

桜島・有村川における測域センサを用いた土石流観測について

(国研) 土木研究所：○池島剛，清水武志，影山大輔，伊藤誠記
国土交通省新庄河川事務所：今森直紀

1. はじめに

活発な火山噴火活動を続ける桜島では、島内に火山灰等が堆積し、降雨に伴い土石流が発生している。有村川では、国土交通省大隅河川国道事務所と(国研)土木研究所は、様々な学術的観測や土石流対策技術の試験・研究を協働して実施して多くの成果を報告してきた(例えば¹⁾)。本稿では、2012年から計測している測域センサ²⁾による土石流の水深と流下横断面の計測結果を示し、既往報告のノイズである雨滴²⁾以外に生じたノイズとその簡易な対応策を示し、計測精度の高さから薄層流の一種である転波列を現地計測できたことを報告する。

2. 対象流域と計測機器の概要、対象土石流

有村川は、桜島の南岳(1,040 m, a. s. l.)の南東側斜面の溪流である。流域の多くが南岳及び昭和火口から噴出した火山灰等に被覆され、常時流水は無く、降雨に伴い土石流が発生する(図1)。

観測サイトの有村川3号砂防堰堤は、堤高10 mで満砂しており、元河床勾配は約1/15.5、現況で1/28.6である。流路は堰堤直上流で左岸側に湾曲しており、観測機器は同堰堤の水通し部の左岸側に設置している(図2)^{1), 2)}。測域センサは北陽電機(株)製のUXM-30LAH-EWAで、905 nm近赤外光で20 fpsの頻度、0.125°ステップで190°走査の二次元レーザースキャナである。本稿では、2017/7/4の事例(ピーク流量106 m³/s)を対象とする。

3. 方法

対象土石流が発生した時刻の降雨量、CCTV画像、測域センサの計測結果(1秒間隔)を時系列的に整理する。測域センサの水深は、流れの中心付近となる荷重計上の水深の平均値であり、画像解析(1分間隔)による水深と比較する。流量がわかるように、測域センサによる出水前の地形との差分値である流下断面積と超音波流速計(1分間隔)の計測を示す。次に、測域センサによる水深の時系列データからノイズが発生している箇所を特定し、CCTV画像で原因を確認する。ノイズ除去方法として、時系列水深データから時間差分量の集計時間(秒単位)と累積差分量(cm単位)の閾値を検討する。なお、閾値を越えた場合は、前時刻のデータとする。

4. 結果

図3に流量ピーク時及びノイズ発生時のCCTV画像を、図4に図3の画像の時刻の測域センサの計測結果の横断面図(0.1 m間隔)を示す。また、図5に降雨、水深、流下断面積と流速を示す。測域センサの結果は画像解析や超音波流速計と調和的な傾向を示す。ただし、7:40から8:00など10 mm/10 min以下の降雨時でノイズが発生した。CCTV画像で確認すると風による雨の吹付けや、堰堤水通しからの

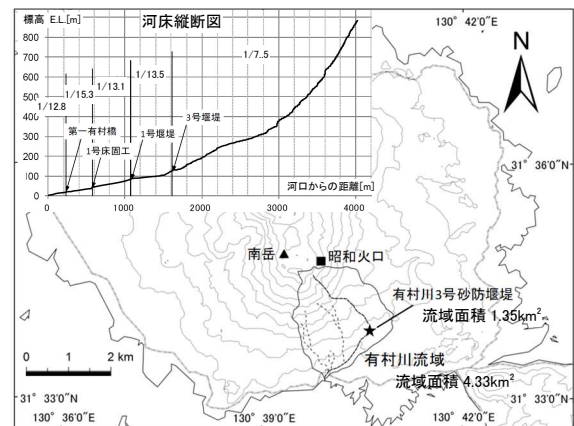


図1 桜島・有村川流域の位置と流域諸元



図2 観測機器の配置状況

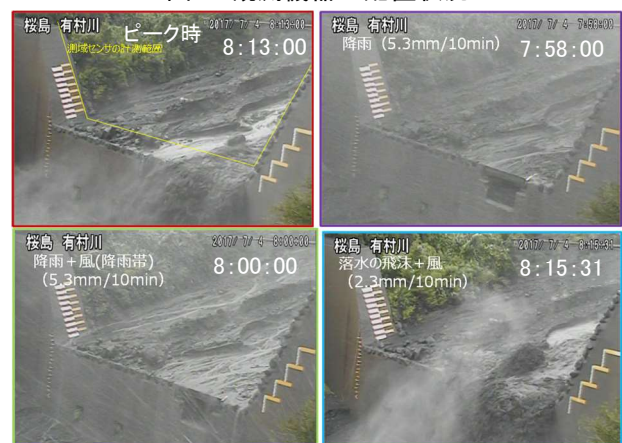


図3 CCTV画像(2017/7/4)

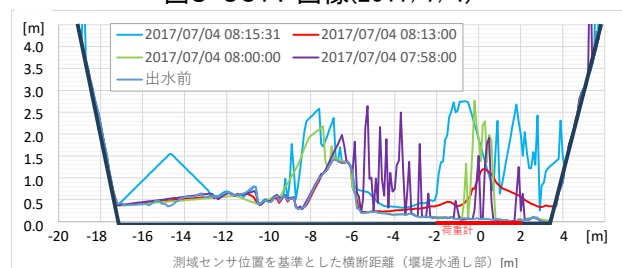


図4 測域センサ計測結果(横断面図)

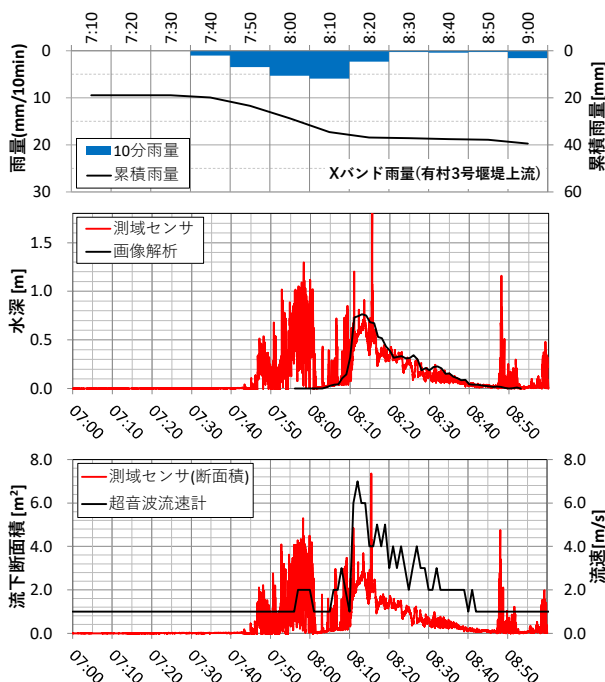


図5 各種計測結果(雨量、水深、流下断面、流速)

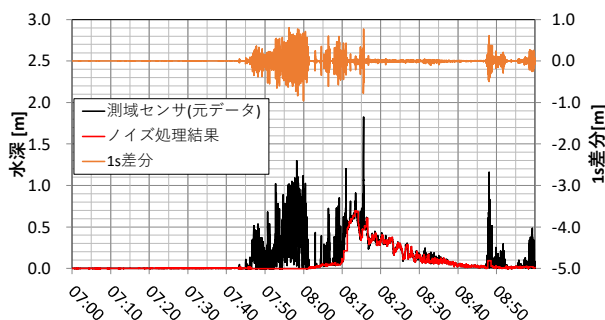


図6 ノイズの発生特性とノイズ処理結果

落水飛沫の巻き上げがみられた。図4の横断形状の計測結果では、ピーク時(8:13:00)は図3と酷似しており高精度に計測できている。また、他の時刻で示しているノイズ形状の特徴は様々である。図6におけるノイズの発生特性をみると、ノイズ箇所では1秒間の差分量が大きく、そうでない箇所は小さい傾向があった。時間差分量の集計時間と累積差分量を試行すると、3秒間で累積差分量3 cmの閾値でノイズ処理ができた(図6)。

