

東北の雪と生活

第 37 号

2022

公益社団法人 日本雪氷学会東北支部

東 北 の 雪 と 生 活

目 次

巻頭言	雪氷研究あれこれ	石田祐宣	1
論 文			
	新庄における新雪の観測	田邊章洋, 荒川逸人	3
	東北 6 県周辺における 2021-22 年冬季の降積雪の特徴	本谷 研	7
報 告			
	雨氷現象の発生地域と寒気場に関する数値モデルによる研究	瀧口海人, 山崎剛	11
	吹雪時における吹きだまり量の推定について	根本征樹, 富樫数馬	15
	無散水消融雪施設の効率的な稼働に向けた検討 (その 5)	山口正敏, 服部恭典, 鈴木和則	18
	伊南川流域における積雪・融雪量の解析	中村海世, 神戸智志, 朝岡良浩	20
	人工衛星マイクロ波データの後方散乱特性を用いた熱帯氷河先端部の抽出	富金原史亮, 朝岡良浩, Pablo Fuchs	22
	簡易ケーブルカムを用いた空撮写真測量による積雪深分布計測-雪氷防災実験棟の計測事例-	安達聖, 荒川逸人, 富樫数馬	24
	山形蔵王における雪氷現象の観測(2021/2022 冬季)	沖田圭右, 山谷睦, 原田俊明, 沼澤喜一	28
	山形蔵王の低標高にできる樹氷-2014/2015 冬季~2020/2021 冬季-	沼澤喜一, 山谷睦, 沖田圭右, 原田俊明	31
	2021-2022 年 青森県の雪況	小関英明	35
	令和 4 年(2021/22 年)冬期における新庄の積雪変化について	小杉健二, 田邊章洋, 荒川逸人, 根本征樹, 安達 聖, 佐藤研吾, 富樫数馬	41
	2021/22 冬期の屋根雪事故発生危険日予測結果の報告	沼野夏生	43
	2022 年 4 月に山形県姥ヶ岳南斜面の雪面上に見られたクレバスの調査報告	荒川逸人, 安達聖, 柴田和弘	46
	地上レーザースキャナによる模擬森林の積雪計測	堀和彦, 工藤一郎, 成田南	50
	2021 年 1 月 19 日に宮城県大崎市で発生した吹雪災害について	根本征樹, 田邊章洋, 荒川逸人	55

資 料

東北雪氷賞受賞理由	59
東北雪氷賞（功績賞）を受賞して	堀井雅史 61
公益社団法人日本雪氷学会 2022 年度東北支部理事会 議事録	63
公益社団法人日本雪氷学会 2022 年度東北支部総会 議事録	64
2021 年度（公社）日本雪氷学会東北支部事業報告・収支報告書	65
2022 年度（公社）日本雪氷学会東北支部事業計画・収支予算案	71
公益社団法人日本雪氷学会東北支部 支部規程施行内規	76
東北雪氷賞受賞者選考規程	78
東北雪氷賞受賞者リスト	80
日本雪氷学会東北支部「東北の雪と生活」投稿規程	82
「東北の雪と生活」原稿執筆要項	83
「東北の雪と生活」著作権譲渡承諾書	85
2021・2022 年度 公益社団法人 日本雪氷学会東北支部役員	86
（公社）日本雪氷学会東北支部 特別会員・賛助会員	88

巻 頭 言

雪氷研究あれこれ

公益社団法人 日本雪氷学会東北支部 副支部長 石田 祐宣



2021 年度より、日本雪氷学会東北支部の副支部長を拝命しております。東北支部活性化のために、若林支部長をサポートしつつ盛り上げていきたいと考えておりますので、皆様のご協力をどうぞよろしくお願い申し上げます。

私事になりますが、雪氷学会に入会したのは現職場に着任した 1997 年でした。当時、同じ職場にいらした力石國男先生（現東北支部顧問）からお誘いを受けたことがきっかけでした。私自身は気象学を専門として学生時代を過ごして来ましたが、雪氷学には興味があったものの研究対象とはしてきませんでした。ただ、折角雪国に来たのだから何かしら雪氷に関係した研究もしてみたく、最初のうちは学会発表を拝聴しながら勉強していました。

最初に取り組んだのは、自身の専門である熱収支や水収支の知識を活かした、山岳域の融雪流出の簡易予測、そして比較的長い期間太陽光集熱パネルを用いた融雪実験にも取り組みました。太陽放射を効率よく利用することで、意外にも冬季の日射でそこそこの雪を解かすことができ、理屈ではわかっているものの感動した覚えがあります。その後、地形性降雪や雪崩発生気象条件についても研究を行いました。最近目を向けているのは、消雪とフェノロジー（植物季節）との関係です。ソメイヨシノの開花時期に対しては消雪が影響をおよぼしている様子は確認できませんでしたが、落葉広葉樹であるブナの開葉時期は明らかに消雪のタイミングと連動していることが多くの研究者により指摘されており、白神山地の気象観測サイトでもインターバルカメラによる長期撮影で確認できました。積雪状況はシーズンごとの気候を反映しますが、逆に積雪状況はその土地の微気候、さらには季節進行をある程度規定します。図は、自身が管理している弘前大学農学生命科学部附属白神自然観察園におけるシーズンごとの積雪深時系列を示します。2011 年度からの観測なので、まだ 11 シーズン分では

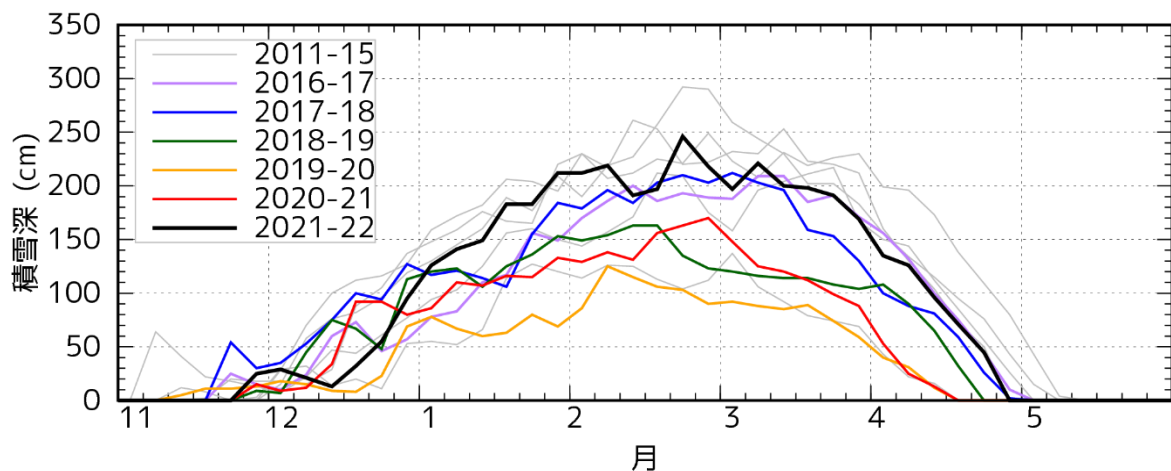


図1 弘前大学白神自然観察園における半月別最深積雪深時系列。
最初の4シーズン分はまとめて灰色で示す。

ありますが、ここ数年は春先の気温が高く最深積雪が多くても消雪が早い状況が続いています。白神の山に長年入っている方々と話をすると、最近は春の季節進行が早いと口を揃えます。市街地にある観測点では都市化の影響を少なからず受けているはずで、こうした山岳域の変化の様子を客観的なデータで残すことはとても重要だと思います。ここで紹介しただけでも雪氷研究の分野は幅広く、いずれの研究題材も、取り組み始めた時には初学者レベルでしたが、学生を巻き込みながら楽しみつつ取り組むことができ、奥深さを実感することができました。

さて、東北支部の仕事としては幹事長を一期（2年間）、東北支部大会の運営1回、そして何より長く関わったのは当誌「東北の雪と生活」編集委員会で、1998年度に幹事となった後、2011年～2016年度の6年間にわたり編集委員長を務めました。そういった面からも、「東北の雪と生活」にはとても愛着があります。良い意味で敷居が低い(?)ので、ちょっとしたネタの情報共有の場としても、会員の皆様には是非今後とも積極的な投稿をお願い申し上げます。

2023年には郡山で雪氷研究大会が開かれる予定です。こちらをお願いになって恐縮ですが、東北支部会員の皆様のお力添えを、どうぞよろしくお願い申し上げます。郡山大会が盛会となることを最後に祈念します。

新庄における新雪の観測

田邊章洋, 荒川逸人

(防災科学技術研究所雪氷防災研究センター)

Observation of new snow at Shinjo, Yamagata prefecture

Takahiro TANABE, Hayato ARAKAWA

(Snow and Ice Research Center, NIED)

1. はじめに

積雪は降雪粒子が堆積して形成されるため、どのように降り、積もるかを調べることは積雪由来の雪氷現象を考えるための基本事項である。例えば、雪氷災害予測では CROCUS (Brun et al., 1989) や SNOWPACK (Bartlet and Lehning, 2002) に代表される積雪変質モデルが用いられているが、降雪 - 積雪過程はその初期値 (インプット) である。この初期積雪密度は結晶形状や降り積もり方によって決まり、その与え方はモデル計算の結果に影響すると考えられるものの、その過程についてはよくわかっていない。つまり、この降雪 - 積雪過程を理解することは、災害予測精度の向上に直結した問題と言える。本研究はこのような新積雪について、観測を通じて降雪が積雪に変化していく過程を理解し、モデル化することを目指としている。

ここで新積雪を、雪尺による積雪深観測の 24 時間での差分と、降雪板を用いた 24 時間の日降雪深から考える。これらは共に 24 時間での降雪量を表すと考えられるが、旧雪 (新雪に対してもともと存在する積雪) の圧密や融解による雪面低下の影響があるため、一対一対応しない。図 1 は国立研究開発法人防災科学技術研究所雪氷環境実験室 (山形県新庄市; 以下新庄支所) で冬季に実施された、気象・積雪観測 (例えば根本ら, 2021) の過去 5 年分のデータから求めた新積雪深 (横軸) と積雪深差 (縦軸) を表したものである。ほとんどの観測で新積雪深は積雪深の差分よりも大きくなり、また、新積雪深が 0cm であっても積雪深の差分は負値となっていることから、新雪が降りつつその下にある旧雪が縮み、降雪量は積雪深に直接反映されないことがわかる。つまり、新積雪に注目して降雪が積雪になる過程を理解するためには、直接新積雪の観測をする必要がある。

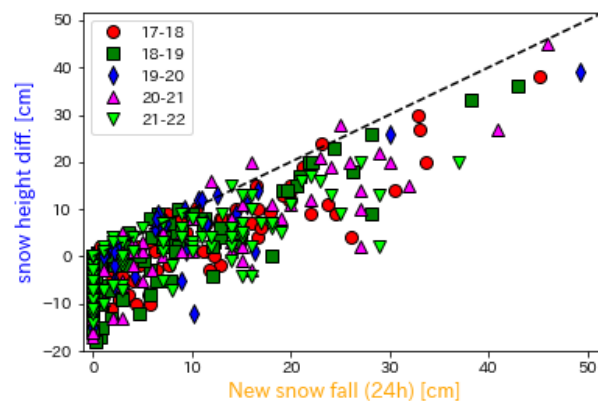


図 1 24 時間での新積雪深 (横軸) と積雪深の日差分 (縦軸)。凡例は冬季、破線は一対一の線を表す。

新積雪については、これまでに密度や圧縮粘性率について求められてきた (梶川ら, 2004; 後藤ら, 2005)。これらの研究では、降雪板の上に積もった新積雪の密度と積雪深を 6 時間ごとに 24 時間観測し、その時の代表的な降雪結晶の結晶形状や気象条件を用いて整理することで新積雪の密度や圧縮粘性率に関する回帰式を提案している。遠藤ら (1990) で指摘されているように、新積雪のような低密度の乾いた積雪の粘性係数に対する密度の回帰式はべき関数で表され、指数関数で表される積雪の場合と異なることが知られており、これらの違いの理解を進めるためにも新積雪の観測は重要となる。

図 1 で示されるように、積雪は降雪の有無にかかわらず常に沈降している。一方で、積雪が圧密して縮んでいくのであれば、それと同様に新積雪も自重やその上に積もる雪の影響で圧密して縮むと考

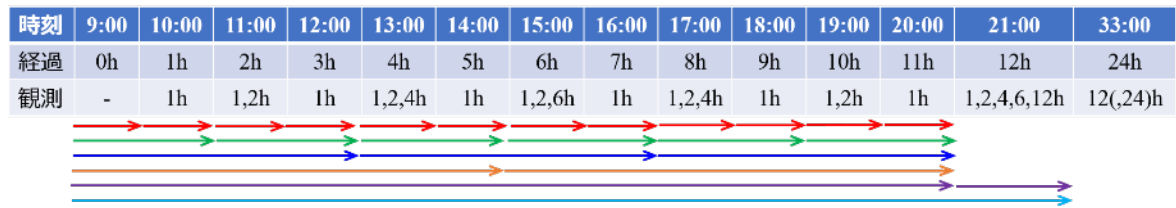


図2 観測のタイムスケジュール. 矢印は上から 1, 2, 4, 6, 12, 24 時間板の観測タイミングを表す.

えられる. そこで本研究では, 降雪が積雪に変わっていく過程を理解することを目的として, 新積雪の圧密過程に着目した複数枚の降雪板を用いた新積雪深観測を行った. これにより, 様々な時間間隔による新積雪深計測を可能とし, 新積雪の圧密過程の時間依存性を議論する. 以下でその詳細について紹介する.

2. 手法

観測は新庄支所の敷地内にある露場で行った. 観測は午前9時から午後9時まで正時毎の12時間, および午後9時から翌日午前9時までの計24時間を1ランとした. 50×50cmの白色で塗った木製の降雪板を5枚用意し, 午前9時に重なりがないように雪面上に設置する. それぞれの降雪板は開始から1, 2, 4, 6, 12時間経過するごとに計測を行い, 計測した後は板をリセットして次の計測を始め, この計測を午後9時まで続ける(図2). 午後9時の時点で12時間の板を除いて観測を終了し, 12時間の板は翌朝9時まで降雪させて計測を行うことで24時間を2回に分けて計測した. 計測項目は新積雪の積雪深及び密度とした. また, 新庄支所では気象観測露場において24時間の新積雪深計測が行われているため, これを比較データとした. この計測が行われている場所は, 我々の新積雪観測地点と約30m離れており, その間に道路を挟んでいる.

3. 結果

強風の影響を受けた観測などを除き, 21-22冬季は2022年2月15日午前9時開始の1ランのデータを取ることができたため, その結果について報告する.

3-1 累積値の時系列

図3は積雪深 $h(t)$ [cm]と積雪相当水量 $w(t)$ [mmH₂O]の時間に対する累積値を表す. ただし, t は時刻を表す. ここで, 積雪相当水量 $w(t)$ は $h(t)$ と新積雪密度 $\rho(t)$ [kg/m³]から $w(t) = h(t)\rho(t) \times 10^{-2}$ で求めた. ただし, 水の密度は10³ [kg/m³]とした.

図3(a)は各時刻における積雪深の累積値を表す. 16:00に正の値となることから, 当日は15:00から16:00までの間に積雪が形成されはじめたことがわかる. 16:00では1時間板のみの観測であったが,

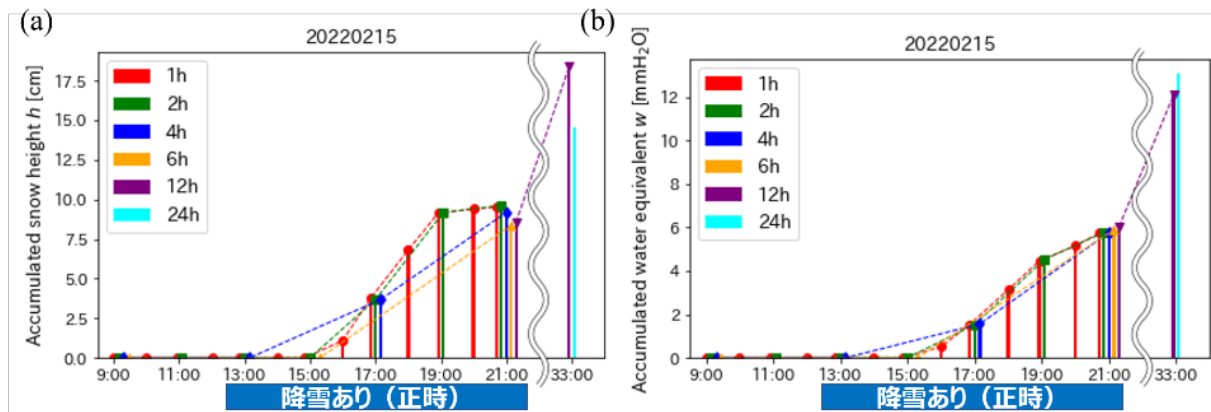


図3 各時刻における (a) 積雪深と (b) 積雪相当水量の累積値. 横軸は時刻, 凡例は観測までの時間 (各観測板) を表す.

