

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 —科学研究費補助金・特別研究促進費による突発災害調査 報告—

上石 勲*

*防災科学技術研究所，研究代表者

要 旨

2017年3月27日に栃木県那須郡那須町的那須岳東斜面で雪崩が発生し，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，50名が負傷する甚大な被害が発生した。本調査は，このような惨事を二度と繰り返さないことを目的とし研究を進めた。本稿では，特に現地調査と解析による雪崩発生メカニズム解明，それに基づく南岸低気圧による降雪に起因する雪崩の発生予測システム構築・検証，雪崩に関する教育計画の立案と啓蒙普及活動について詳細に記述した。なお，本調査報告書の目次，著者については巻末に記載したので，併せて確認いただきたい。

1. はじめに

2017年3月27日に栃木県那須郡那須町で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。

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。

- ①雪崩発生域付近における現地調査
- ②上空からの画像撮影
- 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
- ④降雪状況の面的解析
- ⑤地形ならびに雪崩堆積状況解析
- ⑥雪崩シミュレーションを用いた被害範囲推定
- 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
- ⑧山岳域雪崩リアルタイムハザードマップの試作
- 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
- ⑩啓蒙普及

調査研究チームは以下の通りである。

上石勲(防災科研，研究代表者)

研究分担者

中村一樹，尾関俊浩(北教大)，中井専人，河島克久

(新潟大)，松元高峰(新潟大)，西村浩一(名大)，小田憲一(日大)，森口周二(東北大)，竹内由香里(森林総研)，根本征樹，出世ゆかり，内山庄一郎，松四雄騎(京大)，近藤伸也(宇都宮大)，飯田肇(立山砂防カルデラ博物館)，吉田聡(京大)(所属未記入は防災科研)

連携研究者

松浦純生(京大)，勝島隆史(森林総研)，橋本明弘(気象研)，荒木健太郎(気象研)，岩波越，鈴木真一，小杉健二，山口悟，本吉弘岐，平島寛行，伊藤陽一，阿部修，安達聖，鈴木比奈子(所属未記入は防災科研)

研究協力者

阿部直樹，阿部幹雄(日本雪氷学会北海道支部雪氷災害調査チーム)，伊豫部勉(京大)，木枝香織，榊原健一(北医大)，佐藤研吾，清水慎吾，瀬谷旺二郎(宇都宮大)，前坂剛，吉川知里(新潟大)，渡部俊(新潟大)(所属未記入は防災科研)

2. 現地調査と判明した雪崩の発生状況

2.1 現地調査概要

3月28日の調査では，雪崩停止箇所より若干下がった地点での積雪断面観測を行い，表面から23~25cmに降雪結晶からなる層を確認した。この層を弱層として表層雪崩が発生したものと推定され，今後の雪崩発生の解析に結び付いている貴重な観測データと

なっている。また、4月2日にはUAV無人航空機による撮影、以降の5回の現地調査では、雪崩の発生源破断面や積雪表面のデブリは確認できなかったが、積雪の断面観測によって雪崩の痕跡を数か所で確認することができた。樹木の枝折れや関係者の所持して

いた登山用具も発見され、雪崩発生個所、流下範囲について、ある程度把握することができた。さらに、救助隊の方や雪崩に遭遇した方に聞き取り調査を行い、当日の状況に関する貴重な証言を頂いた。

