

新潟大学災害・復興科学研究所
共同研究報告書

Rain-on-Snow 型落雪事故発生時における雪おろシグナル情報の定量的解析

研究代表者氏名 平島寛行¹⁾
研究分担者氏名 河島克久²⁾, 本谷研³⁾, 佐野浩彬⁴⁾

- 1) 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター 2) 新潟大学 災害・復興科学研究所
3) 秋田大学 4) 防災科学技術研究所

研究要旨

屋根雪下ろしの判断材料に用いるために、積雪重量分布を計算して公開するシステム「雪おろシグナル」の開発を行ってきた。雪おろシグナルは家屋破損や転落事故関係に対しては一定の成果をあげているが、屋根からの落雪事故に関しては対象外であった。一方、雪おろシグナルで用いている積雪変質モデル SNOWPACK は雪質や含水率の変化も計算するため、様々な雪の災害に対応可能である。本研究では、2022-23 年冬季を中心に落雪事故の事例をまとめ、SNOWPACK の計算結果と落雪事故事例の比較を行った。確認された落雪事故のうち、Rain-on-Snow 型の落雪事故は全体の 3 分の 1 ほどであり、それらの多くは新雪が多く積もった後の降雨時に起きていたことが計算結果から確認された。そのようなケースでは落雪危険度が推定できる可能性が示されたものの、他の種類の落雪事故に対しては現段階では危険度推定が難しく、今後も継続的な研究が必要である。

A. 研究目的

雪氷災害は毎年 100 名前後の犠牲者を出しており、その中でも屋根雪に関連した事故は最も多い。屋根雪関連事故は雪下ろし中の転落事故や家屋の倒壊、また落雪による埋没等がある。これまでの共同研究の中で開発してきた「雪おろシグナル」は適切な雪下ろしのタイミングを判断するための材料として積雪重量の情報を発信し、雪下ろし中の転落事故や家屋倒壊を軽減するために用いられてきた。一方で、落雪の危険性に関しては雪おろシグナルで得られる積雪重量分布から読み取ることはできない。しかしながら、雪おろシグナルで用いられている積雪変質モデル SNOWPACK は密度や積雪重量だけでなく雪質や含水率、積雪安定度等の積雪のプロファイルや、底面からの水分の流出量等も計算できるため、落雪の危険度推定にも応用できる可能性を持っている。そこで本研究では、雪おろシグナルで用いている SNOWPACK の計算結果と落雪事故事例の比較を行い、雪おろシグナルの結果を利用した落雪危険度の推定の可能性について検討を行った。

B. 研究方法

B-1 落雪事故情報の取得

防災科研では、新聞やネットニュース等から雪害事故に関する情報を記録し、雪害データベースとしてまとめている。本研究では、それらのうち落雪の事故に関する情報を抽出してまとめた。記事では正確な落雪の発生地点の緯度経度情報や落雪発生の時刻はないが、落雪事故の起きた市町村地域や発見の日時が記載されている。本研究では、それらの情報を取りまとめ、SNOWPACK の計算結果との比較に用いた。

B-2 SNOWPACK 情報の解析

落雪事故の発生した地点から最も近い雪おろシグナルの計算地点を積雪荷重計算サイトから確認した。比較の際には、毎時更新される積雪深観測点のデータを優先的に使用した。対象とした積雪深観測点における SNOWPACK の計算結果に対して、雪質、含水率、積雪安定度のプロファイルを図化し、また気温、降雨量、底面流出量の時系列のグラフも落雪事故ごとに作成した。

C. 研究結果

C-1 Rain-on-Snow による落雪の事例

Rain-on-Snow による落雪の事例として、2022年12月20日19時に発見された石川県輪島市の落雪事故の事例を取り上げる。この事故では、自宅前に雪に埋もれているのが20日19時に発見されたものであるが、19日から連絡がとれなかったという情報もあることから、19日に落雪事故が起きたことも考えられる。

発見時から過去72時間前までの雪質、含水率、安定度、気温、降雨量、底面流出量の図を示す。12月18日から19日にかけて降り積もった雪は19日午後以降の Rain-on-Snow で全体がざらめ化し、20日も全層ざらめの状態が続いた(図1a, e)。また一定量の底面流出も見られた(図1f)。落雪現場は山あいの地域であったため積雪量は1mほどあったとされており、本比較場所(アメダス輪島)より雪が多く、水の浸透も少なかった可能性も考えられるが、ざらめ化は進んでいたと思われる。他の Rain-on-Snow の事例で同様に解析した際にも、上部に新雪が多く積もった後で降雨があり、新雪がざらめ雪に変化している時に落雪事故が発生していた傾向が多く見られた。ここではこのような落雪を Rain-on-Snow 型落雪と定義する。

