

萌芽的共同研究（課題番号：28H-01）

課題名：地震計を用いた積雪の内部構造の推定

研究代表者：大澤 光

所属機関名：京都大学大学院理学研究科

所内担当者名：松浦純生

研究期間：平成 28 年 4 月 1 日 ～ 平成 29 年 3 月 31 日

研究場所：京都大学防災研究所，新潟県上越市安塚区伏野峠地区地すべり地，国立研究開発法人森林総合研究所十日町試験地

共同研究参加者数：7 名（所外 5 名，所内 2 名）

- ・大学院生の参加状況：3 名（修士 1 名，博士 2 名）（内数）
- ・大学院生の参加形態 [野外調査の協力]

研究及び教育への波及効果について

我々は積雪斜面における雪崩発生ポテンシャルを現位置にて明らかにする手法として，新たに地震学的な探査手法が適用可能であることの端緒を実証的に明らかにした．世界各地の積雪地帯では，雪崩による災害が起これり人的な被害が多数発生し，社会問題となっているため，本研究は広く積雪地帯の雪氷防災・減災に資することが期待される．一方，音波を使った積雪層の現地調査は，積雪層の内部構造の調査方法や地震学的な探査手法を学ぶことで大学院生に対する大きな教育効果があった．

研究報告

(1) 目的・趣旨

我が国の北陸以北および世界各地の中・高緯度の積雪地帯では，雪崩による災害が毎年発生している．雪崩の発生ポテンシャルを評価することは雪氷防災上重要である．雪崩の際，積雪層内にはせん断強度が著しく低い弱層と呼ばれるすべり面を境としてせん断破壊が起こる．そのため，雪崩発生リスクを評価するには，その弱層の有無を把握する必要がある．これまで弱層の位置を判別するには，原位置にて積雪を掘削し，層ごとのせん断試験の結果から判断していたが，専門性が高いことに加え，時間と多大な労力がかかるため一般に普及するに至っていない．そのため，我々は積雪の内部構造を非破壊で推定する方法として地震学的な探査手法が原理上適用可能であると着想した．よって，雪斜面の安定度を評価する上においても重要な，積雪状態（深さ，密度，含水比，せん断強度）を地震学的に推定する手法の確立を目的とした．

(2) 研究経過の概要

冬期の積雪深 2 m と 3 m のフィールドにおいて音波を使った地震学的な探査をおこなった．約 20 cm×約 10 cm の木板をハンマーで叩くことにより音波を発生させ，一成分高感度加速度計を用いてサンプリング周波数 25.6 kHz にて，その振動を計測した．雪面上に 8 m の測線を設定し，発生させた音波を測定した．また音波探査を行った地点において積雪を掘削し鉛直断面を作成し，各層ごとの雪質と密度を計測した．

(3) 研究成果の概要

音波測定の結果，伝播速度は 2016 年に 1100 m/s，2017 年に 1180 m/s であった．また，この波の到達から少し遅れて別の波が到達している様子が見られた．この到達についてフィルター処理などをしながらトレースし，伝播速度を推定すると各 320，290 m/s であった．観測された音波がどのようなものかを確認するため，2 つのピットを掘削し，片側の深さ 80 cm の位置で音波を発生させ，もう片側の同じ深度で受振する実験をおこなった．その結果，伝播速度が 1000 m/s である音波を観測できた．雪面上での測定で得られた伝播速度 1100 m/s の音波と同じものを測定したものと考えられる．積雪層内の音波の伝播速度を，雪面上における観測によって推定することが可能であることが分かった．検出した 2 つの波の伝播のうち遅いほう

の伝播速度は空気中の音速と近く、積雪層のすぐ上の空気中を伝播した音波を検出した可能性が考えられる。また、積雪は雪粒子、水、空気の三相混合媒質であるため、雪の弾性的な性質は密度、間隙比や含水率などの情報を反映する。そこで、積雪断面調査をおこない、どのような積雪の状態で上記の音波の伝播速度が推定されたかを調べた。その結果、雪質は兩年ともザラメ雪が卓越し、積雪深および全層密度、含水率は2016年にて1.6 m, 0.43 g/cm³, 7%, 2017年にて2.7 m, 0.42 g/cm³, 3%であったことがわかった。含水率は変化したが雪密度と伝播速度はほぼ変わらないことから、伝播速度は含水比にはあまり影響を受けず、雪密度に影響される可能性が残った。今後、雪密度が小さな条件において測定をおこなう必要があるが、以上から、地震学的な探査手法が雪の構造探査に適用できる可能性が示され、本研究の将来性が示唆された。

(4)研究成果の公表

大澤 光, 松浦純生, 松四雄騎, 岡本 隆, 柴崎達也: 積雪期の斜面変動場における特異な間隙水圧変動, 平成 28 年度 京都大学防災研究所研究発表講演会, P40, 京都, 2/2017

大澤 光, 松浦純生, 岡本 隆, 柴崎達也, 平島寛行: 積雪期の地すべり地における特異な間隙水圧変動, 第55回日本地すべり学会研究発表会, 高知, 8/2016

土井一生, **大澤 光**, 平島寛行, 阿部修, 柴崎達也, 松浦純生: 積雪層内を伝播する音波の計測と伝播速度の推定, 雪氷研究大会, 名古屋, 9/2016

土井一生, **大澤 光**, 平島寛行, 阿部 修, 柴崎達也, 松浦純生: 現地計測による積雪層内の音波の伝播形態, 地震研究所共同利用「海洋-固体地球システムにおける波動現象と構造不均質性」「地震波形解剖学の計算科学的新展開」合同研究集会, 東京, 8/2016

大澤 光, 松浦純生, 岡本 隆, 松四雄騎, 寺島智巳, 柴崎達也: 積雪荷重が地すべり地表層の水分浸透特性に及ぼす影響, 平成 26 年度 京都大学防災研究所研究発表講演会, D02, 京都, 2/2016