

防災科研 ニュース

No.213

特集：夏に考える雪氷災害

©国立研究開発法人 防災科学技術研究所



夏に考える雪氷災害

2020-21年冬期の大雪災害と研究



生きる、を支える科学技術



防災科研

集中的な大雪に対応するために 取り組むべき研究とは

—2020-21 年冬期の大雪災害を踏まえ—

雪氷防災研究センター長 上石 勲

3 頁の写真は今年 (2021 年) 1 月、2 m 以上の雪が積もった新潟県上越市の市街地で、道路を通行止めにして雪を一斉に捨てている状況です。雪下ろしが間に合わず雪の重みで住家が倒壊したところもあり、住民は不安と雪処理の大きな負担、車の使えない不自由な生活を長期間余儀なくされました。

また、少し前の 2020 年 12 月には、新潟県や群馬県の山沿い中心に 2、3 日で 2 m 以上の集中した降雪があり、関越自動車道で 2,000 台以上の車が滞留し、50 時間以上の通行止めとなりました。2021 年 1 月には北陸地方の海岸平野部も含めて場所的・空間的に集中した大雪となりました。山形県、秋田県では山間部で大雪となって、除雪中の事故が多発し雪崩の発生もありました。宮城県では東北自動車道で吹雪が原因の事故によって長時間通行止めとなりました。2020-21 年冬期の全国の雪による犠牲者は 147 名、負傷者は 448 名、事故件数は 730 件 (防災科研調べ: 地方紙より抽出・速報値) となっています。

雪氷防災研究センターでは設立以来 56 年にわたり、降積雪の基本的性質や計測に関する研究に加え、その時の社会情勢に応じた雪氷災害に対応するため、雪氷災害発生のメカニズム、対策技術の開発研究を続けてきました。そして、2015 年から 7 年間のプロジェクトでは、観測に基づく「雪氷災害危険度の現況把握技術」と雪氷災害発生メカニズムの知見に基づく「雪氷災害の面的予測技術」を融合することで、時々刻々と変化し複合的な要因で生じる雪氷災害に迅速に対応可能にする雪氷防災情報を生み出し、活用するための研究を行っています。今年の大雪を振り返ると、雪氷災害に最適に対応するために、現況把握と面的予測の研究は、やはり重要であることが再認識されました。

① 雪氷災害発生現況把握・面的予測システムの開発
通信機能を持った簡易なセンサーや画像により、降雪量や雪氷障害を多点観測し現況把握することは、災害の低減だけでなく、降雪や雪氷災害の予測精度の

向上にも寄与できます。「雪おろシグナル」は 2017 年から防災科研で運用を始めたシステムで、雪の重さを面的に表示するものです。今冬も多くの方に利用いただきましたが、さらに検証・高度化を進める必要があります。また、道路の長時間滞留は、新潟県だけでなく、富山県や福井県内でも発生しています。防災科研ではレーダーと降雪観測を組み合わせてデータを解析し、短時間に集中的に降った雪を面的に把握するシステムを研究開発中です。

② 日本海寒帯気団収束帯 (JPCZ) の研究

集中した大雪は、冬型の気圧配置で収束した雪雲が同じところに連続的に大量の降雪をもたらすと言われる JPCZ が大きな要因と考えられています。この発生のメカニズムはまだ解明されているとは言えません。集中した降雪の予測の精度向上のためには、この JPCZ の位置や発達状況を正確に把握・予測することが今後も重要な研究課題です。

③ 雪氷災害のデータベース化とその活用研究

2020-21 年冬期の大雪災害は、多くの人的被害と道路の長期滞留等の大きな社会的影響を与えました。問題の発生した事例だけでなく、良好に対応できた事例も含め、収集整理しておくことも重要です。現況把握・面的予測と合わせて、社会現象としての災害に対する最善の対応に活用できるように、雪氷災害のデータベース化を図ることも大事な研究と考えています。

以上、防災科研では今冬の大雪を踏まえ、研究成果を早期に社会実装できるようさらに研究を加速させる所存です。





屋根雪の一斉雪下ろし
(新潟県上越市)

降雪粒子の顕微鏡写真
(「樹枝六花」などの雪結晶)

CONTENTS

特集 夏に考える雪氷災害

2020-21 年冬期の大雪災害と研究

- 2 集中的な大雪に対応するために取り組むべき研究とは
- 4 今冬の雪氷災害と防災科研の取組
- 6 今冬の豪雪と雪氷災害情報プロダクツによる発信
- 8 降水粒子特性が関与する雪氷災害と実況把握のための降水粒子観測
- 10 雪氷防災研究部門の今後の展開

研究最前線

- 12 2021 年福島沖・宮城沖の地震における法面調査

防災科研 topics

- 14 防災科研 topics
- 16 — Dr. ナダレンジャーの夏の科学実験教室—
「ベナール戦隊タイリュウジャー」



雪氷防災研究部門（雪氷環境実験室）主幹研究員

荒川 逸人

雪氷防災研究部門 特別研究員

砂子 宗次郎

あらかわ・はやと（写真左）

博士（理学）

2009年新潟大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了

専門分野：雪氷学、測量学

民間企業における雪崩・吹雪調査、日本南極地域観測隊での越冬活動を経て、2018年防災科学技術研究所入所。雪崩発生予測モデル研究開発の一環として、積雪の微細構造に関する研究および斜面積雪や吹き溜まりなどの積雪分布の計測方法の研究開発に従事。

すなこ・そうじろう（写真右）

博士（理学）

2019年名古屋大学大学院環境学研究科にて学位取得

専門分野：雪氷学、水文学

2019年防災科学技術研究所入所。現在は衛星データを用いた広域雪崩ハザードマップの開発、雪氷災害発生情報の利活用に関する研究に従事。

今冬の雪氷災害と防災科研の取組

わが国では、毎年様々な雪氷災害が発生する。雪氷防災研究部門では、種々の雪氷災害に関して調査・情報収集を行うとともに、被害軽減に役立つ研究を進めている。ここでは、今冬の雪氷災害の概観と雪氷災害調査に関する取組について紹介する。