17:00 は 1, 2, 4 時間板の計測を同時に行い (図 2), 累積積雪深は 3 つともほぼ同程度であった. さらに時間が経過して 19:00 に計測した 1, 2 時間板も同程度の積雪深を示した. 一方で, その後の 21:00 の計測では, 1, 2 時間板は同程度, 4 時間板はそれよりも少し小さく, 6, 12 時間板はさらに小さい値を示した. このことは, 累積積雪深を見たときに, 1, 2 時間ごとに観測すれば圧密の影響なく新積雪深が観測でき, それ以上時間を空けると圧密の影響が生じることを示している. また, 33:00 (翌朝 9:00) では, 積雪深差がさらに大きくなった. ただし, 24 時間の観測を行っている降雪板は今回我々が設置した降雪板と少し離れて設置されていることに注意が必要である. また, 6 時間板と 12 時間板では同程度の累積値となっているが, これは 21:00 に 6 時間板を観測する前 (15:00 での観測) では積雪が見られなかったためであると考えられる. ちなみに, この日は 13:00 の観測時点で降雪が観測されており, 21:00 の観測までの毎正時降雪が観測されていたものの, そこから積雪が形成されるまで 2 時間以上必要であった.

図 3 (b) に, 累積積雪相当水量を同様に示す. この図では, 21:00 時点での値が計測までの時間に依らず近い値を示している. 累積積雪相当水量が計測時間に依らず一定であるということは, 降雪板上の累積降水量が保存されていることを意味するので, 降った雪が風の影響などを受けずに保存されていることを示している. また, この結果から顕著な融解はないと仮定した. ただし, 新庄支所の気象観測データによると, 当日午前 9 時から午後 9 時まで各時刻の平均気温は $+1^{\circ}\text{C}$ 前後であり, 当日の一日の平均気温は -0.1°C であった.

3-2 計測時間ごとの累積値

図 4 (a) 横軸に計測時間, 縦軸に 1 時間板の累積値を基準にした, 他時間板の累積値の比を表す. 図 3 (b) で観察されたように, 累積積雪相当水量は計測までの時間に依らずほぼ一定の値を示している. 一方で, 累積積雪深は 1 時間板の累積値と, 12 時間板の累積値の間で $h^{12h} \approx 0.9h^{1h}$ なる関係が見られた. ただし, h^m は m 時間板で計測された累積値を表す. 図 4 (b) は 12 時間板の累積値を基準値として 24 時間板の累積値の比を表す. ここから, 12, 24 時間板間での同関係は $h^{24h} \approx 0.8h^{12h}$ と表される. これらから単純に計算すると $h^{24h} \approx 0.7h^{1h}$ なる関係が得られる. これは, 1 時間ごとに計測する場合と 24 時間ごとに計測する場合を比較すると, 圧密の効果で 7 割程度の過小評価になることを示している. これは今回の事例から得られた関係であり, 気象条件や降雪種や降雪強度などにより変化することに注意が必要であり, データの収集が今後の課題として挙げられる.

積雪相当水量の累積値は時間幅に依らず概ね一定であるものの, 連続した計測ではわずかに増加する傾向が見られる. この増加傾向は, 特に複数枚の板を計測してリセットする間のわずかな時間差から生じている可能性がある.

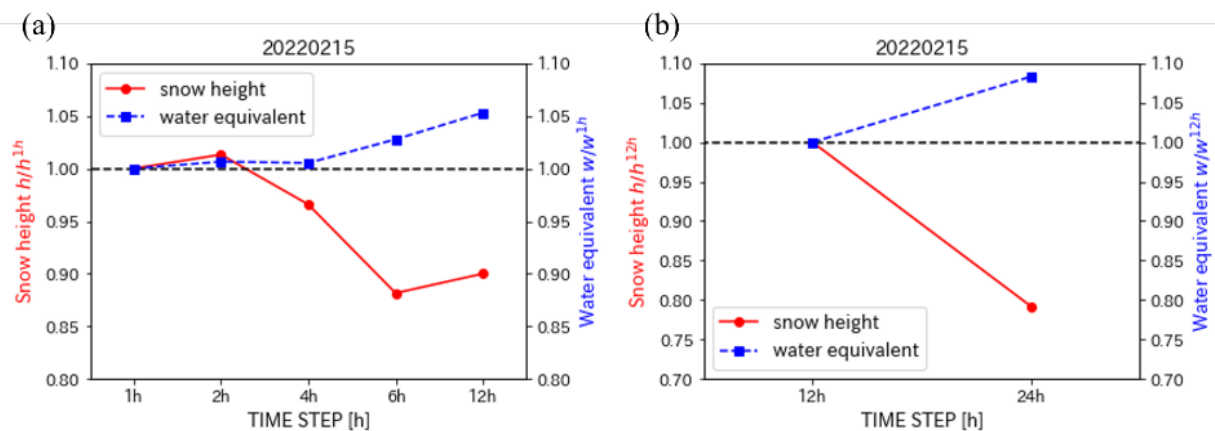


図 4 基準値と比較した各時間板での累積値. 横軸は時間幅を表し, 左縦軸が積雪深 (丸実線), 右縦軸が積雪相当水量 (四角破線) を表す. (a) 基準を 1 時間板とした 9:00 から 21:00 までの観測結果, (b) 基準を 12 時間板とした 9:00 から 33:00 (翌朝 9:00) までの観測結果.

4. まとめと課題

本研究では、複数枚の降雪板を用いて新積雪の積雪深及び密度の計測に時間差をつけることで、新積雪の圧密にかかる時間やその程度を定量的に示した。今回得られた結果からは、新積雪の圧密は2時間まではあまり顕著ではなく、計測までに4時間以上時間を要すると累積積雪深に差が見られることがわかった。つまり、新積雪は2時間程度までは圧密の進行が顕著でなく、新雪としての振る舞いが保持されることが示唆される。この結果は、積雪変質モデルにおける新雪の初期密度の与え方の議論を深めることにつながると期待している。

今回の結果は1ランの結果を示したものであり、一般化するためには今後さらにデータを増やす必要がある。また、一般化の際には先行研究のように結晶形状や気象条件との関連付けが重要となる。一般化の結果として初冬期、厳冬期、融雪期などの時期的な分類やこれらに関連した地域差についての検討も可能になると考えられ、雪質マップ（石坂，2008）のような地域ごとの雪の特徴づけを新雪の面から考えることも可能であると考えられる。最後に、降雪は時間一定で発生しないため今後データが増えたときに今回の手法では解析が困難になると考えられる。これらを一般化するためには、小島（1955）で示された積雪の粘性圧縮係数を新積雪に適応し（後藤ら（2005）における圧縮粘性率）、降雪強度や気象条件で整理することが必要であると考えられ、これは今後の課題である。

謝辞

本研究は科研費 21K13994 の助成を受けたものです。本研究で使用した積雪深及び新積雪深の観測は、平日においては主に富樫数馬特別技術員と鈴木紘一契約専門員に、休日においては委託先である双葉コンサルタントの小野正光氏らによるものです。資料の整理は矢口瞳さん、平向洋子さん、青木里美さんによるものです。

ここに記して感謝致します。

【引用文献】

- Bartelt, P., Lehning, M. (2002) : A physical SNOWPACK model for the Swiss avalanche warning: Part I: numerical model. *Cold Regions Science and Technology*, **35** (3), 123-145.
- Brun, E., Martin, E., Simon, V., Gendreau, C., and Coleou, C. (1989) : An Energy and Mass Model of Snow Cover Suitable for Operational Avalanche Forecasting. *Journal of Glaciology*, **35**(121), 333-342.
- 遠藤八十一，大関義男，庭野昭二（1990）：低密度の雪の圧縮粘性係数と密度の関係。雪氷，**52**（4），267-274.
- 後藤博，梶川正弘，菊地勝弘，猿渡琢（2005）：新積雪の圧縮粘性率と降雪粒子の諸特性の関係。雪氷，**67**（4），331-340.
- 石坂雅昭（2008）：「しもぢらめ雪地域」の気候条件の再検討による日本の積雪地域の質的特徴を表す新しい気候図。雪氷，**70**（1），3-13.
- 梶川正弘，後藤博，金谷晃誠，菊地勝弘（2004）：気象要素を考慮した新積雪密度の推定式。雪氷，**66**（5），561-565.
- 小島賢治（1995）：積雪層の粘性圧縮Ⅰ。低温科学，
- 根本征樹，小杉健二，富樫数馬，鈴木紘一，荒川逸人，安達聖，佐藤研吾，田邊章洋（2021）：新庄における気象と降積雪の観測（2020/21年冬期）。防災科学技術研究所研究資料，**468**.

東北 6 県周辺における 2021-22 年冬季の降積雪の特徴

本谷 研 (秋田大学教育文化学部)

The characteristics of the snowfall and snow amount during the 2021-22 winters, around six prefectures in Tohoku region, Japan

Ken Motoya (Akita University)

1. はじめに

降積雪現象は時間・空間的に極めて変動が大きい自然現象で、いわゆる雪国であっても積雪量寡多の年々変動は大きい。それゆえ、時々刻々と変化する積雪量の時間的・空間的分布とその変化を適切に把握することが重要である。ここ数年の積雪分布の特徴を振り返ると、2019-20 年冬季は冬型が持続せずに記録的な暖冬、寡雪となり、ルーチン気象データと診断型積雪分布モデルにより見積もった東北 6 県全体の雪水総量はここ 40 冬季で最小となった。続く 2020-21 年冬季では、2020 年 12 月から翌 1 月にかけて強力な寒気が日本付近まで南下して降雪と低温が重なったことから豪雪となり、雪崩や屋根からの落雪などの雪氷災害が多発したが、2021 年 3 月以降は平地での降雪はほとんどなく、気温も平年よりかなり高い状態で推移したため雪解けが急速に進んだ。一方、2021-22 年冬季は、北海道の札幌では記録的な大雪となり数日にわたる交通障害が生じた。秋田県内では 12 月以降の冬の初めに県北や県央内陸部で早くから多くの降雪がもたらされた。秋田県南では積雪は年始頃まで平年よりも少ない程度であり、2022 年 1 月以降に徐々に積雪が増加して平年以上となったものの、2020-21 年冬季程には増えなかった。こうした 2021-22 年冬季の降積雪の推移と分布傾向について、ルーチン気象データと診断型積雪水量分布モデルや snow survey、気象資料により考察したので紹介する。

2. 使用データ・積雪水量分布モデル

2.1 使用データ

日平均および最高・最低気温(℃)、日降水量(mm)、日平均風速(ms^{-1})、水蒸気圧(hPa)、日照時間(hr)、日平均気圧(hPa)などの気象要素の分布をアメダス(図 2 の解析領域およびその周辺で約 370 地点)と気象官署(同約 28 地点)のルーチン気象データから推定した。つまり、空間的に離散したデータから距離重み付き内挿と高度分布の仮定により面的な気象要素の分布を推定した。毎日の気象データは、気象庁ホームページ(気象庁, 2022)から取得して使用した。また、標高・土地利用などの分布情報は国土地理院のデジタル数値地図(それぞれ 50m および 100m 格子)から 20 万分の 1 地形図と同じ領域毎に作成して用いた。

2.2 積雪分布モデル・解析領域

前節で作成した入力気象データに基づいて、診断型積雪水量分布モデル(Motoya *et al.*, 2001; 本谷, 2008)により東北 6 県(図 2 の太枠内、青森、秋田、岩手、山形、宮城、福島、面積約 77000 km^2)における、日単位・1km グリッド毎の積雪水量を、2021 年 10 月 1 日を計算開始日として毎日その時点での前日まで計算した(本稿作成時 2022 年 4 月 18 日まで)。

3. 結果

3.1 秋田県内アメダスにおける積雪深季節変化の傾向

図 1 に秋田県内の積雪深観測アメダス(能代, 鷹巣, 鹿角, 秋田, 五城目, 阿仁合, 角館, 本荘, 大正寺, 横手, 矢島, 湯沢, 湯の岱の 13 地点)における 2021 年 12 月初めから 2022 年 4 月末までの日最大積雪深(cm)の観測値(青実線)および平年値(赤実線)を示した。一見してわかるように北部で冬の前半から平年の 2 倍またはそれ以上の深い積雪となった。

3.2 2021-22 年冬季における雪水総量の季節変化

図 3 に 1980-81 年冬季から 2021-22 年冬季までの解析領域(東北 6 県)全体で積雪水量を合計した雪水総量(雪水資源量)の季節変化を示す。2021-22 年冬季は 12 月中旬までは気温が高く山岳域のみの降雪であったが, 年末に顕著な積雪増加が始まり 1 月中旬まで続いたのち, 1 月下旬から 2 月初めまでと 2 月中旬から下旬にもまとまった降雪があったことがわかる。3 月に入ると積雪は減少に転じたが, 気温は平年より高温だったものの 2020-21 年冬季ほどではなく, 4 月中旬の雪水総量は前冬季の 5 割増し程になった。雪水総量の最大値は, 平年・前冬季よりやや多い $29.42\text{km}^3 (=29.42\text{Gt})$, 起日 2022 年 3 月 6 日)であった。

3.3 2021-22 年冬季における東北地方の積雪寡多分布

図 4 に東北 6 県の 2022 年 1 月における積雪水量寡多を, 平年値との偏差を平年値を求めた 30 冬季の年々変動の標準偏差(σ)で規格化した比標準偏差で示した。三八地方南部と一部山岳域を除く青森全県や秋田県北部の沿岸から大館・花輪盆地にかけての一带や横手盆地, 月山周辺を除く山形全県や岩手県盛岡周辺と宮城県北西部で多雪が目立つほか, 下越の村上周辺などにも平年+ $\sigma \sim +2\sigma$ 程度の多雪が見られるなど, 前冬季同様に局所性の高い豪雪傾向が見られたことが分かった。

4. 考察

図 1 と図 4 を併せて考えると, 大まかに言って東北北部では 2021 年年末から 1 月中旬までの降雪は沿岸から降雪が多い里雪傾向であり, 北ほど降積雪が平年比で多いという傾向がみられた。寒気流下が時折継続したこと, ラニーニャ傾向などにより日本海での低気圧の発生・発達が進められたことなどが考えられるが, どのような仕組みで北ほど降積雪が多くなったのかを高層天気図や日本海の表面水温分布を参考に考察した。

北東北にまとまった降雪をもたらした 2021/12/24 と 12/27 および 2022/1/7 と 1/18, 2/16 についての 500hPa 天気図を見ると, サハリン北部付近に寒冷渦が確認できることが多いことがわかった(例として図 5 に 2021/12/27 および 2022/1/7 を示した)。2022/2/16 頃の降雪事例では 500hPa における寒冷渦は明確でなかったが, より下層の 700hPa および 850hPa の高層天気図では津軽海峡の西方に中心を持つ寒冷渦が確認できた。

図 6 に旬ごとの日本海の表面水温の平年差分布(左: 2021 年 12 月下旬, 右: 2022 年 2 月上旬)を示す。2021 年 12 月下旬には津軽海峡の西方 200km 付近を中心として水温が平年よりも高い領域が広がっており, この傾向が翌 2022 年の 1 月末頃まで続いた。また同年 2 月になっても日本海北部の表面水温が高い傾向だったことが図 6 右で確認できた。

以上のことから, 2021-22 年冬季に東北 6 県の北ほど平年より降積雪が多い傾向となったのは, (1) 日本海北部付近を中心とする寒冷渦がみられたこと, (2) 日本海北部の表面水温が高かったこと, により低気圧活動が日本海北部で盛んだったためと考えられた。

秋田県内各地における積雪深の推移 (2021年12月～翌4月)

