

研究計画の概要

研究課題 2017年3月27日に栃木県那須町で発生した雪崩災害に関する調査研究

研究代表者 上石 勲（防災科学技術研究所雪氷防災研究センター・センター長 総括主任研究員）

研究目的

2017年3月27日に栃木県那須郡那須町の山岳地で雪崩が発生し、春山登山研修中の高校生と教員が巻き込まれ、生徒7名、教員1名が死亡するなど甚大な被害が発生した。発生翌日には、防災科学技術研究所の研究員が現地調査を行い、その発生原因については3月26日から27日かけて、南岸低気圧の接近・通過により降り積もった雪が崩落したものと推定されたものの、雪崩発生地点や流下範囲については雪崩の規模など発生状況の詳細については未解明な点が多く、発生メカニズムおよび災害の検証がほとんど進んでいない状況である。

この災害は、突発的な大雪によりもたらされたものであり、雪崩災害に対する知識や対処方法の普及が未だ十分でないことが露呈されてしまった。このような惨事を二度と繰り返さないためには、今回の雪崩メカニズムについて詳細に実態を把握し現象を解明するほか、非雪国や突発的な気象変化に柔軟に対応する能力・判断力を国全体に浸透させるための方策を科学的見地から提案することなどが極めて重要である。

そこで本研究では、この雪崩の発生のメカニズムや流下経路などを明らかにするとともに、今後の雪崩への注意喚起などの対策を検討することを目的とする。

調査内容

発生した雪崩の発生条件や現地の状況について現状では未解明な点が多く、今回の雪崩災害の要因を抜本的に解明するためには、気象、積雪、地形、雪崩運動メカニズムなど多角的・包括的なアプローチが必須である。また要因の解明にとどまらず今後の雪崩災害の軽減に向けた取り組みも重要となる。これらを踏まえ、本研究では以下に示す10課題（①～⑩）を設定し、現地調査、資料収集、データ解析等を実施する。調査・解析においては、関連性が深い研究課題についてはデータ共有や情報交換を随時行う。なお現地の状況は雪解けとともに地形や植生など著しく変化し、いずれの研究課題についてもその推進については緊急性が求められる。さらに、最終的に得られた成果を取りまとめ、山岳地を含めた全国に適用される雪崩対策について提言する。

①雪崩発生域付近における現地調査

今回発生した雪崩について、現地調査を行いその発生状況について明らかにする。

現地の安全性を確保しながら下記②における上空からの調査と連動し、積雪期2回、無雪期1回の計3回現地調査を行い、雪崩の発生状況、規模等について明らかにする。

1回目の積雪期の調査は、積雪の状況、雪崩の流下経路について把握する。調査は、雪崩発生後の時間経過と共に積雪も変化して雪崩の痕跡がわかりづらくなることと、今後急激な融雪も予想されるためできるだけ早急に実施する。2回目の現地調査では、雪崩のデブリの痕跡等を調査する。無積雪期調査では、同様に雪崩の痕跡等を調査すると共に、地形状況や植生状況について把握し、雪崩の発生の危険性や雪崩の流下経路、雪崩の総量（流下量）の推定のための資料とする。

また、現地の関係者（救助にあたった消防、山岳救助隊、学校関係者など）を対象に、雪崩災害当日の気象状況や移動箇所、雪崩発生状況並びに埋没箇所、深さや被害状況の詳細について聞き取り調査を実施する。

②上空からの画像撮影

ドローンを利用し、上空から雪崩発生付近の撮影を行い、雪崩発生の際の痕跡を調査する。撮影は現地での状況を確認しながら、積雪期2回、融雪直後の地形状況の撮影1回、計3回実施する。撮影データから、雪崩の発生、流下状況を面的に把握する。また、⑤で示す SfM (Structure from Motion) のアルゴリズムに基づき、多点撮影画像から地形や積雪の面的形状を解析するための画像を取得する。

