

花崗岩山地における土層厚分布推定

京都大学大学院農学研究科 ○藤光智香・小杉賢一朗（兼 JST）・山川陽祐・水山高久
 近畿地方整備局六甲砂防事務所 木下篤彦

1 研究背景と目的

我が国では、表層崩壊が各地で多発し、崩壊土砂による被害は甚大なものとなっている。表層崩壊を対象に多くの予測モデルが提案されているが、崩壊予測をする上で土層厚の分布は斜面安定解析の入力パラメータとして必要であるだけでなく、安全率に最も大きな影響を及ぼす因子である（沖村,1989）。対象地域内の土層厚分布を知るためには簡易貫入試験などで調査する必要があるが、労力と費用を要する。このため、例えば地形分類ごとに、土層厚を傾斜角や流域面積などの地形指標から推定することが試みられている。しかし精度面で問題があり、データの蓄積と推定手法の検討が必要である。本研究では高密度で土層厚を計測した上で、実測値を補完する方法の一つであるクリギング手法を用いた推定法を検討した。

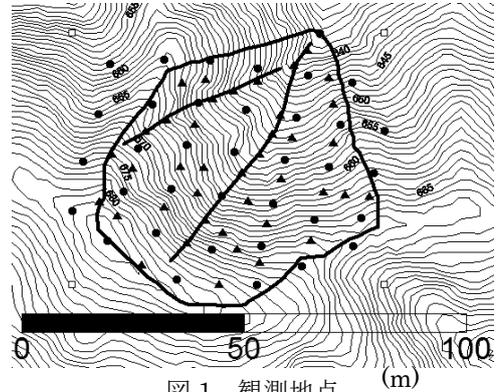


図1 観測地点 (m)

2 対象流域と観測方法

兵庫県神戸市六甲山系の小流域を対象にした。流域面積は 2349m²で地質は黒雲母花崗岩、植生はコナラ・リョウブの二次林である。急峻な地形で露岩が多く、基岩は風化が進んでいた。

当初、図1に示される黒丸36地点（10m格子間隔）において土研式簡易貫入試験機を用いて貫入試験を実施し、Nc ≤ 50 の範囲を土層と定義して土層厚を求めた。その後、新たに図1に示される三角印の40点において長谷川式土壌貫入計を用いて貫入試験を実施し、Nc ≤ 50 の範囲を土層と定義して土層厚を求めた。

尚、長谷川式土壌貫入計と土研式簡易貫入試験機の間係については図2,3の関係より得られた $Nh = 2.03Nc$ （長谷川、2006）に従って計測した。

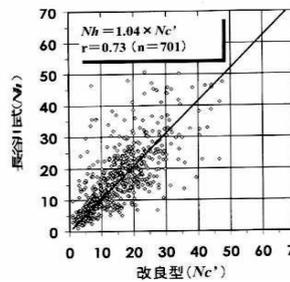


図2 長谷川式とSH型の貫入抵抗の関係

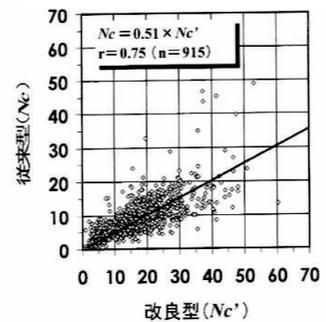


図3 簡易貫入試験機とSH型の貫入抵抗の関係（長谷川秀三、2006）

3 土層厚の推定法

3.1 クリギングとバリオグラム

本研究では土層厚の推定を行う際クリギングを使用した。クリギングとは空間的補間法の一つであり、空間現象を連続空間確率場でモデル化し、規則的もしくは不規則的位置で観測されたデータから、任意の位置での確率場の値を予測するものである。式(1)に従って重み付き平均を利用し、推定地点の周辺のデータのみを利用する局地的補間法なので地点における補間法に影響を与えず局地的異常値にも対応できる。バリオグラムとはある物が平均的にどの程度急速に変化するのかを表す尺度であるが、本研究ではガウス型バリオグラム（図4）を使用した土層厚分布を推定した。

$$z(u) - m(u) = \sum_{\alpha=1}^{n(u)} \lambda_{\alpha}(u_{\alpha}) [z(u_{\alpha}) - m(u_{\alpha})] \quad (式1)$$

