

浅間山における融雪型火山泥流に影響する積雪量の推定

Estimation of the Snow Depth Influencing Lahar on Asama Volcano

大塚仁大¹, 飯島 聖¹

Yoshihiro OTSUKA¹ and Sei IJIMA¹

(Received July 22, 2014: Accepted November 27, 2014)

1 はじめに

気象庁では、火山活動に応じた警戒範囲や住民等がとるべき防災対応について噴火警報・予報により発表している。浅間山においても、5段階の噴火警戒レベルを浅間山火山防災協議会で合意されたレベル区分に沿って噴火警報・予報に付して発表している。噴火警戒レベルは、レベル1:平常, レベル2:火口周辺規制, レベル3:入山規制, レベル4:避難準備, レベル5:避難, に分かれていて、噴火警報(噴火警戒レベル4・5)は特別警報に該当する。

火山活動で特別警報の発表が想定される火山現象の内、冬季期間に災害の発生が想定される火山現象として、融雪型火山泥流がある。融雪型火山泥流は積雪がある火山で、噴火に伴う火砕流などの熱により斜面の雪が融かされ、多量の雪融け水が周辺の火山灰や土砂等を巻き込みながら流れ下る現象である。現象の特徴としては短時間に麓まで流下することと、遠方まで谷筋や沢沿いに流れ下り、広範囲に災害を起こす可能性が上げられる。浅間山においても、過去に融雪型火山泥流による被害が発生したと考えられる噴火災害の記録が、いくつか残されている(例えば図1)。過去の事例からも、融雪型火山泥流の発生が考えられる場合には、避難準備や早目の避難が必要であるため、泥流の流れ下る可能性がある地域を予め調べておくことと、山頂周辺の積雪量の多少によって影響を受ける地域の広さが変わってくる可能性があることから、積雪量を把握する必要があると考える。

浅間山では、これまで山麓や中腹にある部外機関の観測施設や山小屋などから提供された積雪量の集計データ(以下、積雪データという)を融雪型火山

泥流の監視に活用しているが、これらの積雪データからは山頂を含めた積雪状況を十分に把握できていないことと、火山活動などにより部外機関からの積雪データが入手できない場合も考えられる。また、浅間山やその他の火山についての積雪量調査は、これまであまり報告されたものがない。このため、気象庁が観測した積雪量と部外機関からの観測値を加えた資料から、浅間山とその他の火山における積雪量の推定方法について調査を行い、その結果から融雪型火山泥流の発生が考えられる期間や、想定される流下範囲を検討するための基礎資料としてまとめたので報告する。

2 調査方法

気象台や地域気象観測所(以下、アメダスという)では積雪量の観測は積雪深計を使用していて、長野県内では雪が多い飯山、野沢温泉、菅平、軽井沢などに設置されている。さらに浅間山の周辺では国土交通省関東地方整備局利根川水系砂防事務所(以下、利根川砂防事務所という)が浅間東カメラと浅間西カメラ、長野県佐久建設事務所(以下、佐久建設事務所という)が濁川、峰の茶屋と車坂峠に積雪計を設置し、積雪量を観測している(図2)。これらの機関で観測された積雪量に、気象庁が電話照会で収集した山小屋(火山館)や宿泊施設(浅間山荘)の積雪量を加えた、山麓から中腹の積雪データから、浅間山周辺における冬季期間の積雪状況と、標高に対する積雪量の増加割合の調査を行った。また、積雪量の観測資料がない中腹から浅間山山頂(標高2,568m)については、雪融け時季に現地で行った積雪量の観測結果と、山頂付近にある大きな噴石など

¹ 地震火山部火山課, Volcanology Division, Seismology and Volcanology Department

享祿四年（1531）

十一月二十一日「噴火、二十三日より二十三日に亘り、大に雪降り地上に積ること尺に及び、其翌二十五日より二十八日まで時々雪を降らせしが、時あたかも浅間山大に噴裂し、大小の岩塊を噴騰して、直径二里（八キロ）の距離に及びし、中にも最大なる直径四十二尺（十二メートル六〇センチ）の巨岩にして、之を七尋石と称し今尚之を存す。之と同時に灰は高く満天を蔽い、日色為に暗く三十里（一二〇キロ）の距離に降下せり、加之ならず積雪が熱のために溶解し、其水二十七日及二十八日に降りたる雨水と共に豁谷を流下し、溶岩を押し、山麓の人家ことごとく流下して、道路また通ずべからざるに至れり。」



図 1 融雪型火山泥流が発生したと考えられる古文書（川崎(1974)から引用）と七尋石の写真

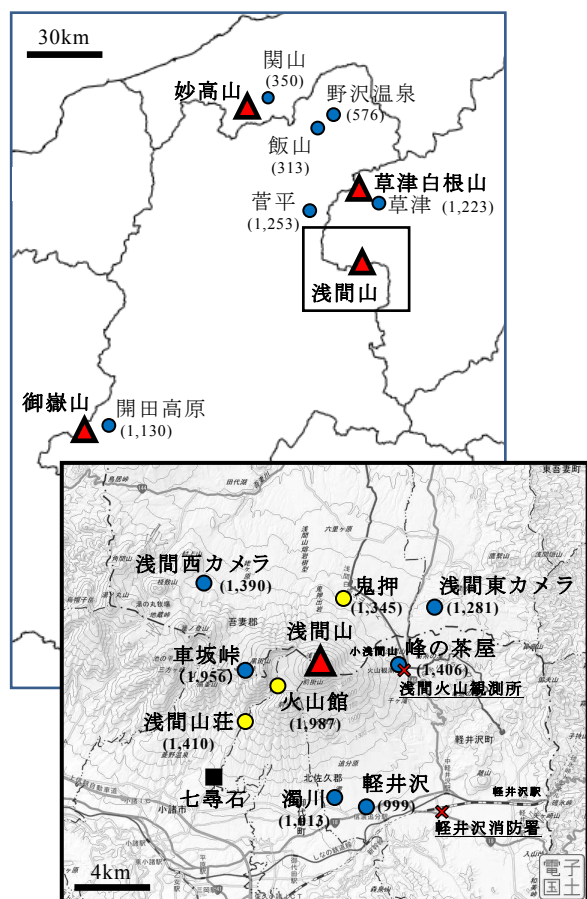


図 2 積雪調査を行った火山と積雪計の設置場所（上段図）および浅間山周辺の積雪観測点の配置（下段図）
上段図枠内を下段図に拡大、括弧内は標高(m)
●は積雪計、●は聞き取りなどの観測点

