

## 航空レーザ計測データを用いた六甲山系の表層土層厚分布予測手法に関する研究

国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所 木下篤彦, 神野忠広, 八木啓太  
 国土交通省国土技術政策総合研究所 内田太郎  
 京都大学大学院農学研究科 水山高久  
 アジア航測株式会社 ○岡野和行, 船越和也, 中島達也, 山口和也, 細見温子

### 1. はじめに

六甲山系では豪雨や地震などに起因する斜面崩壊が多発し、崩壊土砂等の流出により繰り返し土砂災害が発生している。このような土砂災害を防止するためには、斜面崩壊の発生場所や、生産される土砂量の推定が重要であり、砂防分野における主要な課題として研究が続けられている。

表層崩壊の発生箇所や生産土砂量の推定には、基岩面より上部に堆積する表層土層の厚さが重要なパラメータであることが知られている。しかし、表層土層厚は空間的な変化が大きく、広域にわたる山腹斜面に対して、十分な分解能で調査を行うためには多大な労力を要する。そのため、リモートセンシング手法などで、広域にわたるデータを比較的容易に取得することが可能な地形量等から、表層土層厚を推定するための研究が行われている。

本研究では、六甲山系で広域的に取得されている航空レーザ測量データを用いて地形解析を行い、簡易貫入試験結果との比較を行うことにより、地形量から表層土層厚を推定する手法の検討を行った。特に、本研究では、土層の形成メカニズムに着目した地形区分を行い、地形区分ごとの土層厚推定を試みた。ここでは、地形区分ごとに土層厚を推定した結果と、解析を行う上で得られた課題を報告する。

### 2. 対象地域の概要

六甲山系では、南斜面に位置する高橋川流域から新生田川流域の8つの小流域で、約10m間隔で簡易貫入試験を実施している(図1参照)。本研究では、これらの流域を対象に、航空レーザ測量データ(1mDEM)と、簡易貫入試験結果を用いて土層厚の推定手法を検討した。さらに、住吉川流域内の4つの小流域で104点の簡易貫入試験を追加で実施し、推定手法の検証を行った。

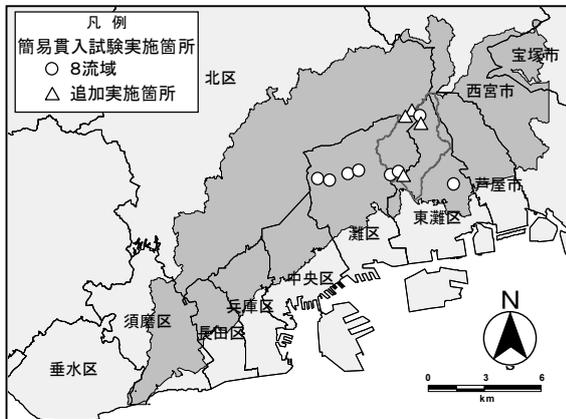


図1 調査対象地域

### 3. 地形区分

表層土層は、基岩の風化や崩壊等の土砂移動の結果形成されるものであるため、その厚さは、場の条件や、土砂移動の結果生じる微地形などから推定できる可能性がある。このため、従来より斜面勾配、地形の凹凸を表す各種地形因子(以下「地形量」という)等を用いた表層土層厚推定モデルが構築されている。

しかし、図2に示すように、土層形成メカニズムは、地形量で特徴づけられる斜面上の位置によって異なるため、一つの推定式で表層土層厚を説明するのは困難であると考えられる。そこで、地形量を組み合わせ、対象地域をいくつかのカテゴリーに区分(地形区分)し、地形区分ごとに土層厚推定式の構築を試みた(表1参照)。

表1 地形区分に用いた地形量と閾値

区分 No.	地表面勾配 [5m]	尾根谷度 [10m]	集水面積
1	33.9° 未満	0° 未満	100m <sup>2</sup> 未満
2			100m <sup>2</sup> 以上
3		0° 以上	100m <sup>2</sup> 未満
4			100m <sup>2</sup> 以上
5	33.9° 以上	0° 未満	100m <sup>2</sup> 未満
6			100m <sup>2</sup> 以上
7		0° 以上	100m <sup>2</sup> 未満
8			100m <sup>2</sup> 以上

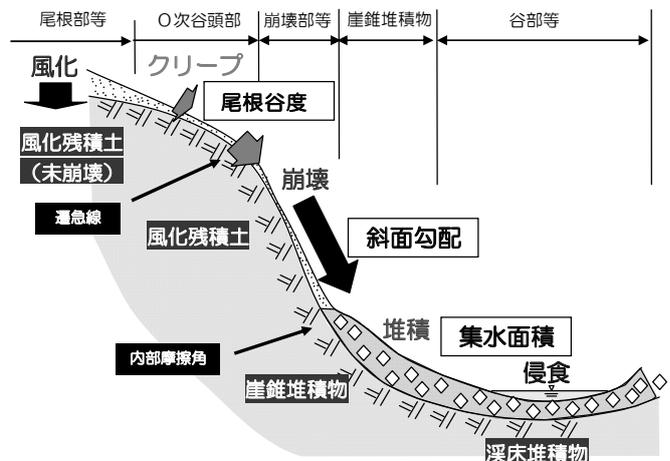


図2 土層形成メカニズムに基づく地形区分の概念図

#### 4. 土層厚推定式の構築と検証

多変量解析の一種である重回帰分析により、地形区分ごとに表層土層厚（従属変数）と3つの地形量（説明変数）との関係式、すなわち表層土層厚推定式を求めた。

追加で簡易貫入試験を実施した4流域（104箇所）に対して、推定式を用いて算出した推定値と実測値との関係を確認した（図4上図参照）。その結果、表層土層厚が3m以上の箇所など、実測値の値が大きい箇所では推定値との差が大きくなることが分かった。

