

桜島有村川における土石流の表面形状計測手法と留意点

八千代エンジニアリング株式会社 ○横尾公博, 池田誠, 小室知栄
 国立研究開発法人 土木研究所 藤村直樹, 高橋佑弥

1. はじめに

鹿児島県桜島火山は日本国内に限らず、世界でも広く知られる活火山である。1955年には、南岳山頂火口において爆発的噴火が発生し、それ以降活発な火山活動を続けている。

火山噴火に伴い火山灰が堆積した流域では、その後の降雨により土石流が発生する危険性が高くなることが知られている。桜島においても噴火に伴って形成された火山灰被覆により、浸透機能が低下し、降雨による表面流が多数発生している状況にある¹⁾。火山活動が活発で日常的に降灰のある桜島では、降灰後の土石流の特性や氾濫範囲を予測する上での貴重な基礎データを得ることができる。このため桜島では、これまでも土石流の特性を把握するために多くの観測が実施されてきた。

本検討は桜島有村川 3 号砂防堰堤を対象として、対象堰堤に設置されている測域センサを用いた土石流形状の計測方法及びその留意点を考察するものである。

2. 対象流域の概要と設置機器

有村川流域は、桜島の南岳の南東斜面を流域とする。土石流観測は有村川の中流に位置する有村川 3 号砂防堰堤で実施されており、堰堤上流の流域面積は 1.35km²、堰堤地点の現況河床勾配は約 1/28.6 である²⁾。

有村川 3 号砂防堰堤での土石流の流下状況を観測する機器として、土石流荷重計、測域センサ、超音波流速計、CCTV、インターバルカメラ等が設置されている。このうち、測域センサについては(国研)土木研究所により平成 25 年に設置された後、観測手法及び計測データの評価に関する検討が行われている段階である。本論文では、測域センサを用いた土石流形状の計測及び解析方法、今後計測を実施する上での留意点について述べることで、今後の観測に資する検討を行った。

3. 測域センサ概要及び計測方法

測域センサとは、空間的な物理形状を計測することのできる光波距離計であり、レーザースキャナーとも呼ばれる。具体的にはレーザ($\lambda = 905\text{nm}$)光線により半円状のフィールドをスキャンし、対象物との距離計測とそのステップ角度により座標を計算し、通信により角度毎の距離データを出力するセンサを指す。有村川 3 号砂防堰堤に設置されている測域センサは、照射部から 0.25 度ずつ 190 度の範囲にわたりレーザを照射し、30m の範囲の物体からの反射波を受信し角度毎の距離として記録する機器であり、この 1 連の動作を 20Hz で実施する。つまり、1 秒間に得られるデータ数は、760 点 \times 20Hz = 15,200 個となる(図 1)。

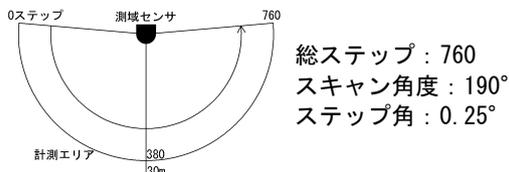


図 1 測域センサによる計測イメージ

4. 測域センサを用いた土石流の解析方法

4.1 解析方法

測域センサによる計測データから、土石流表面データを作成するステップは次のとおりである。

- ① 測域センサデータ(距離・角度)を用いて、測域センサからの横断距離と鉛直距離を算出する。

- ② 測域センサを用いた土石流形状の計測では、測線の左右の値とはかけ離れた値(例えば飛沫等)を計測することがある。このような計測値をエラーデータとして、測域センサからの鉛直距離と角度を基に判断し除去することとした。本検討では、ある点において算出した鉛直距離と前後の点で算出した鉛直距離との差が閾値よりも大きい場合にエラー値と判断することとした。ここで、エラー値となる閾値を 0.1m~0.6m まで変化させた場合の除去率を算定したところ、概ね 0.4m~0.6m では変化がなかったため、0.5m を採用した。
- ③ 測域センサからの横断距離と鉛直距離のうち、エラーデータを除いたデータを基に一定間隔で直線内挿し、土石流表面データを作成する。
- ④ 予め作成しておいた基準面データと土石流表面データの差をとることで、流下断面積を算定する。なお、本検討では、荷重計の設置範囲(幅 4m)に絞って、横断データを整理することとした(図 2)。

