

# 山岳地での凍結融解による土砂生産量の計測手法の検討

筑波大学大学院 生命環境科学研究科 ○松田 悟  
今泉 文寿

## 1. はじめに

土砂の生産は、火山の噴火、降雨や地震による崩壊や地すべり、表面侵食などによって生じる。山岳地における主要な土砂生産形態のひとつとして凍結融解に伴う土砂生産が挙げられる。土砂生産量を知ることは重要であるが、山岳地における計測はアクセスの困難さ、落石などの危険性が伴う。そのため、持ち運びや計測の際の簡便性が求められる。航空レーザー測量などによって以前の地形データがある現場においては、簡便性のあるレーザー距離計を用いて計測を行い、土砂生産量を求めることが有効と考えられる。

本研究では、この手法を用いて凍結融解に伴う土砂生産量を崖錐の地形変化量から算出することを試みたので報告する。

## 2. 対象地

対象地は静岡県大井川上流に位置する筑波大学農林技術センター井川演習林である(図1)。井川演習林は南アルプス南端にあり、糸魚川-静岡構造線と中央構造線がぶつかる位置にある。地質は泥岩、砂岩、頁岩が互層となっていて、破碎されている地域が多く、崩壊地も多く存在している。



図1 井川演習林位置

## 3. 方法

井川演習林では2007年12月に航空レーザー測量(標高精度:最大35cm, 水平精度:対地高度の1/2000以上)が行われ、1m間隔DEMデータが整備されている。2008年4月~6月に地上計測を実施し、演習林内の25ヶ所の崖錐の地形データを得た。地上計測で使用した機器はLeaser Technology社のレーザー距離計Impulse200(距離分解能:0.01m, 鉛直角精度: $\pm 0.1^\circ$ )、デジタルコンパスMap Star(方位角分解能:0.01°, 方位

角精度: $\pm 0.5^\circ$ )である。Impulse200にパソコンを接続し、その場でデータのインポートを行った。

計測で得られたデータは、距離計を原点としたレーザー照射点の相対位置座標である。計測点の密度は1~2点/m<sup>2</sup>である。計測によるデータとDEMデータを重ね合わせるためには、計測の際の距離計の位置座標が必要である。GPS(GARMIN社GPSmap60CSx)を用いて距離計の平面位置を求めた。しかし、GPSから得られる平面位置には大きな誤差( $\pm 10$ m前後)が含まれ、1m間隔DEMデータと重ね合わせるためには、より正確に平面位置を決定する必要がある。また、距離計の標高も決定する必要がある。これらの距離計の位置座標は以下(1)~(5)の手順で設定した。距離計の位置を求めるために用いた計測データは地形変化のない場所でのデータである。

- (1) GPSから得られる平面位置を仮の距離計の平面位置とする。
- (2) 上の平面位置におけるDEMデータの標高値を仮の距離計の標高とする。
- (3) 仮の距離計の平面位置の2成分を東西南北にそれぞれ $\pm 10$ mの範囲で移動させる。
- (4) 移動させた平面位置毎に以下(i)~(iv)を行う。
  - (i) 仮の距離計の標高を $\pm 2$ m(航空レーザー測量の精度から考えられる誤差)の範囲で移動させる。
  - (ii) 図2に示すようにDEMデータが中心に位置するような格子に囲われるセルを設ける。

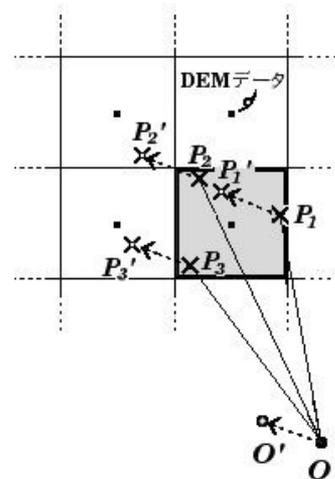


図2 距離計の位置合わせ

(iii) 移動させる毎にそのセル内に分布している計測データの相加平均値を各セルの標高値とする。例として図2の太枠囲いのセルでは、距離計の位置が  $O$  の時の計測点  $P_1, P_2, P_3$  の標高値の相加平均をとることになる。また距離計の位置を  $O$  から  $O'$  に移動させた場合、色付きのセル内には  $P_1'$  しか存在しないため、 $P_1'$  の標高値がそのセルの標高値となる。