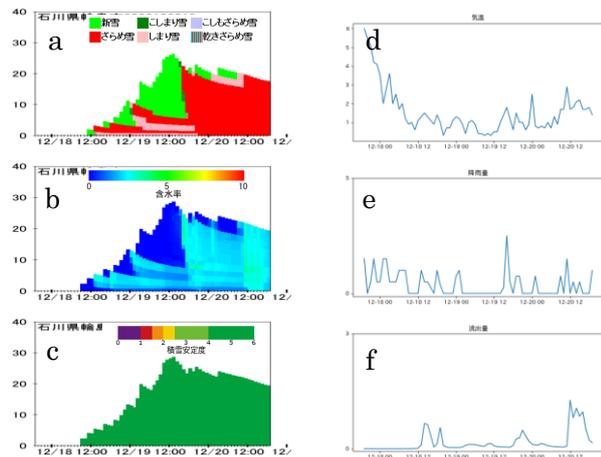


図1 石川県輪島市の落雪事故発生時における積雪や気象の変化。a:雪質、b:含水率、c:積雪安定度、d:気温、e:降雨量、f:底面流出量

C-2 乾雪時における落雪事例

別の例として、2023年2月13日夜に発見された北海道深川市の落雪事故事例時における SNOWPACK と気象の変化を同様に図2に示す。気温

は氷点下が続き降雨や底面流出量も見られず(図2d, e, f)、乾雪による落雪事故だったことが推定される(図2a, b)。今冬は北海道を中心にこのような事例が多数見られた。ここではこのような落雪を乾雪型落雪と定義する。

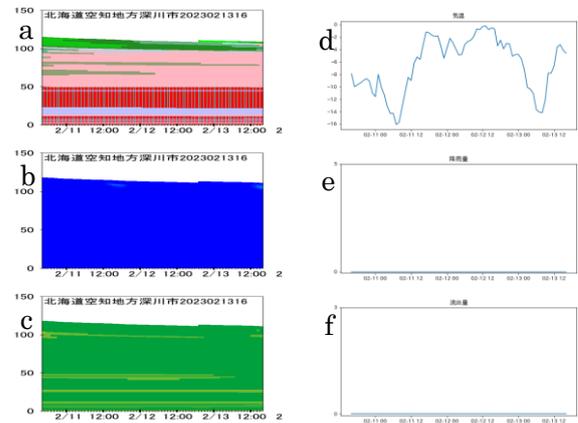


図2 北海道深川市の落雪事故発生時における積雪や気象状態の変化。a:雪質、b:含水率、c:積雪安定度、d:気温、e:降雨量、f:底面流出量。凡例は図1と同じ。

今冬の落雪事故は全部で19事例見られた。それらをまとめたものを表1に示す。ぬれ雪であったが Rain-on-Snow がみられなかった事例については融雪型落雪と定義した。落雪事故のうち、半数以上が乾雪型落雪であった。また、昨冬においても半数以上は乾雪型であった。

表1 2022/23 冬期の落雪事故の一覧

場所	日時	雪おろシグナル点	落雪型
石川県輪島市	2022/12/20 19:00	AMeDAS_輪島	Rain-on-Snow
秋田県由利本荘市鳥海上川内八木山	2022/12/21 7:00	AMeDAS_矢島	乾雪
青森県十和田市相坂白上	2022/12/22 0:20	AMeDAS_十和田	融雪
秋田県横手市	2022/12/22 15:00	AMeDAS_横手	Rain-on-Snow
北海道遠軽町	2022/12/24 11:00	AMeDAS_遠軽	Rain-on-Snow
山形県長井市	2022/12/24 16:00	AMeDAS_長井	Rain-on-Snow
山形県金山町	2022/12/25 12:00	AMeDAS_金山	Rain-on-Snow
北海道上川管内音威子府村	2022/12/27 10:00	AMeDAS_上川	乾雪
北海道江別市	2023/1/6 21:00	北海道開発局_江別太	乾雪
北海道京極町	2023/1/31 10:00	AMeDAS_喜茂別	乾雪
新潟県魚沼市	2023/2/2 9:00	AMeDAS_小出	Rain-on-Snow
北海道沼田町	2023/2/5 17:20	AMeDAS_深川	乾雪
青森県青森市宮田	2023/2/6 12:00	AMeDAS_青森	融雪
北海道空知地方深川市	2023/2/6 22:00	AMeDAS_深川	乾雪
秋田県大館市比内町片貝	2023/2/10 8:00	みちなび_大館市	乾雪
北海道東川町 旭岳温泉	2023/2/11 16:00	AMeDAS_旭川	乾雪
北海道空知地方深川市	2023/2/13 16:00	AMeDAS_深川	乾雪
北海道旭川市春光台	2023/2/19 11:30	AMeDAS_旭川	乾雪
北海道旭川市錦町	2023/2/28 9:30	AMeDAS_旭川	乾雪

