

レーザー距離計を用いた山岳地での凍結融解による土砂生産量の計測手法

筑波大学大学院生命環境科学研究科○松田 悟
今泉 文寿
宮本 邦明

1. はじめに

山岳地における土砂生産形態の一つとして、岩盤の凍結融解現象が挙げられる。これは冬季に恒常的に生じるため、長期的な土砂管理を考える上で無視できない現象であり、その生産量の把握は重要である。しかし、山岳地はアクセスが困難な場所が多く、安全性や利便性を考えると簡便な手法での生産量の把握が求められる。松田ら(2009)は、土砂生産以前に航空レーザー測量で得たDEM(Digital Elevation Model)と土砂生産後に行ったレーザー距離計による崖錐地形の地上計測結果とを比較し、土砂生産量の算出を試みた。しかし、DEMと地上計測結果を比較する際には、DEM上に距離計の位置をおとす必要があるが、この位置合わせに大きな誤差を伴った。そこで本研究では、定点から崖錐地形の地上計測を2時期に行い崖錐地形を比較することにより体積変化量を求める手法を試みたので報告する。

2. 対象地

本研究の対象地は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(図1)である。井川演習林は糸魚川-静岡構造線と中央構造線がぶつかる地域に位置し、崩壊地が多くみられる。



図1: 井川演習林位置図

約1000m~2400mと高い標高にありながら冬季には積雪が少なく、凍結融解が生じやすいと考えられる。また、斜面の平均勾配が38度~40度と急峻で、生産された土砂は斜面に止まらずに滑落し、下部に崖錐として堆積している様子が多くみられる。

3. 方法

2008年10月~11月(土砂生産前)および2009年4月~5月(土砂生産後)の2時期に演習林内10ヶ所(No.1~No.10)の崖錐を対象に地上計測を行った。No.5とNo.6の崖錐については、崖錐全体を一望できる場所に距離計を設置できなかったため、上部と下部に範囲を二分して計測した。デジタルコンパス付きレーザー距離計を用いて距離と角度の計測

を各崖錐の表面上の数百点について行った。用いた機器はLeaser Technology社製Impulse200(距離精度:3~5cm,仰角精度: $\pm 0.1^\circ$)とMapStar(水平角精度: $\pm 0.3^\circ$)である(図2)。Impulse200にはPCを接続し、計測したデータをその場でインポートした。計測したデータから、距離計の位置を原点とした3次元直交座標系の各レーザー照射点の相対位置座標(x :東西方向, y :南北方向, z :高さ方向)を得た。

得られたデータは点群データであるため、そのデータをクリギング補間することで各崖錐の地形をラスター型データ(以後、ラスター)として作成した。ラスターを構成するセルの一边を50cmに設定した。各セルの土砂生産後の地表高から土砂生産前の地表高を引くことにより各セルの持つ高さの変化量を求め、セル面積を乗じて合計することで崖錐全体の体積変化量とした。

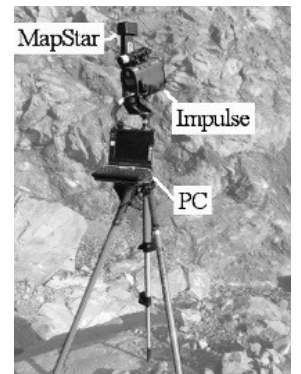


図2: 計測使用機器

4. 結果

2008年10月~11月および2009年4月~5月に計測を行った。この2時期間の崖錐の体積変化量など計測結果を表1に示す。

表1: 崖錐の体積変化量及び斜面侵食深の計算結果

No.	体積変化量 (m ³)	平均地形変化 (cm)	崩壊地面積 (m ²)	斜面勾配 (deg)	侵食深 (cm)
1	274.66	125.70	3045	50.0	5.80
2	44.48	8.85	963	60.8	2.25
3	50.89	6.71	960	49.2	3.46
4	20.99	60.84	1160	56.1	1.01
5	125.69	32.74	657	59.9	9.59
6	85.76	44.39	3061	49.9	1.80
7	214.73	50.32	1648	49.7	8.60
8	-166.80	-20.38	3222	41.9	-3.85
9	1.33	1.21	2019	50.8	0.04
10	163.37	19.19	-	-	-

表中の平均地形変化は体積変化量を崖錐面積で除した値である。また、崩壊地面積は各崖錐の上部に位置する崩壊地斜面の面積、斜面勾配は崩壊地の勾配を平均したもの、侵食深は斜面に対して垂直方向への後退量を示す。No.10については崩壊地の全体像を確認できなかった。

崖錐の体積変化量は、ほぼ $10^0 \text{ m}^3 \sim 10^2 \text{ m}^3$ オーダーであった。一方で侵食深は、No.5において最大で約 10cm を示したほか、ほとんどの斜面で数 cm オーダーとなった。No.8 においては冬から春にかけて体積が減少し、崖錐も平均で約 20 cm 低下したという結果となったが、現地調査時にはそれほど減少した痕跡は見られなかった。

5. 考察

表1の侵食深は、過大に見積もられている可能性がある。本研究での崖錐の体積変化量は崖錐表面の高さの変化から算出しているため、間隙も含まれている。一方で、侵食深にはそれは考慮されていない。

高さ方向の計測誤差を、使用した Impulse200 と MapStar の精度から式(1)で評価する。

$$\sigma = \pm \sqrt{\sigma_D^2 \sin^2 \theta + \sigma_\theta^2 D^2 \cos^2 \theta} \quad \dots(1)$$

ここで D は斜距離、 θ は仰角、 σ_D 、 σ_θ はそれぞれ斜距離と仰角の精度である。例として No.1 の誤差を求めると、斜距離、仰角それぞれの最大値 ($D = 47.2 \text{ m}$, $\theta = 25.83^\circ$) を用いて $\sigma = \pm 3.9 \text{ cm}$ となる。

また、計測による誤差の他にクリギング補間による誤差も考えられる。クリギング補間による影響を見るため、各セルの高さと地上計測により得た高さとを比較し、補間による地形の再現性を検証した。2009年春の崖錐 No.1 の計測結果を例として取り上

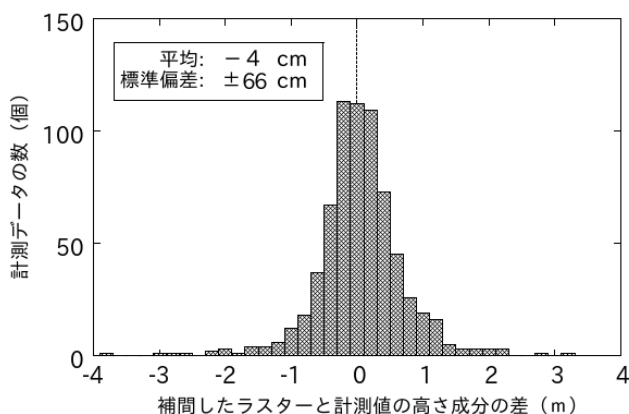


図 3：補間したラスタと計測データの
高さ成分の差の分布

げ、各計測点の高さからクリギング補間により作成した地形の高さを引いた値の分布を図3に示す。平均が -4 cm で標準偏差が $\pm 66 \text{ cm}$ である正規分布の形をしている。セル内に計測した点が存在しない場合にはより大きな誤差が生じる可能性がある。No.8 では、近傍に計測点のないセルが多く存在しており、このことが体積の減少となった原因の一つと考えられる。加えて、レーザー照射した斜距離がほとんどの崖錐で平均 50 m に満たないが、No.8 は崖錐の計測の際には平均 54 m で最大で 94 m と他の斜面よりも大きくなったことも原因の一つと考えられる。

本研究で得られた凍結融解による侵食量は、鈴木・福寫 (1989) 永井ら (2001) 堤ら (2007) により報告されている値の年間約 $0.5 \text{ cm} \sim 5 \text{ cm}$ 比べ、No.1, No.5, No.7 で大きくなっている。ここでの解析結果が正しいとすると岩盤の地質による違いも考えられるが、基岩が露出する環境では土砂生産量が大きくなるといわれており (堤ら, 2007), 井川演習林が急峻な地形であるため、生産された土砂が斜面に止まらないで常に露岩を呈する環境も影響していると考えられる。

6. おわりに

本研究では、2 時期における地上計測から変化量を求め、土砂生産量、侵食深を推定した。その結果、崖錐の体積増加をほぼとらえることができた。また、使用した機器の精度から評価した高さ方向の誤差よりもクリギング補間による誤差が大きい。この補間方法による誤差を小さくするためには、計測点の数を多くすることが考えられる。

本研究は平成 22 年度砂防学会若手研究助成を受けて行いました。ここに記して深く感謝申し上げます。

引用

- ・松田悟・今泉文寿・宮本邦明 (2009) : 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. 砂防学会研究発表会概要集, pp. 304-305.
- ・永井修・瀬戸俊彦・城ヶ崎正人 (2001) : 衛生伝送画像と温度測定による崩壊斜面の侵食に関する解析-春木川の破碎粘板岩地帯を例に-. 地すべり 37(4), pp. 66-73
- ・鈴木雅一・福寫義宏 (1989) : 風化花崗岩山地における裸地と森林の土砂生産量-滋賀県南部, 田上山地の調査資料から-. 水利科学 190, pp. 89-100.
- ・堤大三・藤田正治・伊藤元洋・手島宏之・澤田豊明・小杉賢一朗・水山高久 (2007) : 凍結融解による土砂生産に関する基礎的研究-田上山地裸地斜面における現地観測と数値シミュレーション-. 砂防学会誌, 59-6, pp. 3-13.