(iv) 計測データと DEM データの差分をとる。

(5) 各セルにおける差分した値の二乗を合計した値が最小になるような距離計の位置座標を計測時の距離計の位置座標とする。

距離計の位置座標を決定後、崖錐部の計測から得られた標高と DEM の標高の差分をとることで、冬から春にかけての地形変化量を算出した。

#### 4. 結果

図3は距離計の位置を求めた計算結果の一例である。太枠の囲いは裸地斜面であり、面積は約  $1320 \text{ m}^2$  である。図3はセル毎の計測データと DEM との差を絶対値で示している。

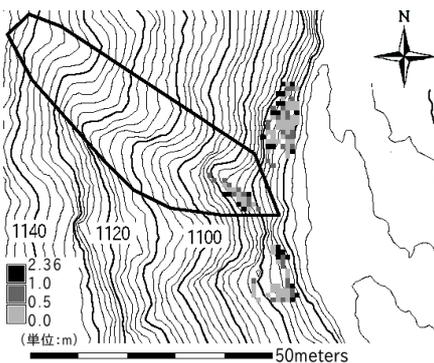


図3 地形変化のない場所での計測データと DEM の差の絶対値

計測点が DEM データの位置するセルの中心から最も離れた位置に分布している場合に最大の誤差が生じると考えられる。セルの一边は  $1 \text{ m}$  であるから、セルの中心から最も離れた位置までの距離は  $\frac{\sqrt{2}}{2}$  である。勾配による標高の誤差をこの距離に対して評価すると、セルの傾斜を  $\theta$  として、

$$\pm \frac{\sqrt{2}}{2} \tan \theta \quad (1)$$

である。図4は図3で示したセル毎の計測データと DEM の差（計測データから DEM を引いた値）と傾斜との関係を示した。実線で示しているのは式(1)によって推定される計測点の分布の偏りにより生じる最大の誤差である。

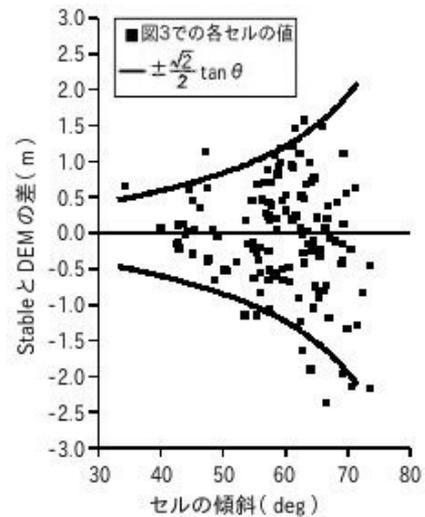


図4 セルの傾斜と安定斜面での計測データと DEM との差

図3によって示されている差はセル内での計測点分布によって生じる誤差以外にも含まれるものであるが、式(1)で推定される誤差の範囲内にほぼ収まっている。このことから、主たる誤差が算出法によるものである可能性がある。

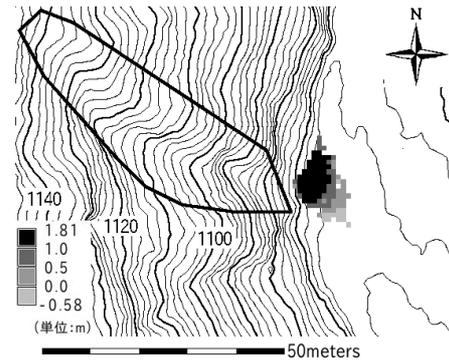


図5 崖錐地形の計測データと DEM の差

図5は崖錐部分でのセル毎の標高変化を算出したものである。この図5で示される標高差の合計から求めた崖錐全体の体積増加は  $97.33 \text{ m}^3$  であった。

全 25 箇所観測を行った結果、8ヶ所で崖錐の体積増加という計算結果を得た。しかし、残り地点では崖錐の体積変化がみられない、あるいは体積が減少という結果となった。

#### 5. 今後の課題

航空レーザー測量による地形データに地上計測から得た地形データを重ね合わせるため、距離計の絶対位置座標を求める必要があった。その位置座標を求める際にも誤差が生じていることが考えられる。今後は、冬と春の2期間における定点で本研究と同様の地上測量を実施することで、距離計の位置座標を求める過程を省いて崖錐の地形変化量を算出する。