多発した雪氷災害

2020-21年冬期は、特に冬の前半に強い寒気が流れ込んだ影響により北陸から北海道の日本海側にかけ降雪量が多い年となりました。また、今冬は短時間の集中的な豪雪による雪氷災害が多発したのが特徴的でした。例えば、2020年12月16日から関越自動車道で発生した交通障害では、大型車両のスタックを引き金に上下線で最大2,100台が立ち往生となり、滞留車の解消に約3日を要しました。発生地点付近のアメダス観測値（新潟県湯沢町）によると、16日（午前4時まで）の24時間降雪量は113 cmと観測地点統計開始以来の最大値を更新していたことから、

短時間の豪雪による影響を顕著に受けた事例と言えます。加えて、除雪作業や通行止め等の処置が遅れたことも被害の深刻化につながりました。翌2021年1月7日から11日にかけては北陸地方を中心に広い範囲で大雪となり、北陸自動車道で約1,600台が立ち往生する大規模な交通障害が発生したほか、交通事故や除雪作業中の事故が多発しました。新聞記事から被害人数を集計したところ、1月7日から11日の死傷者は北陸4県（福井県、石川県、富山県、新潟県）で計76名に上りました。また、冬季期間中を通して北海道や東北地方を中心に雪崩が頻発したほか、3月以降は融雪に伴う地すべりやスラッシュ雪崩^{*1}等も発生しました。

これら雪氷災害への対策として、防災科研では、2020年12月に雪氷災害版クライシスレスポンスサイト（現：防災クロスビュー：bosaiXview）を立ち上げ、積雪深をはじめとした雪氷災害危険度に関する各種情報を公開しました。さらに、各雪氷災害の事故調査を精力的に実施して、被害情報の収集・分析を行いました。

UAVを利用した雪崩災害調査

雪氷災害調査の代表的な例として、毎冬国内で広く発生する雪崩の調査が挙げられます。これまでは、雪崩が発生した斜面の積雪分布を計測するには、危険な斜面に立ち入っての積雪深の測定などが必要でした。2017年那須雪崩調査において小型



図1 急傾斜地で発生した全層雪崩と離陸直前のUAV

UAV（Unmanned Aerial Vehicle：無人航空機）で撮影された画像の活用が雪崩調査解析に非常に有益であったことが示され、2018年に雪氷防災研究部門においても、機動性に優れた小型UAVを導入しました（図1）。UAVから得られた画像データからは、オルソモザイク画像^{*2}を作成することで斜面状況を正確に把握することができるようになりました。また、2次元画像から被写体の3次元形状を推定する技術であるSfM/MVS技術を使うことで、より詳細な斜面の3次元形状の取得が可能となりました。これにより、これまで場所によってはアクセスが困難であった雪崩発生源の特定や、3次元データを利用した積雪深分布や雪崩堆積量の推定および任意断面の取得等ができるようになり、これまで以上に多角的な解析が可能となりました。

防災科研では、山形県で急傾斜地を利用して気象観測と雪崩の様子を映像で記録し、雪崩発生予測や雪崩のダイナミクスなどの基礎研究を進めています。前述したUAV・SfM/MVS技術による高精度な斜面積雪分布の計測技術に関する研究開発を

新たに導入したことにより、今後の雪崩予測技術の高度化への期待が高まっています。また、雪崩災害調査にも積極的に活用することで、例えば道路での雪崩であれば道路管理者などへ、これまで以上に適切な助言ができるようになることが期待できます。

今後の展望

雪氷防災研究部門では、2000年から現在まで毎冬、地方紙に掲載された雪氷災害事故を収集・整理して記録してきました。2020-21年冬期は、地方紙を情報源に毎日収集した雪氷災害発生情報と発生地点付近の気象データ（アメダス観測値）を地理空

間情報システム（GIS）上に集約し、「今冬の雪氷災害発生情報」として防災クロスビュー上で公開を始めました（図2）。過去に収集した雪氷災害発生情報についても、近年の多雪年を中心に公開しており、今後も順次追加していく予定です。また、雪崩や交通障害といった各雪氷災害と災害発生時の気象状況の関係性について解析を進め、現在公開中の雪氷情報プロダクツや現地調査結果と組み合わせることで、各種雪氷災害の事前対応に役立つ情報創出を目指していきます。

*1：山腹斜面でおこる雪崩で、多量の水を含んだ雪が流下するものです。特に、富士山周辺では雪代（ゆきしろ）とも言われます。溪流や河川で発生するものは雪泥流と呼ばれ区別されます。

*2：画像は中心から離れるほど歪むので、真上から見たような正しい大きさと位置に変換し、特に歪みの少ない部分を切り貼りして結合したものをオルソモザイク画像と言います。位置が正しいため、地図と対比がしやすくなります。


図2 今冬の雪氷災害発生情報（防災クロスビューでの表示）<https://xview.bosai.go.jp/>

今冬の豪雪と雪氷災害情報プロダクトによる発信

屋根雪下ろし判断に向けた情報プロダクト「雪おろシグナル」の活用

毎年多数の犠牲者を出す屋根雪処理中の事故を軽減するため、屋根雪下ろしの判断材料に用いる積雪重量分布情報「雪おろシグナル」を開発してきた。2018年に新潟県を対象に公開を開始して以降、年々拡大を進めており現在6県で運用している。今冬は、1月の大雪時に雪下ろしの判断で広く活用され、10万以上のアクセスを記録した。