5. 考察

測域センサを用いて、より精度の高い水位と流下断面積(水面計)を計測できた。図5において土石流流速の計測精度が同等であれば、土石流流量の精度向上を図ることができることがわかる。2017/7/4出水では図7に示す通り転波列のような流れもCCTV画像で確認された。図8に測域センサと荷重計にて計測されたデータを合わせて示す。有村川では、荷重(ロードセル)と圧力水頭(圧力計)を計測できる荷重計が設置されており、圧力水頭(下流)以外の計器では周期10 s~15 s程度の転波列が計測できている。そこで、岩垣ら⁴⁾による転波列の理論式及び実験値として示される発生条件と比較する。本



図7 転波列の発生状況

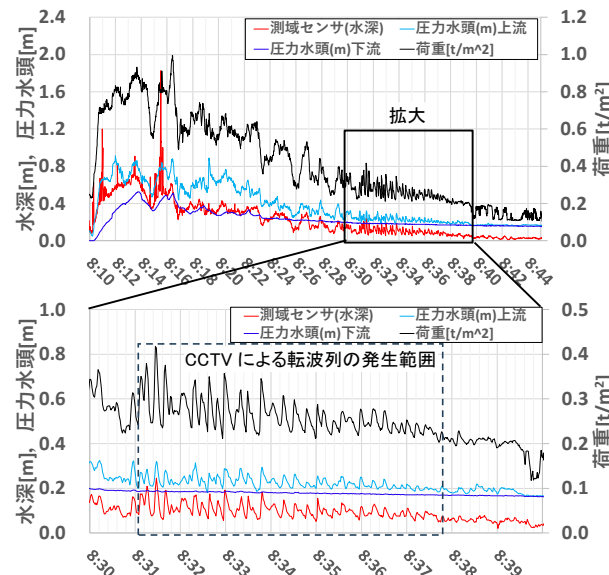


図8 転波列の計測状況

出水では、概算値でFr数は1.77~1.96、無次元波速を岩垣ら⁴⁾の式30で計算すると0.72~1.34で発生条件を満たしたが、同実験値より小さく、桜島・長谷川での実測⁵⁾の下限値付近の値だった。

6. おわりに

測域センサによる土石流計測事例を示し、機器の有用性とノイズ処理方法を示した。土石流対策や土石流解析モデルの検証データとしての活用が期待される。今後は他の出水での適用性や横断方向の処理方法の検討も含めてノイズ処理方法を確認し、測域センサの活用を含むより高度な土石流観測手法の検討を進める。また、測域センサによる時空間精度の高さにより、おそらく国内の土石流現地観測として初めて転波列の時系列計測ができた。

最後に、国土交通省大隅河川国道事務所には観測の便宜を図っていただくとともに各種観測データをご提供いただきました。京都大学名誉教授の故水山高久先生からもご助言をいただきました。ここに記して感謝申し上げます。

■参考文献

- 1) 大阪剛ら：桜島における土石流荷重計による単位体積重量測定，砂防学会誌，Vol. 65，No. 6，pp. 46-50，2013
- 2) 吉永子規ら：レーザ測距儀を用いたナップ飛距離及び水深の計測方法の提案と流速推定への応用，砂防学会誌，Vol. 70，No. 1，pp. 46-53，2017
- 3) 今森直紀ら：二次元レーザースキャナによる土石流の流量観測手法，土木研究所資料，第4445号
- 4) 岩垣雄一ら：転波列の水理学的特性について(第7報)，土木学会論文集，Vol. 40，No. 1，pp. 5-12，1955
- 5) 疋田誠ら：土石流における転波列の流動特性，土木学会関西支部研究発表会，pp. 222-223，1984