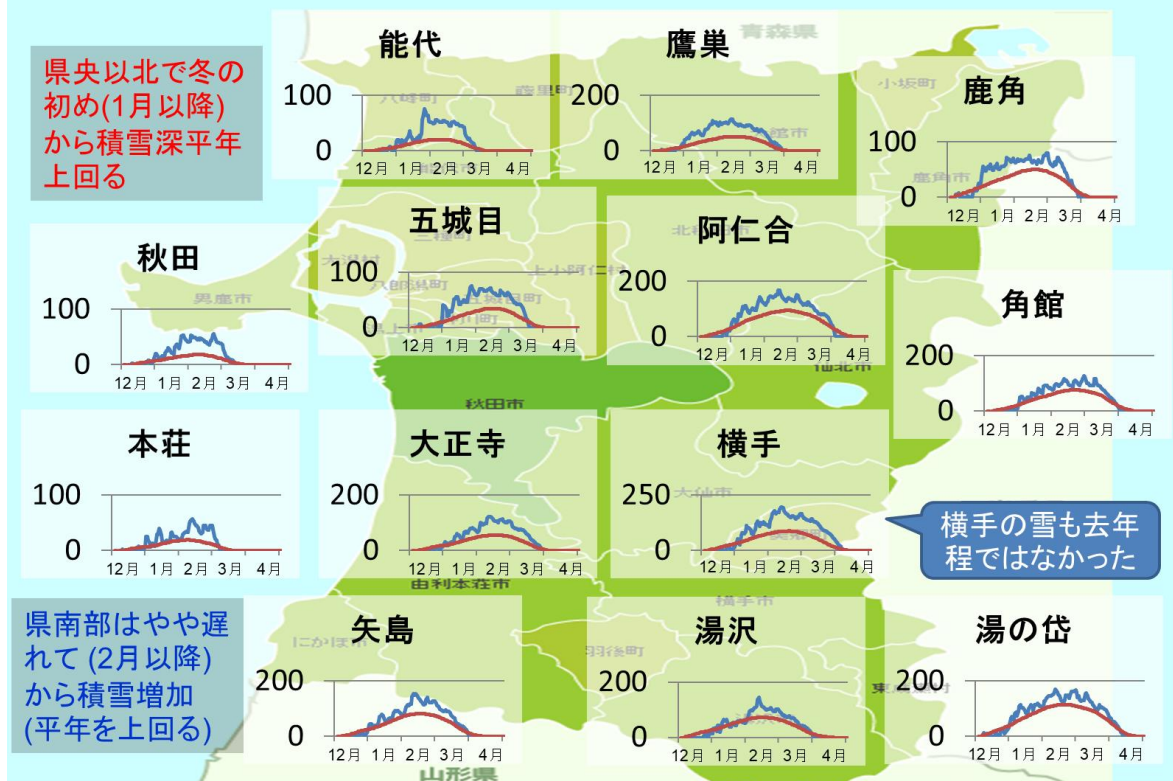


図 1. 秋田県内の積雪深観測アメダスにおける日最大積雪深の季節変化

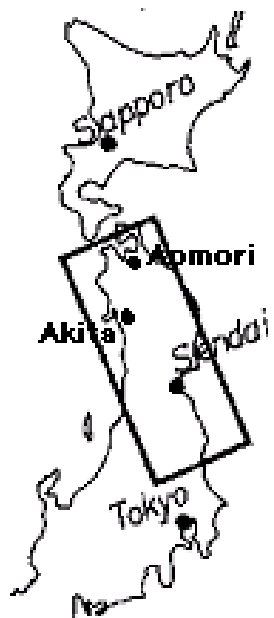


図 2. 解析領域(上記太四角枠内)

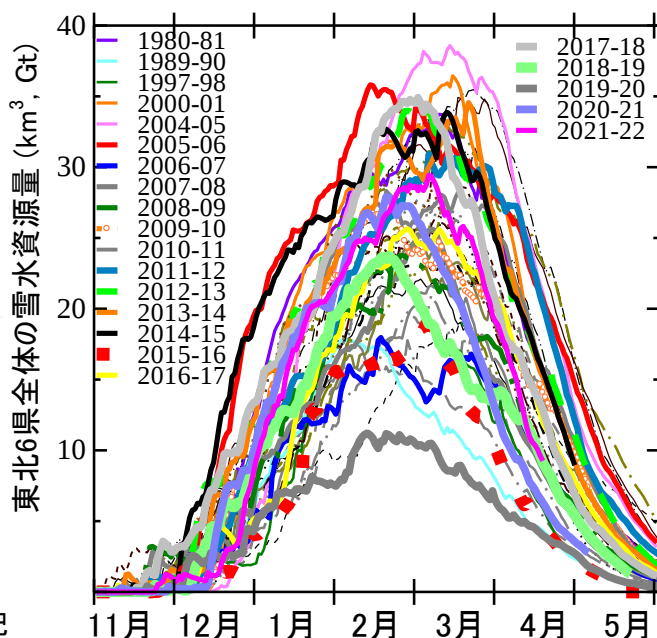


図 3. 解析領域全体の積雪水量総計(雪水総量)の季節変化

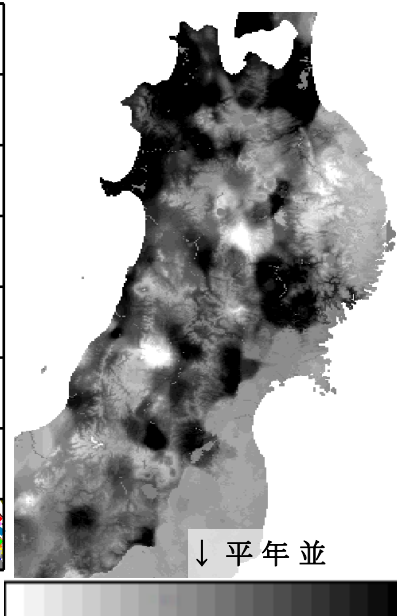


図 4. 積雪水量の寡多分布(2022 年 1 月の平均)

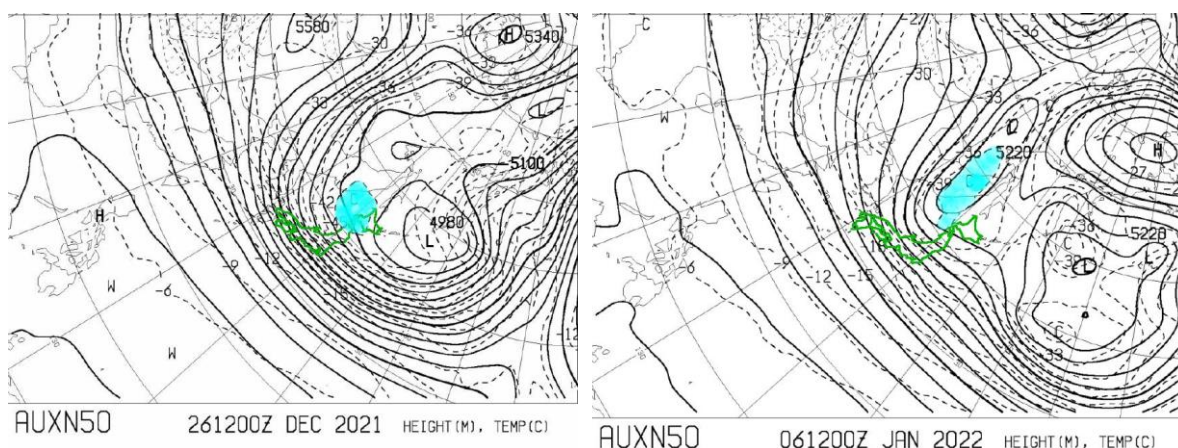


図 5. 日本付近の 500hPa 高層天気図(左 : 2021/12/27, 右 : 2022/1/7). ただし, 寒冷渦のおおよその位置を水色で, 日本本土を緑色で図示したもの.

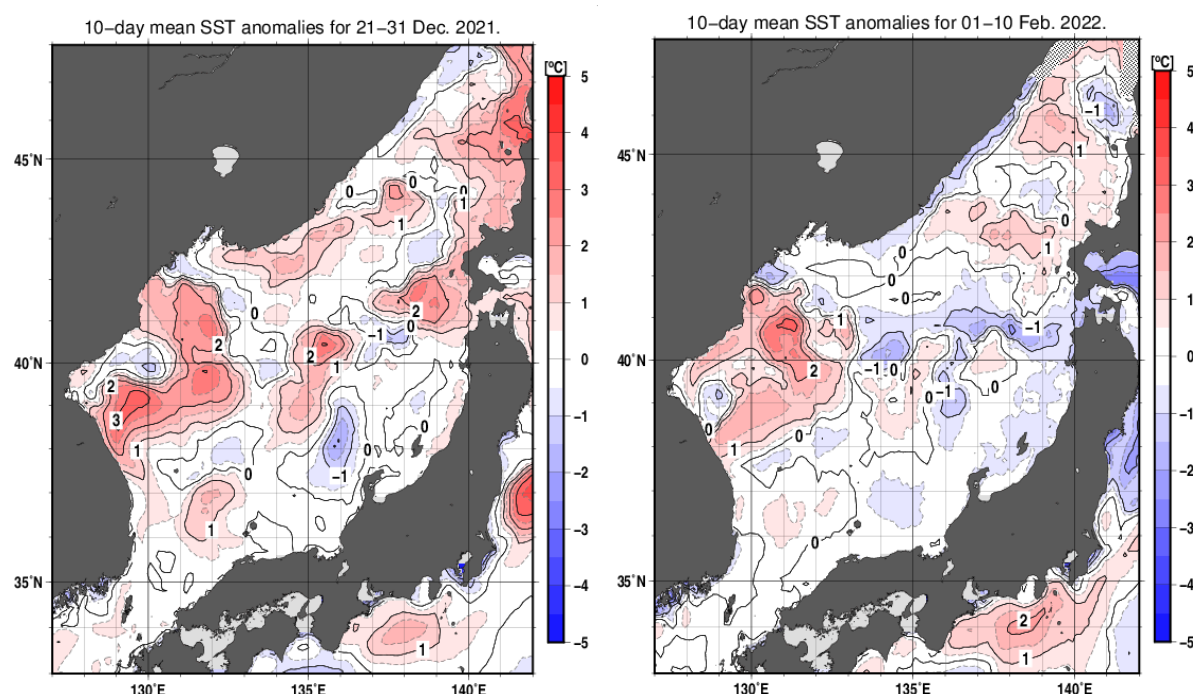


図 6. 日本海の表面水温の平年差分布(左 : 2021 年 12 月下旬, 右 : 2022 年 2 月上旬).

謝辞

気象データや解説資料等は気象庁ホームページおよび Sunny Spot 天気・気象情報サイトからダウンロードして引用しました. なお, 本研究の一部は新潟大学災害・復興科学研究所共同研究費 (2021-04) によりました. ここに記して感謝いたします.

【引用文献】

気象庁ホームページ, <http://www.jma.go.jp/> (2022 年 6 月 10 日確認).

本谷 研, 2008: 東北地方における積雪水量の 27 年平均値と豪雪・寡雪, 雪氷, **70**(6), 561-570.

Motoya, K., T. Yamazaki, N. Yasuda, 2001: Evaluating the Spatial and Temporal Distribution of Snow Accumulation, Snowmelts and Discharge in a Multi basin Scale: An Application to the Tohoku Region, Japan, *Hydrol. Process.* **15**, 2101-2129.

Sunny Spot 天気・気象情報サイト, <https://www.sunny-spot.net/> (2022 年 6 月 9 日確認).

雨氷現象の発生地域と寒気場に関する数値モデルによる研究

瀧口海人 (東北大学大学院理学研究科)

山崎 剛 (東北大学大学院理学研究科)

A study on distribution of freezing rain and cold air using a numerical weather prediction model

Kaito Takiguchi (Tohoku University)

Takeshi Yamazaki (Tohoku University)

1. はじめに

雨氷とは一度融解した降水が地表付近で再冷却され過冷却水となり、地上に着氷性の雨として降り注ぐ現象である。日本では長野県や北日本で稀に発生し、倒木や交通障害などの被害をもたらすことが報告されている(たとえば、牛山, 1991, 井上, 2016 など)。しかし日本の予報モデルでは雨氷を直接予測することはできないため、発生の予測は困難である。本研究では 2016 年 1 月に長野県松本市周辺で、2021 年 3 月に北海道日高町周辺で発生した雨氷現象を対象に気象庁非静力学モデル(JMA-NHM: Japan Meteorological Agency Non-Hydrostatic Model)を用いた数値シミュレーションを行うことで、雨氷が発生する環境場の再現、および雨氷発生地域の特定について研究を行なった。

2. 解析手法

大気場の数値シミュレーションには気象庁の非静力学モデル JMA-NHM を用いた(Saito et al., 2007)。モデルは鉛直層 50 層、雲物理過程は 2 モーメントバルク法、積雲パラメタリゼーションは Kain-Fritsch スキームを用いた。

地表付近の寒気を定量的に解析するために、Iwasaki et al. (2014)による寒気質量解析を用いた。寒気質量は任意の等温位面以下の空気の質量として定義され、断熱過程ではその量が保存されるため追跡性がよく、地表付近の再冷却層の解析に利用できる。

次に雲物理過程の雨滴があられに捕捉された際のあられの生成項である PGACR と呼ばれるパラメータの出力を用いて、雨氷が発生する大気場について解析した。PGACR は時間あたりにモデル内であられが雨を捕捉併合し、あられに変化させる量である。雨氷が発生する大気場では雨とあられがモデル内で同時に存在することが多いことから雨氷の発生地域の特定を試みた。

3. 結 果

3.1 2016 年 1 月長野県で発生した雨氷事例

2016 年 1 月 29~30 日に南岸低気圧の通過に伴い、長野県松本市周辺で発生した事例で、山間部において雨氷による倒木や集落孤立などが発生しインフラに大きな被害が出た。本事例については、松村, 山崎(2019)が寒気の流入について、信濃川沿いと関東平野からの峠越えの可能性を示唆している。

この事例での計算の範囲を図 1 に示す。まず、1 月 28 日 12 時を初期時刻とした水平解像度 5 km の気象庁 MSM(Meso-Scale Model)解析値を初期値・境界値として 2 km のシミュレーションを行った。さらに、長野県の急峻な山岳地帯を通過する寒気の流れを正確に表現するために、1 月 29 日 12 時を初期時刻として 2 km の結果を初期値・境界値とする NHM 解像度 1 km の計算を行った。

地表付近の再冷却層の存在を見るために、特定温位面の値を地上で 0℃となる温位(282K)で設定し寒気質量解析を行ったところ、雨氷が発生した松本市周辺地域において再冷却層になり得る寒気が北関東、日本海の 2 方向から流入していることを改めて示した(図 2)。図 3 は寒気質量と寒気フラックスの解像度 1 km から 2 km を引いた差を示しており、解像度を上げることで松本付近の寒気が

強化されていることがわかる。図4に山形村(図2の赤丸付近)における1月30日の気温鉛直分布を示す。解像度2kmでは再冷却層が見られないが、1kmに解像度を上げることにより融解層と再冷却層を再現できるようになった。

PGACRの出力を見ると地表付近において高く出力されており、この分布は長野県の調査によって実際に雨水による倒木があった地域の分布をカバーしていた(図5)。

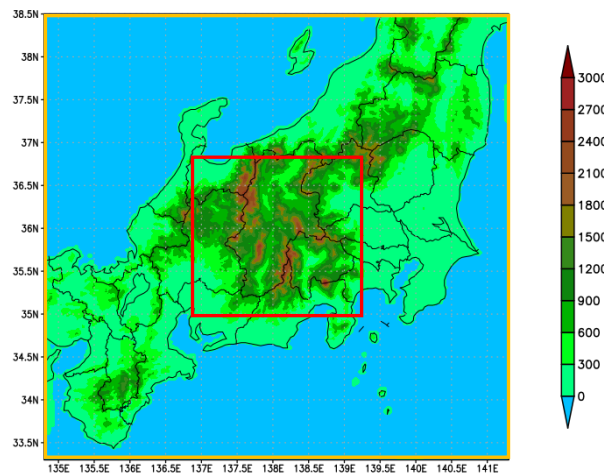


図1 長野県での計算範囲. 外側の黄色枠が2 km, 内側の赤枠が1 km.

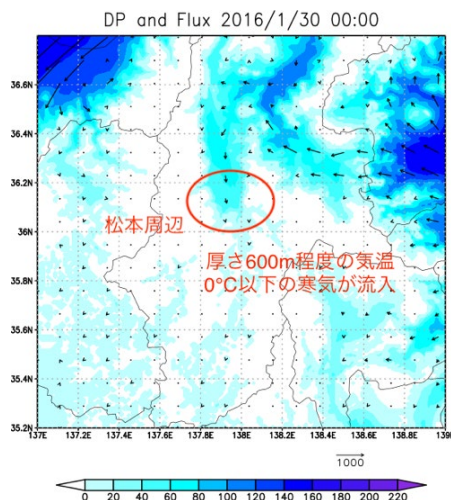


図2 長野県での寒気質量解析. シェードは寒気質量(hPa), ベクトルは寒気質量フラックス(hPa · m/s).