雪おろシグナルとは

2020-21冬期は新潟県上越市や秋田県横手市などで記録的な大雪となり、住宅家屋の破損や空き家の倒壊等、大きな被害がみられました。また、家屋の破損を防ぐために雪下ろしを行っている時の転落事故などで多くの死傷者が出ました。毎年100名前後の雪氷災害による犠牲者のうち、約半数が屋根雪処理中の滑落等、除雪中の事故に起因しており、これらの被害や事故を軽減するためには、命綱の装着等の安全対策のほかに、適切なタイミングで雪下ろしを行う判断が必要となります。雪おろシグナルはその判断をする際の参考とし

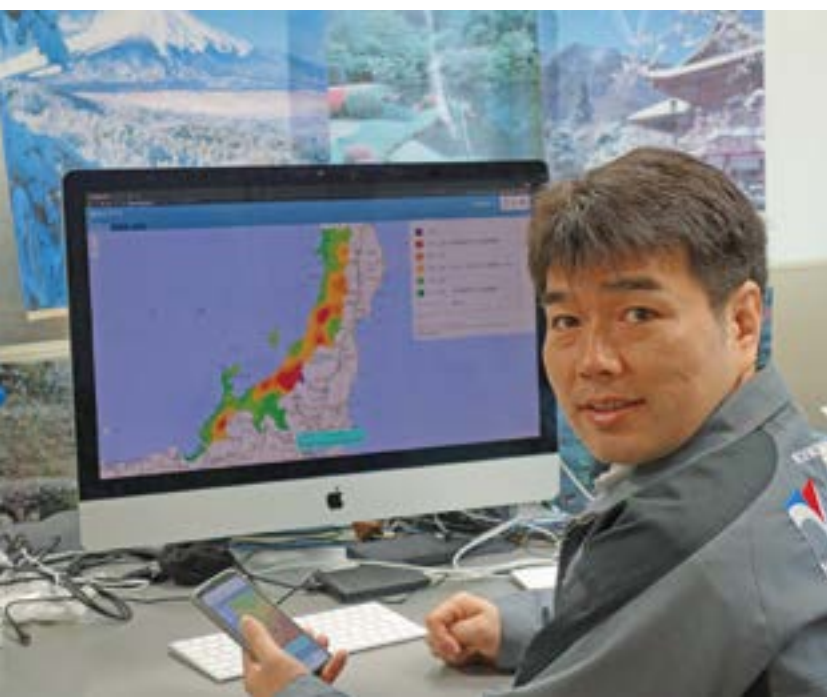
て開発した、積雪重量分布の面的情報を発信するシステムです。準リアルタイム積雪分布監視システムを運用している新潟大学と連携して、積雪変質モデル「SNOWPACK」を用いて積雪重量分布情報を作成し、地理院地図と重ね合わせてウェブで発信しています。雪の重さは家屋破損リスクのレベルに合わせて7段階に色分けし、 $300\text{kg}/\text{m}^2$ を超えると雪下ろしを喚起する黄色、 $700\text{kg}/\text{m}^2$ を超えると家屋倒壊の危険があることを示す赤で表示します(図1)。

雪おろシグナルは2018年1月に新潟県を対象に公開を開始しました。2019年には山形県と富山県、2020年には秋田県、2021年には長野県

と福井県と、年々適用範囲を拡大し、現在は6県で運用しています。適用地域を拡大する際には県と連携して、プレス発表や市町村への周知、県のホームページからのリンク等でご協力いただいています。

今冬の豪雪と雪おろシグナルの運用

今冬は1月の寒波の際に多量の降雪があり、新潟県上越市では48時間で160cmもの降雪を記録するなど、記録的な大雪となりました。その間に雪おろシグナルで計算された積雪重量は $200\text{kg}/\text{m}^2$ 以上増加し、黄緑から黄色を乗り越えて橙色まで変化してリスクレベルが急増しました(図



雪氷防災研究部門 主任研究員

平島 寛行

ひらしま・ひろゆき

博士(地球環境科学)

2004年防災科学技術研究所入所。

雪おろシグナルのシステム開発・運用および改良、雪氷災害発生予測システムにおける積雪変質モデルSNOWPACKの改良、雪崩発生予測および道路雪氷予測に関するモデルの開発。3次元水分移動モデルの開発等、湿雪に関するモデルの開発に従事。2011年より現職。



図1 雪おろシグナルの画面。右下はスマートフォンでこのサイトのURLを読み取るためのQRコード。

1の凡例参照)。この期間はアクセスが急増し、連日5,000前後のアクセスがありました。今冬は12月～3月の間で、これまでで最多となる10万以上のアクセスを記録しました。

今冬は雪おろシグナルの運用を開始した年以降では初めての多雪年で、アクセス数の増加やSNSの反応から、雪おろシグナルが雪下ろしの判断材料として自治体のほか地域住民など多くのユーザーに利用されていることが確認できました。また今冬の運用から、重量が500kg/m²を超えた橙色の地域では空き家等古い家屋の倒壊も見られたことから、橙色のときは空き家の倒壊リスクがあることに関する注意喚起が必要であること、また記録的な集中豪雪時にはリスクが急変するため、比較的安全な黄緑色を示していても今後大雪の予報がある場合は注意が必要であることなど、情報発信に関する課題も

みられました。今後もユーザーからのご意見等をいただきながら、より分かりやすい情報を発信できるよう改良していく予定です。

より高精度な情報発信に向けて

雪おろシグナルは積雪深を観測している場所では高精度に雪の重さを計算できますが、積雪深の観測点から離れた場所でも精度を上げていくための改良が課題となっています。これを改善するために他の研究成果を取り込んで高度化を進めています。高度化の一つとして、地形の影響を考慮して積雪分布を計算するモデルと融合する新たな手法を開発しまし