を目標物にした山麓からの積雪量の見積もり結果から、山頂付近の積雪量を推定できないか検討を行った。今回の調査対象は、部外機関から積雪量の提供を受けた 2009 年 12 月から 2014 年 4 月までの冬季期間で、8 時 30 分または 9 時に観測された積雪量を基本に扱うこととした。また、浅間山以外の火山においても山頂周辺の積雪量の推定が出来ないか、長野県周辺にある草津白根山、御嶽山、妙高山のスキー場周辺で観測した積雪量とアメダス観測点の積雪量を使用して調査を行った。これらの積雪の観測時刻は、それぞれ現地で観測した時刻を使用し、アメダスの観測値は現地での観測時刻に最も近い正時の値を使用した。

3 調査結果

融雪型火山泥流への防災対応を考える上で、山頂から山麓までの積雪量を知ることは重要であり、これらの積雪量の推定を試みるために、部外機関の積雪データから、どの時期に、どの位の積雪量があるのかを代表地点の積雪量の変化傾向と、標高に対する積雪量の増加割合（標高差 100m あたりの積雪量 (cm)）について調査した。調査期間は積雪データを数多く入手することが出来た 2009~2010 年、2010~2011 年、2011~2012 年、2013~2014 年の 4 シーズンについて行うこととした。また、中腹以上の積雪量の推定は、2009~2014 年に山麓から撮影した写真により見積もりを試みた。

3.1 積雪量の変化傾向

今回入手した積雪データの内、サンプル数が多い観測点を使用して各年の積雪量の変化傾向について調査した。その結果を図 3 に示し、変化傾向を以下に述べる。標高による違いをみるために、浅間山中腹を代表する地点として車坂峠（標高 1,956m で浅間山西斜面の落葉松林の中）、中腹と山麓の間を代表する地点として浅間西カメラ（標高 1,390m で

浅間山北西山麓の牧草地と林の境界), 山麓を代表する地点としてアメダス観測点の軽井沢(標高 999m で軽井沢町追分地区内に位置し, 住宅と雑木林に囲まれる)を使用した。

(1) 2009~2010 年

軽井沢では, 積雪量の増加は大きくみて1月上旬から中旬, 2月上旬, 3月中旬の3回現れている。車坂峠では観測データがある1月中旬以降の変化傾向は, 山麓の軽井沢と同様の2月上旬と3月中旬に積雪量の増加がみられ, 積雪量は軽井沢の3~5倍になっている。浅間西カメラでは車坂峠より積雪量は少ないが, 増減は車坂峠と似た傾向がみられている。

(2) 2010~2011 年

軽井沢の積雪量では, 2月中旬に大きな増加があり, その他に小さな増加が5回程度みられている。車坂峠においては1月中旬, 2月中旬, 3月中旬の3回に増加の山がみられている。浅間西カメラでは1月中旬まで車坂峠と同程度の積雪量となり, それ以降は車坂峠より20~30cm 少ないものの増減の傾向は似ている。

(3) 2011~2012 年

軽井沢の積雪量によると, 1月下旬, 3月上旬から中旬に増加がみられ, 車坂峠ではそれより少し遅れた2月上旬, 3月中旬に増加の山がみられている。浅間西カメラでは, 前年と同様に車坂峠と似た増減の傾向となっていて, 1月中旬までは車坂峠の積雪量と同程度となり, 1月下旬以降は20~30cm 少ない量で推移している。

(4) 2013~2014 年

軽井沢の積雪量は, 2月中旬に大きな増加があり, 同時期に車坂峠でも増加がみられ, 車坂峠では3月上旬に増加がもう一つみられている。浅間西カメラでも2月中旬には大幅な増加があり, 車坂峠の積雪量よりは30~40cm 少ないものの, 同じ傾向の増減がこの年もみられている。

これらから, 浅間山中腹の車坂峠と中間の浅間西カメラにおける積雪量は, 冬が始まり降雪が繰り返されると徐々に増加する傾向がある。積雪量の増加の山は山麓の軽井沢で年に数回あり, 車坂峠などでも同じ日に増加する傾向がみられていて, 井上・中島(1979)にあるように標高によらず増減の変化傾向はいずれの場所も似ていることが分かる。また, 軽井沢の積雪量では, まとまった降雪があると一旦

は増えるものの, 気温や天気などの影響により車坂峠などに比べて積雪として残る根雪の期間は短い傾向がみられるのと, 車坂峠の積雪量では1月下旬以降になると浅間西カメラより20~30cm 多くなる傾向がみられる。このように標高に応じて積雪量が増えるのは, 例えば若林・他(2007)で報告されているように良く知られた事実である。さらに, 雪融け時季では大沼(1956)にあるように, 中腹の車坂峠などの積雪量は減少量が山麓の軽井沢に比べて少ないため, 3月になっても積雪量の多い状態が続いていることが分かる。この傾向は大塚(2013)でも, 標高が1,800m 前後のスキー場などでは積雪量のピークが3月にみられるとしていて, 例えば伊藤(1983)にあるように, 浅間山周辺は北海道や東北北部の積雪寒冷地に近い傾向がみられているものと考えられる。

3.2 積雪量の増加割合

大塚(2013)では部外機関(利根川水系砂防事務所, 佐久建設事務所, 火山館)と軽井沢で積雪量があった場合の増加割合を調査している。これによると, 冬季を平均してみた場合, 浅間山では標高が100m 高くなると積雪量は6cm 程度ずつ増えるとしていて, 軽井沢で積雪が10cm ある場合, 山頂付近(標高2,500m)では100cm 程度見込まれるとしていて(図4)。しかし, 雪が降り始める時期, 真冬や雪融け時期を含めた期間について日別の増加割合は調査されていない。また, 2014年2月14~15日の大雪時には, 山麓でも中腹と同程度の積雪量の増加がみられたが, 山頂付近は山肌が現れている部分もみられた。この事例にみられるように, 標高と積雪量の関係は一定とならない場合もあると考えられる。そこで, 山麓から中腹の間と中腹以上に分けて, それぞれの標高に対する積雪量の増加割合(以下, 積雪増加割合という)を調査した。