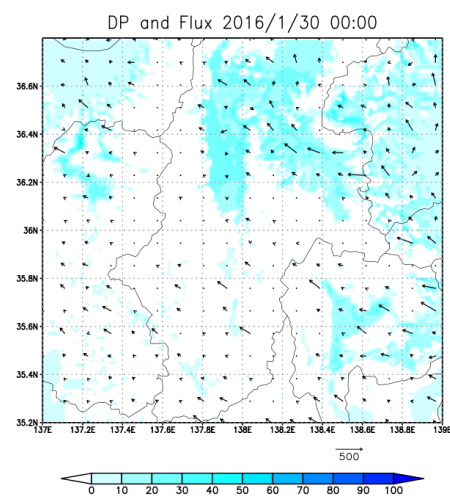


図3 長野県での寒気質量と寒気質量フラックスの解像度1 kmと2 kmの差.

1km Vertical Temperature 2016/1/30 00:00

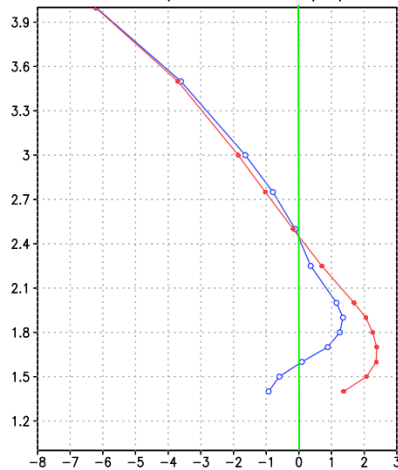


図 4 山形村付近でのモデルによる気温の鉛直分布. 赤：解像度 2 km, 青：1 km.

1km PGACR 2016/1/29 21:00

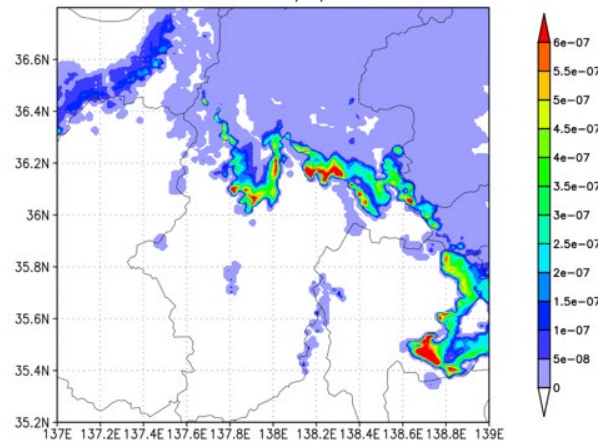


図 5 長野県での PGACR の出力. シェードは時間あたりのあられの混合比の増加量(s).

3.2 2021 年 3 月北海道で発生した雨氷事例

2021 年 3 月 2~3 日に北海道南岸を通過する低気圧により北海道日高町周辺や根室市で雨氷が発生した事例である. この事例では地形が平坦なため NHM 2 km 解像度での計算 (初期時刻 3 月 1 日 18 時) を用いて解析を行った. 計算範囲を図 6 に示す. 特定温位面を地上で 0°C となる温位(273K)とした寒気質量解析を行ったところ日高町に向けて北から寒気が流入していることがわかる (図 7). この事例では水平解像度 2 km でも融解層と再冷却層を再現できている (図 8). PGACR の分布は日高町において突出して高くなっており, 実際に観測の報告があった地域をカバーしている (図 9).

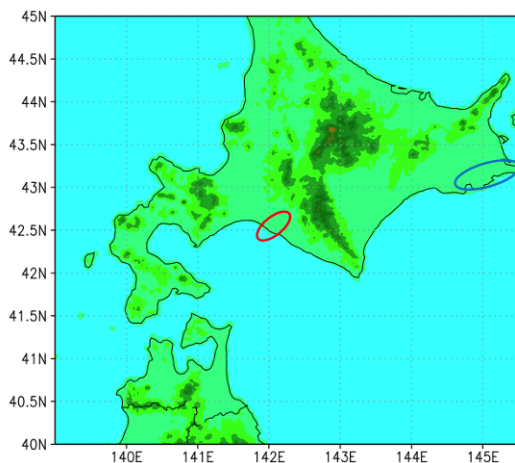


図 6 北海道での計算範囲. 解像度 2km. 赤丸は日高町, 青丸は根室市の位置.

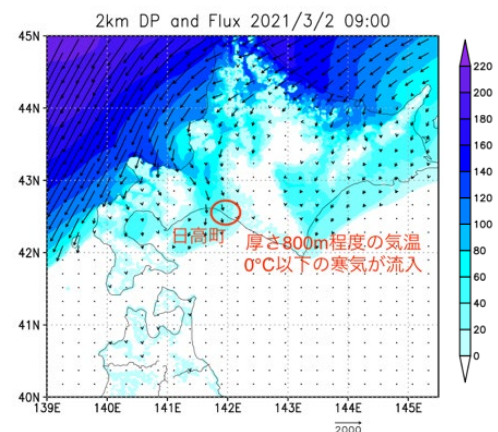


図 7 図 2 と同じ. ただし北海道での寒気質量解析.

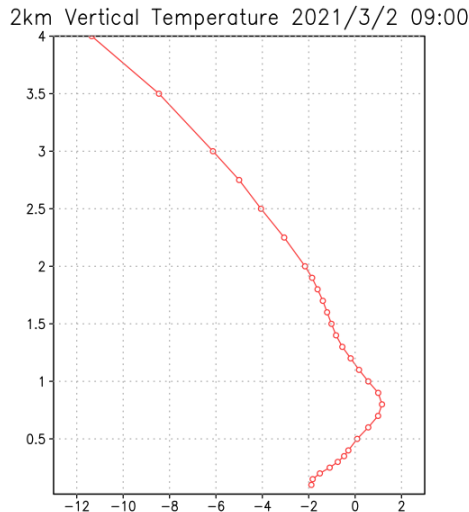


図 8 日高町付近でのモデルによる気温の鉛直分布. 解像度 2 km.

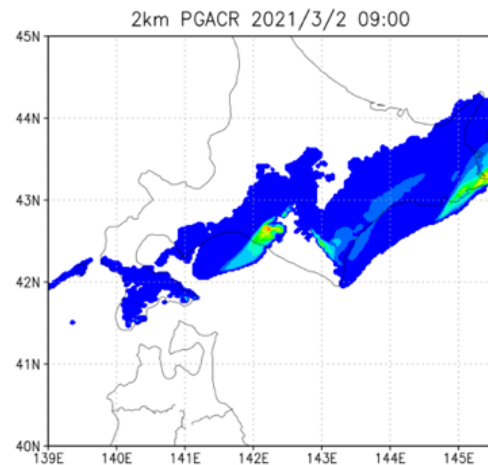


図 9 図 5 と同じ. ただし北海道での PGACR の出力.

4. まとめ

2 つの雨氷事例において, それぞれ寒気質量解析, PGACR の出力を見た. その結果, 雨氷発生には地表付近で 600~800 m 程度の薄い 0°C 以下の寒気が存在が重要であり, 複雑な地形ではその再現に 1 km 程度の解像度が必要であった. そして, PGACR の出力分布は雨氷発生地域の特定可能性があることがわかった. これは雨氷発生条件ではモデル内で過剰にあられが雨を併合してしまうためであり, カナダでも同様の結果が報告されている (Barszcz et al., 2018). 雨氷は降水粒子としては雨で降り注ぐが, モデル内では過併合により予想降水量を低く見積もってしまう傾向があると指摘されているが, PGACR の分布を見ることにより, より正確に雨氷時の降水量や分布を予測できると考えられる.

5. 参考文献

- Barszcz, A., J. A. Milbrandt, and J. M. Thériault (2018): Improving the explicit prediction of freezing rain in a kilometer-scale numerical weather prediction model. *Weather and Forecasting*, **33**, 767–782.
- 井上聡 (2016): 2016 年 2 月 14 日の北海道における雨氷 (着氷性降雨) 現象. 日本雪氷学会・日本雪工学会 2016 年度雪氷研究大会予稿集, 282.
- Iwasaki T., T. Shoji, Y. Kanno, M. Sawada, M. Ujiie, and K. Takaya (2014): Isentropic analysis of polar cold air mass streams in the northern hemispheric winter. *J. Atmos. Sci.*, **71**, 2230–2243.
- 松村崇, 山崎剛 (2019): 数値モデルを用いた雨氷発生時の大気場に関する研究. 東北の雪と生活, **34**, 56–60.
- Saito, K., J. Ishida, K. Aranami, T. Hara, T. Segawa, M. Narita, and Y. Honda (2007): Nonhydrostatic Atmospheric Models and Operational Development at JMA. *J. Meteor. Soc. Japan*, **85B**, 271–304.
- 牛山素行・宮崎敏孝 (1993): 1991 年 3 月 23 日長野県中部で発生した雨氷現象の特徴, 天気, **40**, 47–54.

吹雪時における吹きだまり量の推定について

根本征樹 (防災科研 雪氷防災研究センター)

富樫数馬 (防災科研 雪氷防災研究センター)

An estimation of snowdrifts during blowing snow

Masaki NEMOTO (Snow and Ice Research Center, NIED)

Kazuma TOGASHI (Snow and Ice Research Center, NIED)

1. はじめに

吹雪に伴い発生する吹きだまりは、交通インフラを著しく阻害するほか、車両スタックによる死亡事故の原因となるなど、深刻な雪氷災害を引き起こす要因となる。吹雪時に発生する吹きだまり量について、風速や吹雪強度に応じた吹きだまり量の推定が可能であれば防災対策上有用であるが、簡易的な評価式などに関する研究例は少ない。それを踏まえて本研究では、質量保存則に基づいた簡易な吹きだまり量の評価式について検討した。

2. 輸送方程式に基づく吹きだまり量の評価

一方向のみを対象とした全吹雪輸送量 Q (kg/m/s) に対して、雪面の微小面積上における雪の質量保存則から以下の式が成り立つ (Liston and Sturm, 1998; 河村ほか, 2001) :

$$\rho_{\text{drift}} \frac{dH}{dt} = -\frac{dQ}{dx} \quad (1)$$

ここで、 ρ_{drift} (kg/m³) : 吹きだまり密度、 H (m) : 吹きだまり高さ、 t (sec.) : 時間、 x (m) : 距離である。

式(1)において、距離 Δx (m) 進む間に Q が全て吹きだまると考えて dQ/dx を近似すると、時間変化 Δt の間における吹きだまり高さ変化 ΔH は以下のようになる :

$$\Delta H = \frac{1}{\rho_{\text{drift}}} \frac{Q}{\Delta x} \Delta t \quad (2)$$

上式で ρ_{drift} 、 Δx と Δt を与えることにより、吹きだまりの深さが得られる。 ρ_{drift} については吹雪時における粒子の性状など雪質に依存する。 Δx については同定に資する研究例がほとんど無いが、積雪端部から水平方向に向けての吹雪粒子の最大到達距離もしくは最大跳躍距離に相当すると考える。

式(2)から得られる吹きだまり量は、吹きだまり領域 Δx 間における平均的な吹きだまり量に相当する。水平距離ごとの吹きだまり深さの変化 $H(x)$ を得る場合は、別途、式(1)の dQ/dx を直接評価する必要がある。 $H(x)$ を得るために、本研究では、箱型吹雪計 (Kobayashi, 1972; Maeno et al., 1995 など) を用いた風洞実験を実施し、吹雪粒子の鉛直フラックス $G(x)$ を測定した。 $G(x)$ と水平距離ごとの全吹雪輸送量 $Q(x)$ との間に、

$$Q(x) = \int_x^{\infty} G(t) dt \quad (3)$$

の関係が成り立つため、式(3)から式(1)の右辺が得られ、最終的に吹きだまり量の評価が可能となる。

3. 吹雪風洞実験に基づくモデル式の検討

式(2)から計算される吹きだまり量について、風洞実験 (防災科研 雪氷防災研究センター雪氷環境実験室の低温風洞施設) による吹きだまり量と比較した。実験では道路路肩をイメージしたステップ状の段差部分 (高さ 90 mm) に形成される吹きだまり量などを計測した (図 1)。風洞設定風速が 8 m/s (Q は 4.9×10^{-2} kg/m/s 程度) の場合における吹きだまり深さ (段差部分の積雪深、吹雪発生から 150

秒後)の水平分布を図2に示す。吹きだまりピークの高さは33 mm ($x = 0.12$ mの位置)であり、また吹きだまり発生域である $0 < x < 0.6$ mの範囲での吹きだまり高さの平均値は18 mmであった。 $\Delta x = 0.6$ mとし、また ρ_{drift} を実験に用いたしまり雪の密度 370 kg/m^3 と仮定して、式(2)に上記実験条件を当てはめると $\Delta H = 16$ mmとなった。これは実験結果の吹きだまりピーク値より小さく、平均値に近い値となっている。この様に、式(2)により平均的な吹きだまり量の推定が可能となるが、その際、吹きだまり密度と吹雪到達距離を正しく見積もる必要がある。

次に、水平距離ごとの吹きだまり深さの変化 $H(x)$ を評価するために、箱型吹雪計により $G(x)$ を測定し、式(1)、(3)に適用した。箱型吹雪計は Maeno et al.

(1995)で用いられたものと同様に、全長1 mを17個に分割した箱を設置した(スパン方向幅は0.2 m)。主流方向の幅は風上側14個が0.05 m、風下側3個が0.1 mとなっている。 i 番目の箱の水平幅を Δx_i とすれば、 i 番目の箱の風上端部における dQ/dx は離散的に

$$\left(\frac{dQ}{dx}\right)_i = \frac{Q_{i+1} - Q_i}{\Delta x_i} \quad (4)$$

と記載できる。式(3)より、式(4)の右辺は $-G_i$ (i 番目の箱の位置での吹雪粒子の鉛直フラックス)に他ならない。すなわち、式(1)、(3)と(4)から、 Δt の時間経過時における i 番目の箱の位置の吹きだまり高さ変化 H_i について、

$$\Delta H_i = \frac{G_i \Delta t}{\rho_{drift}} \quad (5)$$

が得られる。以上より、式(5)に箱型吹雪計の計測結果を適用することで、質量保存則に基づく形で吹きだまり高さ変化が評価できる。この手法により推定された吹きだまり分布を、図2に示す実験結果と比較した結果を図3に示す。

図2でも示した様に、吹きだまりピークの高さの実測値は33 mm ($x = 0.12$ mの位置)であり、また吹きだまり発生域は $0 < x < 0.6$ mの範囲であったが、式(5)から得られる吹きだまり分布は、ピーク発現位置は概ね一致するもののピーク高さは23 mmで過小評価となり、また実際には吹き払われる領域となる $x = 0.6$ mより風下側でも吹きだまりが生じてしまうなど、実験結果との良い対応は見られなかった。



図1 風洞底面におけるステップ状の段差部分とそこに形成された吹きだまり
風洞実験による吹きだまり (風速 8 m/s, 吹雪継続時間 150 秒)

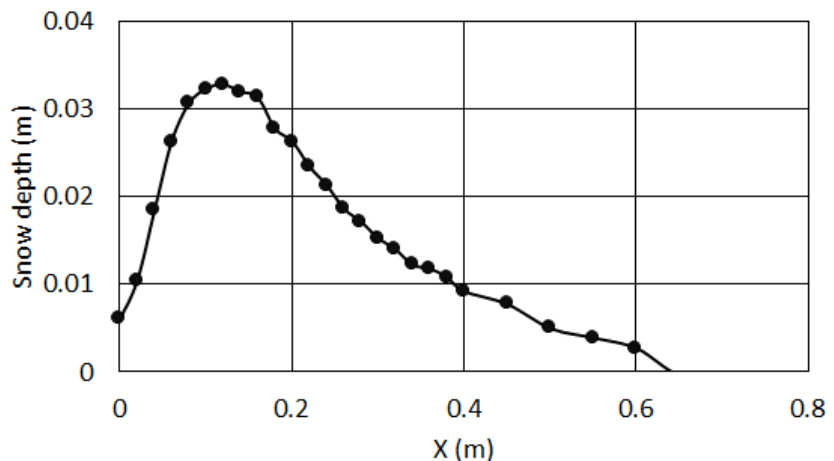


図2 風洞実験による吹きだまり深さの水平分布 (吹雪継続時間 150 秒)