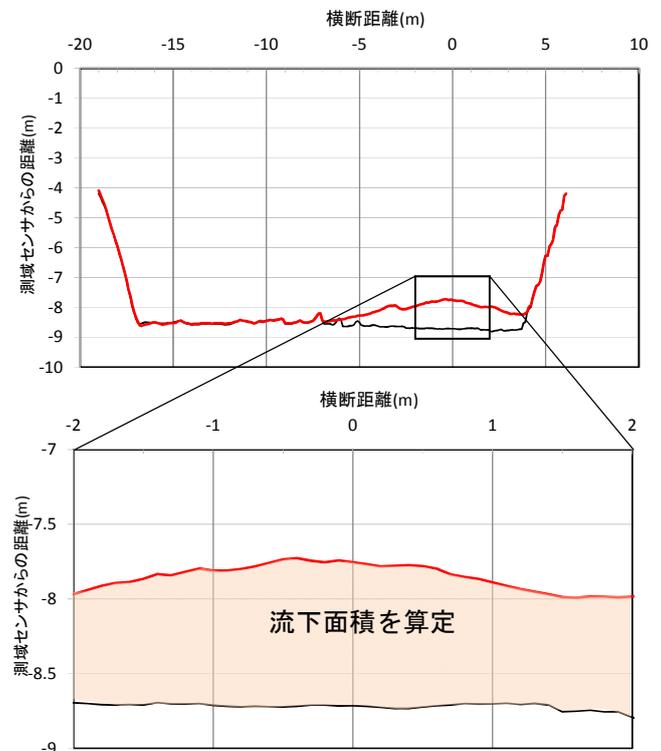


図 2 横断面積の計測事例

4.2 2016/6/19 土石流の解析結果

測域センサによる計測データを用いて、2016/6/19 に発生した土石流の横断形状(流下面積)を算定した。併せて、流下面積(測域センサ)及び流速(超音波流速計による平均流速)から、(1)式を用いて流量(荷重計の上を通過する流量)の算定した。

$$Q = AV_{\text{ave}} \quad (1)$$

ここで、 A は土石流の流下断面積(m²)、 V_{ave} は土石流の平均流速(m/s)である。なお、 V_{ave} は超音波流速計により計測した表面流速に高橋の流速分布³⁾を仮定し 0.6 倍した値を用いることとした。

土石流解析結果は図 3 に示すとおりである。図 3 か

ら次のことが明らかとなった。

- ① 流下断面積と流速の観測結果の傾向は概ね一致しており、測域センサを用いた土石流の観測結果に特に問題はないといえる。
- ② 土石流のピーク流量は6:45頃に生起しており、ピーク時の流下面積は約3.5m²、平均水深は約0.9m、ピーク流量は約20m³/sであった。
- ③ CCTVによる画像データが得られており、水通し部の流下状況を確認可能であった(図4)。



図4 CCTVによる画像データ

5. まとめと今後の観測に関する留意点

測域センサを用いた土石流形状に関する計測データを解析した結果、流下中の土石流の形状が把握可能であった。一方、本検討結果から測域センサによる土石流観測を行う上での留意点についても明らかとなった。測域センサを用いた土石流観測に関する留意点は、次のとおりである

5.1 他の観測機器との組み合わせた検証

図3に示した流下面積の計測結果では、7:03頃に流下面積が最大付近の値を示した。一方で、超音波流速計による計測データでは流速が卓越する状況は認められなかった。当該時刻についてCCTVによる画像データを確認したところ、1m程度の礫が水通し部を緩やかに通過する状況が認められた。このため、測域セン

サによる計測データはこの礫の影響を含んでおり、計測誤差によるものではないといえる。

また、測域センサの特徴として、外乱光による影響や、照射物の傾きによりエラー値が検出されることもある。特に清水に対してレーザ光線を照射した場合や日中等で外乱光の影響が卓越する場合、正しい値が検出されないことが多い。

測域センサ単独でこのような検証を行うことは難しいことから、超音波流速計やCCTV等の他の観測機器と組み合わせて測域センサによる計測データを解析することが望ましい。

5.2 設置方法

測域センサが水平に据え付けられていない場合、対象物に対してレーザを斜めに照射することとなり、計測結果に誤差が生じることが想定される。このため、測域センサ設置位置から、砂防堰堤等の対象物までの実距離を把握した上で、必要に応じて計測データを原点(測域センサ設置点)周りに回転補正する必要がある。

また、測域センサの固定が不十分な場合、風雨等による揺れの影響で計測結果に誤差が生じる可能性がある。計測途中での揺れによる影響を計測データから抽出し、補正することは困難であるため、測域センサについては揺れ等がないよう完全に固定させておくことが望ましい。