(1) 中腹までの積雪増加割合

山麓から中腹にかけての積雪増加割合は, 浅間山周辺の各機関(図2下段)が同一日に5点以上で積雪量を観測している日について調査を行った(図5)。積雪増加割合は, 各機関の積雪量と標高の関係から得られる近似直線の傾きから求めた。これによると, 2010~2011年, 2011~2012年, 2013~2014年の積雪増加割合は, 雪が積もり始める時期の値は0.01

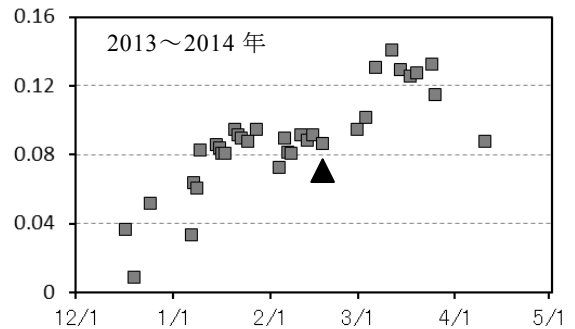
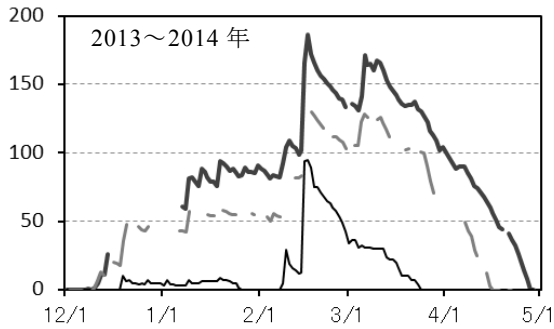
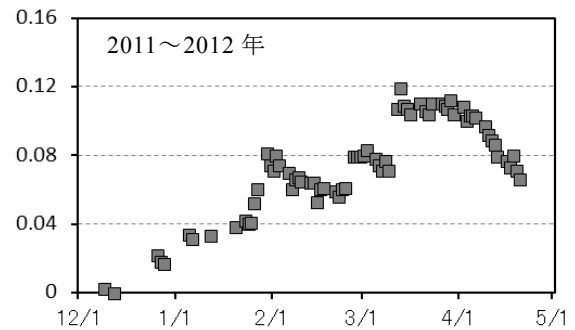
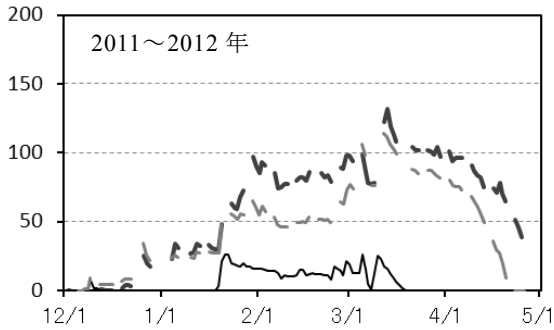
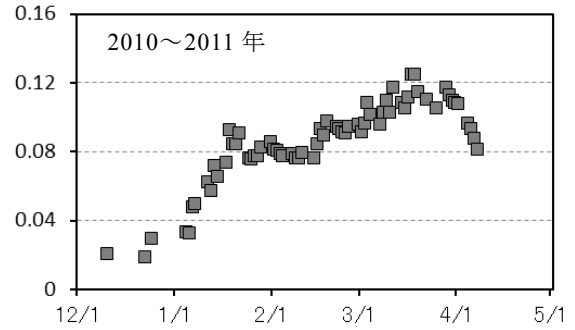
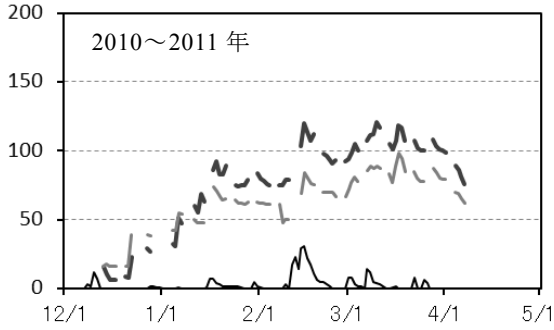
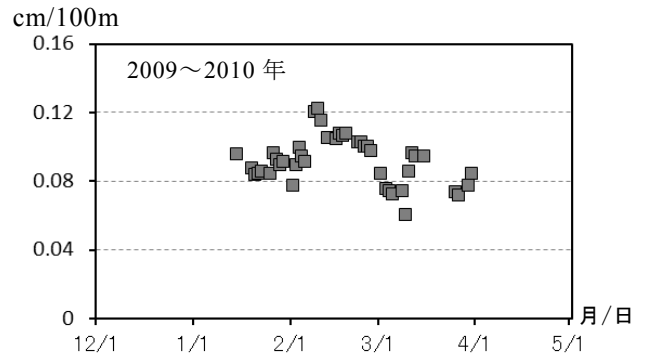
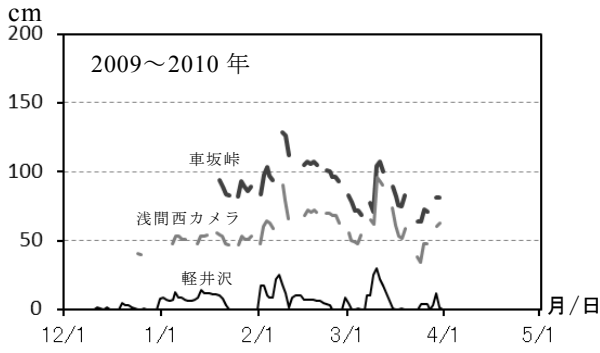