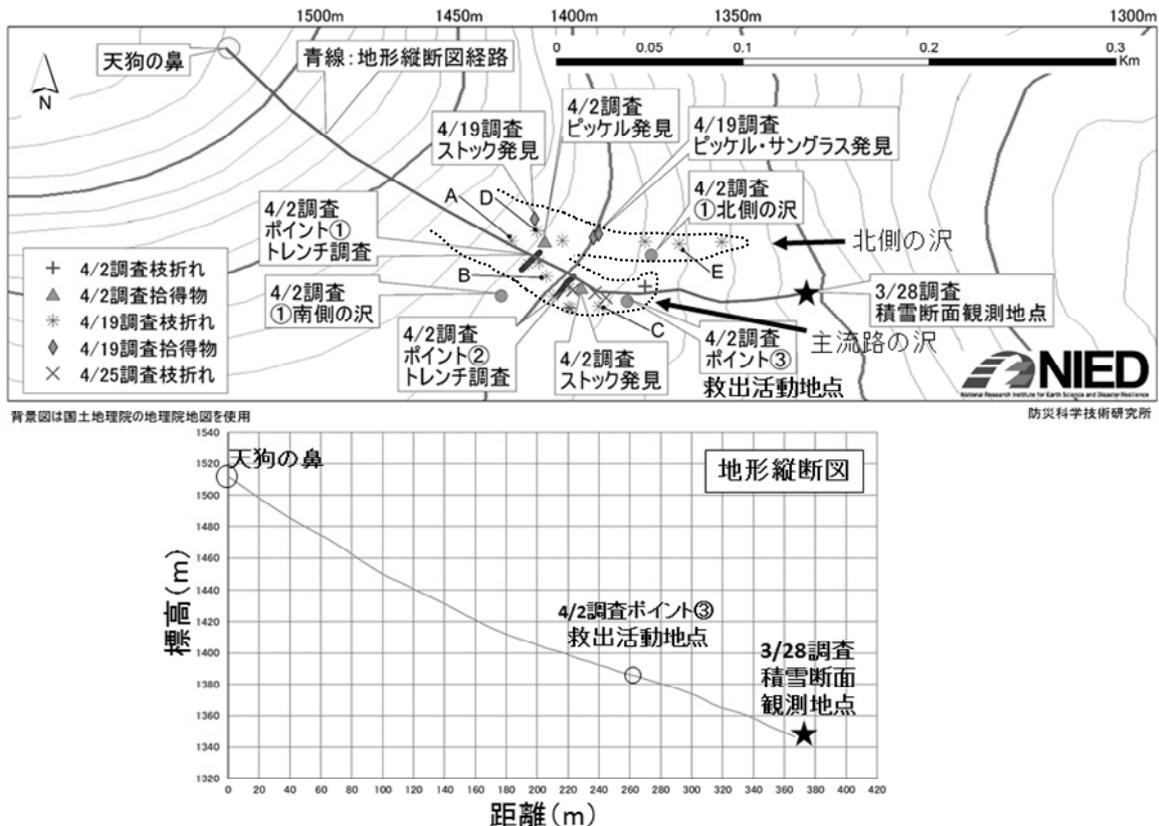


図-1 雪崩痕跡とその地形縦断図（点線はおおよその雪崩到達範囲）
（国土地理院基盤地図情報 5m メッシュ標高より）

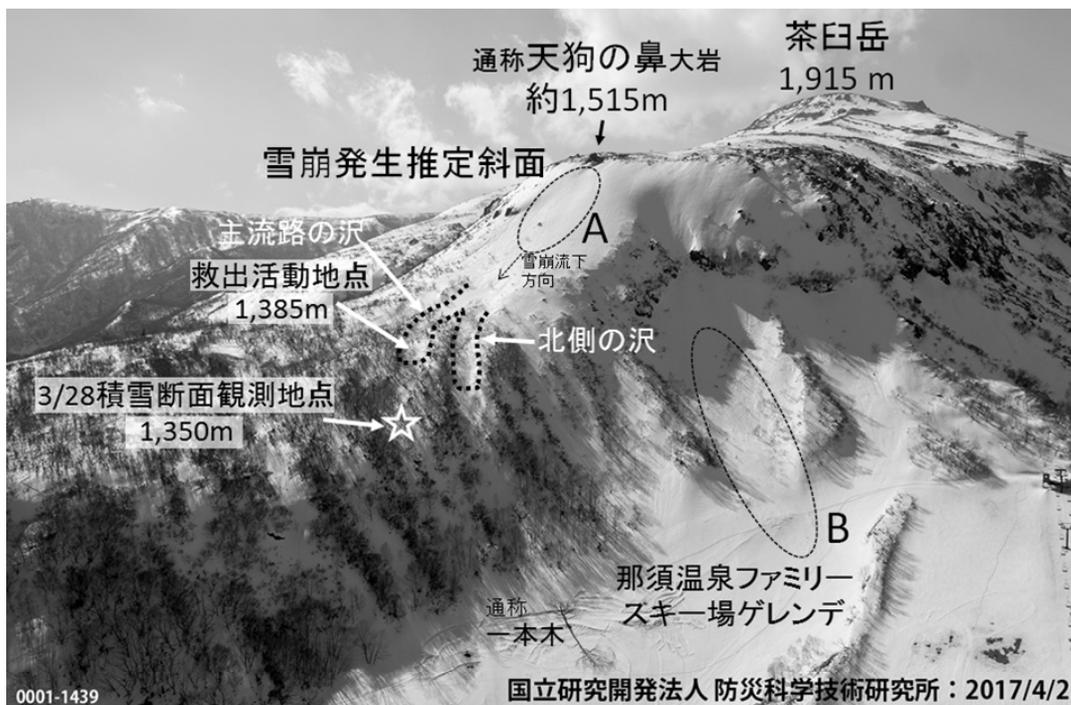


図-2 那須岳雪崩発生地全景

図-1, 2に4月2日に無人航空機で撮影した那須岳雪崩発生地全景と調査結果を示した。斜面Aは、標高約1,515mの通称天狗の鼻大岩の直下に位置し、2017年3月27日に大きな被害をもたらした雪崩が発生したと推定される斜面である。4月2日の現地調査では、斜面Aの下方に標高1,385m付近に人為的に掘削された直径数mの雪の掘削跡が確認された。これは3月27日の雪崩発生直後に救出活動で掘削されたものであると考えられ、救出活動地点と推定された。3月28日に断面観測を実施した地点は、この救出活動地点と同じ沢のさらに下方の標高1,350mに位置する。また、3月28日午前には、スキー場センターハウス付近から、斜面Bの位置に表層雪崩のデブリや流下の後が確認できた。このデブリはスキー場のゲレンデまで達していた。

2.2 積雪断面観測結果と気象状況との関係 (2017年3月28日実施)

図-3に3月28日13時50分～16時20分に積雪内部の状態を把握するために実施した積雪断面観測結果を示す。斜面Aの向きは南東から東南東、傾斜角は30～38度で表層雪崩が発生しやすい傾斜角35～40度の範囲を含む斜面である。この積雪断面観測地点の積雪深は305cmであった。積雪断面観測は、積雪表面から深さ約100cmまでを対象に実施した。

積雪表面から深さ100cmまでの雪温は、最高-0.6℃、最低-1.3℃であり全層氷点下であった。深さ22～25cmは弱層と考えられ、硬度0.8kPa、密度56kg/m³であった。

図-4に、3月28日に観測した積雪断面と雪粒子の写真を示す。Bの粒径が2mm以上の雪粒子は、雲粒が付着していない板状結晶であると判断できる。その上下のAもCも雲粒は少ないが粒径は小さく、板状結晶ではない。したがって、弱層を形成する主な粒子は、雲粒付着なしの板状結晶であり、雪が降ってくる時の形状が弱層形成に関係している雲粒付着がない(あるいは少ない)降雪結晶の弱層であると考えられる。

図-5に気象庁地上天気図と気象衛星赤外面像(宇都宮气象台, 2017)、及び解析雨量を示す。これより図-4の深さ22～25cmの弱層は、本州の南岸を北東に進む低気圧に伴う3月26日～27日の降雪中に、降雪の結晶の形状が雲粒の付着の少ない比較的大型の板状結晶が多い時間帯があり、その結晶が積もることによって形成されたと推定された。さらに、弱層となる板状結晶の層が積もった後に、同じ低気圧からもたらされた27日未明の比較的短時間に強く降った雪が上載積雪となって積雪が不安定になり、面発生乾雪表層雪崩が発生したと推定された。

図2に示す斜面Bの自然発生の表層雪崩の痕跡からも、那須岳付近の積雪は不安定な状態にあったと判断される。これらの状況から、2017年3月27日那須雪崩事故検証委員会報告書(2017)に示されているように、現時点では、3月27日に大きな被害を生じた図-2の斜面Aの表層雪崩は、不安定な積雪の斜面から自然発生した可能性と、不安定な積雪の斜面に人が入り込んだために発生した可能性の両方があると考えられる。

