

広域自然斜面崩壊に及ぼす森林の影響と降雨時の危険度評価に関する研究

ー空撮データによる自然斜面の植生区分と表層土厚さの推定ー

京都大学 大学院工学研究科 社会基盤工学専攻 特定教授 杉山 友康

1. はじめに

降雨による鉄道や道路などの交通インフラ設備の被害は、近年の短時間豪雨の頻度の増加などもあり、路線近傍の斜面崩壊などによるものよりも、より離隔のある箇所を発生源とする広域的な自然斜面崩壊によるものの発生数が増加傾向にある。こうした被害を少しでも減少させるためには危険個所の抽出と箇所ごとの特性に合った対策が求められる。具体的な対策のためには、相対的な危険度評価結果ではなく、どの程度の外力で被害発生が高まるかを知るための絶対的評価結果が必要となる。これまでは、斜面の植生や地形状況から相対的な危険個所を抽出する方法が主体であった。そこで、本研究では、斜面の林相を評価し、この情報から斜面の持つ地盤パラメータへの変換を試み、この地盤パラメータを入力値とした斜面の降雨時系列計算手法を検討する。

2. 調査・研究の概要

実施した内容は以下のとおりである。

- (1) 試験サイトでのデータ取得
- (2) データ分析による植生区分と表層土厚さの推定

3. 時系列計算手法の概要とねらい

図1に示すように、空中写真や航空測量データに基づき、植生情報、表層土厚さなどの地盤情報の推定を行い、これらの情報を布川ら¹⁾が提案する時系列計算手法の入力データとした計算モデルの修正を行う。これにより、時系列計算手法の精度向上を図り、計算結果が周辺斜面の植生管理や将来の環境評価にも利用可能なものとする。すなわち、

- ・激甚化する降雨外力に応じた評価が可能
- ・過去の被災相当の箇所に加え新たな危険個所も抽出
- ・現行植生と各種植生による耐災性シミュレーション
- ・防災面と生態面（環境）の評価を可能とし、森林管理への適用

を目指した成果とする。

なお、本報告では研究の過程と時系列計算の入力値である植生区分、表層土厚の推定手法についての結果について示す。

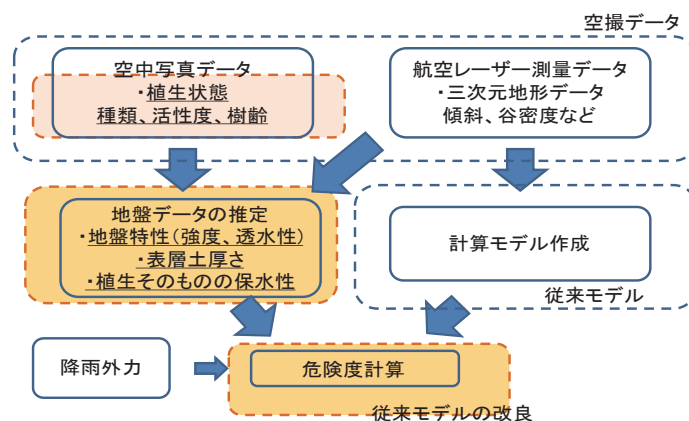


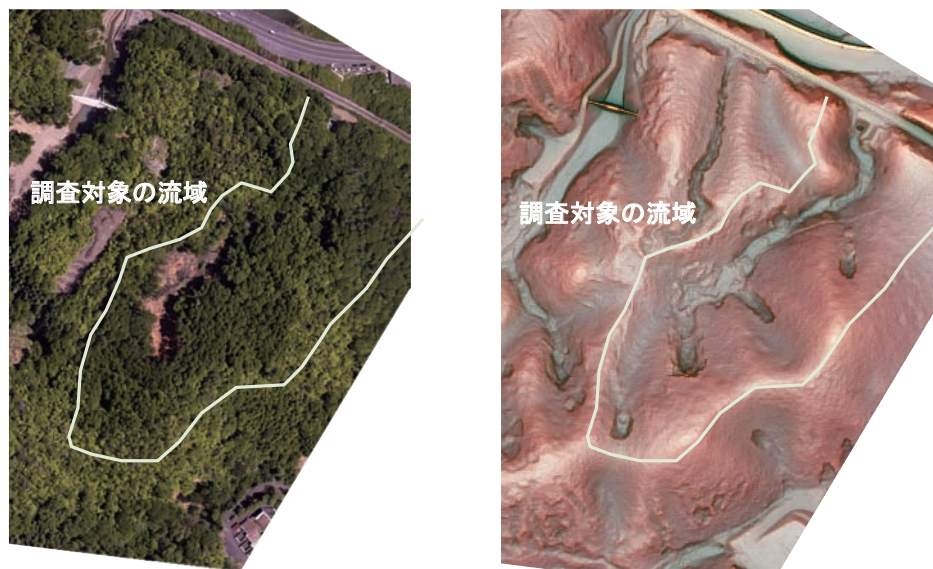
図1 デジタルデータに基づく流域斜面の降雨災害危険度評価手法
（図中アンダーライン部の項目が本研究で着目する箇所また、網掛け部分が本研究の新規部分）