図 3 車坂峠, 浅間西カメラと軽井沢における積雪量の変化傾向

図 5 各機関が同一日に 5 点以上で積雪量を観測している日ごとの積雪増加割合

▲部分は 2014 年の大雪時の積雪増加割合

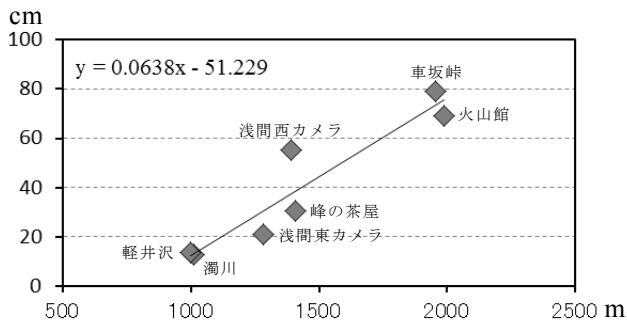


図 4 軽井沢および各機関の標高と各観測点の積雪量の平均値との関係 (大塚(2013)から引用)

統計期間: 2009~2013 年

近似直線と回帰式をグラフ内に記載

(1cm/100m) 程度であるものの、積雪量が増えるに従って積雪増加割合は徐々に大きくなり、2009～2010年の場合を除いて3月中旬から下旬に最大を向かえ、その後は急速に小さくなっている。これは、山麓では中腹に比べて降った雪が早めに融けてしまうことは自明であり、中腹では低温下のため雪は解けきらずに積雪量は徐々に増えていくことになり、真冬に向けて積雪増加割合が大きくなる傾向にあると考えられる。

(2) 中腹以上の積雪増加割合

次に、浅間山山頂では観測機器による積雪量が得られないため、樹木が生えていない中腹以上の積雪量については、山麓から観察した雪の分布や山腹にある噴石などの目標物の大きさから積雪量を見積もることを試みた。見積もり作業をする上で2014年4月23日に火山調査観測として小浅間山方向から山頂へ登山したときに現地で観察した積雪状況を参考とした。それによると、標高1,700～1,800m付近の窪地には40～60cmの残雪がみられた。浅間山の北東側にあたる六里ヶ原方向では、斜面沿いに吹き溜まった残雪があり、標高2,200m付近では噴石の大きさからの推定で50～60cmの積雪がみられ、噴石の周りは雪が吹き寄せられることで、周辺の積雪量より多めに積雪が残っていることが分かった。これらの場所にみられる雪の積もり方や残りやすい箇所を参考にして、軽井沢町にある軽井沢消防署内の浅間山火山防災連絡事務所から撮影した2009～2014年の写真を使用して、山頂南側(標高2,500m付近)の積雪量を噴石などの雪の埋もれ方から見積もりをしてみた。山麓から撮影した目標物の写真から見積もる手法では、目標物から50cm程度ごとの推定は可能と考えられるが、目標物以外の部分において積雪量を推定する手法については、高崎・他(1964)で報告されている地形からの積雪量の判読方法も参考にした。

浅間山の山頂南側(図6, a)には大きさが3～4mの噴石が複数みられ、この中で目標物とする噴石は3.7mと1.5mの大きさがあり、これらの噴石の埋もれ方から見積もりをしてみると、それぞれの年で最大100cm程度の積雪量があったと考えられる(表1)。また、峰の茶屋にある東京大学地震研究所浅間山観測所から撮影した2012～2014年の写真(図6, b)で、山頂東側(標高2,300m付近)の目標物とする

光波観測ミラー(観測装置の大きさは1m)から積雪量を同様に見積もってみると、山頂南側と同様に最大で100cm程度の積雪量があったと考えられる。一例として2013～2014年における山頂南側および東側方向からの積雪の見積もりを図7に示してみると、車坂峠や火山館の増減の変化に合わせて山頂南側や山頂東側では変化していない場合が多くみられる。また、2009～2010年でも中腹には100cm程度の積雪があっても、山頂付近では積雪が無い場合もみられる。

これらから山麓から中腹の積雪量と中腹以上の積雪量の関係にははっきりとした相関は見出し難いため、山麓から中腹の積雪増加割合を適用することは難しいと考えられる。中腹以上の積雪増加割合を数字として示すことは難しいことから、現状として中腹以上の積雪量の推定手法は、写真により山頂部の目標物から見積もる方法が最善であると考えられる。

表1 山麓から撮影した写真で見積もった山頂南側の積雪量の最大値と積雪量50cm(上段)、100cm(下段)の初終日

統計期間：2009～2014年(注1)

注1) 括弧内は2010年4月～2012年3月に軽井沢駅付近から撮影した写真による参考値で、斜体は発生日が特定できなかったもの

観測期間 (年)	積雪最大値 (cm)	積雪50cmと 100cmの初日	積雪50cmと 100cmの終日
2009～2010	100	12月7日 1月24日	(5月1日) (4月19日)
2010～2011	(100)	(12月22日頃) (12月22日)	(4月20日～ 4月29日) (4月20日)
2011～2012	100	(12月10日) (2月11日)	4月25日 4月18日
2012～2013	100	12月25日 1月4日	4月25日 2月21日
2013～2014	100	1月16日 1月31日	4月8日 3月25日

3.3 浅間山以外の積雪調査

気象庁として融雪型火山泥流への防災対応を目的とした積雪状況の監視を行っている火山は、現在のところ浅間山のみとなっている。積雪を抱える火山では融雪型火山泥流が発生する可能性があるものの、山頂周辺などの積雪量を把握できる火山は多くないのが現状である。そこで、他の火山における積雪増加割合と浅間山の違いをみるために、火山の周辺に