③地形情報および雪崩災害資料の収集とその解析による各種データベース作成

現地地形の詳細について、入手可能な数値地図等を全て取得し、雪崩解析に応用する。またこの地域を含む範囲における過去の雪崩発生状況等に関する資料を、文献やインターネットにより資料を収集するとともに新聞記事、自治体等の災害・事故記録、各種の災害記録等を精査・抽出し、統合・整理する。これらに基づき、雪崩発生域、雪崩到達範囲や雪崩発生時の気象状況および被害者らの被災箇所等を推定するとともに、②：上空画像解析、⑤：雪崩堆積状況解析、⑥：シミュレーションによる動力学解析に応用するためのデータベースを構築する。

④降雪状況の面的解析

今回の事例では地形による降雪の集中が考えられる。従って、離れた場所の気象観測点データから観測点のない現地降雪量を推定するだけでは不十分であり、レーダーや気象モデルを用いた降雪量と降雪粒子のメソスケール(数百 km～数 km)の分布について調査しておくことが、今後、観測点のない山岳の雪崩危険度判断を確実にしていくためにも必要である。そのために、1)降雪をもたらした低気圧の発達状況と構造、関東地方への水蒸気輸送について客観解析データ等を用いて明らかにし、2)面的な降雪種、降水量推定について現在のレーダー観測、解析技術を活用して調査し、3)地形性降雪の影響も含めて、今回の災害にかかわる「多量の降雪」の形成過程について数値モデルによる調査を行う。これらの解析の中で、雪崩の弱層形成にかかわる降雪イベントについて、現在の技術を用いた降雪粒子結晶形状の識別可能性についても検討する。

⑤地形ならびに雪崩堆積状況解析

SfMアルゴリズムにより、②の上空からの撮影データから積雪や地形の面的形状を解析し、積雪期と無雪期の撮影との差分から、積雪の厚さの面的な分布を求める。これにより、雪崩のデブリ(堆積物)の面的な広がりを推定し、雪崩の流下経路を推定するための資料とする。さらに、地形状況の解析から発生区の推定などの資料とする。

⑥雪崩シミュレーションを用いた被害範囲推定

雪崩発生後の現地調査や、⑤のドローンなどで得られた地形・積雪分布などの情報にもとづいて推定された雪崩発生範囲や積雪状況をもとに、雪崩の運動シミュレーションを行う。とくに、雪崩走路の微細地形や植生などの影響を考慮しながら、雪崩の流下経路や速度の変化、堆積厚さなどに着目した解析を行う。また、発生した雪崩の規模の違いが流下経路におよぼす影響についても解析する。シミュレーションには、浅水方程式にもとづくモデル(Titan2D)や、最近開発された3次元非構造有限要素解析を用いたモデルなどを複数使用し、山岳域雪崩リアルタイムハザードマップの作成に適した手法についても検討を行う。さらに雪崩斜面上における森林の影響(流下領域、範囲および流下量など)についても評価し、今回の雪崩災害が発生した対象地(不均一、離散的に植生があった)における雪崩ダイナミクスの複雑性についても考察する。また低気圧性の崩れやすい降雪が雪崩の運動に与える影響に関しても、内部摩擦角を変えた複数の数値実験の比較などから明らかにする。

⑦低気圧性の降雪を起因とした雪崩にも対応可能な積雪変質モデルの開発

積雪構造モデルについて、降雪結晶の違い、およびそれが積雪構造と雪崩発生過程に及ぼす影響をモデルに組み込むなど高度化を実施し、低気圧性の降雪を起因とした雪崩の発生予測にも適用可能な積雪モデルを開発する。