た。新たな手法で作成された積雪重量分布は積雪深が観測されていない山の積雪量の精度が改善されており、さらに精度を高めることで、雪下ろし判断だけでなく積雪による水資源量の推定などにも応用が可能になります。さらなる精度向上にむけて衛星データや解析積雪深等と組み合わせた取組も進めています。今後も精度向上に取り組みつつ全国展開に向けて順次適用範囲を拡大していく予定です。最後に、雪おろシグナルのロゴは図2のものにリニューアルされることになりました。来冬より新しいロゴとともに雪おろシグナルの高度化を進めていきます。



図2 新しい雪おろシグナルのロゴ

雪氷防災研究部門 主任研究員

本吉 弘岐

もとよし・ひろき

専門分野 気象学・雪氷学
博士（理学）2008年総合研究大学院大学複合科学研究科修了
2009年防災科学技術研究所入所。2013年より現職。雪氷防災
研究センターにて降雪粒子観測や降雪粒子特性の計測手法の開発、
雪氷災害発生予測システムの開発などに従事。降水粒子特性が関与する雪氷災害と
実況把握のための降水粒子観測

降雪が主因となる雪氷災害においては降水量だけでなく降水形態や降水粒子の特性により災害危険度は変化する。観測により降水粒子特性をリアルタイムに把握する手法の開発とともに、首都圏降雪・気象観測点を整備し、レーダー観測と組み合わせた降雪時の面的降水強度推定手法の開発を進めている。

降水粒子の特性と雪氷災害への影響

今冬発生した大規模な交通障害を引き起こすような大雪時の雪氷災害の危険性を把握するためには、雪がどこでどれだけ降るかという量的な把握がとても重要です。また、降水の形態や降水粒子の特性により、発生する災害や事故の様相が異なってくる場合もあり、どのような雪が降るかという質的な情報も重要になります。

降水の形態というのはどのような

粒子が降っているかということで、大きく分ければ雨や雪、あられなどの違いのことです。また、降水粒子の特性から降水形態を知ることができます。例えば、雨の粒子は水滴であり、水の性質を反映した特性を持ちます。一方、雪やあられの粒子は水の結晶であり、気象条件により粒子の形状、密度、雪結晶の形、雲粒付着度、融解度などの特性に様々な違いが生じ、そのことが、雪氷災害や事故の危険性に影響します。

雲の中で雪結晶に過冷却雲粒が付

着凍結したものを付着雲粒と言いますが、これが降雪粒子に多数付着した場合は降雪粒子自体の重量密度が大きくなり、堆積すると北陸地域ではよく見られる重い雪になります。粒子の大きさが関係するものとして、ばたん雪と呼ばれる大きな雪片が多く含まれる降水の場合には、ドライバーの視界を著しく悪化させることがあります。細かい降雪粒子が低温下で多量に降る場合には崩れやすい吹き溜りが生じやすく、道路の幅員の確保が難しくなることがあります。

本文中の降水粒子の顕微鏡写真を紹介します



雲粒無し雪片



雲粒付雪片



濃密雲粒付雪片



霰（小粒子）



図1 光学式ディストロメーター

付着雲粒が少ない「広幅六花」などの板状結晶が静かに堆積すると、積雪粒子同士の結合が弱く崩れやすい層（弱層）を形成し、弱層の上に積もった雪が滑り落ちる表層雪崩が発生しやすくなります。また、細かい角板状、角柱状、砲弾状などの枝や凹凸の少ない雪結晶が多量に降ると、新しく積もった雪が崩れることで表層雪崩となることがあり、実際、2014年2月に関東甲信地方を襲った大雪では山梨県を中心にこのような表層雪崩が頻発したとされています。

0℃以上の気温では雪の粒子は融解し始め、融解が進むと湿った雪、シャーベット状の雪、そして雨滴へと変化します。雨と雪が混じった降水形態を霰^{みぞれ}といいます。降水粒子の融解度に応じて降水が雨となるか霰や雪となるかの違いが生じ、それに応じて災害の様相や危険度も変わります。霰に含まれる湿った雪は着雪や冠雪のきっかけになりやすく、

着雪した雪の重さによる倒木により、道路閉塞や送電線切断による停電が生じます。雪のあとに雨が降ると、屋根雪が雨を含んで重くなることで建物の損壊へつながることもあります。

観測による降水粒子特性の把握

光学式ディストロメーターは、光学素子や画像処理技術を用いて降水粒子の数、粒子の大きさ、落下速度といった降水粒子特性を計測するための気象測器です（図1）。雪やあられなどの降水粒子の種類により粒径と落下速度との関係が異なることを利用し、計測により取得された粒径・落下速度分布から降水形態を判別するためにも用いられます。雪氷防災研究部門では、こうした測器を用いた降水粒子特性の観測手法について研究を進めています。首都圏をはじめ温暖な地域での降雪では、場所や標高に応じて雨・霰・雪など

融解度が異なる降水形態が同時に生じます。雪氷災害危険度の把握において、こうした降水形態はとても重要な要素であるため、光学式ディストロメーターを用いて霰に含まれる湿った雪の融解度を定量的に推定する方法や、それに基づく雨雪判別手法の開発も進めています。

首都圏では、わずかな積雪でも交通へ大きな影響を及ぼすほか、高層建築物への着雪・落雪など大都市ならではの雪氷災害が生じます。雪氷防災研究部門では、地上での降雪状況とレーダー観測による面的な降雪分布の把握技術の開発に利用するため、首都圏の5か所に光学式ディストロメーターと温湿度計を備えた降雪・気象観測点を整備してきました（図2）。これらの観測点のデータを利用し、降雪時の気象・降水粒子特性の把握、気象レーダーや気象予測モデルを用いた降雪時の面的降水強度推定の精度向上、降水形態の面的把握のための研究を進めています。

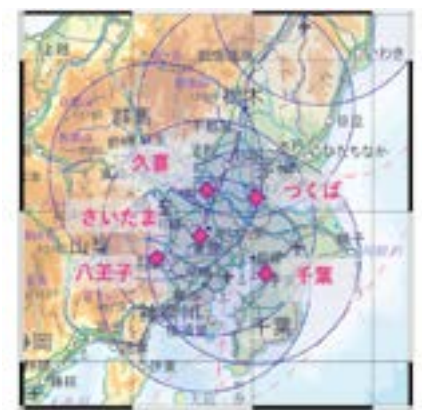


図2 首都圏降雪・気象観測点の配置



霰（大粒子）



霰状雪



融解し始めた雪結晶



融解途中の雪結晶



融解が進んだ雪結晶と雨滴

雪氷防災研究部門の今後の展開

～着雪試験手法の標準化と雪氷災害対応シナリオ作成の取組～

雪氷防災研究部門では、雪氷防災実験棟の新たな利用方法として、「着雪試験手法の標準化」について外部有識者との議論を重ね、標準化の早期実現を目指している。また、災害時の人の行動に変化を与え被害軽減につなげるために、雪氷災害に関するハザード情報だけでなく、リスク情報も考慮し「雪氷災害対応シナリオ」の作成を進めている。

着雪試験手法の標準化に向けた取組

着雪とは構造物に雪が付着する現象のことで、冠雪も含めると発生頻度の高い現象です。北海道や東北、北陸などの豪雪地帯以外でも発生し、関東、関西など都市部の高層構造物や鉄道、電力、高速道路などで見られる現象です。特に南岸低気圧に起因するときは、水分を含む湿った雪の場合もあり、多量の着雪やその後の落雪により人的にも物的にも多くの被害を引き起こします。

近年は着雪による被害が増加傾向にあります。その対策は構造物ごとに異なるため、様々な対策手法や対策品が検討されています。その取組は電力・

鉄道設備への対策だけではなく、交通インフラへの対策でも進められおり、特にLED信号機や自動運転のためのセンサーなどへの対策へも新たな対象となっています。それらの検証のために、防災科研が山形県新庄市に設置している雪氷防災実験棟を利用する機関が増加しています。一方、その試験手法に規定がなく、対策の効果を評価する基準が無いという課題が顕在化してきました。

そこで、2018年に産学連携の拠点であった気象災害軽減イノベーションハブと連携し、着雪試験手法の標準化に向けて、防災科研が中心となり推進する取組を開始しました。大学や研究機関の有識者に加え企業からも委員を迎えて、継続的に検討会を開催しまし

た。防災科研の雪氷防災実験棟だけではなく、低温室を有する他の施設でも実施可能な試験手法になるように、遵守すべき環境条件やその選択方法、試験手順について議論を重ねました。また、その構成は日本産業規格（JIS）に遵守したものとし、将来的な国内標準を見据えて作成を進めています。

今後も内容の精査を継続し、標準化の実現に向けた活動を促進するとともに、将来的には様々な業界や学会との連携を進め、標準化された試験手法として利用拡大に向けた活動を推進します。

雪氷災害対応シナリオの作成

降積雪がもたらす雪氷災害は、時間スケールにおいても空間的ステールに



技術スタッフ

大川元造

佐藤研吾

技術スタッフ

富樫数馬

技術スタッフ

鈴木紘一

雪氷防災研究部門（雪氷環境実験室）
主任研究員

佐藤 研吾

さとう・けんご

博士（工学）

専門分野：雪氷学

電力中央研究所を経て、2011年4月に防災科学技術研究所入所。
2018年4月から1年間、科学技術・学術行政の実務に従事し、
2019年4月より現職。先端的研究施設活用センターを兼務。



図1 道路標識への着雪（左図）と標準化（案）に従い風洞試験で再現された着雪（右図）

おいても多岐にわたります。たとえば、災害をもたらすような大雪（以下、多量降雪）による幹線道路の立ち往生について考えてみると、「多量降雪」→「立ち往生」に至るプロセスには、除雪が追いつかなくなること、視程低下による走行速度低下、衝突事故の発生、吹きだまりの形成による車両の埋雪など様々な要因があります。

モータリゼーションや道路の高速化による物流システムの変化により、雪国と非雪国の往来も活性化する一方で、地球温暖化の影響による極端気象現象の発生などにより、局所的または長期にわたる多量降雪などが交通流に

ダメージを与えることが多くなっており、その雪国の問題が非雪国に影響を与えることもあります。

立ち往生が発生した場合、どのような現象がどこで発生し、それがどのように立ち往生に至ったのかという経緯を明らかにし、そこからどのような対応や対策が可能なのかを検討し一連の流れがわかるシナリオを作成する必要があります。また、立ち往生だけでなく、雪崩（山岳雪崩のほか屋根雪雪崩も含む）、吹雪、着氷雪などすべての雪害についても必要であり、雪氷災害全てを網羅した「雪氷災害対応シナリオ」の作成を防災科研災害過程研究部

門と協働で取り組んでいます。

雪氷防災研究部門では、リアルタイム観測網の整備、気象レーダ情報の活用、雪氷現象の観測・実験をもとに、面的予測をおこなう雪氷災害発生予測の研究開発をおこなっています。一方、国民の暮らしは、高齢化の進行や生活スタイルの変化など多様化していることから、災害も多様化・複雑化してきています。観測や予測の情報と社会情勢の相互関係を明らかにし、災害の対応・対策・予防と結びつけ災害に適切に対応していくとともに、雪氷防災に関する啓発活動にも取り組んでいます。

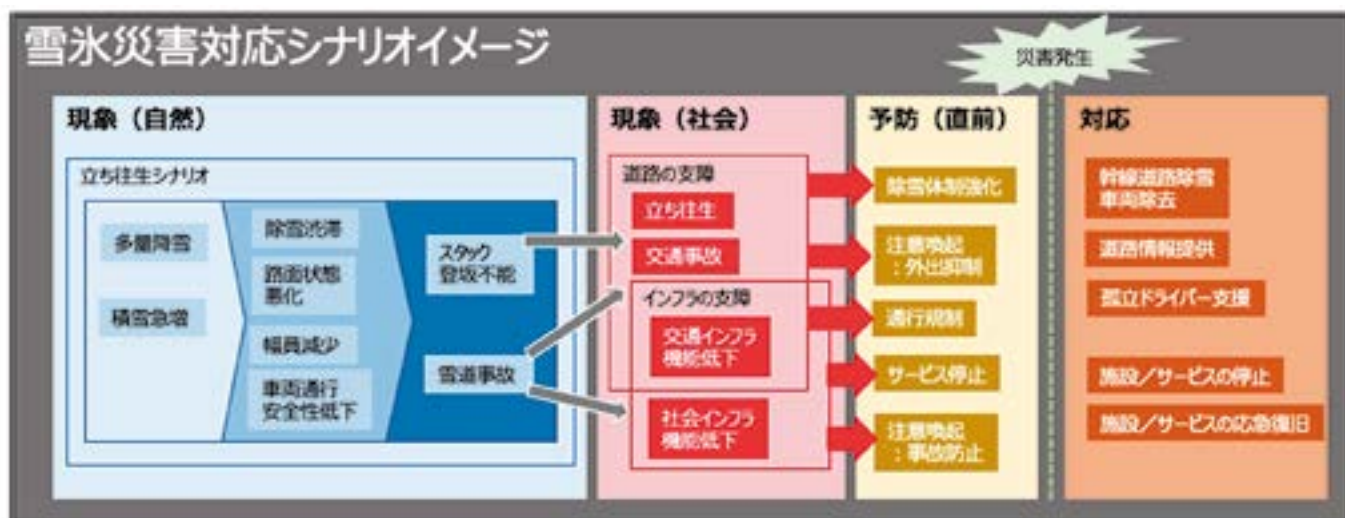
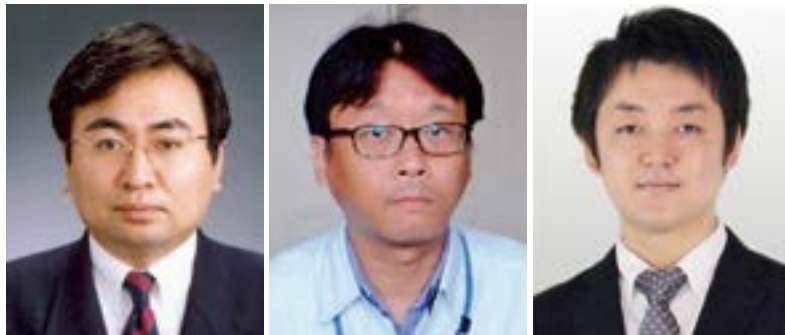


図2 雪氷災害対応シナリオイメージ

東日本大震災から10年。今年度の防災科研ニュースは、各号に東日本大震災や東北地方関連の観測・研究の記事を掲載します。防災科研は、防災科学の研究を向上させることで、東日本の復興を支えてまいります。



マルチハザードリスク評価研究部門／主幹研究員

大角 恒雄

防災情報研究部門／特別技術員

水井 良暢

災害過程研究部門／特別技術員

池田 真幸

2021年福島沖・宮城沖の地震における法面調査

法面崩壊の原因は？

はじめに

2021年2月福島県沖の地震にて福島県相馬市松川浦大橋東側では、海岸段丘を利用した道路法面が崩壊しました。この松川浦大橋では2011年東北地方太平洋沖地震においても大橋西側で崩壊が生じています。私たちは、この崩壊面が褐色に変色していることに着目し、地震をきっかけに法面崩壊が生じたと考え、サンプリングを行いました。また、岩手県に移動中の2021年3月20日に宮城県沖の地震に遭遇し、その時の塩釜崩壊地点調査の速報をお伝えします。

福島県沖地震松川浦法面崩壊の原因は亀裂内の バクテリア？

福島県沖の地震（2021年2月13日、M7.3）において、松川浦大橋東側の法面で落石が発生しました。産業技術総合研究所の地質図Naviによると、砂岩泥岩互層が大橋の両側の海食崖に分布しています。崩壊面は褐色に変化しており（写真1）、雨水の浸透によって酸化が進行していました。地震が発生する以前より微生物による風化が進行していたと考えられ、生物風化の可能性および危険性が示唆されます。そこで、変色面を持つ箇所とそれ以外の箇所からそれぞれ5つずつサンプリングしました。また、東北地方太平洋沖地震（2011年3月11日、Mw9.0）で大橋西側の法面



写真1 松川浦大橋東側法面崩壊（3月20日撮影）



図1 電子顕微鏡観察例

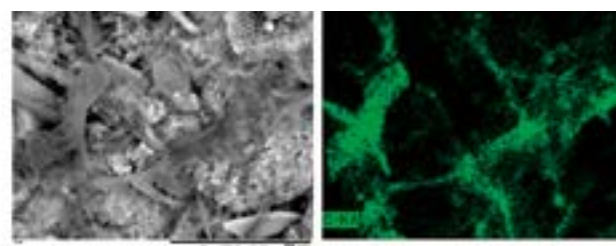


図2 EDX解析結果例

においても崩壊が生じていたことから、西側法面においても同じ条件でサンプリングしました。サンプルは琉球大学松原仁研究室で電子顕微鏡観察(図1) およびEDX (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) 解析(図2) を実施しました。速報として、すべてのサンプルで珪藻と見られる構造が数多く観察されました。一方、褐色部にはバイオフィームと見られる炭素のネットワーク構造や針状の硫黄化合物の存在が観察されました。バイオフィームの存在から、細胞外高分子基質周辺にいる原核生物が岩の崩落に関わっている可能性は高いと考えられます。

宮城県沖の地震による塩竈法面崩壊は地震直後?