一方、4流域ごとに各地形区分の平均値を見ると、いずれの流域でも他と比較して土層厚が大きくなる地形区分と、小さくなる地形区分がみられた。しかし、土層厚の平均値は流域によって異なるため、相対的に土層厚が大きい地形区分の土層厚平均値は流域ごとに異なる。そのため、すべての流域をまとめてみると、同じ地形条件でも土層厚に差異が生じ、推定誤差が大きくなる（図2参照）。この結果から、より精度の高い推定を行うためには、流域のスケールや地質構造等の流域特性を考慮する必要があると考えた。

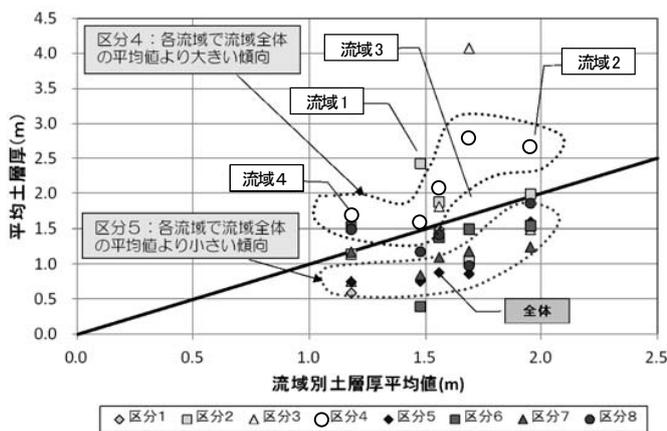


図2 流域別土層厚平均値と流域内の地形区分別土層厚平均値

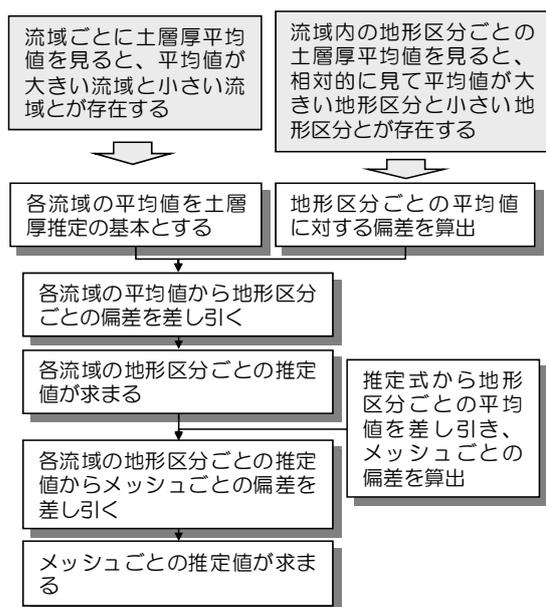


図3 流域平均値を用いた土層厚推定手法

#### 5. 流域平均値を用いた土層厚推定

流域特性を考慮した土層厚の推定を考えるにあたり、まず、流域ごとの土層厚平均値を用いた推定値の補正を試みた。すなわち、流域ごとの簡易貫入試験結果から、流域の平均値を算出するとともに、平均値からの偏差を地形量から推定し、それらを加算することによって、各点の推定値を算出する方法である（図3参照）。

その結果、標準誤差は1.0449mから0.9556mに改善された。また、縦軸に推定値、横軸に実測値を取った図を作成すると、全体的に $Y=X$ （推定値=実測値）となる直線近傍にプロットされる傾向に変化し、推定精度の向上が確認された（図4下図参照）。

#### 6. おわりに

斜面勾配、尾根谷度、集水面積を用いて、地形区分ごとの推定式を構築し、土層厚の推定を行った。流域特性の違い（例えば流域スケール）に起因して誤差が生じやすい課題については、流域の平均値を考慮することで、精度の向上がみられた。ただし、表層土層厚が大きい地点の推定精度が低下する点まで改善するには至らなかった。

地形量による推定を行う場合には、このような特異な点を除外することで精度が向上する可能性が有る。広域的な地質構造等の流域特性を考慮するとともに、特異点を抽出して除外することが、今後の課題である。

#### 参考文献

- 1) 坂井佑介・木下篤彦・小川紀一郎・中田慎：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.

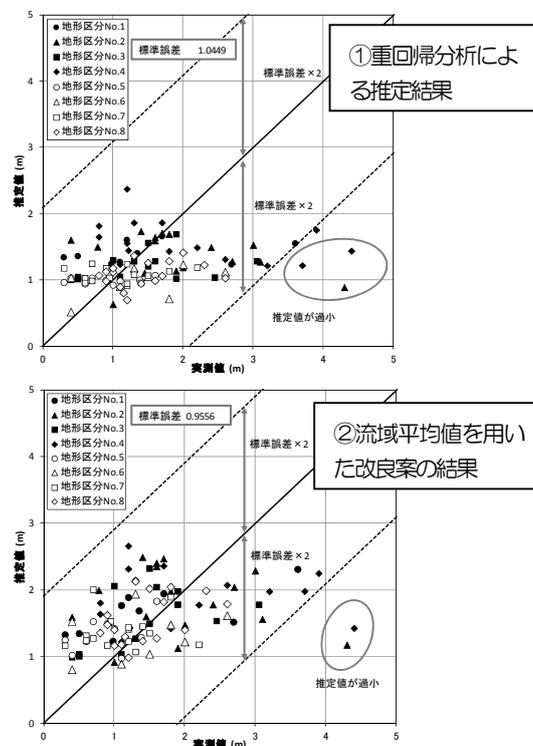


図4 実測値と推定値の関係