

研究結果説明書（事後）

作成日：平成 30年7月20日

研究種別	総理研研究				
研究課題名	雪崩発生条件の解明と観測機器の開発				
研究期間	平成27年度～29年度（3か年）				
研究体制	研究代表者（所属）	吉本 充宏（山梨県富士山科学研究所）			
	共同研究者（所属）	常松佳恵*・本多 亮・内山 高（山梨県富士山科学研究所） 宮本博永・布施嘉裕・保坂秀彦・中込広幸・油井誠志**（産業技術センター）*現 山形大、** 現山梨県立産業技術短期大学			
研究予算	H27 年度 5,955 千円	H28 年度 2,855 千円	H29 年度 3,714 千円		合計 12, 524 千円
研究成果	<p>概要 山梨県では2014年2月の大雪の際に、多くの地点で雪崩が発生し、道路や建物などに大きな被害を及ぼした。また、富士山では毎年のように雪崩が発生している。本研究では、これらの被害軽減を目的に、雪崩発生の検出方法と雪崩の予兆等を観測するために機器開発を実施した。県内の雪崩発生状況の把握と地理的要因の検討を行い、大雪が降った際には雪崩が発生しやすい環境にあることがわかった。また、ハザードマップ作成手法を開発した。雪崩発生の検出方法としては、既設の地震観測点、臨時観測点の振動データを活用した検出方法を確立し、雪崩の発生過程や流動過程の解明につながるデータが取得可能となった。観測機器開発は、性能の異なる2つのタイプの機器を開発した。そのうち、高耐久性スマートフォンを活用した投下回収型雪崩検知装置を考案し、特許を出願した。当観測機器は、実地試験等を実施し当初目標とした性能を有することを確認した。</p> <p>得られた成果 1. 県内の雪崩発生状況の把握と地理的要因の検討 雪崩の発生は、斜面の傾斜角に依存すると考えられているため、山梨県内の斜面の傾斜角解析を実施し、傾斜分布図を作成し、山梨県で発生した雪崩は日本海側で発生する雪崩と同等（35～45度）の斜面で発生していることが明らかとなった。また、山梨県には35度以上の傾斜を持つ地域が県全体の約3割を占めており、2014年と同等の大雪があった場合、これらの傾斜地域では雪崩の発生に注意が必要である。</p> <p>2. 雪崩ハザードマップの作成方法 2014年雪崩被害調査の結果を基に雪崩ハザードマップの作成方法の検討を行った。ハザードマップ作成手法として、PCQ法による効率的なシミュレーションを実施することにより、確率的予測による雪崩走路をマッピングすることができた。この方法により今後雪崩ハザードマップの作成が可能である。</p> <p>3. 雪崩の発生条件 富士山における雪崩の発生条件を検出するために2015年11月～2016年2月初旬にかけて富士山四合目において気象観測及び地震計、空振計による観測を実施した。気象観測装置は2016年2月14日の未明の雪崩によって被災したが、雪崩発生前の気象を記録した。雪崩発生時の気象は、2月にしては気温が高く、四合目上の気象観測においても深夜にも関わらず0℃を上回っていたこと、前日夜から雨が降り続いており、雪崩発生直前に降水量がデルタ関数的に急激に増加したことである。また、雪崩の予兆現象を検討するため過去の雪崩の発生場所日時とその気象条件のデータを収集した。既往研究と同様、凍結地盤とその上の積雪、および大量の降水と温暖な気温が重なったときに雪代が発生している。</p>				