参考文献；

- 1)地頭園ら：火山灰に覆われた桜島山腹斜面における表面流出，砂防学会誌(新砂防)，vol.42(3)，1989
- 2)天野ら：桜島における荷重計による土石流検知・観測とその大きさについての検討，平成28年度砂防学会研究発表会
- 3)水山ら：土石流の水深と流速の観測結果の検討，砂防学会誌(新砂防)，vol.37(4)，1984

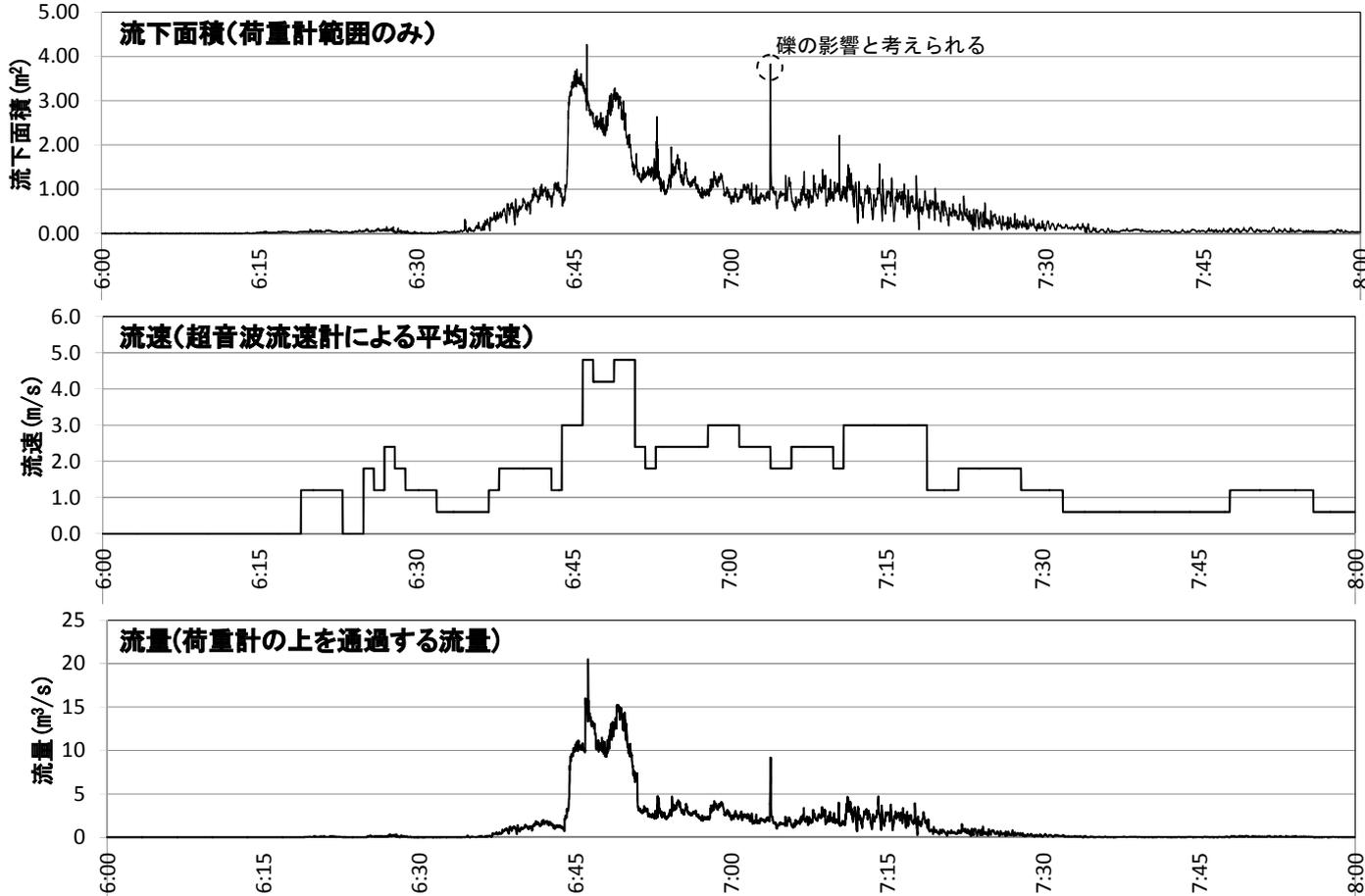


図3 2016/6/19 土石流計測結果