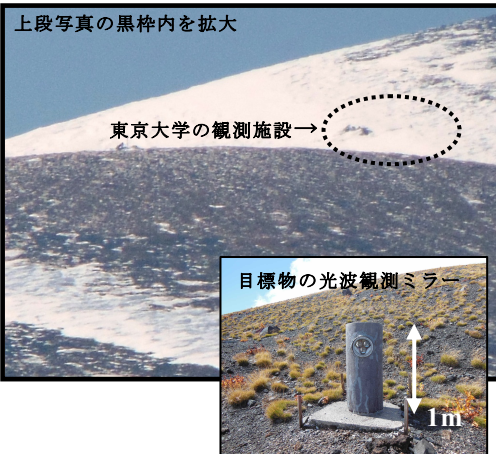
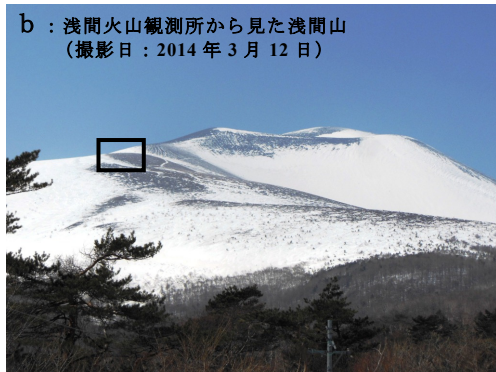
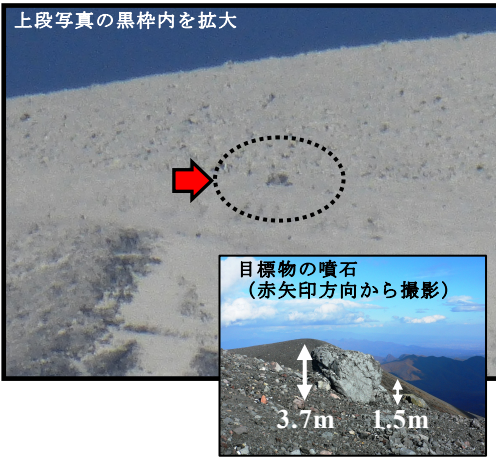
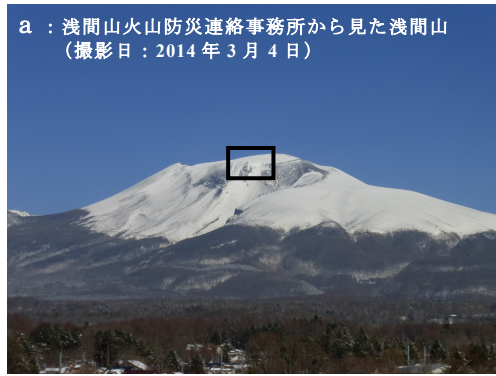


図 6 山頂付近の目標物 (a:噴石, b:光波観測ミラー) から積雪量の見積りをした写真例
上段全景写真の黒枠内を中段に拡大
中段写真点線内にある目標物の無積雪時の状況を下段右に拡大

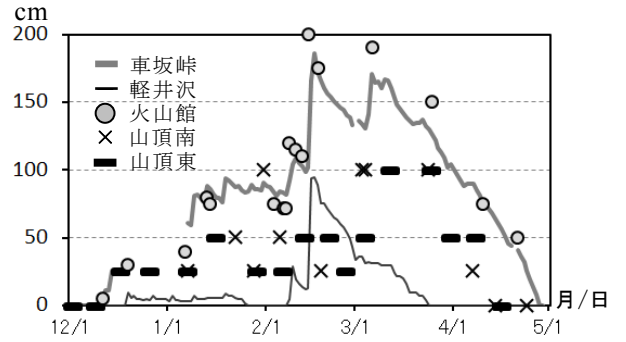


図 7 車坂峠, 軽井沢および火山館の積雪量と, 山頂南側および山頂東側で見積もった積雪量
統計期間: 2013~2014年

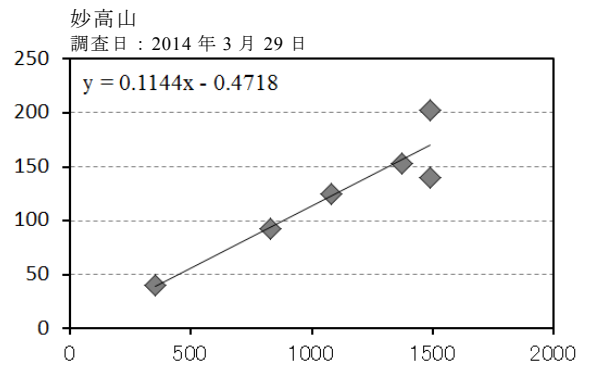
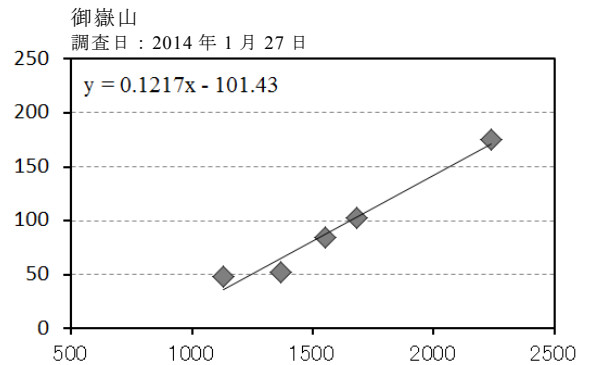
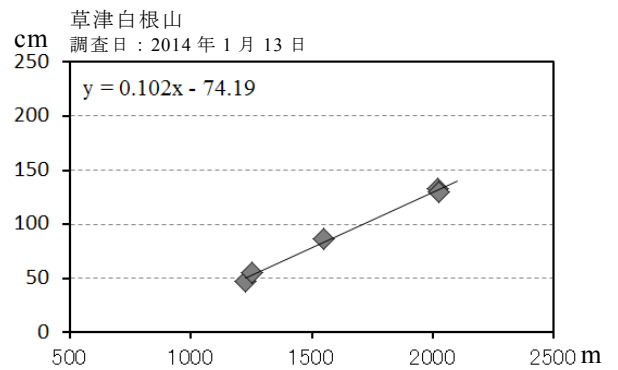


図 8 積雪調査を行った各火山における標高と積雪量の関係
近似直線と回帰式をグラフ内に記載

アメダス観測点やスキー場があり(図2上段),積雪量の観測がしやすい環境にある火山として,本州中部の草津白根山,御嶽山,妙高山について積雪量の調査を行ってみた(図8).

