

LVP センサーによる桜島での土石流検知と連続観測の試み

国土交通省 九州地方整備局 山国川河川事務所 野田信幸 (前:大隅河川国道事務所)
大隅河川国道事務所 吐師一彦
日本工営(株) ○伊藤隆郭, 田方 智, 松田 悟 政策研究大学院大学 水山高久

1. はじめに: 桜島では、2000年頃まで火山活動が活発で、野尻川・有村川等の河川において土石流が頻発した¹⁾。その後、2010年頃より火山活動が活発化し、土石流の発生が増加している。管理型砂防計画への応用を見据え、土石流による流送土砂量の時系列特性の把握のために、有村川と野尻川において、スイズでの技術²⁾を応用した土石流荷重計セット^{3)~5)}を用いた土石流計測が実施されてきた。これにより、荷重計を用いた土石流計測の可能性が示され、土石流検知の次世代技術として、荷重計、加速度計と圧力式水位計を用いた土石流検知センサーの開発に至った⁶⁾。これをLVP (= Loadcell, Vibration and Pressure meters)センサーと称し、ワイヤセンサーとの組み合わせを基本として、土石流検知の閾値の設定のためのデータ収集と得られたデータの収集のためのシステム構築とオンライン化を行った。これらについて報告する。

2. 土石流発生の検知とLVPセンサーのデータ: 桜島においては、ワイヤセンサーが河床から60cmごとに3本設置され、1段(河床から60cm)、2段(120cm)、3段(180cm)のように、ワイヤセンサーの切断によって、土石流の発生を検知し、併せて、流れの規模の参考としている。LVPセンサーは河床に設置し、従前のワイヤセンサーとの組み合わせで確実に連続的な土石流の検知を行うためのセンサーである⁶⁾。ワイヤの誤検知防止やワイヤの切断後の現地立ち入りの制限時のために土石流の検知がLVPセンサーによって行われる。

3. 計測値による土石流発生の閾値の検討: 2015年2月6日にLVPセンサーの設置後⁶⁾、現在(~2017年3月)まで、同センサーは故障せずに土石流の検知を行っている。2016年1月~2017年3月末までに、ワイヤ切断によって11回の土石流流下の検知があった。そのうち、2016年9月20日(ワイヤ3段切断、1回)出水と2段切断(4月21日、6月19日、6月27日、9月17日:4回)の出水があり、

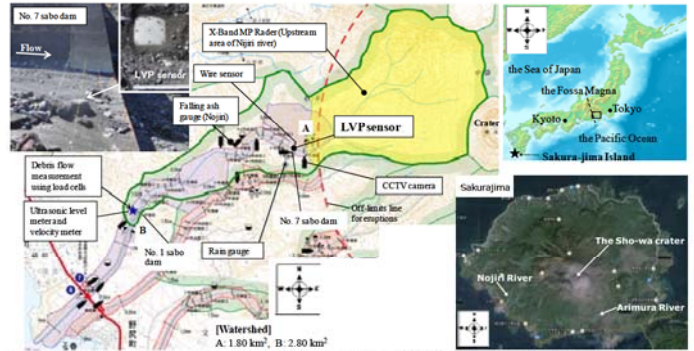


図-1 野尻川での土石流観測機器の配置(LVPセンサーは図中央)

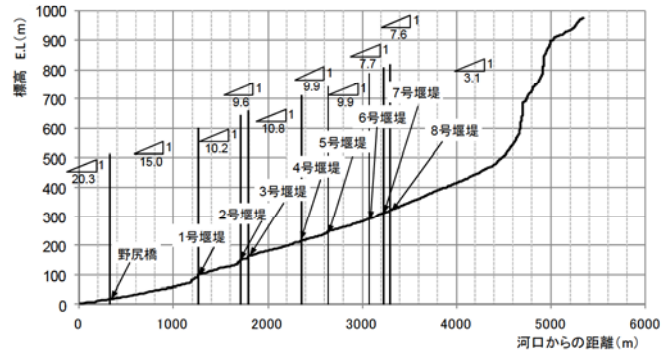


図-2 野尻川の河床縦断分布と河床勾配

LVPセンサーは全ての出水を検知した。

次に、LVPセンサーによる計測データを示す。図-3から図-5は、それぞれ、2016年6月27日、6月19日、9月20日の出水時の計測データである。水深、荷重、振動(生値)は、それぞれ、cm、kgf/m²、m Voltの単位系で示し、比較のためにワイヤ(1段:河床から60cm、2段:河床から120cm、3段:河床から180cmの高さ)が切断された段数と切断時刻を示している。なお、図-3は、センサーで計測された代表的なデータ(ワイヤ2段切断規模の出水)、図-4は、ワイヤの切断後に複数の土石流を検知した例、