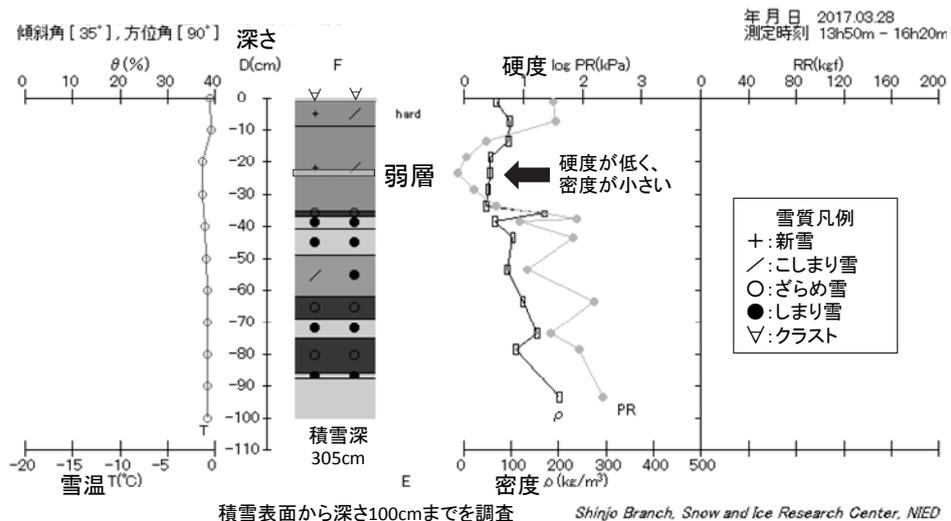


図-3 積雪断面観測結果 (2017年3月28日実施)

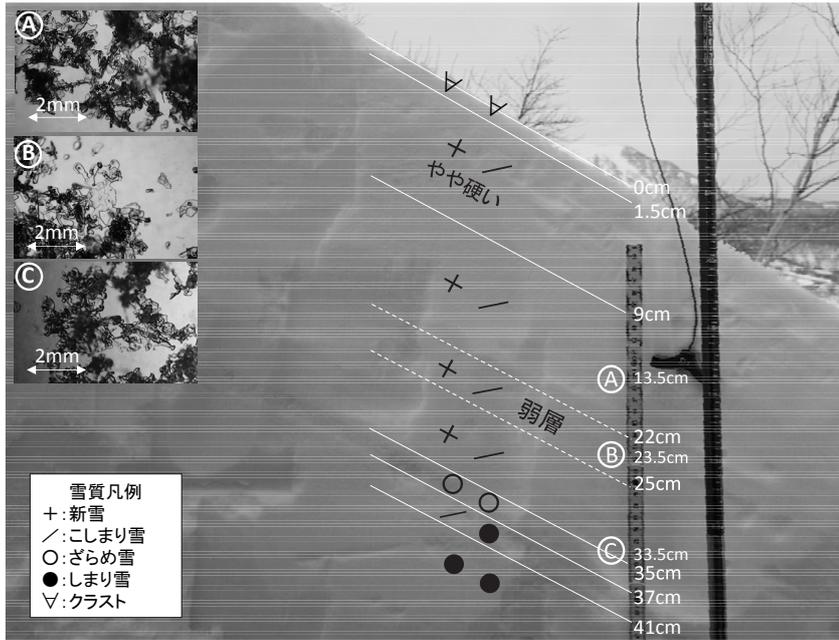


図-4 2017年3月28日に観測した積雪断面と雪粒子の写真

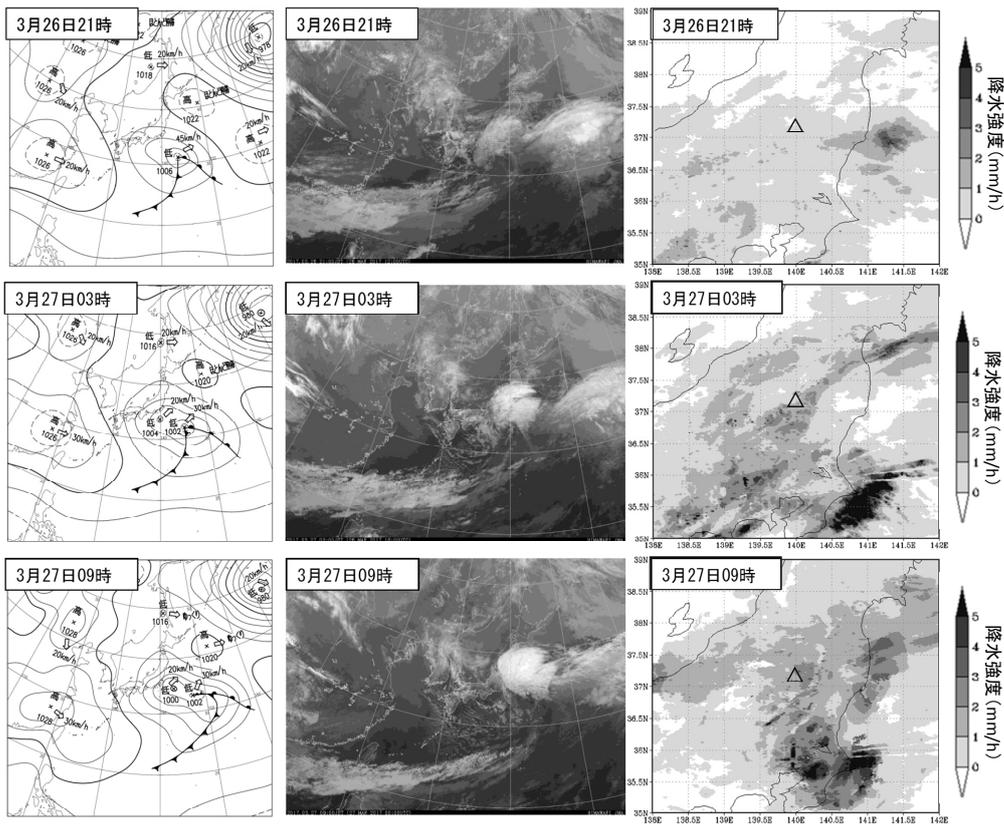


図-5 気象庁地上天気図と気象衛星赤外画像 (宇都宮気象台, 2017),
及び解析雨量 (中心の△は那須岳の位置, GRADS にて作図)

2.3 雪崩痕跡調査結果と雪崩発生経路の推定 (4月2日, 19日, 25日実施)