4. 試験サイトによるデータ収集

試験サイトとして、図2に示すJR福知山線丹波竹田駅・福知山駅間の奥行300m程度の流域斜面を選定した。選定した流域は、平成26年8月の京都府北部の豪雨によって各地で浸水や斜面崩壊などの被害が発生した箇所の一つであり、流域内で5か所の表層崩壊が発生している。当該箇所の空中写真撮影、航空レーザー計測を行なうとともに、現地調査を行った。空中写真、航空レーザー計測からは写真判読による流域内植生区分、50cmのデジタル3次元地形データを得た（図3）。また、現地調査では、簡易動的貫入試験により表層土の強度や厚さを確認し、土試料サンプルによって強度、透水性などの地盤物性値を得た。



図2 調査対象流域の位置図



(1) 調査箇所の空中写真

(2) 三次元地形データに基づく立体図

図3 調査対象流域の空中写真と地形データ

5. 試験サイトデータの分析

5.1 植生区分

レーザーから得られた植生別の林相と空中写真を用いた判読に基づき、流域内の植生別の区分図を作成した。その後、この区分図を現地踏査によって照合し、図4に示す植生分布を得た。この結果、当該流域はヒノキ主体の針葉樹と広葉樹がほぼ同程度の面積で分布していることが分かった。

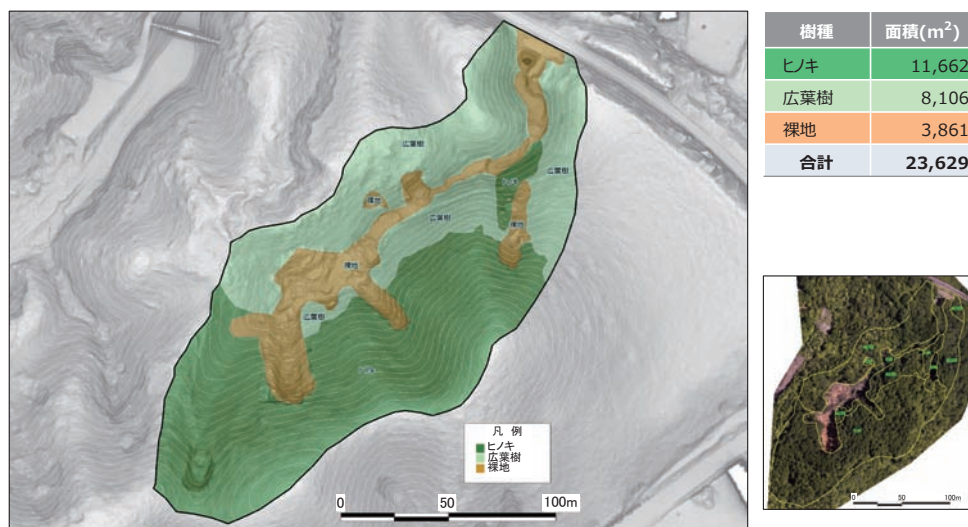


図4 対象流域の植生区分

5.2 貫入試験結果とそれに基づく表層土厚さの分布

試験サイトとした流域内の斜面において、図5に示す49か所で簡易動的貫入試験を実施した。貫入試験における試験値 N_d が20以下となる部分を表層土として、得られた結果から表層土厚の分布を示すと図6のようになる。これによると、流域の右岸では表層土の厚さは相対的に薄く、左岸は厚い傾向となっている。

一方、当該流域の傾斜を3次元地形データから求め、その分布を示すと図7のようになる。傾斜分布は流域の右岸で傾斜が急であり、左岸では緩傾斜となっており、急傾斜部分では表層土が薄く、緩傾斜部分では表層土は厚い傾向を示していることがわかる。

