

新潟大学災害・復興科学研究所
共同研究報告書

冠雪活火山監視のための観測に及ぼす
積雪・融雪の影響の把握とその除去手法の確立

研究代表者氏名 宮村淳一¹⁾

研究分担者氏名 河島克久²⁾, 松元高峰²⁾, 伊豫部勉³⁾, 木村一洋¹⁾

1) 気象庁地震火山部火山課, 2) 新潟大学災害・復興科学研究所³⁾, 京都大学大学院工学研究科

研究要旨

冠雪活火山における火山監視のための観測にとって、積雪及び融雪状態を把握し、その影響を除去する手法を確立することは重要である。例えば、マグマ貫入などに伴う地殻変動の監視に用いる傾斜計は、融雪の影響を大きく受け、冠雪活火山監視の支障となっている。融雪量を求める手法としては、簡便なデグリーディ法から厳密な熱収支法まで幾つかの手法があるが、火山監視用観測機器は商用電源供給を受けることが出来ない場所に設置されている場合が多く、融雪量を求めるため必要な気象観測を行うことが難しい。そこで、本研究では融雪の影響を受ける日本国内の 15 火山の傾斜計、計 30 成分について、周辺のアメダスによる気象観測データ（気温、日照時間、雨量）、気温及び日射量から融雪量を求める TR モデル及び 4 段のタンクモデルを用いた降水補正手法を適用し、融雪の影響の除去を試みた。その結果、大半の火山の傾斜計で融雪の影響を軽減できることを確認した。

A. 研究目的

冠雪活火山監視のための観測にとって、積雪及び融雪状態を把握し、その影響を除去する手法を確立することは重要である。例えば、傾斜計は積雪の影響はほとんど受けないが、融雪の影響を大きく受け、火山監視の大きな支障となっている。平成 28 年度新潟大学災害・復興科学研究所共同研究の『融雪量を考慮した傾斜計データの降水補正に関する研究』では、新潟大学等が御嶽山・田の原で 2015 年及び 2016 年に観測した融雪量データを元に傾斜計データから降雨及び融雪の影響を除去するとともに、田の原の傾斜計を対象とする周辺のアメダスデータを用いた降雨及び融雪による影響を除去する手法を考案した。本研究では、これまでの成果を踏まえ、田の原以外の多くの冠雪活火山に設置された傾斜計に適用可能な融雪の影響を除去する汎用的な手法の確立を目指すことを目的とする。

B. 研究方法

本研究では、右の表に示す傾斜計（それぞれ南

火山	傾斜計	近隣のアメダス
アトサヌプリ	跡佐登	川湯
雌阿寒岳	飽別川上流	阿寒湖畔
十勝岳	望岳台	白金（雨のみ） 上富良野
岩木山	松代白沢	岳（雨のみ） 鱒ヶ沢
秋田焼山	ぶな沢南	八幡平
秋田駒ヶ岳	八合目駐車場	田沢湖
鳥海山	観音森	にかほ
栗駒山	耕英	駒ノ湯
安達太良山	沼尻山甲	鷲倉（雨のみ） 猪苗代
日光白根山	五色沢	奥日光
草津白根山	青葉山西	草津
新潟焼山	カラサワ	能生
乗鞍岳	三本滝	奈川
御嶽山	田の原	御嶽山（雨のみ） 開田高原
富士山	太郎坊	御殿場

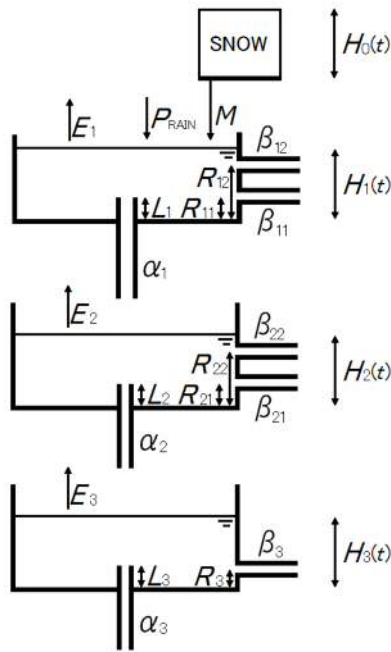


図1 本研究で用いたタンクモデルの形状

北成分及び東西成分のセンサーを有する)を対象に調査を行った。これらの傾斜計については、火山噴火予知連絡会等の気象庁資料において、融雪の影響が指摘されていた。調査期間は、これらの傾斜計が運用を開始した2011年4月から2017年9月までの5年半である。

傾斜計データから降雨及び融雪の影響を除去する手法には、図1に示すタンクモデルを用いた。このうち積雪層である0段目のタンクに積雪があり、気温と24時間前からの平均気温が 0°C より高い場合、融雪量 M の算出にはTRモデル(以下の式のとおり、気温 T ($^{\circ}\text{C}$)及び全点日射量 K (W/m^2)から融雪量を求める)を用いた。

$$M = M_a K + M_b T + M_c \quad (1)$$

また、降雨量 P_{RAIN} (気温データより雨雪判別を行い、雪と判別されれば無視する)も1段目に入力する。1段目に貯留した降雨量及び融雪量は、タンクモデルの各パラメータの値に基づき、2段目や3段目へと移動、あるいは外部に流出する。1段目、2段目、3段目のタンクの水位 H にそれぞれ補正係数をかけて足し合わせたものを理論降水応答とし、傾斜計のデータから理論降水応答を差し引いたデータが直線的であればあるほど小さくなるように目的関数を設定し、大域的探索法の一つであるSCE-UA法(Duan et al. 1992)に