雪崩痕跡を確認するため、4月2日に、3月28日積雪断面観測地点の上流側を森林限界の標高1,420m付近まで調査を実施した。図-1に示す2つの位置で行ったトレンチ掘削によって積雪表層の断面を確認した。また、ポイント①～③の地点で雪崩による積雪層の乱れの有無を確認し、各標高の踏査中に樹木の枝折れ、倒木の有無の確認を実施した。

図-1に示した現地調査結果と国土地理院基盤地図情報5mメッシュ標高データより、雪崩が発生したと考えられる斜面は、樹林帯を抜けた標高1,420m付近から通称天狗の鼻大岩(標高約1,515m)の間の傾斜角が30度～38度程度の平滑な急斜面で、植生も無く、雪崩の発生しやすい条件を満たしていることが分かる。また、特に標高1,500m前後や標高1,470m前後は、傾斜角が38度前後を示しており、特に急傾斜であることが分かった。図-1の最も上流側に位置す

る枝折れの樹木にダメージを与えるためには、ある程度の標高差を流下する必要があることから、雪崩は天狗の鼻大岩下の斜面で発生したと考えられる。3月28日の調査時には、発生区と考えられる天狗の鼻大岩下の斜面は全層の雪が流下して地面が見えるような状態ではなく、積雪が多く残っていたことから、発生した雪崩の種類は表層雪崩だと推定される。

以上の現地調査結果からおおよそ推定された雪崩到達範囲を国土地理院地図(図-1)に記入した。また、那須岳雪崩発生地全景に点線で記入した(図-2)。天狗の鼻大岩下の発生区では弱層の破壊をきっかけに、弱層の上に降り積もった上載積雪となった新雪が、斜面の傾斜方向に流下したと推定される。さらに、雪崩は、図-1のポイント①, ②を含む沢(主流路の沢)地形を流れ下り、流下中に弱層の下の新雪・こしまり雪層も巻き込んで(図-6,7,8参照)流下速度が上昇したと推定される。



図-6 積雪の状態

(ポイント①トレンチ, 2017年4月2日撮影)



図-7 積雪内の樹木の状態

(ポイント①トレンチ, 2017年4月2日撮影)



図-8 雪崩の主流路と考えられる沢の樹木の枝折れの状況



3. 低気圧性降雪による表層雪崩危険度予測の試み

現在までに低気圧性降雪による表層雪崩危険度の予測は行われていない。そこで、那須岳雪崩の調査結果や過去の低気圧の降雪が原因の表層雪崩事例の地形、上空の風、気温、降雪量等を分析して新たな予測情報を設計し、低気圧性降雪による表層雪崩危険度の可視化を実現することを目的として本研究を実施した。

3.1 低気圧性降雪による表層雪崩事例の分析

図-9に低気圧の降雪から降りやすい結晶形とその範囲の模式図を示す(中村ら, 2013を改定)。低気圧の進行方向前面(北～東～南東側)の層状雲からは、表層雪崩の弱層を形成する雲粒付着が少ない板状結晶や、崩れやすい形状をしている角柱状結晶等が降りやすいことがわかってきた。

低気圧性の降雪に起因する弱層形成と、同様に低気圧性の降雪に起因する比較的サラサラした新雪の上積積雪が原因で、2017年3月の那須岳や2014年2月の関東甲信、東北地方各地など過去に多くの表層雪崩が発生している(例えば、中村ら, 2014: 中村・小杉, 2016)。このような低気圧性の雪が降っている最中に発生する表層雪崩の予測システム開発を最初のステップとして実施した。低気圧が通過した後、西高東低の冬型の気圧配置で上積積雪が形成されて表層雪崩が発生するパターンもあるが、今後の課題として整理した。

那須岳の雪崩を含むパターンAの6事例について分析した。その結果、共通の特徴として、以下の事

項を抽出した。これらの特徴を基に、3.2節で低気圧性雪崩危険度の予測アルゴリズムを検討する。

- 特徴1) 「低気圧性降雪開始から雪崩発生までの雪崩発生区最高気温(℃)」は、全ての事例で氷点下。
- 特徴2) 「低気圧性降雪開始から雪崩発生までの降水量(mm)」は、最低値が事例4の20.0mm。
- 特徴3) 「低気圧性降雪開始から雪崩発生までの積雪深増加(cm)」は、最低値が28cm。
- 特徴4) 降雪開始から雪崩発生までの850hPa以下の下層風は、全ての事例で東成分を有する東寄りの風。
- 特徴5) 雪崩は、低気圧性降雪が降っている途中か、降り終わる時に発生。

3.2 低気圧性雪崩危険度の予測アルゴリズム

地表が約5kmメッシュで表現されるメソ数値予測モデルGPV(MSM)データを基に、低気圧性雪崩の発生予測情報をweb上でマップに表示する試験運用のためのシステムの検討・開発を行った。低気圧性雪崩の発生条件(気圧配置、降雪量、降雪時間など)については前節の分析結果を基に決定した。本システムで利用する低気圧性雪崩の予測アルゴリズムを図-10に示す。下記に気象等の要素の判断基準について記す。

作成したMSMモデル検証用データを用いて今回の那須雪崩事事故事例で計算した(図-11)。

3.3 試験運用システムの構築

MSMデータを入力値として、低気圧性降雪による表層雪崩危険度(積算降水量)を1時間毎に約30時間先まで予測計算し、3時間毎にwebページ予測情報を更新した(図-12)。

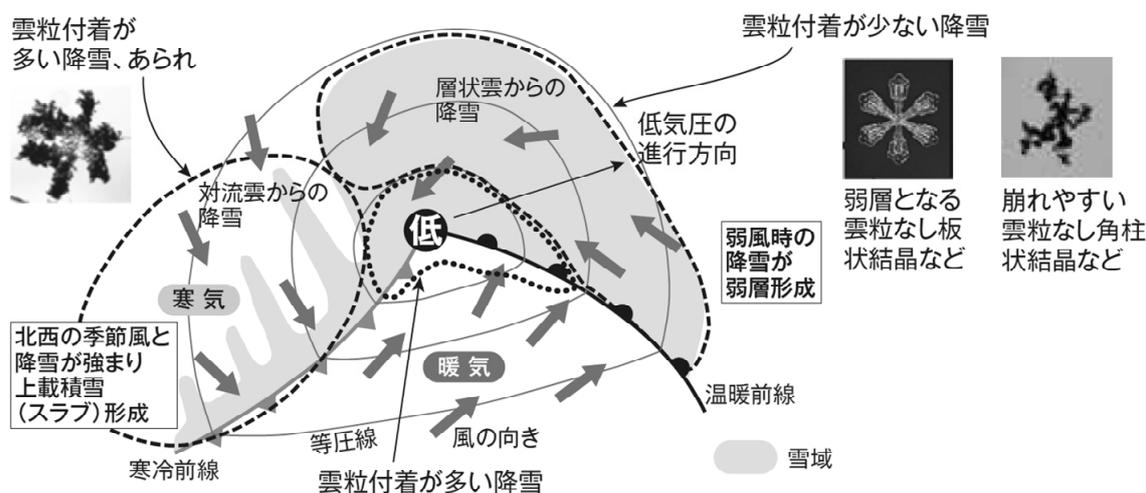


図-9 低気圧の降雪から降りやすい結晶形とその範囲の模式図(中村ら, 2013を改定)