草津白根山では2014年1月13日に群馬県草津町にある草津国際スキー場の周辺(天狗平,殺生河原,逢ノ峰)において積雪量調査を行い,山麓のデータとしてはアメダス観測点の草津(標高1,223m)を使って標高と積雪量の関係を調べた.それによると積雪増加割合は0.1(10cm/100m)となった.御嶽山では長野県王滝村にあるおんたけスキー場の周辺(銀河村,八海山,三笠山)と同県木曾町にある開田マイアスキー場の周辺(西野)で同年1月27日に積雪量調査を行い,アメダス観測点の開田高原(同1,130m)を使って同様の関係を調べた.その結果,積雪増加割合は0.12(12cm/100m)となった.また,妙高山では新潟県妙高市にある杉野原スキー場の周辺(杉野沢,五八木,赤倉山南)において同年3月29日に積雪量調査を行い,アメダス観測点の関山(同350m)を使って同様の関係を調べた.その結果,積雪増加割合が0.11(11cm/100m)となり,いずれの火山周辺でも中腹までの積雪増加割合は0.1程度となる結果が得られ,真冬の浅間山で中腹の積雪量が100cm程度になる時期の積雪増加割合とほぼ同じ値となった.

また,2014年9月27日に噴火した御嶽山では融雪型火山泥流の発生の可能性について関心が持たれることから,過去に御嶽山で実施したヘリコプターによる観測(長野県の協力による)で撮影した写真を使用して,山小屋などの建物の大きさから中腹以上の積雪量の見積を試みた(図9).それによると八合目付近の金剛童子,王滝頂上山荘や剣ヶ峰山荘では,先に求めた積雪増加割合による積雪量の推定値より少ない場合が多くみられている(表2).さらに,地獄谷では傾斜のある上部で1m程度となり,斜面が緩やかになる下部では数メートルを超えるような積雪量がありそうである.

調査事例は少ないものの,いずれの火山でも山麓から中腹にかけての積雪増加割合は大きな違いがみられなかった点は興味深く,さらに調査を重ねることで同様な結果が得られた場合,これらの火山でも,山麓のアメダス観測点の積雪量から中腹付近の積雪量のある程度推定できるものと考えられる.しかし,



図9 御嶽山における中腹以上の目標物の配置
括弧内は標高(m)

表2 ヘリコプターによる観測で撮影した写真から見積もった御嶽山の中腹以上の積雪量と積雪増加割合から求めた積雪量の推定値(一は撮影写真なし)
観測年:2007年

地点名 (標高)	1月23日 (推定値)	2月6日 (推定値)	3月17日 (推定値)
田の原上 (2,228m)	200cm (160cm)	150cm (164cm)	— (141cm)
金剛童子 (2,475m)	200cm (188cm)	100cm (191cm)	— (168cm)
王滝頂上山荘 (2,930m)	100cm (238cm)	100cm (241cm)	150cm (219cm)
剣ヶ峰山荘 (3,060m)	100cm (252cm)	100cm (255cm)	150cm (233cm)

中腹以上の積雪量については,御嶽山でも浅間山と同様に積雪増加割合を適用することは難しいようである.

3.4 降雪量と積雪量の関係

積雪量は雪が降った後に一旦は増加するものの,その後,幾つかの原因からゆっくり減少する場合や急激に減少する場合がみられる.これらの積雪量変化が観測場所の違いがあるか,日ごとの降雪量(この場合は積雪差)に対する積雪量の増減について調べてみた.調査対象は,長野県と群馬県のアメダス観測点の内,浅間山からあまり遠くない観測点で,積雪深計が設置されている飯山(標高313m),野沢温泉(同576m),菅平(同1,253m),軽井沢,草津の観測点と車坂峠における2013~2014年の観測データについて行った(図2).これらの観測点で降雪

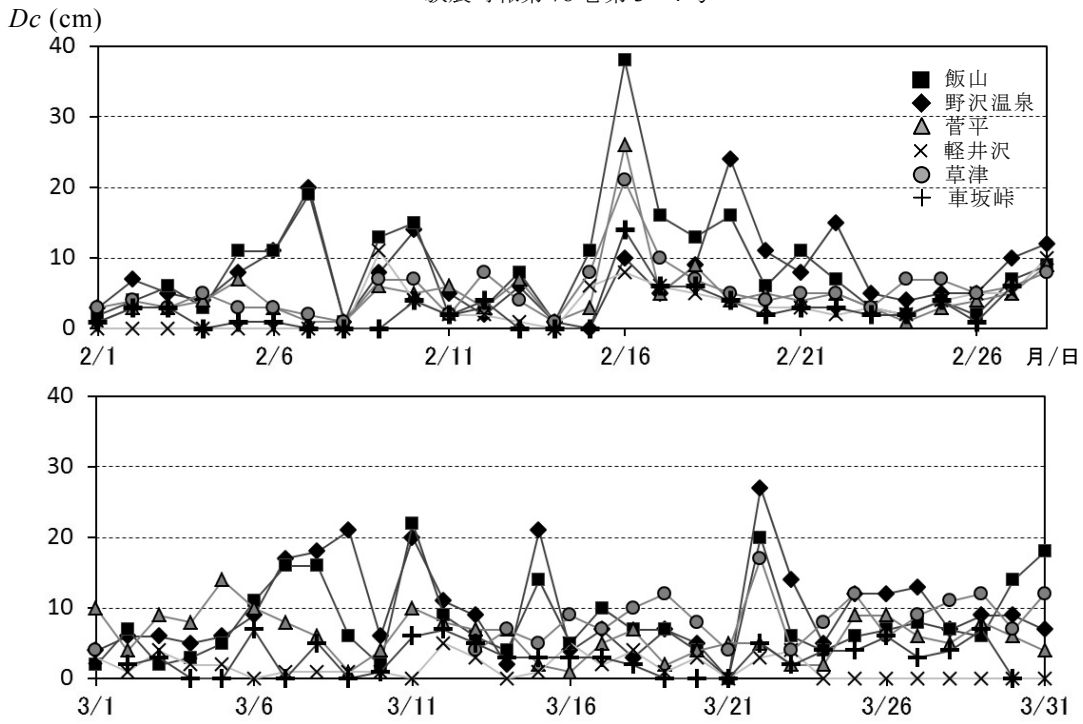


図 10 2014 年の浅間山周辺のアメダスと車坂峠において(1)式から求めた積雪減少量 (D_c) の変化傾向
 アメダスは 24 時，車坂峠は 9 時を日界とした