福島県調査後、岩手県大船渡市に移動中、3月20日18:09頃に発生した宮城県沖の地震に遭遇しました。三陸道の石巻市内を移動していましたが高速道路上では全く地震を感じませんでした。急遽、予定を変更し、3月22日に宮城県塩竈市芦畔町の法面崩壊地点の調査を実施しました(写真2)。地質図Naviによると、この地域は第四紀完新世の埋立て地砂礫および砂で、崩壊現場は宮城県塩竈市芦畔町の土砂災害警戒区域等指定箇所に相当します。近隣住民へのヒアリングによると、「45年ほど前に造成工事が行われ、斜面にモルタル処理が施された。また、3月20日の地震よりも前にモルタル面が膨れている変状があり、大きな揺れの直後に爆音とともに崩壊が発生した」とのことでした。地震による崩壊は「地震直後」と「地震の計測時間が終了後、しばらくたってから」とでは、崩壊メカニズムに大きな違いがあり、周辺住民から「地震直後」と聴きとれたことは重要なことです。

この法面は、2015年(平成27年)に土砂災害警戒区域等に指定されましたが、2010年の調査では法面上部に家屋は存在せず、2013年のインターネット上のストリートビューにも法面上部には家屋が存在しないので、法面上部の住宅は2013年以降建設されたものと考えられます。剥離面には、水抜き孔と一回り小さいアンカー孔が存在し、アンカー孔の間隔は2mほどであったことが確認されました(写真3)。剥離面の北側(右手)のモルタル切断面(10cm)と背後地盤との間に5cmほどの空隙が見られ、剥離面の南側(左手)のモルタル切断面と背後地盤との間の空隙に草の根が伸びている状態でした。また、法面上部はコンクリートでの補強が施されています(写真5)。

宮城県沖の地震発生後、速報値M7.1、津波想定1mの津波注意報のなか石巻から陸前高田市へ移動を続けましたが、防潮堤への過信が正常性バイアスとなっていたことは津波研究者としての反省点です。



写真2 塩竈市芦畔町の法面崩壊現地 (3月20日18:21 近隣住民撮影)

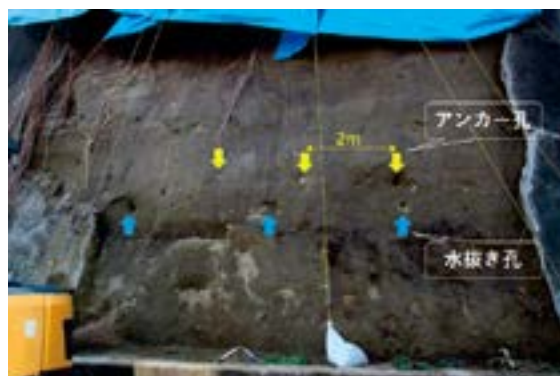


写真3 剥離面に水抜き孔とアンカー孔 (3月22日撮影)



写真4 左側(南側)・右側(北側)モルタル切断面と背後地盤との間の状況 (3月22日撮影)



写真5 法面上部:コンクリートでの補強の状況 (3月22日撮影)

雪おろシグナル ログリニューアル

雪おろシグナルは、積雪重量分布情報から雪下ろしのタイミングを分かりやすくお伝えするシステムです。この度皆さんにより親しんでいただくため、ロゴをリニューアルします(次冬より使用)。屋根雪の重さを7段階に分類、色分けしてお知らせします。全国6県で運用中。雪下ろしのタイミング判断に是非ご活用ください。



災害対応ドローンソリューション「GEORIS」 パーソルP&Tと防災科研の協業型研究プロジェクト

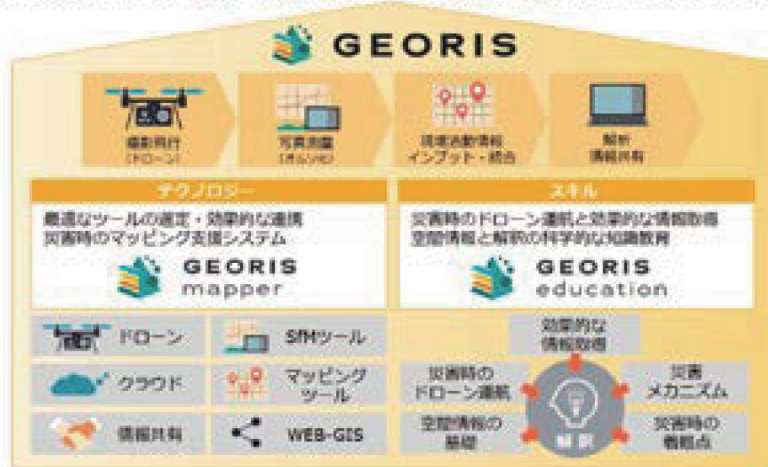
災害発生時、現場での意思決定と対応には、迅速かつ正確な情報収集が重要です。

防災科研では約10年前からドローンによる災害状況把握技術の研究開発を続けてきており、防災科研が培ってきた災害現場でのドローンの安全運航と情報集約のための科学的知識体系をもとに、地方自治体等のユーザーに対してソフトウェア提供と知識教育を行う災害対応ドローンソリューション「GEORIS」のサービス開発に向けた協業を令和3年1月より、パーソルプロセス&テクノロジー株式会社(パーソルP&T)とともに開始しました。

さらに5月からは、総務省消防庁の制度も活用し消防機関での災害時の情報収集において、ドローンと地理情報システム(インターネット上で利用可能なマッピングシステム)を活用した協業型研究を実施、消防防災分野での社会実装に向けた取組を進めています。

これからも、防災科研は災害初期対応における状況把握技術の一つとなるドローン活用を実践・実証していきます。

GEORISが、あらゆる災害対応戦略において効果的な状況把握を実現します



※WEB-GIS: インターネット上で利用可能なマッピングシステム(地理情報システム)