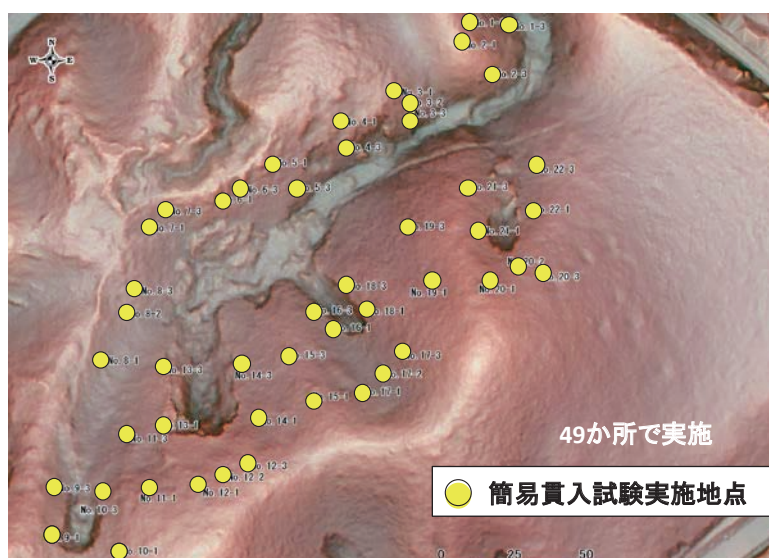


図5 貫入試験の位置

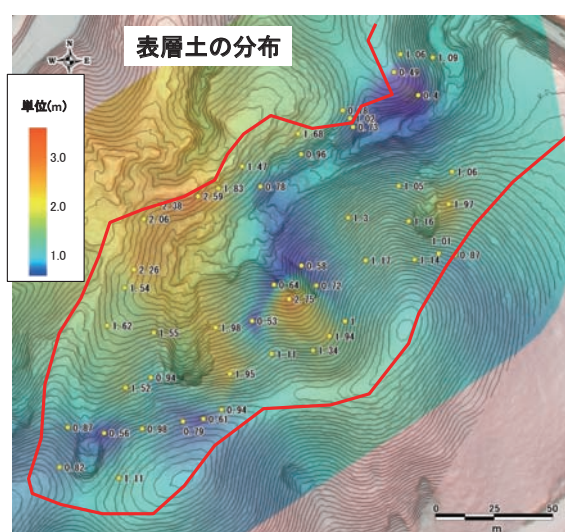


図6 貫入試験から得た表層土分布 ($N_d \leq 20$)

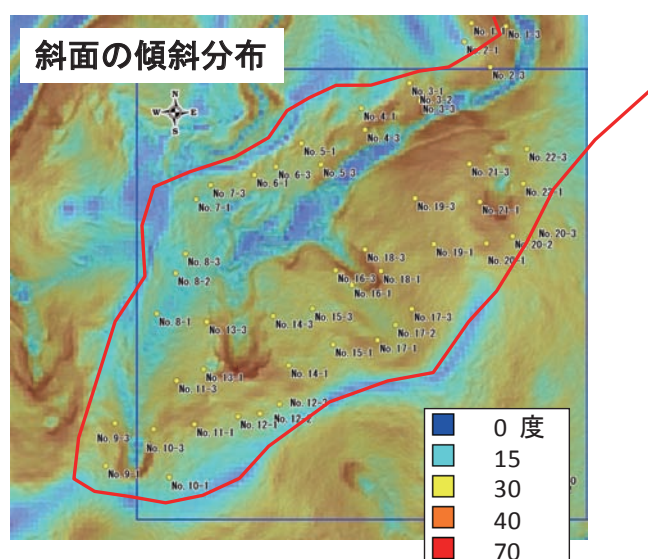


図7 流域の傾斜分布

5.3 傾斜データからの表層土厚さの推定

これまでの研究でも、勾配や地形を表す曲率等から表層土の厚さを推定する手法はいくつか提案^{2) 3)}
⁴⁾ されている。ここでは前項で示したように斜面勾配と表層土厚に関係がある傾向にあったので。斜面
 勾配と表層土厚さとの関係性をあらためて確認してみる。図8は、49か所のデータに基づく斜面勾配
 と表層土厚（ $Nd \leq 20$ ）との関係を示したものである。図中の点は測点49か所を示しており、実線は、
 勾配の緩い箇所から10点ごとの移動平均値による傾向を示している。両者には強い相関性は見られな
 いが、移動平均値を見れば、勾配が緩い箇所から勾配 30° 程度までは表層土厚 1.5m 程度で一定の傾向
 を示し、それよりも急になると表層土厚は浅くなる傾向となっている。そこで、勾配が 30° より急な
 箇所のデータから両者の関係を定式化すると、以下が得られる。

$$\theta < 30^\circ \quad d = 1.5\text{m}$$

$$\theta \geq 30^\circ \quad d = -0.0732 \theta + 4.298 \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに θ : 斜面勾配 ($^\circ$)

d : 表層土厚さ (m)