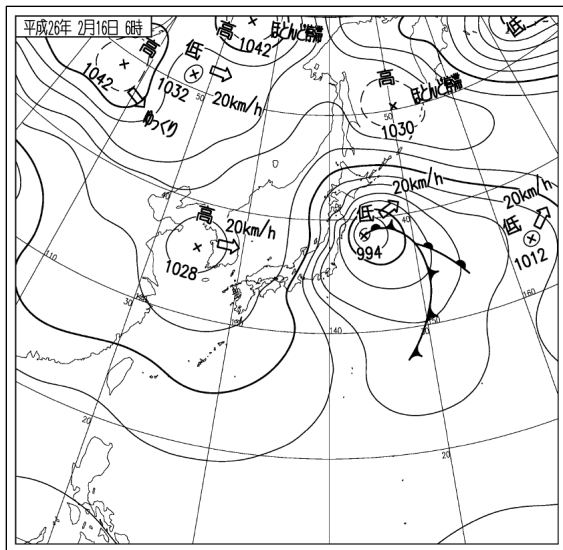


図 11 2014 年 2 月 16 日 6 時 (日本時間) における地上天気図

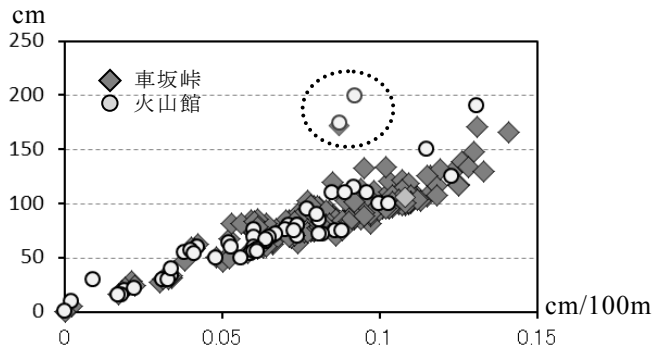


図 12 図 5 で求めた積雪増加割合と車坂峠および火山館の積雪量の関係
 統計期間：2009~2014 年
 点線内は 2014 年の大雪時の観測値

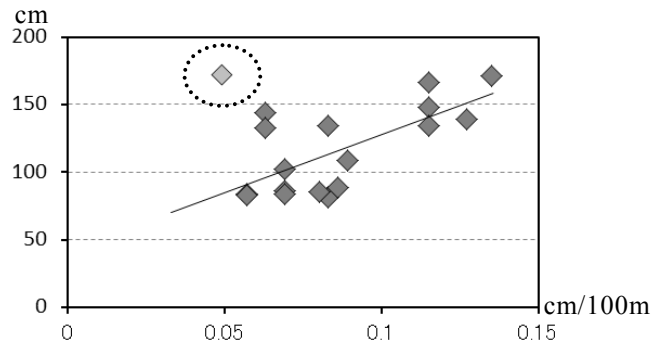


図 13 軽井沢・鬼押観測点から求めた積雪増加割合と車坂峠の積雪量の関係
 統計期間：2013~2014 年
 点線内は 2014 年の大雪時の観測値
 近似直線をグラフ内に記載

量と積雪量の関係を見るために、当日の降雪量の合計 (F_{24}) に前日 24 時の積雪量 (d_{24}) を加えたものから、当日 24 時の積雪量 (D_{24}) を除いた値 (以下、積雪減少量 (D_c) という) をグラフに示した (図 10)。ただし、車坂峠は 9 時の値を使用することとした。

$$D_c = F_{24} + d_{24} - D_{24} \quad (1)$$

(1) 式による積雪減少量は、値が大きいほど降った雪が何らかの原因から積雪量が減少した量を表している。

これによると標高の低い飯山や野沢温泉では降雪があった後、積雪減少量が多くなる傾向がみられるが、標高の高い菅平や軽井沢では積雪減少量は全般に少なくなっている。積雪量が減少する原因として考えられるのは、気温や雨による融解、雪の圧縮による沈降、強風による剝削などが考えられる。この内、2014 年 2 月 16~17 日では飯山、菅平、草津の観測点で積雪減少量が大きくなり、車坂峠でもやや大きくなっている。これは、前日まで大雪をもたらした低気圧が本州の東海上に抜け (図 11)、上記の観測点では北よりの強風が吹いたため、積もった雪が吹き払われたことで積雪減少量が大きくなった一例と考えられる。浅間山カメラ東 (標高 1,281m) は、群馬県浅間家畜育成牧場内にある牧草地の丘の上に積雪計が設置されていることから、前述の観測点と同様に北よりの風が吹きやすい観測環境にあるため、強風による剝削が同年 2 月 14~15 日の大雪時にも発生していた可能性がある。このように、観測点の周辺環境が森林の場合と草原の場合では積雪量に与える影響が異なると考えられるので、データを取り扱う前には観測環境を把握しておく必要があると考えられる。

また、同年 3 月 7~9 日では野沢温泉などの標高の低い地点で 20cm 程度の減少や、同年 3 月 22 日に飯山、野沢温泉、草津で減少する事例などがあるが、同年 2 月 16~17 日の強風による減少以外は、今回の調査からはっきりした原因は分らなかった。

4 考察

3.2 項で調査した各機関の積雪データから求めた積雪増加割合を用いて、浅間山の中腹 (標高 2,000m 付近) における積雪量を見積もることが出来るか検討してみた。図 3 および図 5 によると、1 月中旬以