また、共通する物理メカニズムを有する土砂災害分野における予測モデリング手法や斜面安定解析手法を援用し、雪崩発生場の予測に資するような積雪層の空間分布評価法を開発する。これまでに計測された無積雪期・積雪期の LiDAR データおよび気象観測データや積雪層の物性測定データを用いて、GIS (地理情報システム) 上で降雪の再分配を計算できるモデルを作成する。これを防災科学技術研究所で開発された積雪構造モデルと連結させることで、積雪層の変質の平面的拡がり (特に力学的物性の鉛直方向の不連続性の、水平方向への発達度など) を予測できるような、4 次元的な積雪層発達モデルを構築する。これにより、雪崩の原因となる弱層の空間分布の推定を行い、それに上載する積雪層の厚みから雪崩の規模を予測できるようにする。今回の事象を含む発災事例についてモデル計算を実施し、検証する。

⑧山岳域雪崩リアルタイムハザードマップの試作

雪崩ハザード評価のための基礎情報として、現地の地形条件、樹林条件を整備する。また以後の地形解析のベースとなる 3 次元表示システムを導入する。対象は今回の雪崩発生箇所を含む約 100 km 程度の範囲とし 1、2 か所を抽出する。地形条件は、国土地理院基盤地図情報から得られる 5 m メッシュの地表データに基づき、傾斜度、斜面方位地形特性 (傾斜遷移点など) を作成する。森林条件については森林区分 (植生分類) と樹林高さに着目し、高分解能衛星データの判読・処理に基づき情報を抽出する。表示システムではこれらのデータを 3 次元で鳥瞰表示し、各種解析に活用する。

地形に関わるこれらの条件をもとに、山岳地における積雪深を複数パターン想定し (積雪深 0.5m、1m、2m など、段階的に分類)、その状況において⑥雪崩流動の数値解析を実施し、到達距離や流量を計算しデータベース化するとともに、実際の積雪深に応じてリアルタイムハザードマップとしてそれらの物理量を提示する。

当該ハザードマップの作成においては、既存資料 (防災科学技術研究所の災害情報や、新潟大学の災害・復興科学研究所の雪崩災害データベースなど各種) を有効に活用するとともに本ハザードマップとの有機的な統合についても検討する。

⑨雪崩災害防止にむけた課題の検討並びにその解決に向けた検討

本研究で実施する各種解析結果を総合的に検討し、雪崩災害防止に向けた科学的取組に関する更なる課題を抽出するほか、そうした取り組みの高度化手法について提案する。特に今回のような低気圧性の崩れやすい降雪が起因になり、不特定箇所が発生するような雪崩の予測手法は確立されていないため、この点に着目した総合的な解析を実施する。また崩れやすい積雪を形成する降雪をレーダー等でモニタリングする技術が確立されておらず、本課題でその確立を目的とした検討も進める。その他、雪崩シミュレーションにおける流下中の雪の取り込みなど、より精緻なシミュレーションについても開発を進める。その他、積雪深の広域分布の現況を把握する手法を確立し、広域を対象とした雪崩危険度評価に資する。これらの手法を基本とし、雪崩がどこで発生するのかを広域に把握する手法を確立するなど、山岳域も含めた全国的な雪崩ハザードマップの整備に向けた研究を進める。

⑩啓発普及

今回の調査結果を基に、低気圧に伴う降雪が引き起こす表層雪崩についての注意喚起、啓発の取り組みを実施する。山岳域も含めた全国的な雪崩ハザードマップを整備するとともに、教育関係者や山岳団体等へも本研究成果の普及を図る。また山岳域での雪崩注意喚起に関する総合的な取り組みについても、関係者を交えて検討を進める。

その他、冬期の人間・社会活動について、単に冬山での全活動を禁止するだけではなく、リスクを把握・回避しながら安全を確保した上で活動するという高度な行動様式について検討を進める。

研究経費

18,900 千円

研究組織

(研究代表者)

氏名	所属・職名	(専門分野)	役割分担
上石 勲	防災科学技術研究所雪氷防災研究センター・センター長	(雪氷防災学)	研究総括と雪崩災害調査

(研究分担者*及び連携研究者)