4. まとめ

吹雪時における吹きだまり量について、全吹雪輸送量などと同様に、風速などの関数として簡易的

な評価が可能であれば防災対策上などにおいて有用である。本研究では、一例として、質量保存則を起点として、簡易的に吹きだまり量を評価する手法を提案した。式(2)を利用する際は、得られるのは平均的な吹きだまり高さとなるが、風洞実験による結果と比較して大きな矛盾は生じなかった。なおこの場合は全吹雪輸送量 Q の推定が必要となる。 Q については風速に基づく推定式が様々な既存研究で提案されており、それらを用いれば風速のみからの吹きだまり量の推定が可能となる。一方、式(5)を用いた場合、風に沿った方向に対する吹きだまり分布の評価が可能となる。しかし、図3で示すように、この場合での推定値は風洞実験結果と良い対応が見られなかった（ただし吹きだまりのピーク位置は概ね一致した）。式(5)の様に、式(1)を直接評価して吹きだまり量を得ようとする場合は、 dQ/dx の評価手法をはじめ、様々な課題があると考えられる。

なお、上述したいずれの手法においても、吹きだまり密度を正しく見積もる必要がある。また本研究では道路路肩を想定した段差は90 mm程度と、かなり緩やかな地形を対象とした内容となっている。段差高が大きい場合にはそれによる流れ場の変化が大きくなるため、それが吹きだまりの分布形状に及ぼす影響が大きくなるなど、流体運動が吹雪粒子の運動に及ぼす影響の物理過程を十分に検討しなければならない。したがって本研究におけるアプローチの適用範囲は、起伏が大きい緩やかな地形に限られると言える。

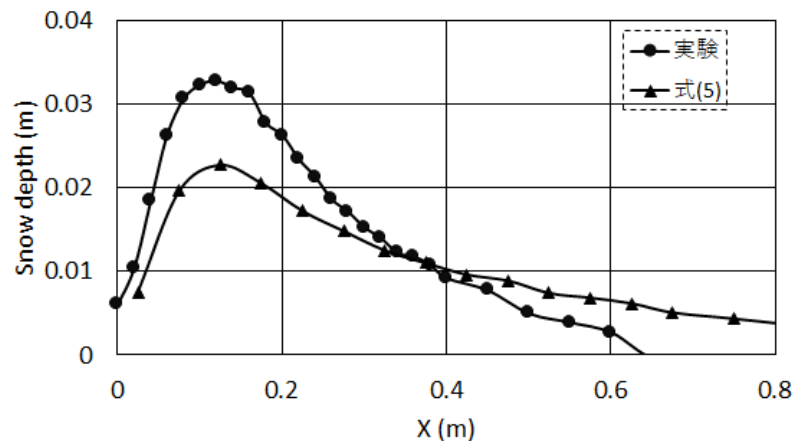


図3 式(5)から推定された吹きだまり分布と実験結果との比較
(吹雪継続時間は150秒)

謝辞

本研究の一部は文部科学省委託事業「地域防災対策支援研究プロジェクト」を受けている。また実験において大川元造氏、鈴木紘一氏に多大な貢献を頂いた。ここに記して感謝いたします。

【引用文献】

- 河村哲也, 菅 牧子, 桑原邦郎, 小柴誠子 (2001): 環境流体シミュレーション, 朝倉書店, 199pp.
 Kobayashi, D. (1972): Studies of snow transport in low-level drifting snow, *Contributions from the Institute of Low Temperature Science*, **A24**, 1-58.
 Liston, G. E. and M. Sturm (1998): A snow-transport model for complex terrain, *Journal of Glaciology*, **44**, 498-516.
 Maeno, N., K. Nishimura, K. Sugiura and K. Kosugi (1995): Grain size dependence of eolian saltation lengths during snow drifting, *Geophysical Research Letters*, **22**, 2009-2012.

無散水消融雪施設の効率的な稼働に向けた検討(その5)

山口正敏 (日本地下水開発株式会社)

服部恭典 (日本地下水開発株式会社)

鈴木和則 (日本地下水開発株式会社)

Consideration for efficient operation of non-sprinkling snow melting facility (Part 5)

Masatoshi YAMAGUCHI (Japan Groundwater Development CO., LTD)

Yasunori HATTORI (Japan Groundwater Development CO., LTD)

Kazunori SUZUKI (Japan Groundwater Development CO., LTD)

1. はじめに

無散水消融雪施設が稼働する条件としては、①降雪を検知した場合、②気温低下して路面凍結が懸念される場合がある。これまで以上に効率的な稼働で省エネ化を目指すために、複数のシーズンを通じて施設稼働時間および発停信号種別(融雪運転・凍結防止運転)を観測して分析を行ってきた。2020年2月以降は、路面温度を加味した発停で制御している。

本報では、これまでの内容も振り返りながら2021/2022冬期の観測結果について報告する。

2. 過去の気象状況

山形市における過去10冬季のシーズン累計降雪量と気温1℃以下の時間を図1に示す。2021/2022冬期のシーズン累計降雪量は385(cm/シーズン)(10年平均271(cm/シーズン))、気温1℃以下の時間は1,471(h/シーズン)(同1,365(h/シーズン))であった。

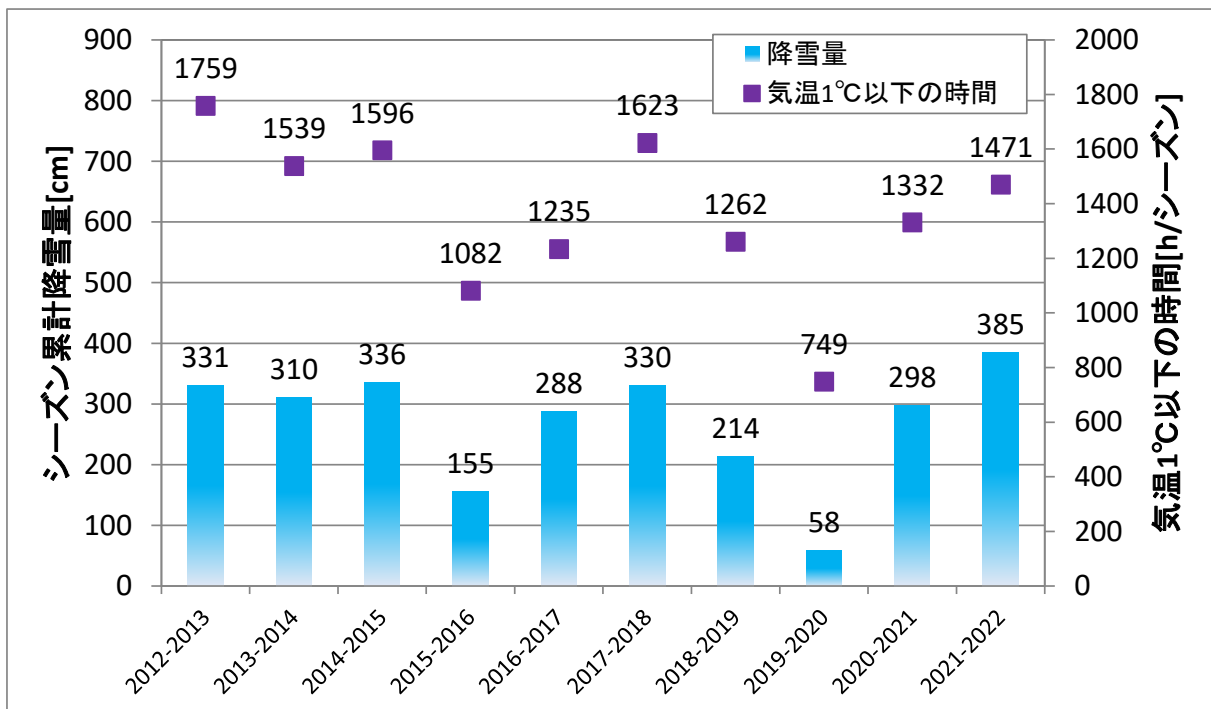


図1 山形市における過去10冬季のシーズン累計降雪量と気温1℃以下の時間

3. 観測結果

観測対象施設や制御フローについては既報（山口ら（2018）、服部ら（2019））を参照されたい。2021/2022 冬期では、シーズン累計稼働時間 649 (h/シーズン)（日平均 5.4 (h/日)）であり、一概に比較はできないものの、路面温度を制御要素へ考慮していない 2018/2019 年度 (1,013 (h/シーズン))（日平均 8.4 (h/日)）より大幅に減じることができた（図 2）。

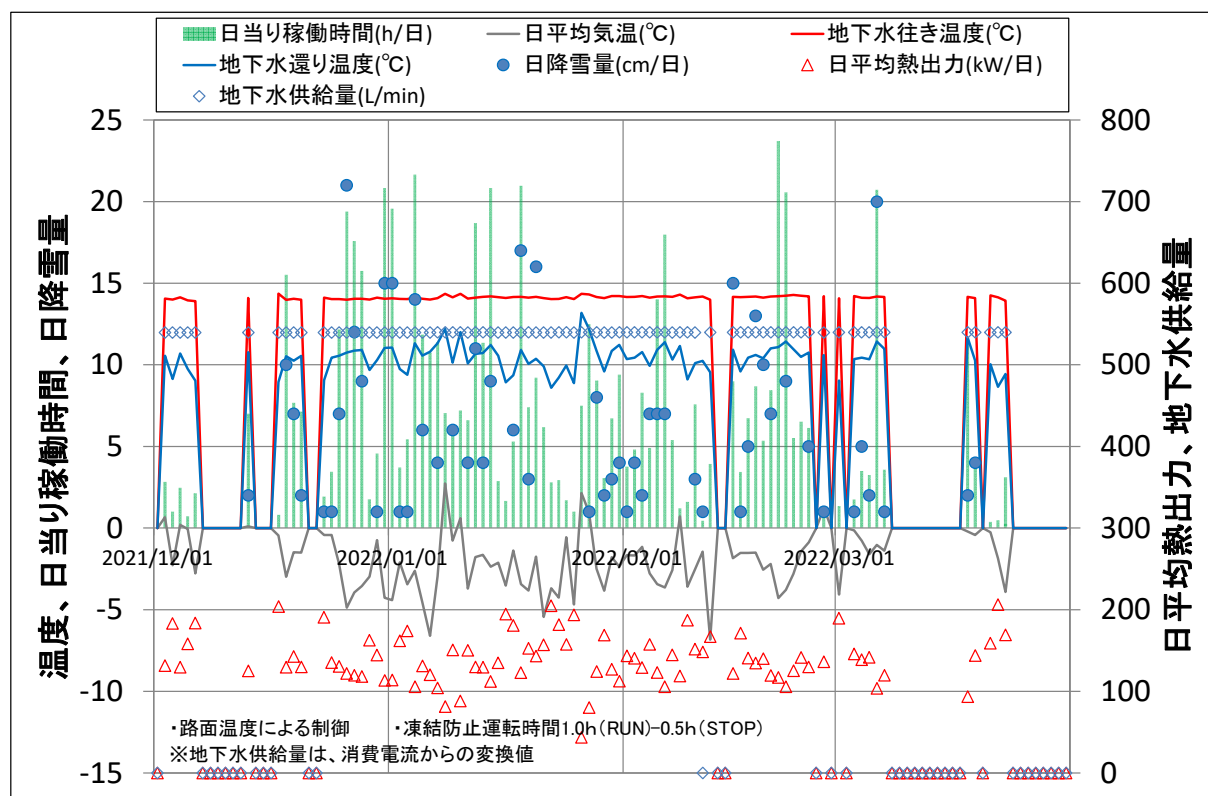


図 2 稼働結果

4. おわりに

施設稼働 ON/OFF 設定温度や間欠稼働時間の組合せも考慮し、更なる効率的な稼働を目指したいと考えている。

【引用文献】

山口正敏, 沼澤喜一, 稲毛重之(2018): 無散水消融雪施設の効率的な計画・稼働に向けて, 雪氷研究大会 (2018・札幌), 111.
服部恭典, 山口正敏, 鈴木和則(2019): 無散水消融雪施設の効率的な稼働に向けた検討, 雪氷研究大会 (2019・山形), 154.

伊南川流域における積雪・融雪量の解析

中村海世 (日本大学大学院工学研究科)

神戸智志 (日本大学大学院工学研究科)

朝岡良浩 (日本大学工学部)

Analysis of snow accumulation and snowmelt in the Ina River watershed

Kaito NAKAMURA(Graduate School of Engineering, Nihon University)

Satoshi GODO(Graduate School of Engineering, Nihon University)

Yoshihiro ASAOKA (College of Engineering, Nihon University)

1. はじめに

恒常的な降積雪に見舞われ、産業の発展や生活水準の向上が阻害されている豪雪地帯は我が国の国土の約半分にも及ぶが、融雪出水は安定かつ豊富な河川流量を維持するため積雪・融雪は水循環において重要な役割を果たしている。しかし滝野ら(2010)によれば、近年の地球温暖化によって融雪出水に依存する地域では将来的に流況変化が報告されている。

研究対象地域である伊南川流域は融雪出水による流量が年間の約半分を占め、世界でも有数の豪雪地帯である。伊南川は温暖気候に属し、こうした地域の温暖化の影響を評価した研究事例は少ない。よって本研究では、現在気候と将来気候の河川流量推定に向け、積雪・融雪モデルの構築及び精度検証を行い、積雪・融雪量を解析した。

2. 研究対象地域

対象地域は福島県・群馬県を源流とし、新潟県を流れる阿賀野川の二次支川である伊南川の流域とした。伊南川は只見川に合流し、さらに阿賀野川に合流する。流域面積は1058km²、流路延長80.2km、流域の標高は369mから2283mであり、流域の約95%が山地で山間部では積雪が2mから4mを越す豪雪地帯である。

3. データセット

本研究で使用した標高データはCGISJapanから取得し、空間分解能を10mから200mにリサンプリングした。気温、降水量、風速、積雪深などの気象データは只見、南郷、桧枝岐、守門、土呂部、五十里の地域気象観測データから取得した。計算期間は2011年から2021年の10年間とし、各年の10月1日から翌年5月31日までの積雪量を計算した。また積雪・融雪モデルの係数補正に用いた衛星画像にはアメリカ航空宇宙局(National Aeronautics and Administration, NASA)が運用する地球観測衛星Terraに搭載の中分解能撮像分光放射計MODIS(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)の積雪プロダクトMOD10A2を用いた。空間分解能は500mである。

4. 研究手法

積雪水量の算出には積雪量変化を降雪量と融雪量の差として推定する積雪・融雪モデルを用いた。降雪量の算出にはメッシュの標高(m)と観測地の標高(m)の差に標高補正係数 c を乗じ1を加算したものにAMeDAS観測点の降水量(mm/hour)を乗じ、標高補正した時間降雪量(mm/hour)を求めた。融雪量の算出には時間平均気温(°C/hour)と融雪の最低気温(°C)の差に融雪係数 k (mm/°C/hour)を乗じ、時間融雪量(mm/hour)を算出した。最適な標高補正係数と融雪係数を得るために標高補正係数 c を5種類、融雪係数 k を5種類の計25通りの数値実験を実施した。流域内のAMeDAS観測点2地点の2011年から

2021 年の 10 年間に於ける最大積雪深が標準的かつ衛星画像の被雲率が小さい 2020/21 年と最大積雪深が大きい 2014/15 年を対象として検証した。

5. 結果と考察

5-1. 数値実験結果

2020/21 年に被雲率が小さかった 3 月 22 日, 4 月 7 日, 4 月 15 日, 4 月 23 日の 4 日間の相対誤差の平均を表 1 に示す。標高補正係数 $c=0.0005\text{ m}^{-1}$, 融雪係数 $k=0.10\text{ mm/}^{\circ}\text{C/hour}$ の組合せが 25 通りの中で最も相対誤差が小さかった。また, 2014/15 年に被雲率が小さかった 4 月 23 日と 5 月 1 日の相対誤差の平均を表 2 に示す。こちらも 2020/21 年と類似した結果を示し, 相対誤差が最小になる組合せは同じであった。解析した 2 年のいずれも標高補正係数 $c=0.0005\text{ m}^{-1}$, 融雪係数 $k=0.10\text{ mm/}^{\circ}\text{C/hour}$ の組合せは良好な精度と判断し, この値を他の年にも適用した。

5-2. 積雪水量の年変動

積雪水量の年変動を図 1 に示した。流域積雪水量と年変動の決定係数 ($R^2=0.113$) は小さく, ばらつきが大きいことから, 長期変動よりも年較差が大きいといえる。今後はさらに対象期間を拡大して長期変動を解析する必要がある。

流域最大積雪水量と各年 12 月から翌年 2 月の冬季気温の関係を図 2 に示す。決定係数 ($R^2=0.3042$) は低いが, 僅かな負の相関を確認できる。気温が低い年には積雪水量が多く, 気温が高い年には積雪水量が少ない傾向があり, 気温上昇に伴う積雪量減少が表れていると考えられる。今後は本研究で推定した積雪水量・融雪量を流出モデルの入力値として伊南川の河川流量を推定する。

表 1 積雪面積の相対誤差
(2020 年 10 月から 2021 年 5 月)