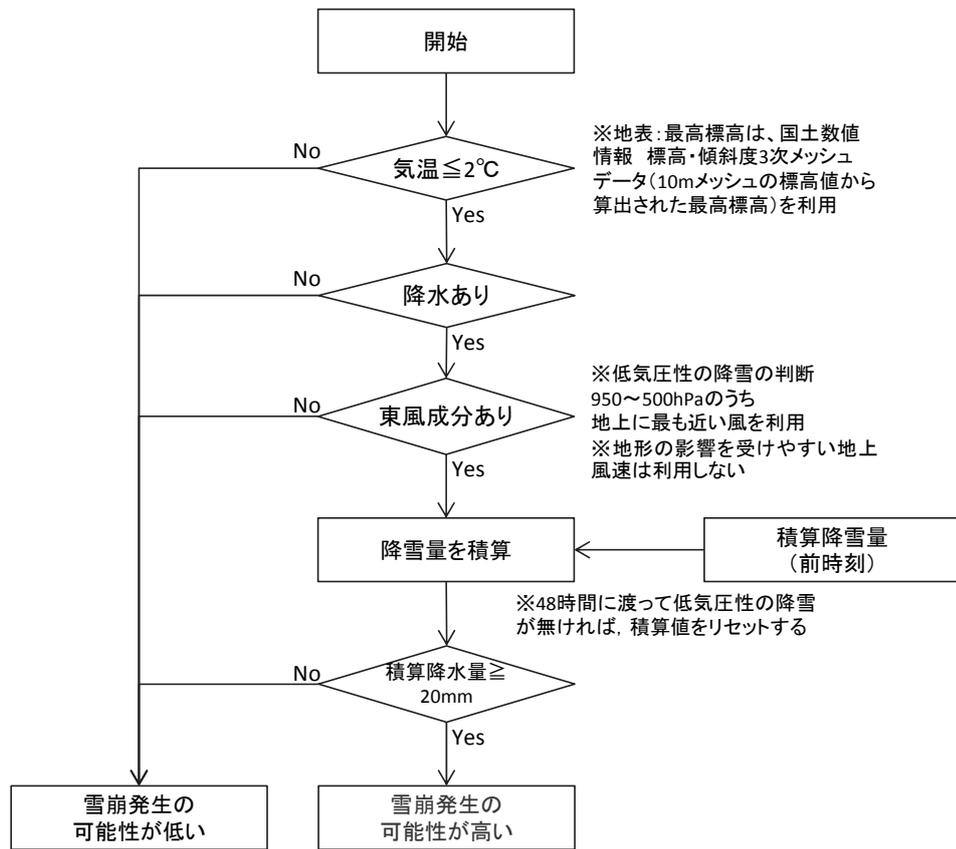


図-10 低気圧性雪崩の予測アルゴリズム (概要)

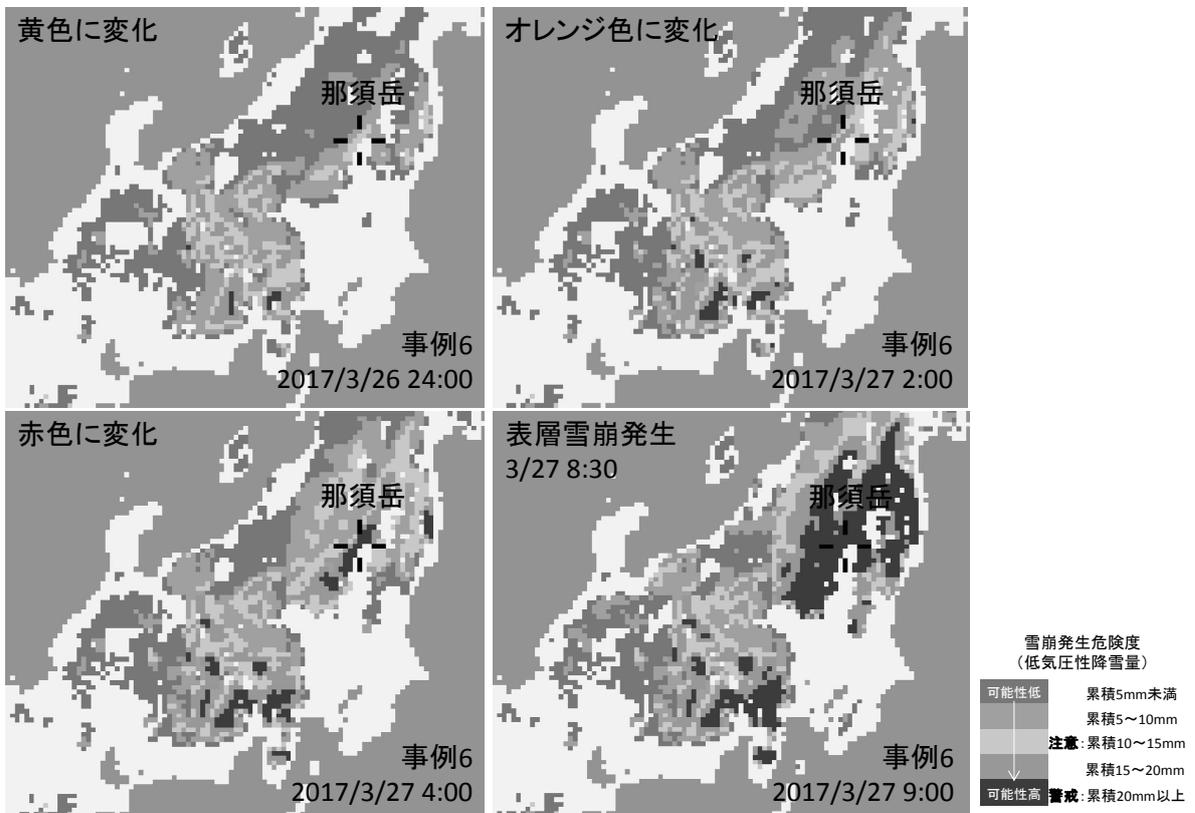


図-11 事例6: MSM データを用いた那須岳の雪崩発生危険度 (2017年3月26~27日)

