

火山地域における土砂移動バラマキセンサの開発について

中電技術コンサルタント(株) ○岩田直樹, 荒木義則
地球観測(株) 藤田行茂, 福田芳雄
鹿児島大学 酒匂一成, 伊藤真一
大阪大学 小泉圭吾

1. はじめに

火山活動が活発な桜島では多量の火山灰が山腹に堆積しているため、特に噴火後においては、極少規模の雨でも土石流が発生しやすい特徴がある。このような土石流の危険監視あるいは実態把握のために、監視カメラ、ワイヤーセンサ、超音波水位計等による観測が行われているが、これら定点観測のみでは広範囲に広がる土石流の実態を把握するには十分ではない。一方、近年 UAV（無人航空機）や IoT（Internet of things）といった情報通信技術が発展し、これらを組み合わせることで従来困難であった土石流の実態をより詳細に把握できる可能性が広がりつつある。本研究グループでは土石流の土砂移動状況の実態把握を目的に UAV 運搬型土砂移動検知センサの開発を進めており、本報告ではそのうち土砂移動バラマキセンサのプロトタイプの開発と動作確認を行ったので、その内容について報告する。

2. 土砂移動バラマキセンサのプロトタイプ開発

桜島において火山灰による土石流の土砂移動そのものを把握した事例はみられない。そこで本研究では初の試みとして、土石流の土砂移動を計測するための土砂移動バラマキセンサのプロトタイプを開発することとした。開発のコンセプトはセンサをばらまくだけで、土石流がいつどこで発生し、発生した土石流がどのように流下していくのかをリアルタイムに把握できるというものである。

図-1 に土砂移動バラマキセンサの概要を示す。ドローンでの運搬を想定しているため、ケースは突起物が無く、極力小型化することが好ましいが、電池の容量等も考慮してサイズを決定した。土砂と共に移動することから材質は金属製のハウジングも検討したが、免許不要な特定小電力無線を使用するため電界強度の減衰を考慮して強化樹脂製とし、耐環境性能として粉塵および噴流水の保護等級である IP65 を選択した。特定小電力無線は、IoT の 1 つである低消費で広域の通信が可能な LPWA（Low Power Wide Area）を採用した。センサとして三軸加速度計および GPS を実装し、三軸加速度計で土石流の発生を検知し、GPS で土砂移動中の位置情報である緯度、経度を計測する。加速度計の閾値は試行錯誤的に 0.38G とし、これを超えると 30 秒間隔で計 10 回の位置情報を送信する。なお、閾値を超えない場合も死活監視の目的で 1 日 1 回 GPS からの位置情報を送信する。GPS センサはその特性上、常に電源を供給する必要があるため、それらを加味して 1 カ月程度使用できるリチウム型一次電池を内蔵した。計測されたデータは図-2 に示す LPWA 基地局を介してクラウドサーバに送信され、WEB 観測ツール（C-Watch, 地球観測）で常時監視できるシステムを構築した。