降では浅間山の積雪増加割合は 0.08 前後となることが多く、そのとき、中腹の車坂峠では 90cm 前後の積雪量がある場合が多い。さらに、車坂峠で 100cm を超える積雪量がある場合には積雪増加割合は 0.1 以上であることが多い。そこで 2009~2014 年の各機関で観測された積雪量から求めた積雪増加割合と車坂峠および火山館 (標高 1,987m で浅間山南西に位置し樹木が減り始める) の積雪量との関係 (図 12) をみてみると正の相関がみられ、積雪量 50cm で積雪増加割合 0.05 程度、100cm で同 0.09 程度、150cm で同 0.14 程度になることが分かる。これらから、中腹の積雪量は積雪増加割合が、0.05 (5cm/100m) 程度から 50cm を超え、0.09 (9cm/100m) 程度から 100cm を超える可能性が大きいと考えられる。しかし、関東甲信地方で大雪となった 2014 年 2 月 14~15 日には、中腹の車坂峠でも 150cm を超える大雪となったが、積雪増加割合に変化はみられなかった (図 5 の ▲ 部分)。積雪増加割合が大きくならなかった理由として、車坂峠と標高がほぼ同じ火山館からの同年 2 月 17 日の情報では、「大雪時に 2m 程度あった積雪が、16 日の強風で 20~30cm 減少した」とあり、中腹 (標高 2,000m 程度) 以上では木々が無くなることから、大雪時に積もった雪は 16 日の強風 (浅間山上空の数値予報モデルでは風向が北西、平均風速が約 15m/s) により、その多くが吹き払われることで、山麓に比べて中腹付近の積雪量の増加が少なかったためと考えられる。

また、浅間山の火山活動の変化により即時的に積雪量を推定する必要がある場合も想定される。その場合に積雪量を推定する方法として、積雪量を自動計測できる軽井沢観測点と、鬼押観測点の遠望カメラで測定した積雪量から求めた積雪増加割合により、中腹を代表する車坂峠の積雪量を見積もれるか検討してみた。鬼押観測点 (標高 1,345m) は北東山麓に位置し鬼押出浅間園内にある。鬼押観測点における積雪量の観測は、浅間山山頂を監視している遠望カメラを一時的に地面付近に向け、深さの分かる電柱などの目標物から積雪量を見積もる方法を取った。それによると、車坂峠の積雪量と軽井沢・鬼押観測点による積雪増加割合には、各機関 5 地点以上の積雪増加割合と同様に緩やではあるが正の相関 (図 13) がみられる。この関係から軽井沢・鬼押観測点による積雪増加割合がおよそ 0.06 (6cm/100m) 以上

になると、車坂峠の積雪量は 100cm 程度以上になると推定できそうである。

一方、融雪型火山泥流の発生が想定される期間については、融雪型火山泥流に対する噴火警報・噴火警戒レベルの運用期間（以下、積雪期という）として監視を行っている。積雪期の開始と終了の基準は中腹以上の積雪量を平均 50cm 以上としている。3.2 項で写真から見積もった山頂付近の積雪（表 1）によると、50cm 以上の積雪は早いときで 12 月上旬、遅いときで 1 月中旬から始まっている。終わりの時期は早いときで 4 月上旬、遅いときで 5 月初めとなっている。さらに、100cm 程度の積雪は早いときで 12 月下旬に始まり、遅いときで 4 月下旬に終わっている。また、山頂付近の積雪量は、中腹までと比べると風による削剥が起こりやすいため、急激な減少もみられるが、2013~2014 年の例によると中腹付近で 50cm 程度以上の積雪量がある場合には積雪期に入っていると考えられそうである。これらから積雪期としては、最長で 12 月上旬から 5 月初めまでとする必要があり、12 月下旬から 4 月下旬では 100cm 程度まで積もる可能性があると考えられる。

5 まとめ

火山現象の内、融雪型火山泥流への防災対応を考える上で、火山周辺における積雪量を把握することは重要な事項となる。本稿では浅間山を中心に山頂とその周辺に積もった積雪量の推定を試みた。それによると、積雪増加割合は冬の始まりでは小さいものの、真冬には 0.1 (10cm/100m) 前後となることが多く、浅間山以外の調査した 3 火山においても同様の値となった。今回の調査から積雪増加割合は積雪量に関係していることが分かり、この関係から積雪データを入手できない部外機関がある場合でも、浅間山の中腹までの積雪量はある程度推定できるものと考えられる。しかし、山頂付近の積雪量は山麓の遠望から推定する方法が有効と考えられ、明確な数値として示すことは出来なかったが、積雪期の設定に関する資料として示すことが出来た。

謝辞

国土交通省関東地方整備局利根川水系砂防事務所、長野県佐久建設事務所、火山館、浅間山荘から積雪データを提供して頂きました。査読者と内藤編集長

から貴重なご意見とご指導を頂きました。ここに記して感謝します。また、地図においては電子国土基本図を使用しました。

文献

- 伊藤 颯 (1983): 日本の積雪深の形態分類, 雪氷, **45(2)**, 57-63.
- 井上治郎・中島暢太郎 (1979): 近畿北部における山地積雪の研究, 雪氷, **41(2)**, 85-88.
- 大塚仁大 (2013): 浅間山周辺の雪に関する調査, 平成 25 年度日本気象学会中部支部研究会講演要旨集, 37-42.
- 大沼匡之 (1956): 山地積雪に関する研究, 農林省農業総合研究所, 45pp.
- 川崎 敏 (1974): 「浅間—歴史, 文学, 地誌—」, 木耳社, 278.
- 高崎正義・瀬戸玲子・五百沢智也 (1964): 空中写真による積雪量調査, 雪氷, **26(1)**, 13-18.
- 若林隆三・伊藤義景・原田裕介・北村 淳・杉山元康・明石浩司・前原 徹・戸田直人・土屋勇満・加藤久智・池田慎二・D. M. Ryan (2007): 山岳積雪の高度依存性, 信州大学農学部 AFC 報告, **5**, 107-131.

(編集担当 菅野智之・坂井孝行)