D. 考察

本研究でまとめた落雪事故のうち半数以上は乾雪によるものであり、また湿雪の落雪事故のうち Rain-on-Snow 型と見られる事例は今冬で6件、昨冬で9件であった。この Rain-on-Snow 型の落雪危険度の判定に向けて、関連パラメータとして気温、降雨量、底面流出量、積雪深を抽出した。また SNOWPACK から出力されるプロファイルのデータから平均含水率、濡れ雪の量、新雪の量の時系列データを作成して、落雪に関連するデータセットを作成した。これらの時系列データは冬の初めから事故発見日時までの期間で作成した。また落雪に対して安全か危険かの情報として、冬の初めから落雪事故発見時の12時間前までは安全、それ以降は危険という基準で割り当てた。ただし、輪島のケースのように前日に事故があった可能性があるところは発見の36時間前から危険として割り当てた。この気象、積雪関連の時系列化したパラメータを説明変数とし、落雪危険度に対する危険か安全かの情報を目的変数として、図3に示すような機械学習にかけて落雪危険度を割り出す流れを構築することを今後目指していく。

本報告内ではその取り掛かりとして、シンプルな決定木を作成した。その結果、図4のような分岐の決定木が作成され、今冬の Rain-on-Snow 型落雪については83%的の中率が得られた。

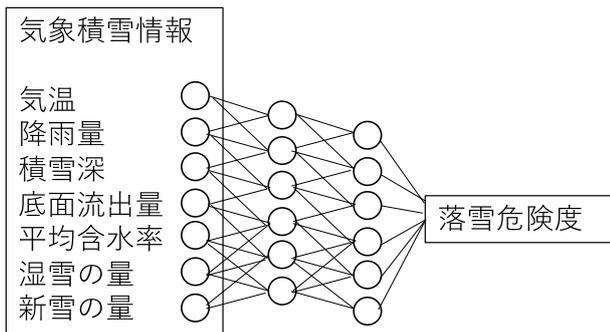


図3 落雪危険度判定のイメージ

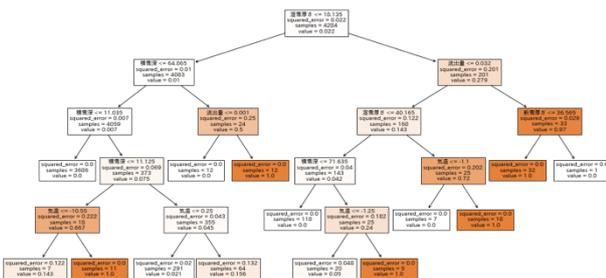


図4 決定木の例

分岐に関連したパラメータとしては湿雪の厚さ、積雪深、流出量、新雪の厚さ、気温が含まれており、これらが落雪危険度推定に関連した。今冬は比較的わかりやすい Rain-on-Snow の事例が多かったが、昨冬の実例はより複雑なものが多く、その場合は高い的中率は得られなかった。今後は汎化性能等も含め、より高い精度で危険度推定をするための改良が必要と考えられる。

E. 結論

これまでに開発してきた雪おろシグナルで扱っている SNOWPACK の計算結果を用いて、落雪事故発生時における計算結果と落雪事故事例の比較を行った。その結果、昨冬、今冬の落雪事故の半数以上は乾雪型の落雪であったが、Rain-on-Snow 型の落雪が15例みられた。主に、多くの新雪が積もっている時に降雨があると落雪事故が起こりやすく、そのようなケースは危険度を推定できる可能性が確認された。今後は実用的な危険度判定に向けた取り組みを進めていく予定で、機械学習手法の改良や雨雲レーダデータの利用などを試み、精度を上げていく予定である。

F. 研究発表

1. 論文発表 (掲載誌名・巻号・頁・発行年を記入し、掲載論文あるいはPDFファイルを別紙で1部提出) なし

2. 学会発表 (学会名・発表年月・開催地なども記入)

H. Hirashima, H. Sano, K. Kawashima, K. Motoya, Snow load alert “YukioroSignal”, ESRI user conference, 2022年7月, サンディエゴ(アメリカ)

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし