

## 小型無人航空機を用いた大規模崩壊地における地形変化が土石流に及ぼす影響の検討

筑波大学生命環境科学研究科 ○経隆 悠  
 筑波大学生命環境系 堀田 紀文  
 静岡大学農学部 今泉 文寿  
 東京大学 空間情報科学研究センター 早川 裕弐

### 1. 研究の背景と目的

大規模崩壊地では土石流が年数回と高頻度で発生する場合があるため<sup>1)</sup>、これらの流下規模を推定することは、防災や流域管理において重要だと考えられる。しかしながら、同一降雨イベント中に異なる形態の段波が流下する<sup>1)</sup>など、土石流の動態は複雑で、流下規模の推定は現状では困難である。大規模崩壊地は、急峻で複雑な地形を有するが、このような地形条件により、土石流の流下規模が変化することが数値シミュレーション<sup>2)</sup>や水路実験<sup>3)</sup>により示されている。そのため、流下規模の推定には、大規模崩壊地における地形条件と土石流の流下の関係の解明が不可欠であるが、土石流の観測データの蓄積や地形データの取得は不十分で、その理解は進んでいない。

本研究では、大規模崩壊地における地形変化が土石流の流下に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、土石流と降雨の観測、小型無人航空機 (Unmanned Aerial Vehicle, 以下, UAV) を用いた地形測量を行った。

### 2. 研究対象地

対象地は静岡県大谷崩一の沢で、流域の最高地点標高は約 1900 m、流路長が約 650 m、流域面積約 0.22 km<sup>2</sup>である(図-1)。ここは、日本有数の大規模崩壊地であり、土砂の生産から流出のサイクルが、明確な 1 年周期で進む。土砂は、冬期の凍結融解によって生産され、春先に谷底に供給される。これらの土砂は、夏秋に土石流となって流出する。

### 3. 方法

#### 3.1 土石流の発生・流下状況のモニタリング

土石流の発生と降雨条件の関係を整理するため、雨量観測と土石流の定点撮影を行った。雨量観測では 0.5 mm 転倒マス型雨量計を用いて、1 分間隔でデータを記録した。無降雨時間が 3 時間以上継続した場合に、その前後を異なる降雨イベントとした。

また、インターバルカメラ (Garden Watch Cam, Brinno Inc.) を用いて、谷部を定点撮影し、侵食・堆積痕から土石流の発生時期を判読した。観測期間は 2015 年 5 月から 11 月である。

#### 3.2 UAV を用いた地形測量

UAV (PHANTOM 2, DJI Co.) にコンパクトデジタルカメラ (GR, Ricoh Co.) を搭載して空撮した写真を、多視点ステレオ写真測量 (Structure from Motion, 以下, SfM) 処理ソフト (PhotoScan Professional, Agisoft LLC.) で解析し、解像度 10 cm の数値標高モデル (DEM) を作成した。DEM には、短縮スタティック測量 (A325, Hemisphere GNSS Inc.) によって取得した 4 点以上の座標を用いて、絶対座標を付加した。空撮は土石流発生後の 2015 年 7 月 16 日、7 月 31 日、8 月 23 日、9 月 11 日に行った。また、UAV による測量結果との比較のため、地上レーザースキャナ (GLS-1500, Topcon Co.) を用いた地形測量を 2014 年 11 月 28 日、2015 年 5 月 15 日に行った。

### 4. 結果と考察

観測期間中の 7 月 3 日、7 月 16 日、8 月 6 日、9 月 9 日の 4 つの降雨イベントで土石流の発生が確認された。これらの土石流はいずれも 10 分間雨量 5 mm 以上の降雨で発生しており、この土石流発生時の短期間降雨の閾値

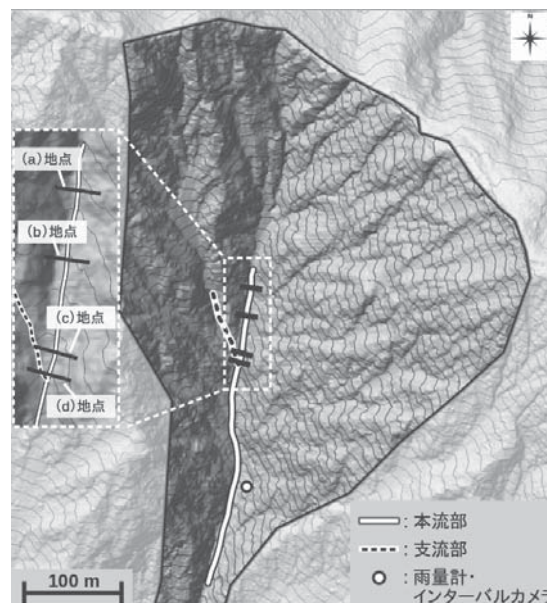


図-1 対象地地形図

は過去の土石流と同程度<sup>4)</sup>であった。その他の降雨条件は、最大1時間雨量が14 mmから27.5 mm、累積雨量が30 mmから153.5 mm、降雨継続時間が78分から1921分とばらつきが大きかった。以上のように、土石流の発生は短期間降雨が支配的で、発生の際には時系列的な変化が生じていなかった。

本流部の縦断方向の堆積層厚の変化を図-2に示す。本流部では上流部0 mから50 m地点のように、局所的に数メートルオーダーの侵食・堆積が繰り返し生じていた。このように同地点であっても地形変化の傾向が異なるため、本流部の堆積層厚の空間分布は、いずれの土石流発生後でも複雑であった。横断方向の地形変化を図-3に示す。いずれの地点でも、土石流の流下前後で横断形状が変化しており、その変化は地点毎に異なる傾向が見られた(図-3(a),(b))。例えば、図-3(a)地点では、土石流の侵食による谷地形が形成された後(7月14日、8月23日)、次の土石流時には土砂の堆積により平坦な地形へと変化していた(7月31日、9月11日)。また、インターバルカメラの撮影記録から、土石流発生降雨中には複数の土石流段波によって、同一地点で河床の侵食と堆積が繰り返し生じていることが分かった。

これらのことは、土石流の発生を短期間降雨の閾値によって判定可能で、この発生条件が地形変化の影響を大きく受けないことを示唆する。一方、局所的に侵食・堆積が繰り返し生じていることから、土石流の発達規模は現在の地形条件を反映して変化すると考えられる。つまり、大規模崩壊地で流下する土石流の規模は、降雨条件のみで定まらず、同程度の降雨であっても過去の土石流による地形変化に応じて異なる可能性がある。

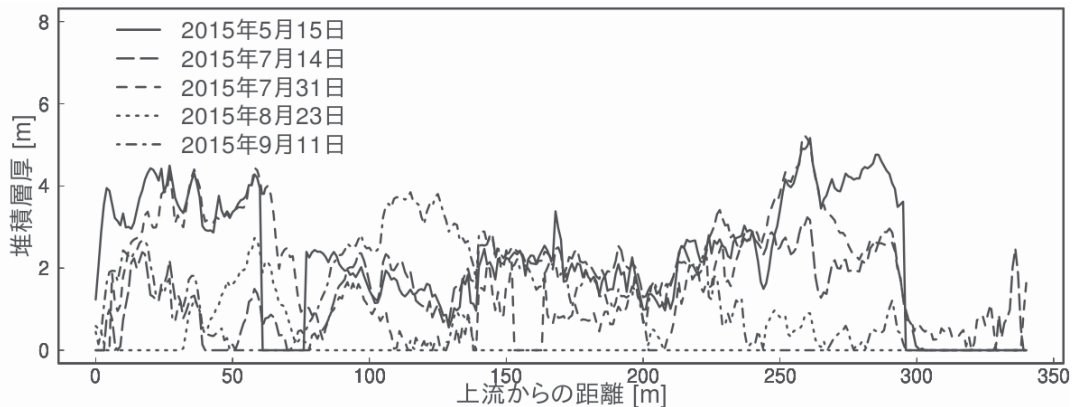


図-2 本流部の縦断方向の堆積層厚の変化

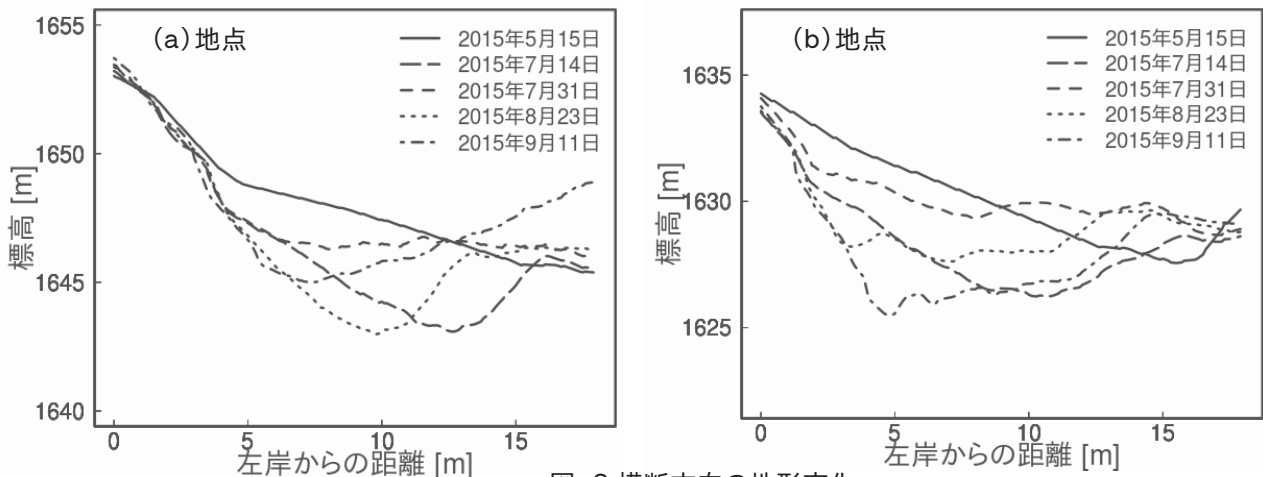


図-3 横断方向の地形変化

参考文献

- 1) 今泉ら (2003), 砂防学会誌, Vol.56, No.2, p.14-23
- 2) 経隆ら (2015), 砂防学会誌, Vol.68, No.1, p.3-12
- 3) Zhou et al. (2015), Engineering Geology, 194, p.52-61
- 4) 今泉ら (2004), 自然災害科学, Vol.23, No.1, p.93-106