氏名	所属・職名	(専門分野)	役割分担
研究分担者			
中村 一樹	防災科学技術研究所雪氷防災研究センター・主任研究員	(雪氷気象学)	雪崩災害調査と解析
尾関 俊浩	北海道教育大学札幌校・理科教育講座・教授	(雪氷物理学)	雪崩原因解析
中井 專人	防災科学技術研究所雪氷防災研究センター・総括主任研究員	(気象学)	メソ気象解析
河島 克久	新潟大学災害・復興科学研究所・教授	(自然災害科学・雪氷学)	積雪情報解析と地域防災情報
松元 高峰	新潟大学災害・復興科学研究所・特任准教授	(雪氷水文学)	広域積雪分布解析
西村 浩一	名古屋大学大学院環境学研究科・教授	(雪氷物理学)	雪崩運動モデル解析とハザードマップ作成
小田 憲一	日本大学理工学部・助教	(自然災害科学)	雪崩運動モデル解析
森口 周二	東北大学災害科学国際研究所・准教授	(地域安全工学)	雪崩運動モデル解析
竹内 由香里	森林総合研究所森林防災研究領域・チーム長	(雪氷学)	植生調査、雪崩災害解析とハザードマップ作成
根本 征樹	防災科学技術研究所雪氷防災研究センター・主任研究員	(雪氷学)	雪崩災害調査
出世 ゆかり	防災科学技術研究所・水土砂災害研究部門主任研究員	(気象学)	メソ気象解析
内山 庄一郎	防災科学技術研究所・社会防災システム研究部門・契約研究員	(地形学)	地形調査、解析
松四 雄騎	京都大学防災研究所・地盤災害研究部門・准教授	(山地災害環境学)	雪崩発生場予測モデルの開発と検証
近藤 伸也	宇都宮大学大学院工学研究科・准教授	(防災マネジメント)	雪崩リスク評価、防災教育・啓発活動
飯田 肇	富山県立山カルデラ砂防博物館・学芸課長(富山県主幹)	(雪氷学)	防災教育・啓発活動
吉田 聡	京都大学防災研究所・災害気候研究分野・准教授	(気象学)	総観気象解析

連携研究者			
松浦 純生	京都大学防災研究所・地盤災害研究部門・教授	(傾斜地保全学)	雪崩災害危険箇所の評価
勝島 隆史	森林総合研究所森林防災研究領域・主任研究員	(雪氷学)	植生調査、雪崩災害解析
橋本 明弘	気象庁気象研究所予報研究部・主任研究官	(気象学)	気象解析
荒木 健太郎	気象庁気象研究所予報研究部・研究官	(気象学)	メソ気象解析
岩波 越	防災科学技術研究所・水土砂災害研究部門総括主任研究員	(気象学)	気象解析
鈴木 真一	防災科学技術研究所・水土砂災害研究部門総括主任研究員	(気象学)	気象解析
小杉 健二	防災科学技術研究所雪氷防災研究センター・総括主任研究員	(雪氷学)	雪崩災害調査
山口 悟	防災科学技術研究所雪氷防災研究センター・主任研究員	(雪氷学)	雪崩原因解析
平島 寛行	防災科学技術研究所雪氷防災研究センター・主任研究員	(雪氷学)	積雪構造モデル解析
伊藤 陽一	防災科学技術研究所雪氷防災研究センター・契約研究員	(雪氷学)	雪崩運動モデル解析
本吉 弘岐	防災科学技術研究所雪氷防災研究センター・主任研究員	(気象学)	気象解析
阿部 修	防災科学技術研究所雪氷防災研究センター・客員研究員	(雪氷学)	雪崩災害調査と解析
安達 聖	防災科学技術研究所雪氷防災研究センター・契約研究員	(雪氷学)	積雪構造解析
鈴木 比奈子	防災科学技術研究所・社会防災システム研究部門・契約研究員	(地理学)	雪崩災害事例のデータベース化