	<p>4. 雪崩の発生の検出 雪崩の発生を同定するために、雪崩の流動時に発生する震動を検知する手法の確立を目指した。震動を検知する地震計は、現地での臨時観測点と火山活動観測用の定常点（防災科研および気象庁所有）を用いた。雪崩の振動波形は、通常の地震のように明瞭な立ち上がりを見せない波形ではあるが、いくつかの観測点のデータを用いると雪崩が揺れを引き起こした到来起源（振動源：必ずしも雪崩の先端とは限らない）を推定可能となった。またこの手法を用いることにより、発生時刻や雪崩の速度を推定することが可能となった。</p> <p>5. 雪崩検知装置の開発 雪崩の発生源の予兆等の検出を目的として、雪面の変異観測装置の開発を実施した。開発は、既存のスマートフォンを使用するタイプⅠ（投下回収型雪崩検知装置）と加速度センサーを用いたタイプⅡ（省電力振動検知装置）の2種類の開発に取り組んだ。タイプⅠは、スマートフォンに内蔵されている加速度計を用いて雪崩の動きを検知、Android端末のデバイスマネージャーを使用してGPS・モバイルネットワーク・Wi-Fiからおおよその位置を特定する。耐衝撃性を持たせるため、バルーン型の保護ケースに内蔵し、雪面に設置する装置を開発した。なお、この観測装置に関しては特許出願中である。開発した装置は、実地試験により、開発中の機器に関して期待通りの測定が可能となった。さらに、ドローンと雪崩用捜索ビーコンを組み合わせた観測機器の探索試験を実施し、捜索に成功した。タイプⅡは、基盤から試作機を作成し、基盤に加速度センサーを搭載した省電力設計とした。単1×4本を使用した場合、理論値として、1日6分データ送信で2ヶ月間作動する。また、データは100Hzもしくは10Hzの高サンプリングが可能である。試作機の振動実験、傾斜変動実験を実施し、緩やかな傾斜変動を敏感に記録できる装置であることを明らかにした。 H28. 6. 1、特許出願「部品内包膨張袋体及びこれを用いた投下回収型自然災害観測装置並びに自然災害観測方法」（2016-109769）</p>
<p>研究内容の変更 * 中間評価後に研究計画、研究予算等の見直しを行った場合、変更点およびその理由を記載して下さい。</p>	<p>当初、雪崩の予兆現象の検出に関する研究を実施する予定であったが、観測機器の開発の進捗および雪崩発生地点への観測機器の設置が事実上不可能であったことから、観測機器の開発と雪崩発生検知手法の開発に重点を置き、研究を継続した。 H27 年度、富士山での気象観測の機能強化として 1649 千円、積雪観測のため冬山装備を 1719 千円計上した。H28 年度、H27 年度末の雪崩によって気象観測装置が被災（全損）したため、その気象観測装置の代替機として 3299 千円申請した。観測装置開発費として 999 千円を申請した。投下回収型雪崩検知装置の探索方法としてドローンを活用した探索方法を開発するため、ドローンおよびその関連経費として 1883 千円を計上した。また、雪崩の臨時観測用のロガーおよびタイプⅡの開発費追加分として 1714 千円計上した。</p>
<p>研究成果活用の方策 * 研究成果の波及対象（行政、民間企業、生産者等）、ならびに波及方法を記載して下さい。</p>	<p>波及対象：行政 雪崩発生の危険度を示す指標や観測情報を流通させることにより、雪崩対策に活用できる。また、開発した観測機器より高機能化し、雪崩警戒地域や土砂災害警戒地域に設置することにより、雪崩監視や土砂災害の監視に有効である。</p>
<p>継続研究計画 * 目的達成のための中期計画のなかで、当初より継続研究を計画していた場合には、具体的計画を記載して下さい。</p>	<p>本研究により提案した雪崩監視装置の高機能化に取り組み、雪崩監視の長期試験や土砂災害の監視を可能とする自然災害観測装置の開発に取り組む。この研究は、総研研「雪崩及び土砂災害等の監視を可能とするIoT 観測機器の開発（H30-H32）」（主幹事：宮本博永、産業技術センター）により H30 年度より開始した。</p>

添付資料（必須）

- ①補足資料（事後評価のために必要となる、研究成果についてより詳細に説明した資料）
- ②研究の背景、目的、内容、得られた成果等を分かりやすく説明する図（A4 横 1 ページ）