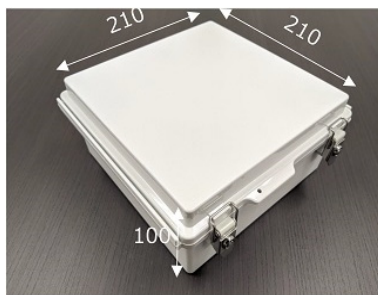


図-1 土砂移動バラマキセンサのプロトタイプ

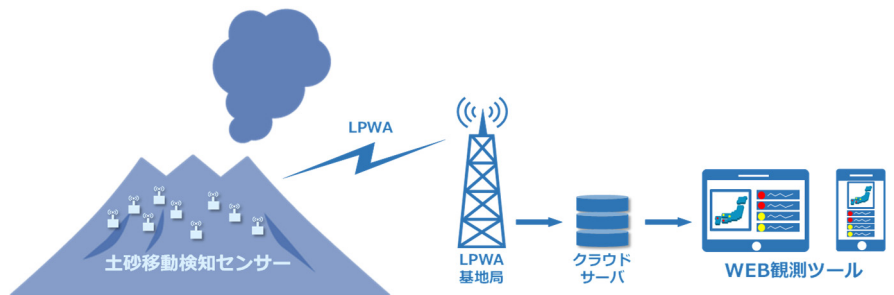


図-2 土砂移動バラマキセンサによる土石流観測システム

3. 桜島での動作検証実験

開発した土砂移動バラマキセンサの動作検証実験地は、桜島の中でも土石流の発生頻度が多い野尻川上流とし、5 台のセンサ (ID1~5) を図-3 の左上に示すように、センサを河床に置き周囲を小石で囲うようにして固定・設置した。図-3 は 5 台の実験開始から終了までの各 GPS のカウント数を白~黒の丸印で示したものである。ID1, ID2 は砂防堰堤の上流側, ID3~ID5 の下流側に設置した。ID2, ID3, ID5 は僅かな土石流でも動くように河床横断で最も低い位置に設置し, ID1, ID4 はやや流量の大きな土石流で動くようにやや河床高の高い場所に設置した。対象期間は 2020 年 9 月 25 日~2020 年 10 月 29 日であり、この期間中、何度か加速度計が閾値を超える結果が得られた。ID1~5 のカウント数は、それぞれ 35, 327, 45, 17, 90 であり、河床の低い位置設置したものほど回数が多くなっている。しかし、図に見られるように、ID3 が約 20m 移動したほかは、5m 程度の移動しか確認されなかった。また ID4 は、■で示した設置位置から

河床外に位置していることから、GPS の位置測位に何らかの問題があったものと推察される。

カウント数と土石流の関連性を見るために、期間中の降雨と各センサが閾値を超えた時期との関係を図-4 に示す。降雨記録は、砂防堰堤近傍で観測された時間雨量を使用した。この結果、降雨が発生した 9/25, 10/8, 10/22 に閾値を超えていることが確認された。しかし、10/8 の降雨では、降雨量が少ないにも関わらず ID2, ID3, ID5 とともに連続的にカウントしている点や、ID2 は降雨前からカウントが始まっていることから、計測地点よりも上流域で降雨があった可能性が考えられる。なお、この時期に野尻川で土石流検知のためのワイヤーセンサ（河床から 50cm）が切れたのは 9/18, 11/20 であり、実験期間中に大規模な土石流は発生していない。また、9/27~28, 10/17 のように降雨はないが加速度計に反応があったものも確認されており、これらの評価に当たっては、河床を撮影しているカメラ映像等から土石流の有無を確認するなどによって、センサが適正に動作しているかを確認する必要がある。一方、10/17 の降雨のように加速度計に反応がない場合もあり、これについても同様の確認が必要である。今回の実験では、加速度計が閾値を超えた原因の 1 つが降雨に関連するものであったと思われるが、図-3 に示すように設置したことから、その他の衝撃によって作動した可能性も否定できない。このように、設置方法や加速度計の閾値の設定も含めて今後検討する必要がある。

図-5 は実験期間中の電池電圧の変化を示す。この図より、10/22~10/29 頃に電圧が低下しており、センサ毎に若干の違いは見られるが、ほぼ設計通りの電池寿命を示したことが確認された。



図-3 土砂移動バラマキセンサの動作実験の概要と期間中のセンサの移動

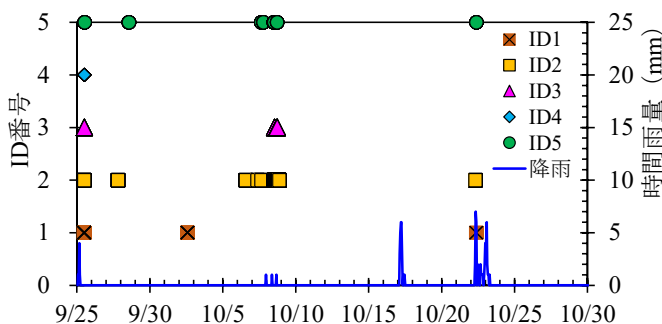


図-4 実験期間中の降雨と各センサが閾値を超えた時期

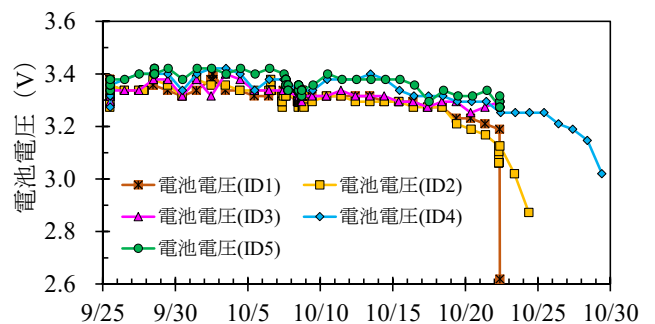


図-5 実験期間中の電池電圧の変化

4. まとめ

本報告では土石流の土砂移動状況の実態把握を目的に IoT の 1 つである LPWA による土砂移動バラマキセンサのプロトタイプを開発し、桜島でその動作検証を行った。その結果、加速度計が閾値を超えた際の GPS による位置情報を、WEB 観測ツールを用いて遠隔から観測できることを確認した。一方、本実験期間中に明確な土石流と思われる事象は発生しなかったことから、引き続き土砂移動を検知できるかどうかの実証試験を継続していく予定である。

謝辞: 本研究に対して、国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所から実験場所と、雨量データをご提供いただきました。ここに記して関係者各位に謝意を表します。