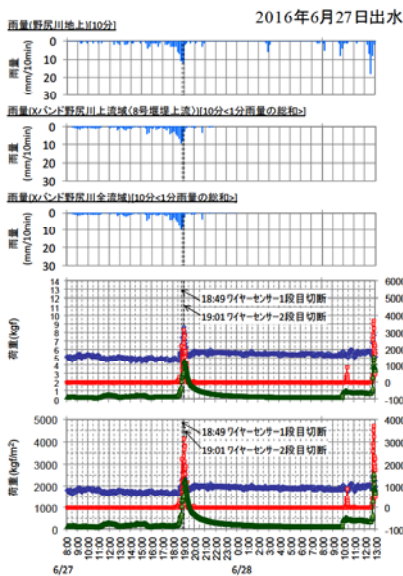


図-3 LVPの観測データ(6月27日出水)

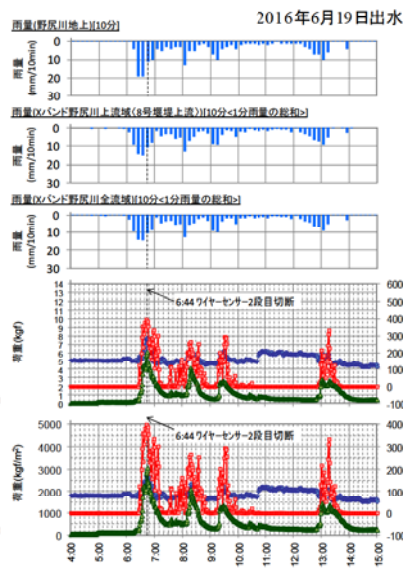


図-4 LVPの観測データ(6月19日出水)

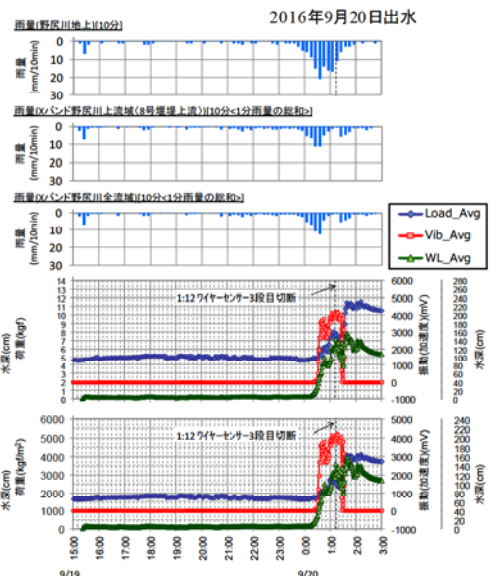


図-5 LVPの観測データ(9月20日出水)

図-5 は、2016 年の最大規模のデータ（ワイヤ-3 段切断規模の出水）である。LVP センサでの検知は、圧力センサによる水深、荷重、振動の順に優先度を設定し、ワイヤセンサの切断時の段数と、LVP センサの各時系列データを比較して、土石流の流下の検知を行う。水深計測値のワイヤ高さへの到達とワイヤセンサの切断時刻と類似しており、両者の一致は良い。なお、ワイヤが切断後に、複数回発生した土石流も LVP センサにより検知している。

図-6 は、ワイヤが切断した時刻における水深、荷重、振動の値を示したものである（表示単位は、図-3 から図-5 と同様である）。土砂濃度の大小と水深の関係が一意的でないため、ワイヤ切断段数（すなわち、水深）による違いは見られないが、土石流の流下を少なくとも検知する閾値や流れの規模の区別をする境界値は、抽出できるようなのである。今後のデータの蓄積が必要であるが、荷重は 400 kgf/m^2 以上、一方、振動は 200 mV 以上で土石流の流下を検知し、ワイヤ-1 段（高さ 60 cm ）の高さ以上になる土石流では、荷重は $2,400 \sim 2,500 \text{ kgf/m}^2$ 、振動は $2,800 \sim 3,000 \text{ mV}$ 以上の値をとる。ただし、ここで示す荷重は、土石流流下の直接的な荷重³⁾⁵⁾ではなく、検知用の目安の値である。

図-7 は、2016 年 6 月 13 日の出水での LVP センサのデータ（ワイヤ-1 段切断）である。同日の 3:43 にワイヤが切断し、水深や振動値は、図-6 に示す閾値を上回り、土石流の流下を検知している。一方、荷重は、荷重センサの温度依存性を示し、出水前の堆積土砂の重量を計測後に、土石流流下に伴って、荷重が減少している。非出水時においても、図-6 に示す荷重の閾値を超えている。水深、荷重、振動値の順に、LVP センサでは、土石流の流下を判定するが、荷重検知における図-7 のようなパターンへの対処が今後の課題である。

4. オンライン化の取り組み: 2015 年度までは、LVP センサのデータは、データロガー（CR1000）からルーターと携帯電話回線（FOMA）を通じて、データ伝送がされていた。2017 年 2 月中旬より、データロガーを追加し、事務所内の LAN（L3SW, L2SW）を通じ、LVP センサのデータを収集するデータ収集サーバーとリアルタイムにデータ表示をする Web サーバーを整備した。別途、CCTV 映像をみるための画像解析サーバーが整備されており、土石流の流況確認と LVP センサ等のデータ表示により、土石流検知を事務所内で行うことが可能となった。これらのサーバー運用を行いながら、土石流検知システムの更新を行っていく予定である。図-8 は、Web サーバーで見えるオンライン化した画面の一例である。