2020~2021		標高補正係数c				
融雪係数k		0.0005	0.001	0.0015	0.002	0.0025
	0.10	6.9%	16.9%	32.9%	32.9%	43.7%
	0.15	34.5%	34.5%	21.3%	21.3%	12.5%
	0.20	39.7%	57.4%	57.4%	40.9%	39.4%
	0.25	76.3%	76.3%	65.0%	69.8%	69.8%
	0.30	78.4%	78.9%	74.9%	67.0%	67.0%

表 2 積雪域面積の検証
(2014 年 10 月から 2015 年 5 月)

2014~2015		標高補正係数c				
融雪係数k		0.0005	0.001	0.0015	0.002	0.0025
	0.10	2.1%	10.1%	12.0%	20.3%	20.3%
	0.15	13.1%	21.5%	48.1%	48.1%	63.0%
	0.20	76.4%	76.4%	69.7%	65.8%	61.1%
	0.25	64.7%	64.7%	47.2%	33.5%	33.5%
	0.30	78.0%	78.0%	57.9%	57.9%	47.2%

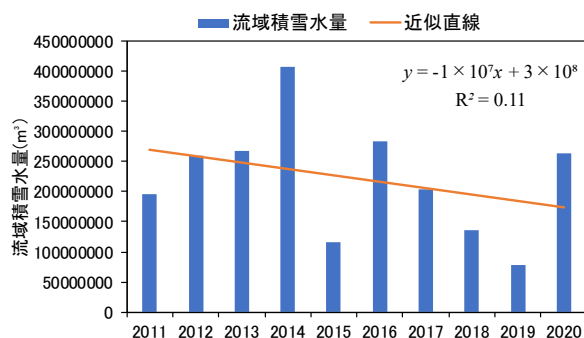


図 1 年最大流域積雪水量

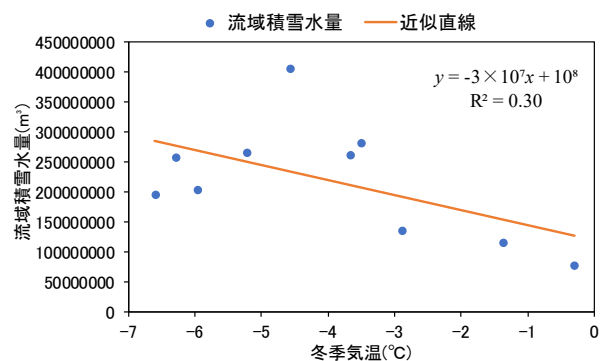


図 2 年最大流域積雪水量と冬季気温

【参考文献】

滝野 晶平, 立川 康人, 椎葉 充晴, 山口 千裕, 萬 和明(2010): 水工学論文集. 地球温暖化に伴う日本の河川流況変化の推計, 第 54 巻, 475-480.

人工衛星マイクロ波データの後方散乱特性を用いた 熱帯氷河先端部の抽出

富金原史堯 (日本大学大学院工学研究科)

朝岡良浩 (日本大学工学部)

Pablo Fuchs (サンアンドレス大学水理・水文研究所)

Extraction of the Tropical Glacier Front Line Based on the Backscattering Characteristic Derived from Microwave Satellite Remote Sensing

Fumiaki FUKIMBARA (Graduate School of Engineering, Nihon University)

Yoshihiro ASAOKA (College of Engineering, Nihon University)

Pablo FUCHS (Instituto de Hidráulica e Hidrología, Universidad Mayor de San Andrés)

1. 背景

南米大陸中央部に位置するボリビア多民族国では乾季となる5月から10月にかけて極端に降水量が減少する。ボリビア首都圏の年間降水量は650mmであり、乾季の水資源は貯水されている雨季の降水や熱帯氷河の融解水を貯水池から供給することによって賄っている。首都圏より北北西30km地点に位置するトゥニ貯水池は、首都圏の水需要の3割を担う主要水源であり、年間 $1\text{m}^3/\text{s}$ の水を首都圏へ送水している(図1)。しかし、地球温暖化によって氷河は年々減少傾向にあり、貯水量への影響および水不足が懸念されている(船木ら, 2016)。貯水量への影響を予測し、水不足への対策を講じるためには氷河域の観測が必要である。

本研究では、能動型のマイクロ波センサであり昼夜や被雲率の多寡を問わず観測可能なSAR(Synthetic Aperture Radar)を用いて、月単位での熱帯氷河観測の可能性を検討する。

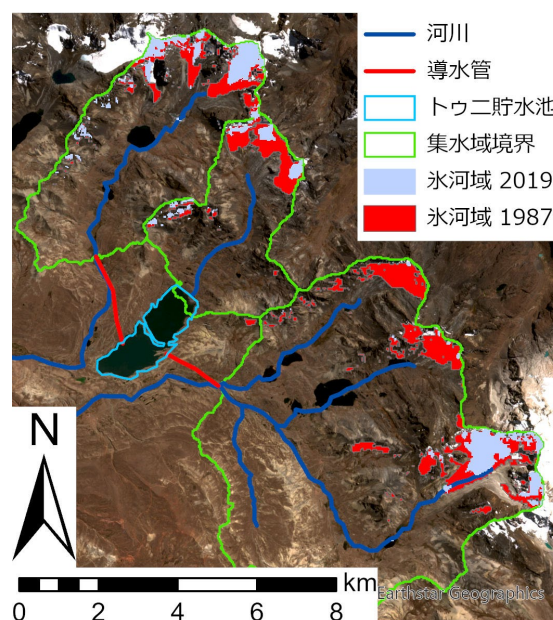


図1 2016年のトゥニ集水域

2. 対象地域

本研究は、雨季のみ導水管を通じてトゥニ貯水池に流入するコンドリリ川集水域内の最上流部に存在するコンドリリ氷河を対象とした。

3. データセット

検証には、人工衛星 Sentinel-1A に搭載されている C-band 合成開口レーダにより観測された衛星画像データを使用した。期間は2014年10月から2016年9月まで毎月1シーンを入手し、その内2016年3月、5月、9月の3シーンをを用いた。衛星画像データは

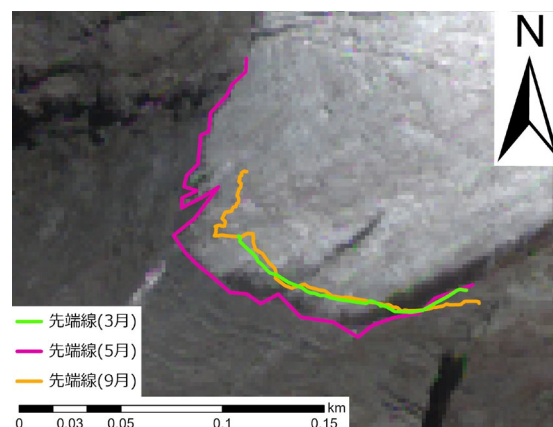


図2 観測した各月の氷河先端線

SNAP(Sentinels Application Toolbox)で補正した後,式(1)を用いてマイクロ波の後方散乱係数 γ^0 を dB 値に変換した.

$$\gamma^0(\text{dB})=10\log_{10}(\gamma^0) \quad (1)$$

氷河先端の観測データには,2016年3月と同年9月のGPS測位データおよび2016年5月の分解能2mの衛星画像から作成したトゥルーカラー画像を基に作成した先端線を使用した(図2).

4. 研究手法

はじめに,氷河先端の観測データに対して縦断線と横断線を等間隔に設け,その格子点での後方散乱係数を抽出した(図3).地表面が滑らかな場合,照射されるマイクロ波が鏡面反射するため後方散乱係数は低下する.一方で,地表面が粗い場合は拡散散乱によって後方散乱係数は大きくなる.また,氷河先端部の急激な地形変化によっても後方散乱係数は変化する可能性がある.これらの特徴から地面と氷河の境界付近では後方散乱係数が大きく変化すると考えられる.縦断方向・横断方向の解析をそれぞれ行い,後方散乱係数の変化が最大となる区間を境界,すなわち氷河域先端として判別した(図4).

5. 結果および考察

縦断線の後方散乱係数に基づいて氷河先端線を抽出した場合(図5),3月ではNo.13から15およびNo.17,5月ではNo.7から8およびNo.13から15,9月ではNo.11から12およびNo.17で観測データに近い先端線を抽出できた.また,横断線の後方散乱係数に基づいて氷河先端線を抽出した場合(図6),3月ではlineEからH,5月ではlineDからHおよびlineEからH,9月ではlineEからGで観測データに近い氷河先端線を抽出できた.

月別に見ると3月の画像ではNo.15から18で先端線が過小に抽出されたことに対してlineDからHでは観測データに近い場所で抽出されている.一方でNo.14から16は抽出できているが,lineAからDでは過大に抽出されている.この結果から縦断線と横断線双方の解析を総合的に判断することで,より高い精度で氷河先端線を抽出できると考えられる.

今後の課題として,地面と氷河の境界の抽出に具体的な閾値を設定し妥当性を検討することで明確な判別条件を設定し,正確な氷河先端線の抽出を可能にする.

【引用文献】

船木翔太,朝岡良浩,木内豪(2016):ポリビア・トゥニ貯水池集水域の氷河縮小が流出量に及ぼす影響,土木工学会論文集G(環境),Vol.72, No.5, pp.45-51.

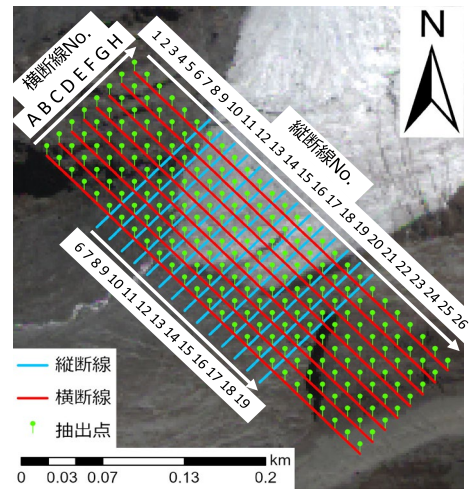


図3 縦断線・横断線の番号

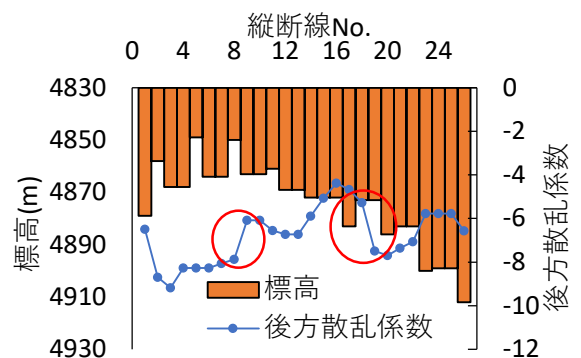


図4 横断線 lineE (2016年5月)

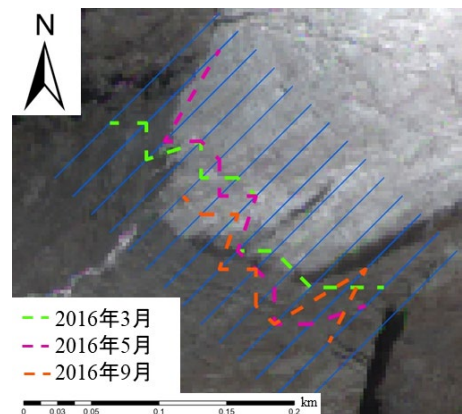


図5 縦断線から抽出した氷河先端線

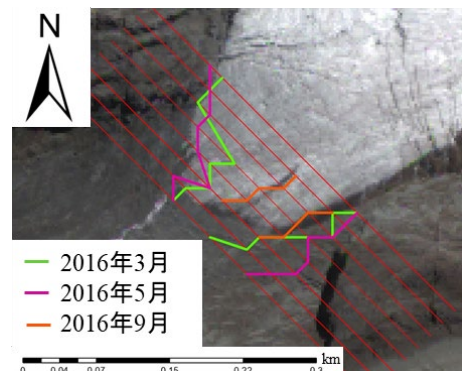


図6 横断線から抽出した氷河先端線

簡易ケーブルカムを用いた空撮写真測量による積雪深分布計測 -雪氷防災実験棟の計測事例-

安達聖, 荒川逸人, 富樫数馬 (防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター)

Measurement of snow depth distribution by aerial photogrammetry using Cable cam -Measurement case study at Cryosperic Environment Simulator-

Satoru ADACHI, Hayato ARAKAWA and Kazuma TOGASHI (Snow and Ice Research Center, NIED)

1. はじめに

国立研究開発法人防災科学技術研究所雪氷防災研究センター新庄雪氷環境実験所雪氷防災実験棟 (CES: Cryosperic Environment Simulator) において, 人工雪の積雪深分布の非接触計測ではジンバルカメラを搭載した回転翼型小型 UAV による空撮写真測量を利用している (荒川・安達, 2020). しかし, CES 内での回転翼型小型 UAV の飛行は, 壁や照明機器などの構造物への衝突や, 低温環境によるバッテリー性能の低下により墜落の恐れがあり, 墜落位置によっては雪面や試験体の破損, 実験者が負傷する可能性があるなど, 安全かつ簡便な計測手法であるとは言い難い. また, CES の樹枝状の人工降雪は非常に軽いため, 回転翼型小型 UAV (Unmanned Aerial Vehicle) が吹きおろした風により吹き飛ばされてしまい, 雪面が乱されてしまうことがあった. これらの問題を解消し CES 内で空撮写真測量をおこなう方法として, 簡易ケーブルカム (詳 2.1 節参照) を試用した. 本稿ではその検証結果について報告する.

2. 計測方法

2.1 ケーブルカムについて

ケーブルカムは一般的にはスパイダーカムと呼ばれており, スポーツの TV 中継などに使用されている. スパイダーカムは四方に張られたケーブルにより上空に吊るされたカメラが 3 次元的に縦横無尽に移動する装置で主にスポーツの TV 中継で使用されている. スパイダーカムはケーブルによって固定されていることから, 回転翼小型 UAV のように壁に激突することや墜落の心配はない. しかし, スパイダーカムは, 設置が大掛かりであり容易に再設置できないこと, 中空に張られたケーブルが降積雪に影響すると考えられることから, CES 内での使用は現実的ではない. そのため, 本稿では, 2 点間に張ったケーブル間を移動する簡易的なケーブルカムを使用した. 本稿で使用した簡易ケーブルカムは, リモコンで操作可能なケーブルカム本体 (Wiral Lite, WiralCam 社製) にアクションカメラ (Go Pro Hero 8 Black, Go Pro 社製) を取り付けたものである (図 1, 表 1). アクションカメラを使用した理由は, 高性能な電子式手ぶれ補正機能が備わっているからである. アクションカメラの取り付け角度は水平方向より 75°見下ろすように固定した. 以後, 本稿ではこの簡易ケーブルカム一式を, ケーブルカムと呼ぶ.



図 1 ケーブルカム本体とアクションカメラ.

表1 ケーブルカム本体とアクションカメラの仕様.

	ケーブルカム本体	カメラ
機種	Wrial Lite (WiralCam 社)	Go Pro Hero 8 Black (Go Pro 社)
寸法 (mm)	279×82×50	66.3×48.6×28.4
重量 (g)	590	126
備考	最大 1.5 kg のカメラを取り付け可能	電子手ブレ補正機能

2.2 設置方法と撮影方法

図1に実験装置の配置図を示す. CESの人工降雪装置の降雪エリア(縦5 m×横3 m)に, 3台の会議テーブル(幅3 m×奥行き0.6 m×高さ0.7 m)を0.45 m間隔で並べ, 空中写真測量での精度向上のために必要な標定点を各会議テーブルの中心に設置した. また, 床面に降雪エリアを囲むように8点の標定点を配置した. 降雪エリア外に高さ3 mの移動可能な支柱を2本建て, その支柱間にケーブルを張り, ケーブルカムを吊り下げた. 撮影は支柱を移動させ会議テーブル中央と両短辺を通過する3測線で撮影を行い, それぞれの測線で1往復の撮影を行った. 撮影方法はインターバル撮影機能を利用し, インターバル間隔とケーブルカムの移動速度を調整し, ケーブルカムの進行方向で写真のオーバーラップ率が80%になるように撮影をした. 撮影時間は支柱の移動時間を含めて約15分であった.