Trend kriging weight

kriging estimate

3.2 クリギングの適応

高密度で観測された76地点から60、50、40、30、20、10地点を図5に示すようにランダムに抽出した。この操作をそれぞれ5回繰り返し、各試行で抽出した点からクリギングで対象小流域内の土層厚分布を推定した。クリギングで推定した値と真値との残差絶対値の平均を求め、計算値点数による推定値の精度を検討した。

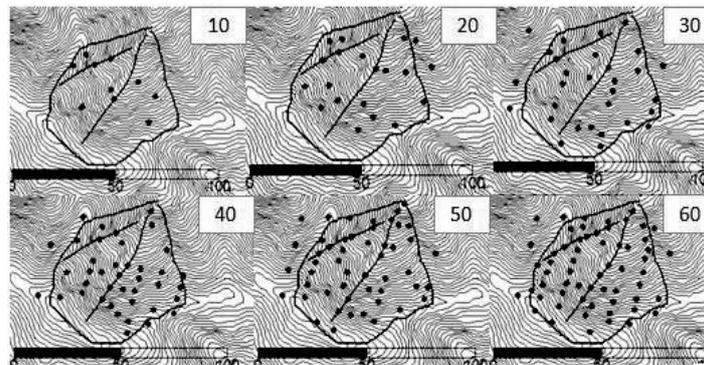


図5 抽出点

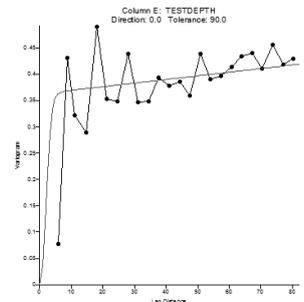


図4 バリオグラム

4 結果・考察

4.1 土層厚分布

10m 格子間隔の 36 地点からクリギングで推定した土層厚分布を図 6 に、新たに測定した三角印 40 地点を加えた 76 地点から推定した土層厚分布を図 7 に示す。図 6 では左岸側の谷に 1 カ所 2.4m と局所的に厚い所があり、その他の部分は 0.6m 程度の薄い分布を示した。一方図 7 では右岸側の谷においても 2.14m と比較的厚い地点が存在した。また谷筋ではない部分に関しては、右岸側と左岸側で分布が異なり、左岸側は 0.2m の非常に浅い土層厚分布だったが、右岸側は局所的に厚い地点（厚さ 2.3m）が存在した。このように、密な計測を行った結果、土層分布には不規則性が大きいことがわかった。