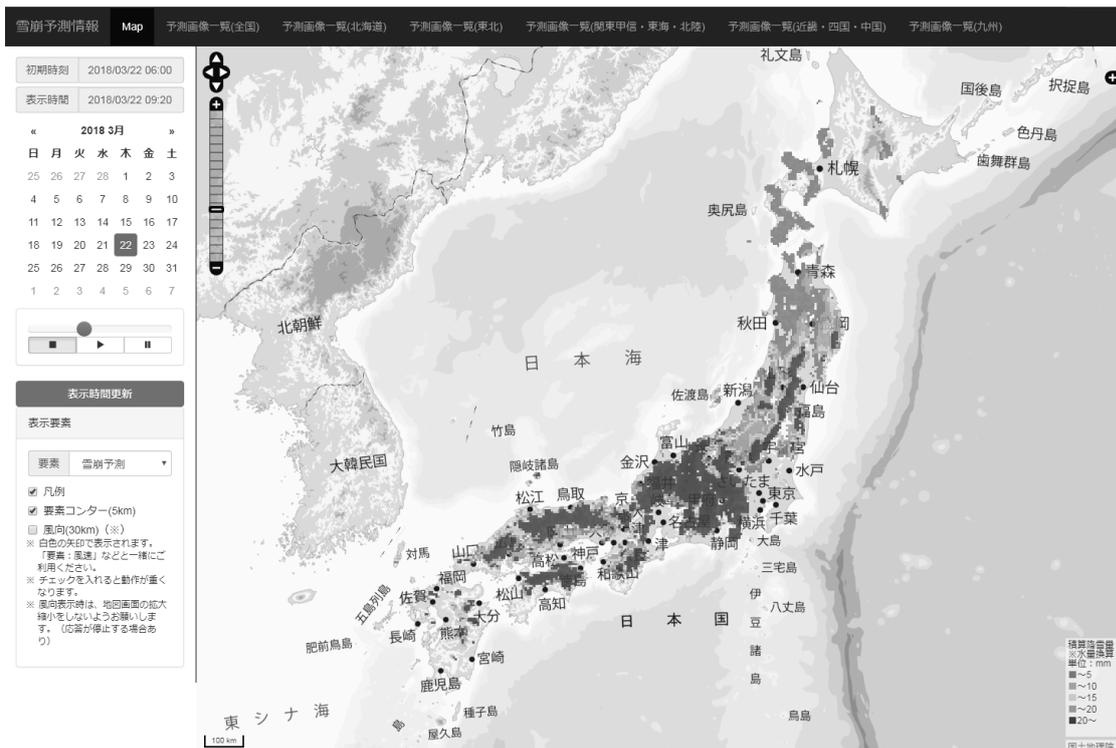


図-12 情報の表示例（雪崩危険度予測（積算降雪量））

3.4 検証

北は北海道から南は三重県までの全国29名の山岳関係者、研究者、インフラ管理者などに協力者として参加頂き、2018年1月～3月にweb予測システム試験運用を通じて雪崩危険度情報を配信し、検証作業をスタートさせた。

試験運用期間中の2018年1月～3月の試験運用webページへ合計57のIPからアクセスがあり、アクセスされた回数は494回に達した。

4. 雪崩教育普及プログラムの開発と実践

本研究プロジェクトの「啓発普及」分野では、今科研の研究成果を基に、教育関係者や山岳団体等へも本研究成果の普及を図ること、そのための雪崩教育普及プログラムを開発することを目標とした活動を実施した。

具体的には、各都道府県の高体連登山専門部等で今冬に開催される登山研修会等で、開発した雪崩教育普及についてのプログラムを実施した。プログラム中には、今回の研究成果である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も含めることとした。

4.1 雪崩教育普及プログラムの作成

雪崩教育普及プログラムの作成にあたり、プログラムの流れを、①積雪と雪崩、②雪崩リスクマネジ

メント、③雪崩サーチ&レスキューとした。

①でまず積雪の基礎知識を身につけて雪崩とはどのような現象なのか、どのような発生の仕方をするのか等を理解してもらおう。①では、可能な限り積雪断面観測等の実技時間を設ける。

続いて②で、雪崩にあわないためにはどうすれば良いのか、その基本的な知識について知ってもらおう。②でも、可能な限り積雪安定度評価のための積雪断面観測や積雪安定度テストの実技時間を設ける。

次に③では、雪崩にあってしまったらどうするのか、についてその基本的な知識とスキルを身につけてもらおう。③では、ビーコン、プローブ、シャベル等の雪崩捜索用具の扱いについて実技を通して身につけてもらい、さらに、雪崩遭遇時のパーティー内での初動捜索と救助（コンパニオンレスキュー）についての模擬実技を実施して実践的なスキルを身につけてもらおう。

なお、本プログラム作成では、本稿の著者の中村、榊原らが執筆編集した『雪崩教本』（2017）の内容を参考とし、また同本中の内容を多数引用した。さらに、本科学研究費の研究成果のうち雪崩教育普及に資する情報を抽出して新たなスライドを作成して加えた。

各プログラムのコンテンツは以下のとおりである。

①積雪と雪崩

- ・降雪と気象・積雪とその変化・雪崩の分類（表層雪崩、全層雪崩）

- ・雪崩の運動形態・雪崩の発生メカニズム
- ②雪崩リスクマネジメント
 - ・雪崩リスク・行動の意思決定　・雪崩ハザード評価と用いる情報
 - ・積雪観察とその手法　・積雪の安定性評価（弱層テスト）　・雪崩対策の装備
- ③雪崩サーチ&レスキュー
 - ・雪崩による埋没と生存率　・セルフレスキュー
 - ・コンパニオンレスキュー（ビーコン、プローブ、シャベル、1次救命処置）

