

降雪地域を考慮した非接触火山泥流検知システムの開発

株式会社拓和 ○柳町年輝、結城大介

国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 藤浪武史、阿部孝章

1. はじめに

泥流や土石流の発生検知には、ワイヤーセンサーが広く用いられている。しかし、積雪寒冷地においては、積雪の沈降力による切断等の問題が指摘されている。また、積雪寒冷地の火山地域においては、火山噴火に伴う融雪型火山泥流の発生及び流下に備えた長期使用への耐性が求められ、またどの沢筋にどこまで流下しているか等、融雪型火山泥流現象を面的に把握するための多点観測に向けた経済的で精度の高い検知システムの開発が求められている。

そこで、近年進歩が著しいセンサーや通信技術を活用し、従来の問題点を改善する積雪寒冷地における新しい緊急監視・観測システムの開発を行った。

2. 非接触火山泥流検知システムの開発

2.1 システム概要

積雪寒冷地において、ワイヤーセンサーなどの接触式センサーは積雪・融雪の影響を受けやすく誤検知や計測不能など計測に問題を生じる可能性があり、積雪・融雪の影響を受けにくい非接触で計測可能なセンサーが望ましい。そこで現在ワイヤーセンサーの代わりに利用されつつある振動検知式土石流センサー（以下振動センサー）による発生検知および障害物などの侵入検知等に用いられるレーザー測域センサーによる断面計測の技術を組み合わせた非接触火山泥流検知システムの開発を行った（図-1）。

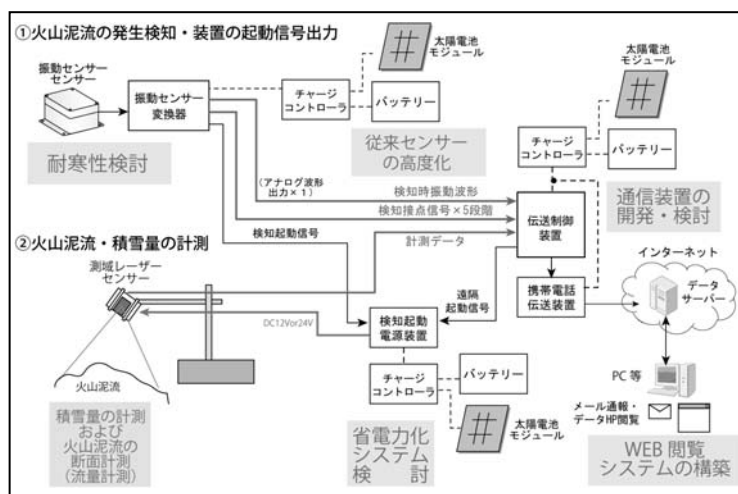


図-1 非接触火山泥流検知システム構成図

このシステムは、火山泥流による振動を上流に設置した振動センサーで発生を検知し、その検知信号を下流に設置したレーザー測域センサー、データ伝送装置に伝送し、その検知信号により装置を起動し火山泥流の断面（流量）計測する。およびセンサーで計測した検知信号および断面（流量）データをインターネット上のデータサーバーに伝送し、WEB ページにてデータの閲覧を行う。

このシステムの特徴としては低消費電力の振動センサーにより発生を検知し、その検知信号にて他のシステムを起動する事によりシステム全体が省電力で動作し商用電源がない場所において太陽電池等での運用が可能である。およびレーザー測域センサーは、通常時は積雪計としての利用が可能で、融雪型火山泥流の基礎データの積雪量観測に利用する事や、対象物までの距離測定のみならず対象物からの反射光量の違いが計測できるため、積雪、火山灰、水、土石流等の計測対象物の判別の可能性が期待される¹⁾。

2.2 寒冷地対応振動センサー

振動センサーは、火山泥流の振動を捉え、発生を検知する非接触の検知センサーであり繰り返し使用が可能で、積雪・融雪等の影響を受けづらい特徴がある。しかし、極めて低い温度での使用は想定されていないため、寒冷地での使用に対しては何かの寒冷地対策を行わなくてはならない。通常測定装置を寒冷地で使用する場合、ヒーターを使い保温するが、電力を多く使い商用電源のある場所ではしか使用できない。

そこで振動センサーの変換器に専用寒冷地対策用保温カバーを作成し変換器自体が動作範囲温度以下にならないような



図-2 寒冷地対応振動センサー

対策を施した（現在耐久試験中）。また、振動センサーから検知信号を伝送する為、乾電池等で動作する低消費電力かつ長距離伝送を可能としたマルチホップ機能を有した特定小電力無線伝送装置と組み合わせたシステムを構築した（図-2）。