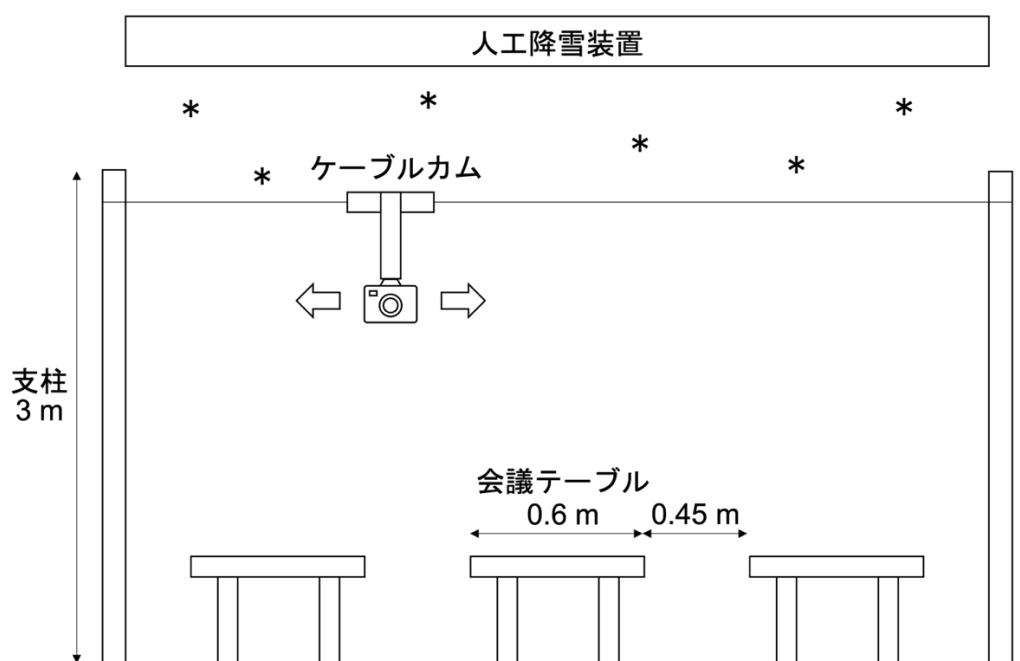


図2 実験装置の配置図.

表2 各実験条件での積雪表面の状態.

条件	積雪表面の粒子の状態	粒径 (mm)	積雪の形状	室温 (°C)
1	球状の氷粒	0.025	平坦	-5
2	1を圧雪	-	起伏あり	-5
3	樹枝状結晶	0.5~5	起伏あり	-10
4	3から昇華が進んだ結晶	-	起伏あり	-2
5	湿雪	-	起伏あり	1

2.3 実験条件

CES の降雪装置の降雪エリア（縦 5 m × 横 3 m）に、3 台の会議テーブル（幅 3 m × 奥行き 0.6 m × 高さ 0.7 m）を 0.45 m 間隔で並べ人工雪を積もらせた。テーブル上に様々な積雪表面状態を再現し撮影するため、次の条件で順に実験をおこなった（表 2）。1) 球形の人工降雪（粒径：約 0.025 mm, 降雪強度：水換算 5 mm/h）を室温 -5 °C で 3 時間降らせた後に撮影し、2) 余剰分の雪を使いテーブル上に起伏を作成した後に撮影した。3) 樹枝状の人工降雪（粒径：0.5 ~ 5 mm, 降雪強度：水換算 1 mm/h）を室温 -10 °C で 3 時間降らせた後に撮影を行い、4) 室温を -2 °C に変更し、12 時間放置し焼結と圧密を進行させて撮影をした。その後、5) 室温を +1 °C に変更し温度上昇させ、12 時間放置し積雪面を融雪させ撮影を行った。ここで、各実験条件で撮影前に積雪面にマーカーを 7 ~ 12 個載せてから撮影をおこなった。その後、マーカー部分の積雪深をものさしで実測した。

3. 計測結果

撮影した空撮写真は Structure from Motion (SfM, 多視点画像からの 3D 形状復元) 処理ソフトである Agisoft Metashape により, SfM 処理を行なった上, 積雪面の数値表層モデル (DSM: Digital Surface Model) を作成した。空撮写真測量による積雪深計測は、あらかじめ実験開始前の積雪のない状態を撮影した会議テーブルの DSM を基準とし、各実験条件での DSM との差分から計測した。ここで計測の一例として実験条件 4 の積雪深分布図を図 3 に示す。図 3 中の会議テーブル上の積雪は実験条件 2 で a と b に一山, c に二山の起伏が作られており、DSM からその積雪深分布が読み取れる。また、赤丸で示したマーカー上の積雪深は 0.2 ~ 0.5 m 程度となっている。ここで会議テーブルの短辺端部で見られる急激な積雪深の変化は SfM データの欠落によるものである。

全ての実験条件について実測と空撮写真測量によって積雪深を比較した結果を図 4 に示す。実測と空撮写真測量による測定結果はほぼ 1:1 の関係であり、ケーブルカムを用いた積雪深計測は有効な計測手法であることがわかった。さらに両者を詳細に比較するため最大誤差と二乗平均平方根誤差を求めた（表 3）。最大誤差は実験条件 4 で 1.8 cm と最も大きな値を示したが二乗平均平方根誤差は 0.8 cm にとどまった。一方、実験条件 2 では最大誤差が 1.6 cm, 二乗平均平方根誤差は最大の 1.2 cm を示した。これらの結果は圧雪した雪面や昇華および圧密の進んだ雪面では、降雪直後よりも誤差が大きくなることを示していると考えられる。しかし、実測では積雪面にものさしを突き刺して積雪深を計測しているため、ものさしが垂直に刺さっていない、傾斜のある点で正しく値を読めていないなどの要因で誤差を生じている可能性は否定できない。

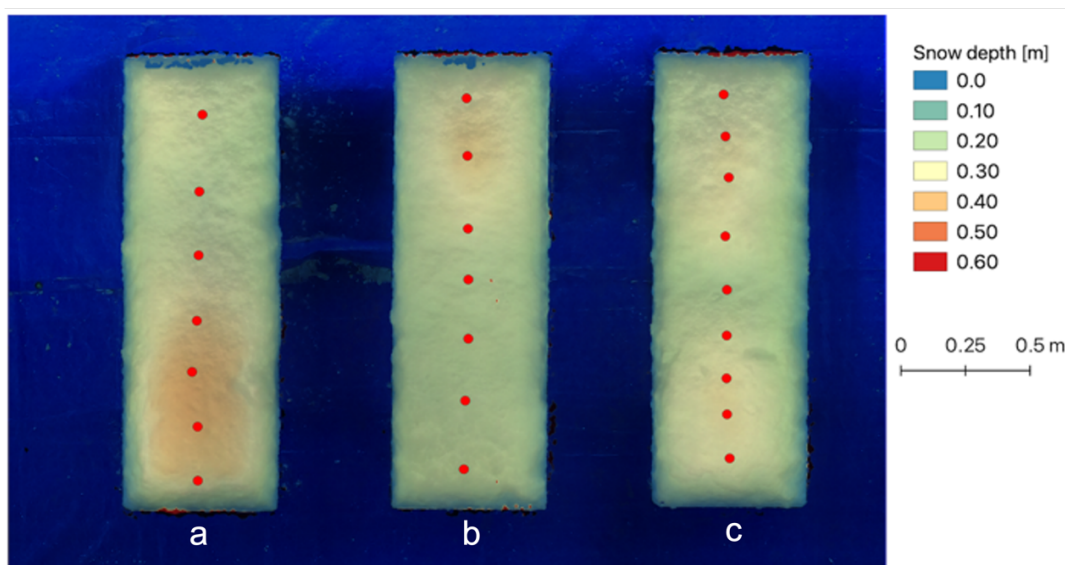


図 3 各会議テーブル上の積雪深分布図。
赤丸は積雪深をものさしで計測した位置。

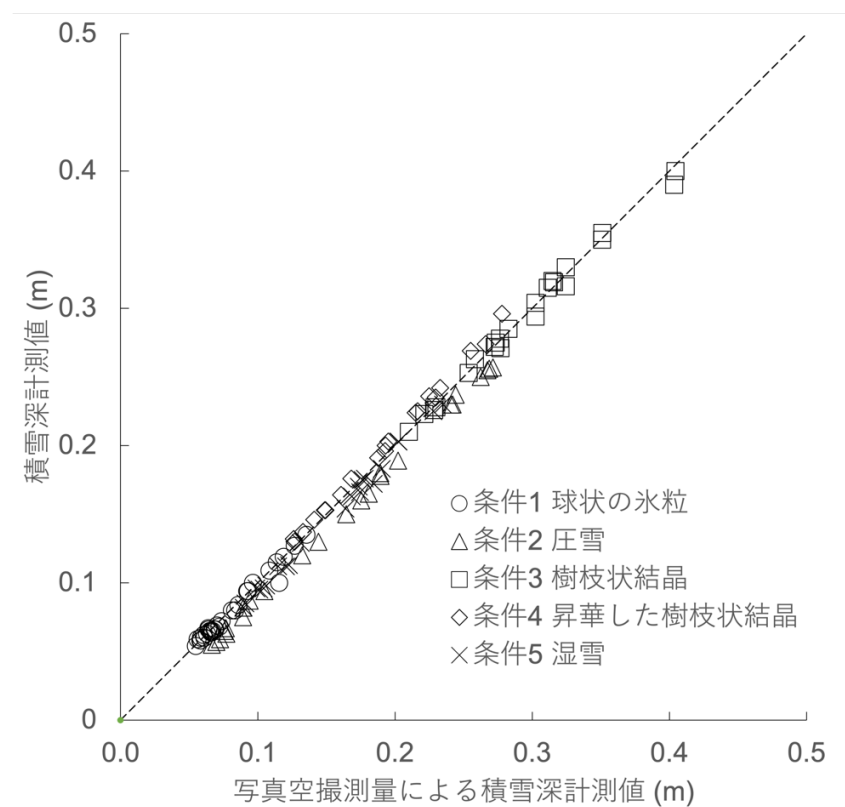


図4 実測と空撮写真測量による積雪深計測値の比較.

表3 実測と空撮写真測量による積雪深計測値の誤差.

条件	最大誤差 (cm)	二乗平均平方根誤差 (cm)
1	1.6	0.3
2	1.6	1.2
3	1.4	0.5
4	1.8	0.8
5	0.6	0.6

4. まとめ

CES の人工降雪による積雪深分布はケーブルカムによる空中写真測量により、いずれの雪質においても実測と数 cm 程度の誤差で計測できることが示された。急激に積雪深が変化する会議テーブルの短辺では SfM 処理での欠落が見られた。この欠落を解消するには、ケーブルカムの測線を会議室テーブルの短辺よりも外側を通るように配置するのが有効だと考えられる。その場合、中央の測線の画像とのサイドオーバーラップ率が低下し SfM 処理の精度が低下する恐れがあるが、その問題は測線を増やすことで解決できる。

ケーブルカムを使用することで、CES 内で安全かつ容易に空中写真測量が可能なが示された。今後、雪氷研究の発展の一助となることを目的とし、CES の利用者にも積雪深分布の計測手法の一つとして提案したい。

【引用文献】

荒川逸人, 安達聖 (2020) : 雪氷環境実験棟における人工降雪装置の積雪分布, 雪氷研究大会 (2020・オンライン). https://doi.org/10.14851/jcsir.2020.0_119.

山形蔵王における雪氷現象の観測(2021/2022 冬季)

沖田圭右・山谷睦・原田俊明・沼澤喜一※(日本地下水開発株式会社)

Observation of icing and snow accretion Jyuhyo (Ice Monsters) at Mt.Zao (2021/2022 winter)

Keisuke OKITA・Mutsumi YAMAYA・Toshiaki HARADA

and Kiichi NUMAZAWA(Japan Groundwater Development Co., Ltd.)

1. はじめに

当社は1997/1998 冬季から25 シーズンに亘って山形蔵王の地蔵山付近で着氷雪現象及び積雪の観測を実施している。観測の目的は、矢野(1995)が指摘した地球温暖化に起因するとみられる樹氷形成下限標高の上昇が、その後どのように変化しているのかを明らかにすることである。観測内容は樹氷(Ice monsters)の高度変化観測、地蔵山頂付近での積雪断面観測、蔵王ロープウェイ地蔵山頂駅気象データの収集・解析である。

2. 蔵王ロープウェイ地蔵山頂駅付近での気象観測結果と樹氷形成状況

蔵王ロープウェイ地蔵山頂駅における2021/2022 冬季の積雪深、気温及び平均風速を図1に示した。

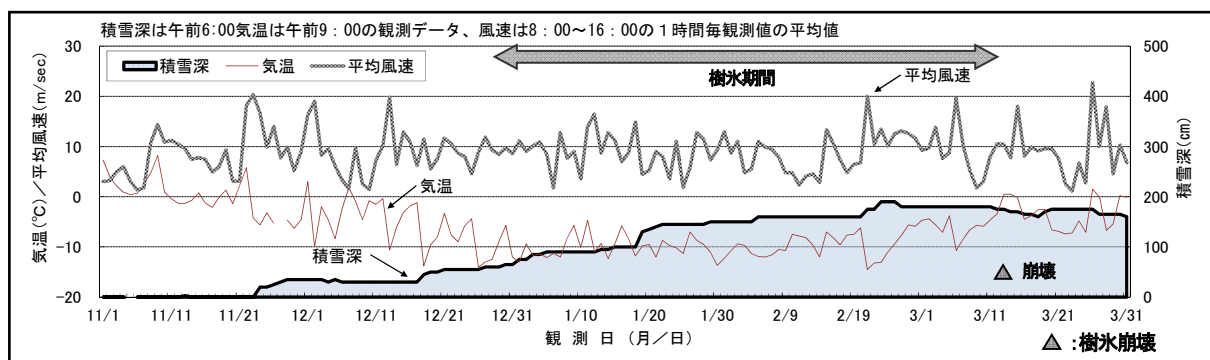


図1 蔵王ロープウェイ地蔵山頂駅における2021/2022 冬季の積雪深、気温および平均風速



図2 樹氷形成状況(左上標高1660m付近・右上1630m付近・下段1530m付近(80番)(2022年1月20日))

※元 日本地下水開発株式会社

今冬季は11月下旬から本格的な降積雪となり、12月中旬と年末の寒波で積雪量が増加した。降雪と共に樹氷形成も進み、地蔵山頂駅付近では12月末より樹氷鑑賞が可能となった。樹氷期間中は強風や日射、気温上昇等により部分的な樹氷の崩壊はあったが、目立った崩壊は確認されなかった。3月13日頃の降雨と気温上昇により樹氷が崩壊し、その後は樹氷が再形成されるほど寒気が続かなかった。今冬季は最盛期に標高1530m付近(番号標80番付近)より上部で樹氷の分布が確認された(図2)。今冬季の樹氷は形成時期が早く、昨冬季に続き12月から観賞できた。樹氷鑑賞期間は12月下旬から3月中旬までの、合計で約70日間であった。

3. 積雪断面観測結果

積雪断面観測は2月1日と4月28日に2回行い、積雪の成層構造(雪質、粒度、雪温、密度、硬度の鉛直分布)を観測した。観測地点は過年度と同様に地蔵山頂駅舎の南西150m付近である。積雪断面観測結果を図3に示す。2月の積雪断面観測では、断面観測地点の積雪深は320cm、表層にはこしまり雪が分布し、以深はしまり雪・こしもざらめ雪が主体であった。雪温は全体にマイナスで下部ほど0℃に近くなる状況が確認された。4月の積雪断面観測では、断面観測地点の積雪深は150cm、表層を含む全層がざらめ雪で所々氷板が分布していた。雪温は全体に0℃付近を示しており、融雪が進んでいる状況が確認された。

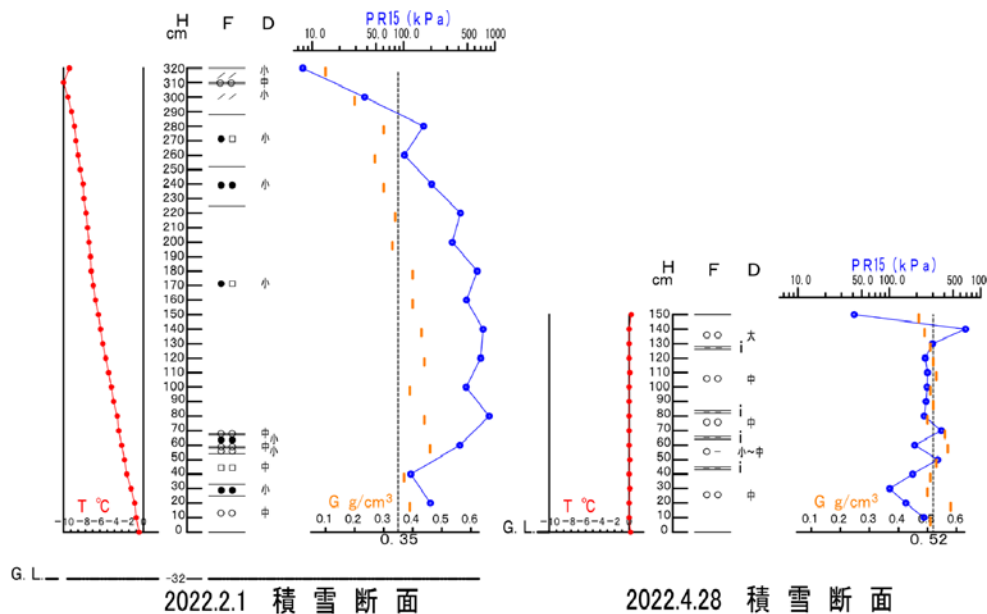


図3 積雪断面観測結果(左:2022年2月1日,右:2022年4月28日)