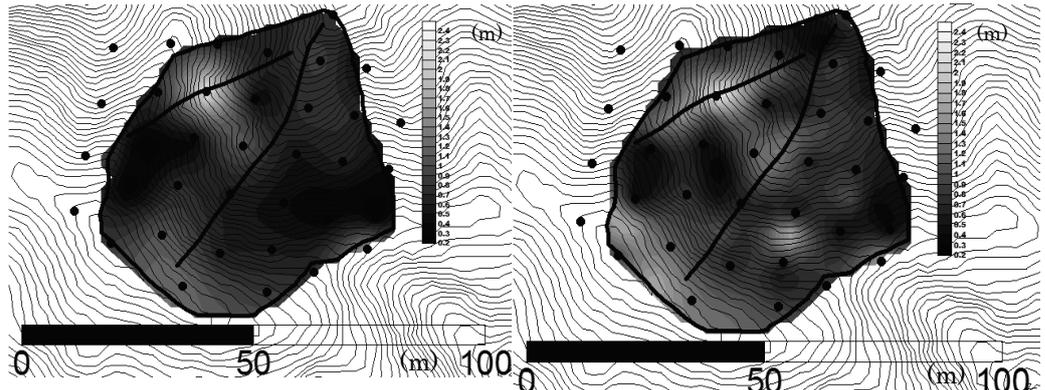


図 6 36 点で推定した土層厚分布

図 7 76 点で推定した土層厚分布

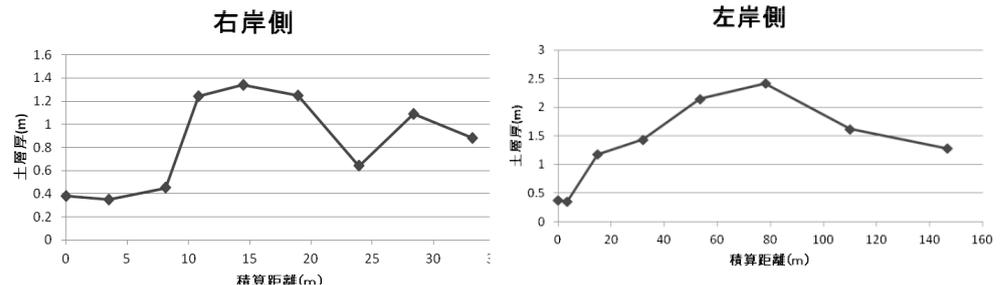


図 8 谷における流域末端からの積算距離と土層厚の関係

図 7 の谷における流域末端からの積算距離と土層厚の関係を図 8 に示した。右岸側、左岸側両方の谷において、斜面上部で土層厚が薄くなり、そのすぐ下は土層が厚くなった。これは斜面上部で崩壊が発生し、崩土が中腹に堆積しているのではないかと考えられる。この様に高密度での土層厚計測により図 7 では図 6 では見られなかった土層厚分布の特徴が検出できた。

4.2 計測地点数によるクリギング推定値の精度の検討

計測地点数と平均推定残差の関係を図 9 に示す。計測地点数が 60 のとき、5 回の試行の平均残差のばらつきが 0.3-0.6 と最も大きくなり、計測地点数が 40 以下の場合は平均残差は概ね 0.4-0.5 になった。計測地点数が 50、60 であると残差を 0.3 と小さくできる場合があるが、40 以下では常にそれより悪い推定結果となった。計測地点数を 60、50 と多くすると、残差平均のばらつきが大きくなるのは、クリギングによる推定値の精度が観測地点数だけに依存しているのではなく、観測地点の場所の影響を大きく受けることを示している。

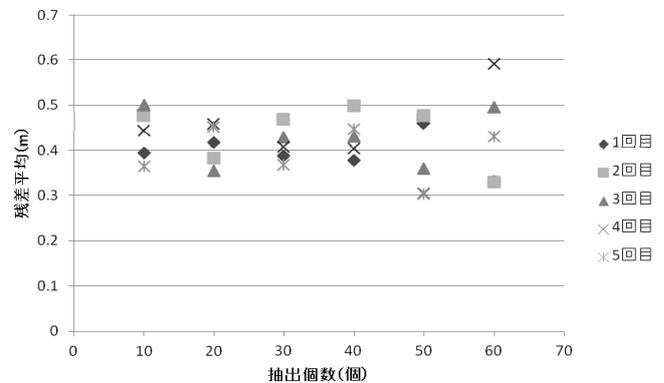


図 8 抽出地点数と残差平均

5 まとめ

高密度に土層厚を計測することにより、土層厚が不規則分布する地点の存在や、斜面上部からの崩土が中腹に堆積している様子といったそれまでの計測では表現できなかった特徴を示すことができた。また、クリギングの推定値の精度の検討では、76 地点に対して 50 地点計測することで良好な精度が得られる場合があった。しかし計測地点数だけでなく、計測地点個所も精度に強く影響を及ぼすことが示された。今後は流域内の地形的特徴と土層厚分布の関係について検討する予定である。

参考文献

R.C.DeRose, N.A. Trustrum, P.M. Blaschke, Palmerston North, Geomorphic Change Implied By Regolith=Slope Relationships On Steepland Hillslopes, Taranaki, New Zealand, Catena vol.18,p.489-514,1991.

沖村孝、表層崩壊予知モデルに用いる表土層厚推定法、新砂防 42、p14-21、1989

長谷川秀三、特集「斜面の安定と根茎を巡る諸問題」、根系深さの推定手法、日緑工誌、346-351、2006.