よって目的関数が最小となるパラメータを算出する。今回の手法の検討では、気象庁が東海地震の監視のために設置したひずみ計の降雨の影響を除去するタンクモデルを用いた降水補正手法(木村・他, 2014)を参考にした。

なお、融雪量の算出や雨雪判別に必要な気温データについては、傾斜計と同じ場所で気象観測が行われていることはほとんどないことから、近隣のアメダスから傾斜計が設置されている場所の気温データを推定する必要がある。ここでは、まず簡易的に全ての傾斜計において気温減率を一定($5.5^{\circ}\text{C}/\text{km}$)で与えて推定した。また、TRモデルによる融雪量の算出に必要な全点日射量は、観測データがほとんどない。そのため、アメダスの日照時間データから全天日射量を推定するYang and Koike(2005)の提案した推定式及びパラメータを用いた。また、融雪量の算出に際し、それぞれの年の年間融雪量(1年ごとに1つ)をパラメータとして用いた。TRモデルの3つのパラメータ、年間融雪量(2011年から2017年の計7つ)についても、タンクモデルのパラメータと同時に推定した。

C. 研究結果及び考察

御嶽山・田の原、草津白根山・青葉山西など大半の傾斜計で降雨と融雪の影響が、多少なりとも除去できることが確認できた。図2に草津白根山・青葉山西の傾斜計データから降雨及び融雪の影響を除去した例を示すが、夏季の降雨に加えて、特に毎年大きく現れている南北成分の融雪によると見られる変化が大幅に軽減されている。その結果、東西成分、南北成分ともに、2014年から2015年にかけて草津白根山で発生した膨張性地殻変動によると見られる北西上がりの変化を容易に検出できるようになった。アメダスから遠く離れた傾斜計では除去できない降雨と融雪の影響が、アメダスに近い傾斜計に比べて多かった。また、岩木山・松代白沢、鳥海山・観音森の傾斜計では、降雨の影響は除去できたが融雪の影響が除去できなかった。用いたアメダスが海に近く冬季は暖かいため、傾斜計が設置されている場所での気温データの推定に用いた気温減率では小さすぎる可能性があると考えられた。そこで、気温減率をパラメータに加えて求めるようにした

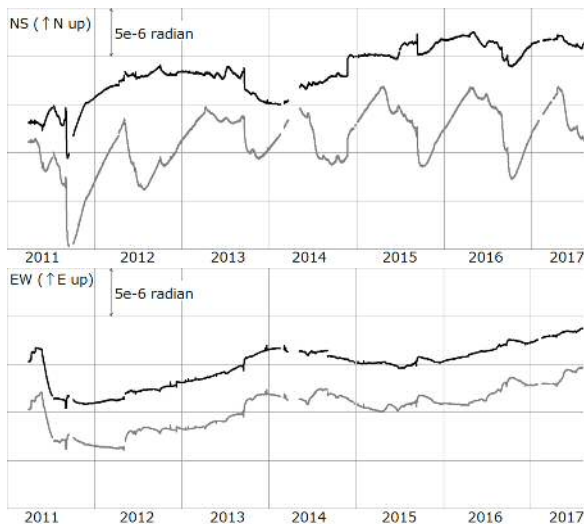


図2 草津白根山・青葉山西傾斜計のデータ
 黒色：降雨及び融雪の影響を除去
 灰色：降雨及び融雪の影響を除去していない

ところ、アメダスと傾斜計の標高差が大きい観測点で融雪の影響の除去の改善（目的関数の値の低下）が確認でき、近隣のアメダスから融雪量を推定する上で、気温減率が重要な要素であることが分かった。但し、岩木山・松代白沢、鳥海山・観音森の傾斜計では気温減率の見直しだけでは融雪の影響の除去があまり改善されず、別の要因を検討する必要がある。

また、アトサヌプリ・跡佐登の傾斜計では、融雪の影響を除去できる年とできない年があった。ここは川湯アメダスが近接しており、得られる気象データとしては恵まれていることから、今後は気象データ以外の要因を検討する必要がある。

D. 結論

融雪の影響を受ける日本国内の15火山の傾斜計の合計30成分について、アメダスの気象観測データ（気温、日照時間、雨量）、気温及び日射量から融雪量を求めるTRモデル及びタンクモデルを用いた手法を適用し、融雪の影響の除去を試みた。その結果、大半の火山の傾斜計で融雪の影響を軽減でき、良好な気象データさえ得られれば汎用的な手法となり得ることを確認した。

また、近隣のアメダスから融雪量を推定する上で、気温減率は重要な要素の1つであり、全ての

観測点で一律に与えるのではなく、個別に調査する必要性を明らかにした。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表（学会名・発表年月・開催地なども記入）

宮村淳一，木村一洋，中橋正樹，河島克久，松元高峰，伊豫部勉，佐々木明彦，火山監視用傾斜計に現れる融雪の影響，日本火山学会2017年度秋季大会，平成29年9月，熊本市。

木村一洋，河島克久，松元高峰，伊豫部勉，佐々木明彦，宮村淳一，中橋正樹，火山監視を目的とした傾斜計に現れる融雪の影響－日照時間及び気温から推定した融雪量と用いた傾斜計データの降水補正アルゴリズム－，雪氷研究大会（2017・十日町），平成29年9月，十日町市。

木村一洋，河島克久，松元高峰，伊豫部勉，佐々木明彦，宮村淳一，中橋正樹，火山監視のための傾斜計の降水補正3，日本測地学会第128回講演会，平成29年10月，瑞浪市。

気象庁火山課，新潟大学災害・復興科学研究所，降雨及び融雪の影響を除去した青葉山西の傾斜計データ，火山噴火予知連絡会第2回草津白根山部会，平成30年3月22日，草津町。

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし