値がマイナス値となる可能性がある。そのため、当該対象範囲で実施した簡易貫入試験により把握された表層土層厚の最低値である0.2mを推定式で得られる表層土層厚の最低値とした。これは谷部で得られた結果である。

表-2 重回帰式に用いた地形量と考慮距離

重回帰分析に用いた地形量	考慮距離
斜面傾斜	
地上開度	50m
地下開度	50m
K1	2.5m
K2	2.5m

$$Y = 0.0245 * slope + 0.0439 * open_u + 0.0091 * open_l - 6.4607 * K1 + 2.7452 * K2 - 3.7676 \quad \dots \quad (1)$$

ここで、slope : 斜面傾斜 (°)    open\_u : 地上開度 (°)    open\_l : 地下開度 (°)

K1 : 垂直方向の曲率    K2 : 水平方向の曲率

なお、求められた重回帰式の寄与率(R<sup>2</sup>)は0.22586、重相関係数(R)は0.47525となった。

(1)式によって得られる推定値と現地での実測値のプロットが図-3である。この図から、重回帰式に用いた地形量と表層土層厚に相関があることがわかる。ただし、図中の点線円内に示すように実測値の方が大きい値を示す調査地点があり、これらの地点は尾根状あるいは崖錐地形を呈していた。また、これら地点では、簡易貫入試験の結果から崖錐が周囲よりも厚く堆積していると予想されることから、局所的な土砂の流入による影響と考えられる。このように、表層土層の形成は、任意の地点における基岩の風化よりも、その上位にある地形からの土砂供給やそれより下位への流出といった土砂移動が大きく影響するともいえるため、今後は、各メッシュの上位の集水面積や地質条件といった影響を推定式にいかに関与するかということが今後の課題と考えられる。

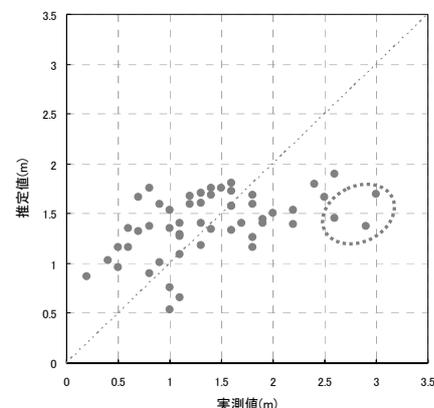


図-3 表層土層厚の実測値と推定値の関係

### 3. DEMのメッシュサイズによる推定式への影響

DEMのメッシュサイズによる推定式への影響を把握するために、1mDEMを用いて、同様の推定式を算出した。その結果、地形量の示す傾向は、0.5mメッシュの場合と同じであることが確認された。そのため、0.5mDEMを用いた場合と同様に考慮距離をなるべく離れた組み合わせを採用して検討を行った。求められた重回帰式の寄与率(R<sup>2</sup>)は0.23975、重相関係数(R)は0.48964となった。0.5mDEMを用いた場合と1mDEMを用いた場合の推定式を比べると、0.5mDEMの方が表層土層厚0.2m未満となる推定値が少なく、適用範囲が広いと有用と判断できた。算出された表層土層厚の結果の信頼度にはそれほど大きな違いは生じなかったことが示された。

### 4. おわりに

本報告では、航空レーザ計測による地形解析の結果である任意の地点における地表面の状況から表層土層厚の推定式が得られた。DEMのメッシュサイズによる影響が少なかったことから、地形データとして精度の問題よりも地質・水文条件に基づく表層土層厚の生成過程に着目し、課題を整理していくことが重要であると考えられる。

<sup>1)</sup> 木下篤彦・中田慎・小川紀一郎: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,平成22年度砂防学会研究発表会概要集, p. 398-399, 2010