4. おわりに: ワイヤセンサとの併用を想定した土石流の検知センサーとして、LVP センサの継続的なデータ収集と観測データのオンライン化の取り組みを示した。今後、LVP センサのデータ

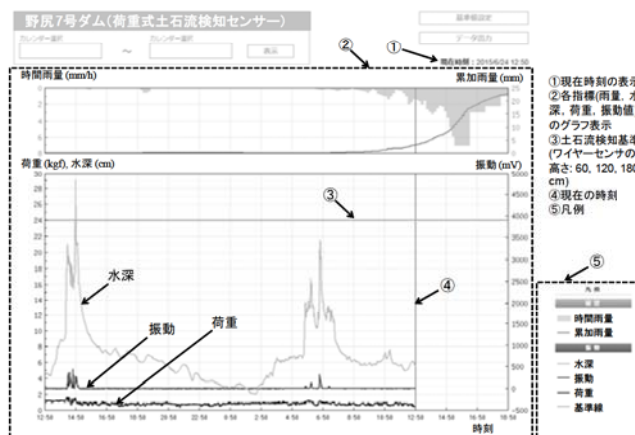


図-8 オンライン化した画面の一例

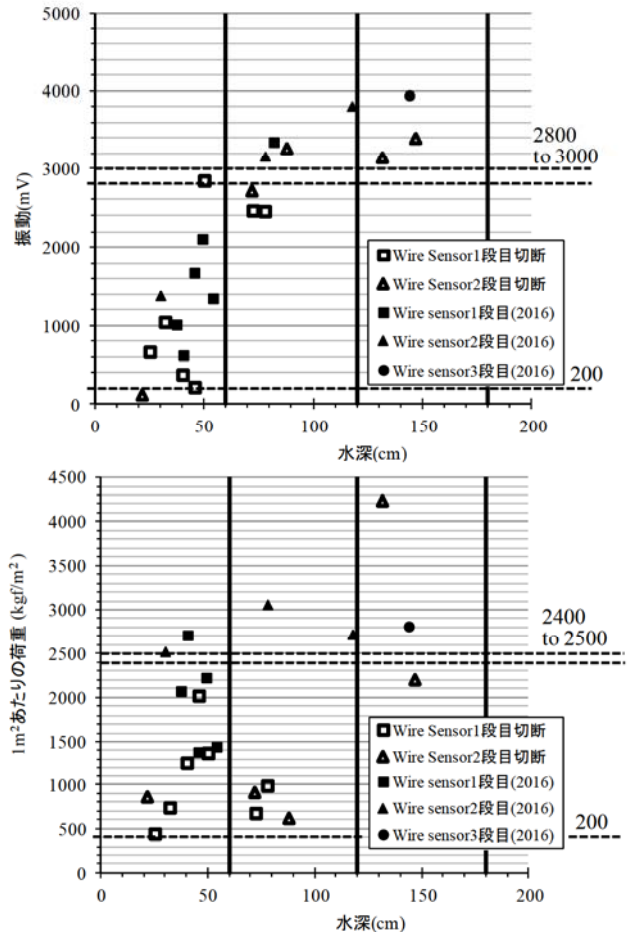


図-6 ワイヤが切断した時刻における水深、荷重、振動の値（上図：水深と振動、下図：水深と荷重）

取得をしながら、警報発信のためのシステムを構築し、実用化に向けた検討をしていく予定である。

参考文献: 1) 国土交通省 九州地方整備局 大隅河川国道事務所: 桜島火山砂防調査研究成果集, 110p., 2007, 2) Mc Ardell, B et al: Geophysical Research Letters, Vol. 34, L07406, 2007, 3) 高橋英一: 砂防学会誌, Vol. 65, No. 6, pp.60-63, 4) 田方 智ら: 平成 27 年度砂防学会研究発表会概要集 B, pp. B-30-31, 2015, 5) 加藤仁志ら: 平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集 B, pp.B-92-93, 2016, 6) 加藤仁志ら: 平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集 B, pp.B-86-87, 2016.

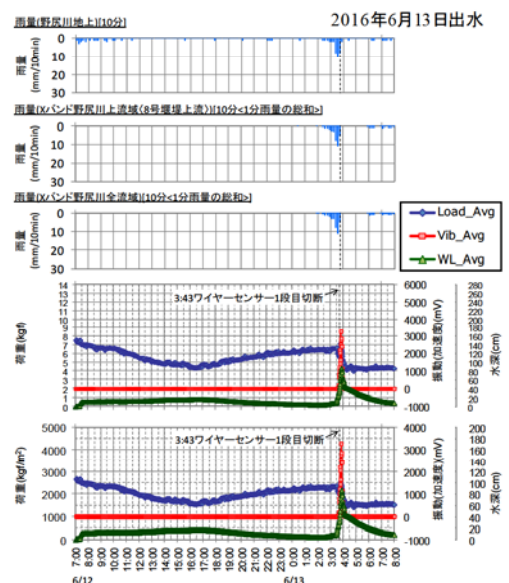


図-7 LVP センサの荷重計の温度依存の例（非出水時）