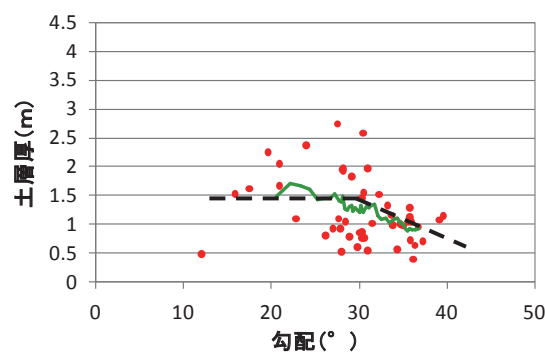
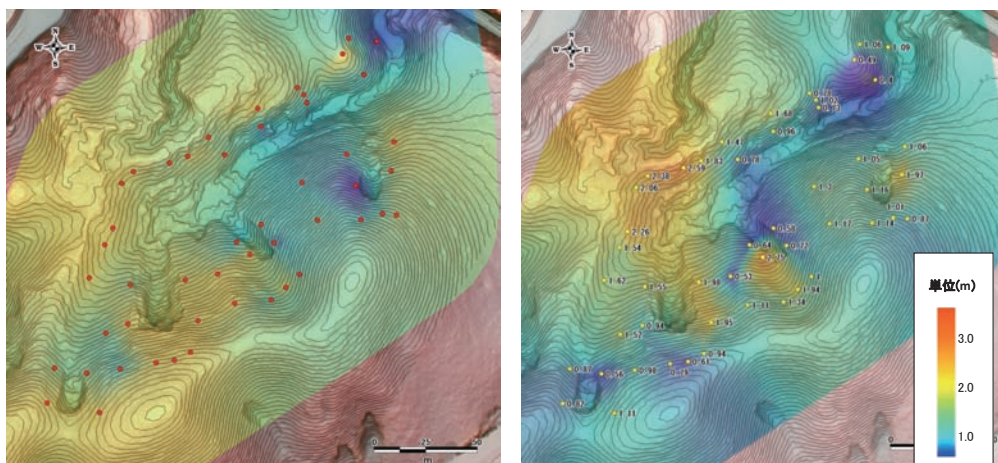


図8 斜面勾配と表層土厚との関係



(1) 推定値

(2) 実測値

図9 表層土厚の推定値と実測値

式 (1) によって当該流域の表層土厚さを推定した結果を図 9 に示す。図には同時に貫入試験によって得たデータに基づく実測値を示した。これらから、推定した分布は、実測値と比較して、概ね同様な傾向を示すものの、勾配の緩い領域では、表層土を薄く、勾配の急な領域では厚く示す傾向となっている。

6. まとめと課題

鉄道や道路から離隔のある自然斜面の降雨時危険性を判定する手法について、植生の崩壊抑止効果や雨水遮水効果が考慮できる手法の提案を目標に、試験サイトでの空撮データから植生区分を試み、時系列計算結果に大きな影響を及ぼす表層土の厚さを簡易に推定する手法について検討した。その結果、植生区分については従来の技術を応用することで十分満足する結果が得られることがわかった。一方、表層土厚さの推定は、斜面勾配のみからの推定は、分布形状は概ね良好であるが、絶対値については誤差が生じることが分かった。

表層土厚の推定では、斜面勾配だけでなく表層土分布を支配すると考えられる他の地形量データを加えた解析を実行することにより、精度を高める必要がある。また、得られデータから、植生の抑止効果、降雨に抑制効果を考慮した時系列計算を実行し、計算精度の検証を図ったうえで、普遍的な計算手法としていくことが今後必要である。

参考文献

- 1) 布川ほか：地形を考慮した土石流の発生危険性評価，鉄道総研報告，Vol.27, No.11, 2013.11.
- 2) 坂井ら：航空レーザ計測データを用いた地形解析による表層土層厚の推定，砂防学会誌，vol.64, No.6, p.38-42, 2012.
- 3) 木下ら：六甲山系における地形特性を考慮した斜面・溪床の不安定土砂量の推定手法に関する研究，平成 25 年度砂防学会研究発表会
- 4) 沖村：表層崩壊予知モデルに用いる表土層厚推定法，新砂防，Vol.42, No.1, 1989.