2. 3 レーザー測域センサーの断面計測・反射強度試験

レーザー測域センサーは、センサーからレーザー光を照射し、対象物から帰ってきた反射光の時間差から距離を測定し、かつ反射強度を測定するセンサーであり、エリア内にスキャンさせることにより対象物の2次元断面形状の測定が可能となる。レーザー測域センサーの性能を検証する為に断面計測の精度および対象物の違いによる反射強度の変化確認試験を行った。パイプを利用し地上高約3mの高さにレーザー測域センサーを設置し、地表面の水槽に①積雪、②積雪面上に火山灰（数mm厚）を降らせた場合、③火山灰を10cm堆積させた場合、④水のみ、⑤水と火山灰を混ぜた泥水（積雪が融け火山灰と混ざり泥流化した場合を想定）の5種類で実験を行った（図-3,4）。測定結果（表-1、図-5）より、断面計測の距離測定精度は①～⑤すべての条件で約±2cm程度の精度で計測された。次に反射強度による違いにおいては①積雪面は②③火山灰堆積、④水、⑤泥流とは反射強度が2倍程度強く①積雪とその他対象物判別が可能であった。④水と②③火山灰堆積、⑤泥流との違いにおいては、④水の反射強度が若干強い程度で反射強度のみでの判別は難しいが④水の場合は垂直に当たった面でしか反射が返ってこないことから断面形状の違いにより判別が可能と考えられる。②③火山灰堆積と⑤泥流との違いにおいては、反射強度ではそれほど差異がないので振動センサーの検知情報および時間的な断面形状の変化により判別が可能と考えられる。

2. 4 検知信号連動起動試験

振動センサーからの検知信号を受け、レーザー測域センサー等の他の装置を起動する検知起動電源装置の試作を行い、実際に連動起動試験を行った。振動センサーに外部から疑似的に振動を与え、検知信号を出力した際、検知起動電源装置により正しくレーザー測域センサー等の起動が確認された。その際、レーザー測域センサーが安定計測するまでおよそ30秒から1分程度かかったことから、泥流等の先頭部を計測するには、その時間を確保する上流に振動センサーを設置する必要がある事が判明した。

3. まとめ

積雪寒冷地における振動センサー、レーザー測域センサーを利用した新しい緊急監視・観測システムの開発を行った。振動センサーにおいては専用耐寒用保護カバーおよび無線伝送システムの構築、レーザー測域センサーにおいては断面精度測定試験、反射強度による対象物の判別試験を行い良好な試験結果が得られた。今後は実際の現地での長期間暴露試験を行う予定である。

参考文献

1) 能和幸範・木佐洋志・山越隆雄・石塚忠範：土石流断面計測の精度向上に向けたセンサーの開発、平成25年度砂防学会研究発表会概要集 pp. B278-B279



図-3 レーザー測域センサー試験風景

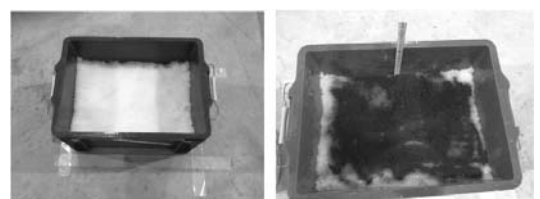


図-4 測定対象物試験状況一例
（左：積雪、右：火山灰（数mm厚））

表-1 レーザー測域センサー試験結果一覧

	測定対象物	反射強度	断面計測	備考
①	積雪	7400	○：約±2cm精度	
②	火山灰 （数mm厚）	3300	×：精度以下 誤差範囲	ただし反射強度の違いにより火山灰が積もったかどうかの判断は可能
③	火山灰 （10cm厚）	3900	○：約±2cm精度	
④	水	4300	△：約±2cm精度 ただし垂直直下のみ	直下の水位測定に利用可能
⑤	泥水	3600	○：約±2cm精度	

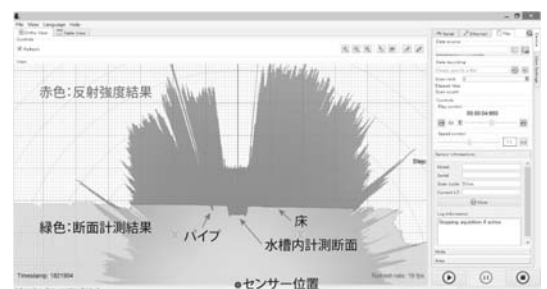


図-5 レーザー測域センサー試験結果画面
（③火山灰計測時の例）