4.2 状況判断力向上を目指した演習の開発

状況判断に関する能力は、雪山登山中に判断する機会に遭遇しなければ使用する機会がない。そのため、雪がない平地でもこの能力を向上できる机上演習を開発し、前段落で説明した講義および野外実習を行った後にこの演習を実施することで、この能力が向上できると考えた。

演習の状況設定（議題）は3月下旬の「雪山登山合宿の引率」とした。当初予定していた登山日を、悪天候を理由に1日ずらし、もう日程変更ができない条件の下で、雪山登山引率中に、1人の部員からワッフ音のような音が聞こえたという報告を受けて、登山を続けるか下山するかを引率者が判断する、という設定とした。演習の受講者に「状態変化対応能力」を構成する3つの要素をもとにした図-13の演習資料を与えて、雪崩リスクを評価し、登山を続けるか下山するかを判断してもらったこととした。

演習の流れを図-14に示す。はじめに5人又は7人の班に分かれて議題として演習の状況設定を確認してから、登山を続けるか下山するかを受講者が一人で判断する。次に班内で登山を選択した人と下山を選択した人でそれぞれグループを作り、グループ間で議論する。最後に班としての最終的な判断を決定し、各班の代表者による発表を行って議論した成果を共有する。

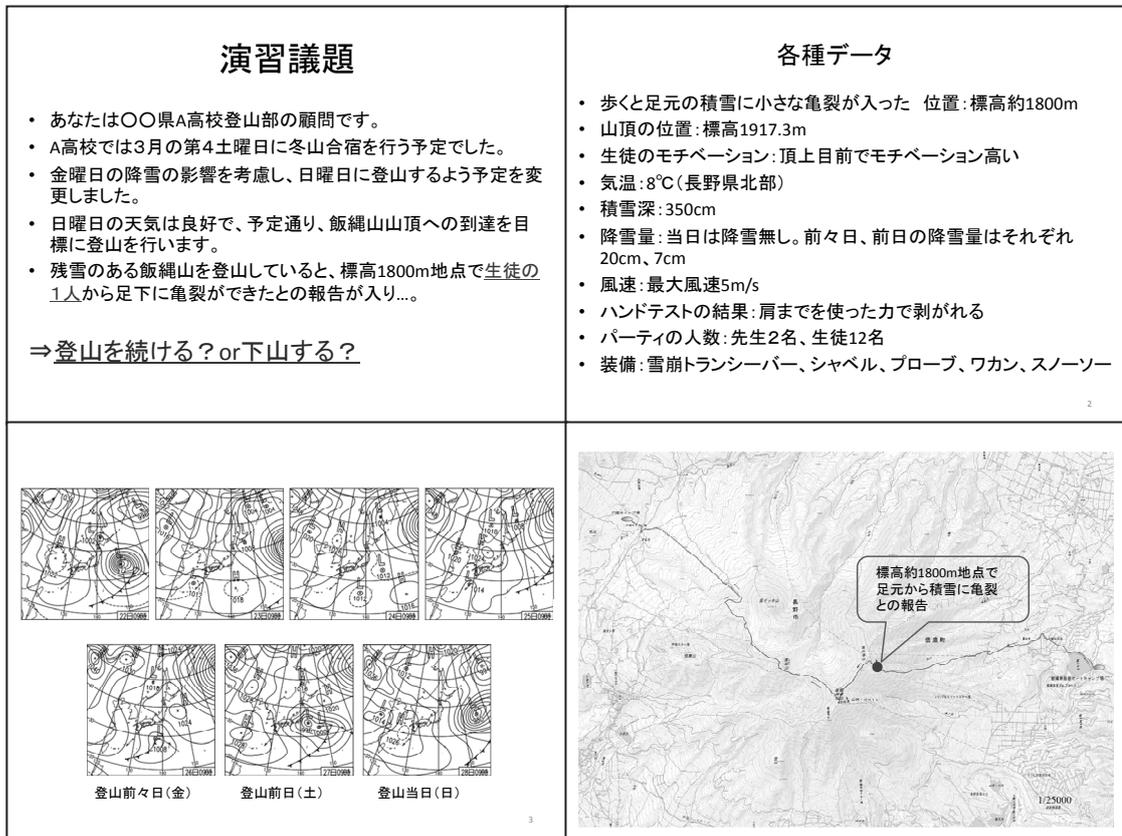


図-13 演習資料

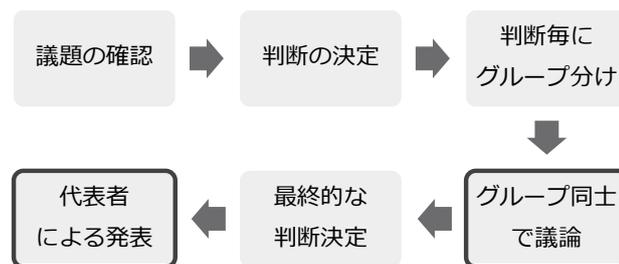


図-14 演習の流れ

4.3 講習の実施

主に都道府県の高体連登山専門部の協力を仰ぎながら、表-1の7県で実施した。講師は「雪と雪崩の科学」、「雪崩リスクマネジメント」と「雪崩サーチ&レスキュー」に関しては、本研究プロジェクトに参加している雪氷災害および雪山登山の専門家が担った(図-15)。状況判断力を向上する演習については、雪氷災害および雪山登山の専門家ではない者が司会進行を行い、雪氷災害および雪山登山の専門家が議論のフォロー、および演習最後の講評を行った。

「雪と雪崩の科学」、「雪崩リスクマネジメント」と「雪崩サーチ&レスキュー」の実施形態は会場によって異なる。講習の時間がとれない場合は、講義のみとしているが、時間がとれ、かつ会場近辺に雪のある場所が確保できた場合には野外実習も合わせて行っている。

今後の課題として、この種の雪崩教育普及のための研修会を継続して実施していくためのシステム作りが必要不可欠である。各県とも、50代の顧問教諭が主流で後継者不足であり、若い山岳部顧問教諭の養成は喫緊の課題となっている。今冬の研修会は、これまで各県の高等学校体育連盟登山専門部などで行われてきた研修会に便乗する形で開催し、雪崩教育の講師として研究者等の専門家があたることができた。しかし今後は、各県の高体連と研究者等が連携を取りながら、雪崩教育の講師を地元の山岳関係者等から選任することが、継続性の観点からも必要であろう。そのため、今回実施した7県での雪崩教育普及プログラムは、可能な限り、近隣の山岳ガイドとともに実施するよう努めた。今回開発した雪崩教育普及プログラムを取り入れた研修会が、各県独自の雪崩教育普及指導者のもとで、継続的に実施されることが望まれる。