安全・安心な生活とICT研究会 安全・安心ベストプラクティス賞を受賞

受賞論文

「IoTを用いた冬期交通網管理の効率化に関する研究 ～ 一降雪分布取得、融雪装置用井戸水位監視、道路除雪シミュレーションシステム、路面温度予測配信システムの開発 ～」

雪氷防災研究部門の山下克也特別研究員、同山口悟総括主任研究員、中越防災安全推進機構の諸橋和行地域防災力センター長、信州大学教育学部の横山俊一研究員が、科学技術振興機構（JST）の「イノベーションハブ構築支援事業」の一環として取り組んだ研究の論文が、電子情報通信学会「2020年安全・安心な生活とICT研究会 安全・安心ベストプラクティス賞」を受賞しました。



日本雪工学会技術賞を受賞

雪氷防災研究部門の平島寛行主任研究員、防災情報研究部門の佐野浩彬特別技術員が、JR東日本の伊豫部勉氏、新潟大学の河島克久教授、秋田大学の本谷研准教授とともに取り組んだ「屋根雪おろし判断のための『雪おろシグナル』の開発と運用」が評価され、2020年度日本雪工学会技術賞を受賞しました。



オンライン授賞式の様子

画像上段 日本雪工学会 高橋徹会長(左)、新潟大学 河島克久教授(右)
中段 平島寛行主任研究員(左)、佐野浩彬特別技術員(右)
下段 JR東日本 伊豫部勉氏(左)、秋田大学 本谷研准教授(右)

「ベナール戦隊タイリュウジャー」

例年、好評を博している雪氷防災研究センターの一般公開が、新型コロナウイルス感染拡大防止のため、昨年に続き、今年も中止になりました。そのかわりに、自称雪崩研究者のDr.ナダレンジャーが科学実験シリーズ最新作「ベナール戦隊タイリュウジャー」をご紹介します。

用意するものはナダレンジャー 2号とぬるま湯。ナダレンジャー 2号の本来の用途はミニチュアのなだれシミュレータです。実験は、このぬるま湯をナダレンジャー 2号に5分ほど入れてテーブルの上にそっと置いて約3分間。ナダレンジャー 2号内の上半分にある空気層に面した容器上面と前後側面に、水蒸気が結露した領域がほぼ等間隔で出現して完了。水滴がついている領域では上昇気流。水滴がない領域では下降気流。空気層の中に形成された対流セルの鉛直断面が可視化できます。

ナダレンジャー 2号を大きくゆり動かして、中のぬるま湯で内壁の水滴をすべて洗い落すだけでリセット完了。そっと置いてちょっと待つ。これを繰り返せば、ぬるま湯と室温との温度差がわずかになるまで何度でも再現できます。

お椀の味噌汁と同じく、地球科学分野でも、対流現象はお馴染みのものです。いま話題の線状降水帯をはじめさまざまな気象現象や地球内部におけるマントル対流など、上下に温度差のある流体で生じる対流は自然災害のメカニズムを理解するための科学の基本のひとつです。中でも、ベナール・セルと呼ばれる細胞のように規則的に組織化される対流パターンは科学館の展示物としても、見学者の感性に刺激を与えるものです。

ところで、通常、対流実験に用いる流体は味噌汁やシリコンオイルなどの液体で、気体を使用することはほとんどありません。今回ご紹介する材料は空気と水だけです。対流するのは空気。しかも、水平パターンではなく、鉛直パターンです。ナダレンジャー 2号の内壁の曇りは、気象現象でいえば雲に対応しますが、空気中を浮遊する雲粒と違い、内壁に結露した水滴は動かないので、ベナール・セルの痕跡を示す指紋のようなものかもしれません。ところで、

ナダレンジャー 2号をどう入手するかですが、そのようなものがなくても、正真正銘、身の回りのものだけで、水平パターンをお見せする方法は次の機会です。



図1 なだれシミュレータ「ナダレンジャー 2号」改め、「ベナール戦隊タイリュウジャー」を抱えるDr.ナダレンジャー。中に入っているのはぬるま湯と空気のみ。

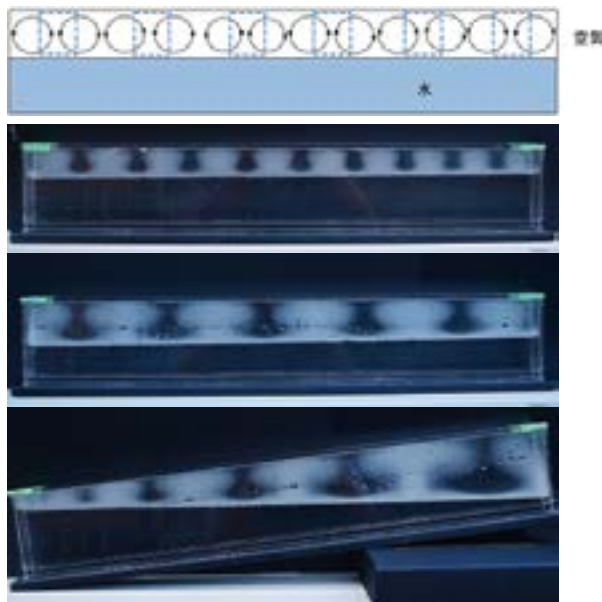


図2 空気層に形成されたベナール・セルの痕跡。水面から天井までの空気層が厚いと形成されるベナール・セルのサイズも大きい。

防災科研ニュース

2021 No.213

2021年6月30日発行

●ご意見・ご感想をお寄せください e-mail: k-news@bosai.go.jp

■発行



国立研究開発法人 防災科学技術研究所

〒305-0006 茨城県つくば市天王台 3-1 企画部 広報・ブランディング推進課
防災科研ニュース係 TEL.029-863-7768 FAX.029-863-7699

●防災科研ニュースはウェブサイトでもご覧いただけます (https://www.bosai.go.jp/)