表-1 講習試行の概要

都道府県	期間	場所	備考
福島県	2017年12月25日	福島市	県高体連登山部冬季登山技術研究大会の一環として実施 「演習なし」
宮城県	2018年1月13日	蔵王町	県高体連冬山顧問研修会の一環として実施 「演習なし」
長野県	2018年1月20日	大町市	中信地区安全登山研究会研修交流会の一環として実施
三重県	2018年1月27日	四日市市	三重高体連登山専門部安全登山研修交流会の一環として実施 「演習なし」
新潟県	2018年2月2～3日	長岡市	県高体連登山専門部講習会の一環として実施
秋田県	2018年2月2～3日	秋田市	全県顧問冬山講習会の一環として実施 「演習なし」
群馬県	2018年2月16日	片品村	県高体連登山専門部冬山登山顧問講習会の一環として実施 「演習なし」



図-15 長野県中信安全登山研究会「登山技術交流研修会」での雪崩教育プログラムの様子

5. おわりに

雪氷研究者にとって、この事故は非常にショッキングであり、これまでの研究活動の在り方も考えさせられ。今回の調査は、このような雪崩事故を二度と起こさないことを第一の目的として行ってきた。今回の調査チームで行ってきたことは、単年度だけで完結することはない。今回のような雪崩事故を防ぐには課題も多く、南岸低気圧性の降雪による表層雪崩予測システムも災害防止につなげるためには、各地での観測に基づく検証が不可欠である。また、これらの情報を活用するための周知や広報活動もさらに進めることが必要である。「那須雪崩事故を風化させず、二度とこのような災害は起こさない」ために、さらにアドバイスをいただければありがたい。

参考文献

宇都宮気象台 (2017) : 平成29年3月26日から27日にかけての大雪に関する栃木県気象速報,
http://www.jma-net.go.jp/utsunomiya/img/20170327so_kuhou_ooyuki.pdf (最終閲覧日2018年3月11日) .
平成29年3月27日那須雪崩事故検証委員会
(2017) : 平成29年3月27日那須雪崩事故検証委員会報告書,
http://www.pref.tochigi.lg.jp/m01/documents/20171015_houkokusyo.zip (最終閲覧日2018年3月11日) .
中村一樹・佐藤友徳・秋田谷英次 (2013) : 降雪系弱層形成時の気象の特徴, 北海道の雪氷, 32, pp.14-17.
中村一樹・上石勲・阿部修 (2014) : 2014年2月の低気圧の降雪による雪崩の特徴, 日本雪工学会誌, 30, pp.106-113.
中村一樹・小杉健二 (2016) C低気圧性の降雪により2014年2月9日に山形県西川町で発生した雪崩の特徴, 防災科学技術研究所主要災害調査, 49, pp.47-54.
雪氷災害調査チーム&雪崩事故防止研究会編
(2017) : 雪崩教本, 山と溪谷社, 143pp.
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
課題番号 17K18453
平成29年度科学研究費補助金 (特別研究促進費)
研究成果報告書 平成30年3月
目次
はじめに
第1章 現地調査結果
那須雪崩災害の現地調査…p.1

中村一樹・上石勲・根本征樹・小杉健二・山口悟・伊藤陽一・平島寛行・本吉弘岐・佐藤研吾・安達聖・阿部修・内山庄一郎・鈴木比奈子・飯田肇・西村浩一・河島克久・松元高峰・渡部俊・伊豫部勉・阿部幹雄・阿部直樹・竹内由香里・勝島隆史・近藤伸也
2017年那須雪崩災害調査へのUAV-SfMの適用…p.21
内山庄一郎・鈴木比奈子・上石勲・中村一樹
2017年3月27日に那須岳で雪崩災害をもたらした積雪の力学的特性…p.29
河島克久・松元高峰・渡部俊・西村浩一
第2章 地形情報及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の作成
雪崩災害資料の地理学的分析を通じた地域災害特性の理解に向けた試み…p.35
鈴木比奈子・内山庄一郎・中村一樹
第3章 降雪状況の面的解析
降雪状況の面的解析…p.45
中井専人・吉田聡・荒木健太郎・出世ゆかり・岩波越・鈴木真一・橋本明弘・本吉弘岐
2017年3月27日の那須雪崩をもたらした低気圧の予測可能性…p.47
吉田聡
那須における表層雪崩発生に関わる低気圧性大雪の特性…p.52
荒木健太郎
MPレーダー解析による2017年3月26 - 27日那須近辺における降水と風の分布…p.58
中井専人・清水慎吾・前坂剛・岩波越・木枝香織
降雪による弱層形成に関する数値気象モデルを用いた再現実験…p.64
橋本明弘・本吉弘岐・山口悟・中井専人
低気圧に伴う降雪システムのKaバンド偏波レーダー観測…p.70
出世ゆかり・前坂剛・木枝香織・岩波越
第4章 雪崩シミュレーションを用いた被害範囲推定
那須雪崩の流下状況推定を目的とした流動シミュレーション…p.76
伊藤陽一・森口周二・小田憲一・西村浩一
第5章 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
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…p.84
平島寛行・山口悟
風および重力による降雪再分配を考慮した積雪層厚の空間分布予測と検証…p.90
松四雄騎・松浦純生
第6章 山岳域雪崩リアルタイムハザードマップの

試作

低気圧性降雪による表層雪崩危険度予測の試み…

p.96

中村一樹・根本征樹・本吉弘岐

地形条件・樹林条件からなる雪崩ポテンシャル箇所
抽出の検討…p.122

阿部直樹・中村一樹・上石勲

太平洋側地域に適用可能な雪崩発生危険度の評価方
法…p.128

吉川知里・河島克久・松元高峰

第7章 雪崩教育

雪山登山引率者を対象とした講習の試行…p.134

近藤伸也・飯田肇・中村一樹・上石勲・瀬谷旺二
郎

雪崩教育普及プログラムの開発…p.141

中村一樹・上石勲・飯田肇・榊原健一・近藤伸也

巻末 カラーページ…p.145