4. 樹氷の高度変化

今冬季2回実施した目視による樹氷の高度変化観測より、今冬季に地蔵山頂(標高1736m)から連続的に分布が確認された樹氷形成下限標高は1530m付近(番号標80番付近)と判断した。図4にこれまでの樹氷形成下限標高と、冬季平均気温(12,12月午前9時データ:山頂駅観測)、及び冬季平均風速(12,12月8~16時平均データ:山頂駅観測)をまとめた。今冬季の平均気温は-8.5℃で、観測を実施した25冬季の平均値-8.4℃より0.1℃低い値を示した。今冬季の平均風速は8.9m/sであり25冬季の平均値(9.4m/s)よりも小さい値を示したが、山頂駅舎を建て替えた2003/2004年以降の近年の測定結果では平均値よりも大きな値を示した。

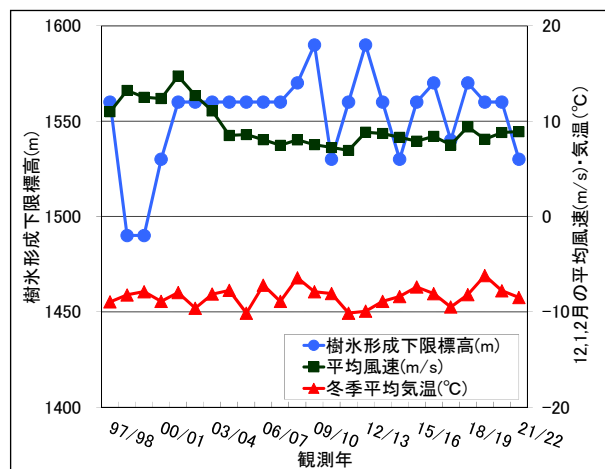


図4 樹氷形成下限標高と冬季平均気温・風速

5. アオモリトドマツの枯木について

現在、樹氷形成範囲と重複する地蔵山頂駅周辺から標高 1550m 付近に分布するアオモリトドマツは殆ど枯れている(図 5)。これは、2013 年～2016 年の蛾の幼虫(トウヒツヅリヒメハマキ)によるアオモリトドマツの針葉の食害被害と、2016 年に確認されたトドマツノキクイムシの穿入被害によるものである。今季は雪が多かったためか、枯れ後の時間経過によるものかは不明であるが、4 月に枯木の折れが多く確認されている。アオモリトドマツは樹氷の芯となる木であるため、今後は樹氷の分布密度が低下していくと推定される。



図5 アオモリトドマツの折れ状況(2022年4月28日)

6. まとめ

気象庁(2022)によると、平地の山形市における今冬季 12 月～2 月の降水量は平年値の 129%である 316.5mm、最深積雪は 88cm で平年値(51cm)の 172%とかなり多かった。山形市の 12 月～2 月の平均気温は平年値より低い 0.5℃であった。

地蔵山頂駅の観測による今冬季の最深積雪は 190cm で、これまで 25 冬季の観測結果の平均値である 238cm よりは少ない値であった。平地(山形市)では降水量と最深積雪はかなり多く、気温は平年値よりも低く推移したが、山地(地蔵山頂駅)では積雪が少なめで気温は平均程度の状況であったことから、降雪パターンは里雪型であったと言える。今冬季の樹氷形成下限標高は 1530m と 25 冬季の平均値 1552m よりも低かった。地蔵山頂駅付近では昨冬季に続き 12 月中旬から樹氷鑑賞が可能となり(図 6)、部分的な崩壊はあったものの、樹氷鑑賞期間は約 70 日間であった。

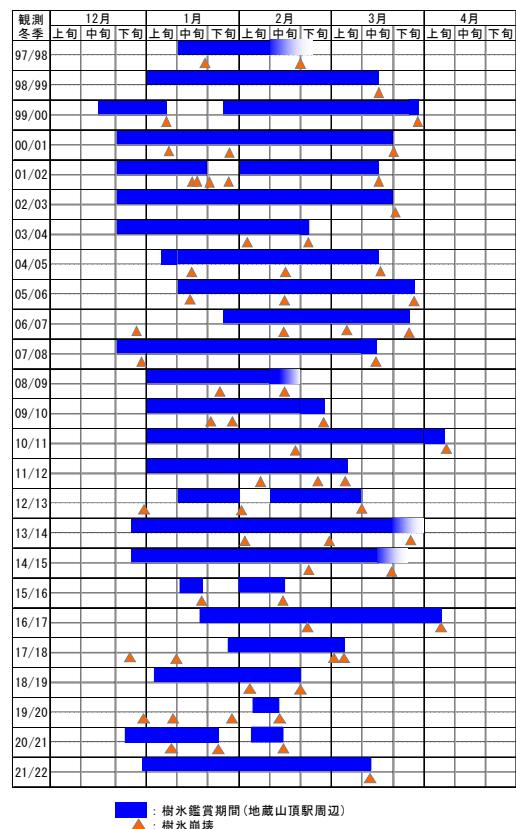


図6 地蔵山頂駅付近の樹氷鑑賞期間

謝辞

蔵王ロープウェイ株式会社から研究に必要な気象観測データを提供頂いた。また、森林総合研究所十日町試験地の竹内由香里氏、勝島隆史氏、防災科学技術研究所雪氷防災研究センターの荒川逸人氏、安達聖氏、田邊章洋氏には 2 月の積雪断面観測にご協力頂くと共に、雪質判定について助言を頂いた。ここに記して感謝の意を表する。

【引用文献】

気象庁(2022) : 冬(12～2 月)の天候別紙(概況、統計値等) . 全国気候表 2022 年冬, pp10.

https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/stat/tenko2022djf_besshi.pdf (2022 年 3 月 2 日) .

矢野勝俊(1995) : 検証・ヒトが招いた地球の危機, 山形大学地球環境研究会, 東京, 講談社, 37-56.

山形蔵王の低標高にできる樹氷 —2014/2015 冬季～2020/2021 冬季—

沼澤喜一※, 山谷睦, 沖田圭右, 原田俊明
(日本地下水開発株式会社 蔵王雪氷研究グループ)

Ice Monster formed completely at lower altitude of Mt. Zao - 2014/2015winter ~2020/2021winter -

Kiichi Numazawa, Mutsumi Yamaya, Keisuke Okita and Toshiaki Harada
(Mt. Zao Snow and Ice Research Group, JGD)

1. はじめに

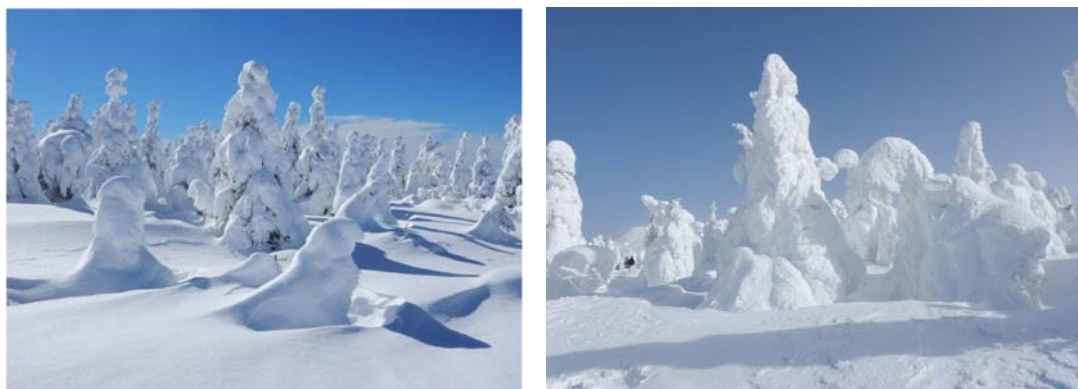
山形大学地球環境研究会(1995)で矢野が指摘した、山形蔵王における地球温暖化に起因すると見られる樹氷形成下限標高の上昇が、その後どのように変化しているかを明らかにすることを目的に、観測地点を定め、1997/1998 冬季から 24 シーズン継続して樹氷の高度による変化を観測し、樹氷が形成される下限標高を調べている。調査を進めている中で地蔵山頂付近からの連続性は見られないが、低標高でも局所的に短期間、樹氷が形成されることがあり、2014/2015 冬季から低標高での観測地点を設定し、樹氷形成に必要な諸条件を把握するため、7 シーズン継続し観測を行っている。

2. 観測地点

1997/1998 冬季から続けている樹氷の高度変化観測は、山形蔵王地蔵山の蔵王ロープウェイ山頂駅からザング坂、樹氷原コースを経てユートピアゲレンデまでの区間で行っている。山頂駅からスキーコースに沿ってほぼ等間隔に指導番号標が設置されており、山頂駅近傍が 100 番(標高 1660m)で、ユートピアゲレンデの観測終了点が 45 番(標高 1340m)である。2014/2015 冬季からは低標高(55 番から 50 番まで:1420m～1390m)における樹氷形成観測に、広範囲に観測できるユートピアゲレンデ最上部の連絡コースを追加した(図 1)。



図 1 低標高(55 番から 50 番まで:1420m～1390m)における樹氷形成観測位置



2020. 2. 12 撮影(不完全な樹氷)

2021. 1. 15 撮影

図 2 ユートピアゲレンデ最上部の連絡コース(標高 1420m～1400m)

※元 日本地下水開発株式会社

3. 観測方法

樹氷形成の観測は、山頂駅からユートピアゲレンデまで徒歩で移動しながら、指導番号標近傍の樹氷をカメラで撮影するとともに(図2)、指導番号標の標高付近の樹氷の様子を目視観測している。同様の観測をシーズン中数回行い、樹氷形成下限標高を判定している。

樹氷形成下限標高は、阿部(1979)が述べている「蔵王山の樹氷はアオモリトドマツの太木が着氷と雪でおおわれて巨大な固まりに成長したもの」を判定基準としている。枝の分離がなく、着氷と雪で一体化しているものを目視で、同標高付近の樹氷個体の半数以上がこの条件を満たしているか否かを観測し、地蔵山頂付近から連続してこの条件を満たしている下限を樹氷形成下限標高としている。

山形蔵王における温暖化の影響を調べるため、1997/1998 冬季から蔵王ロープウェイ山頂駅で日中定時観測している積雪深、気温、風速、風向、天候等の気象データの提供を受け、データを整理し、解析を行っている。低標高での樹氷形成については、2014/2015 冬季から番号標 45 番の近傍に蔵王ロープウェイ山麓線樹氷高原駅があり山頂駅と同内容の気象観測を行っているため、データの提供を受け、データを整理し、解析を行っている(図3, 図4)。

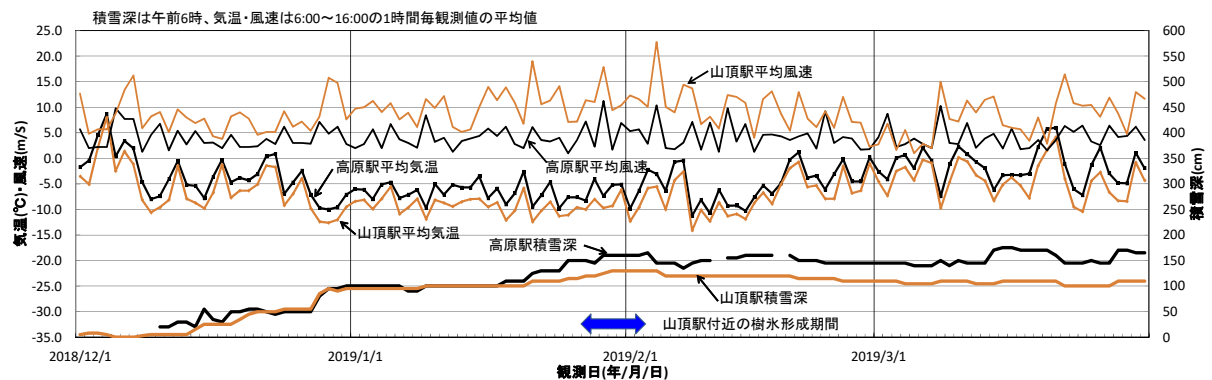


図3 蔵王ロープウェイ山頂駅・樹氷高原駅における 2019/2020 冬季の積雪深、平均気温及び平均風速の推移

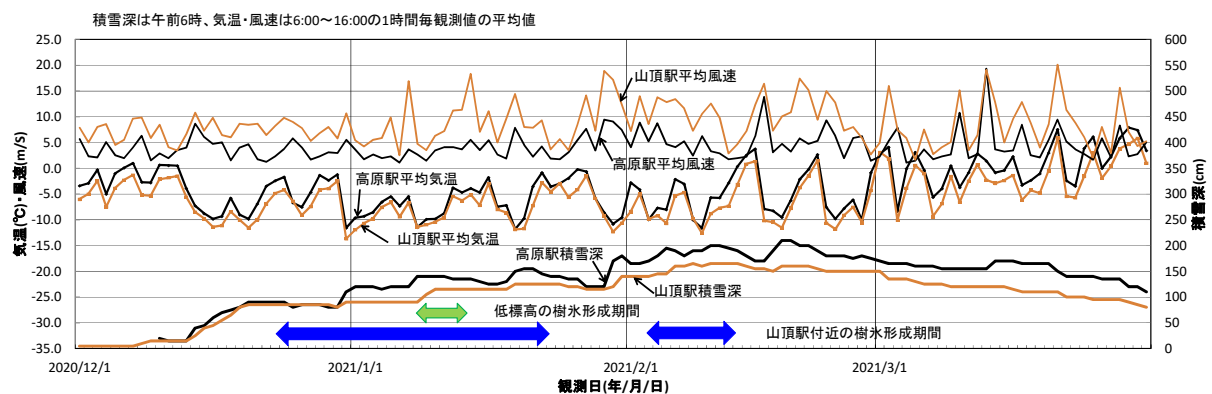


図4 蔵王ロープウェイ山頂駅・樹氷高原駅における 2020/2021 冬季の積雪深、平均気温及び平均風速の推移

4. 低標高の樹氷形成

低標高での樹氷の形成については、2014/2015 冬季から本格的に観測地点を追加し、観測を開始している。低標高で樹氷が形成される位置は、おおむね地形的に季節風が強いユートピアゲレンデ最上部(標高 1400m)周辺にあたっている。

2014/2015 冬季から低標高での樹氷形成の観測を開始し 2020/2021 冬季で 7 シーズンとなるが、2019/2020 冬季と 2015/2016 冬季は樹氷形成が不完全であった。樹氷形成が不完全であった要因として降積雪が少なかったことが挙げられる。低標高では樹氷の土台形成は冠雪主体であり、風上側はえびのシッポが形成されていても、風下側への雪の回り込みによる着雪が成長せず枝毎分離しているものが多く、完全な樹氷には至っていなかった(図3)。2020/2021 冬季は、短期間ではあるが樹氷形成が確認された(図4)。

観測を実施した7シーズンで樹氷形成が確認されたのは5シーズンとなった。樹氷形成の鑑賞期間は山頂駅付近と低標高で比較すると低標高では短期間であることと、完全な樹氷ができないシーズンが発生することが確認された(図5)。

低標高では山頂付近と比べ鑑賞期間が短いのは樹氷崩壊の要因である晴れた日や南からの風の頻度が多く、気温が高いことが挙げられる(図6, 7, 表1, 2)。

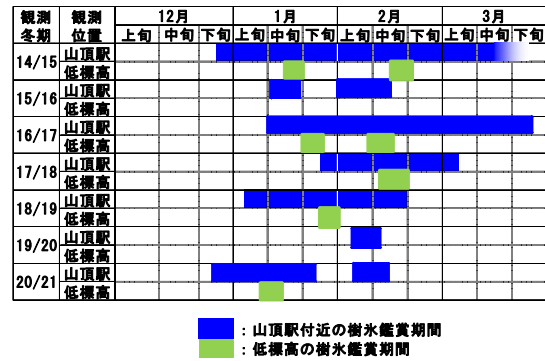


図5 観測7 冬季の山頂駅付近と低標高の樹氷鑑賞期間

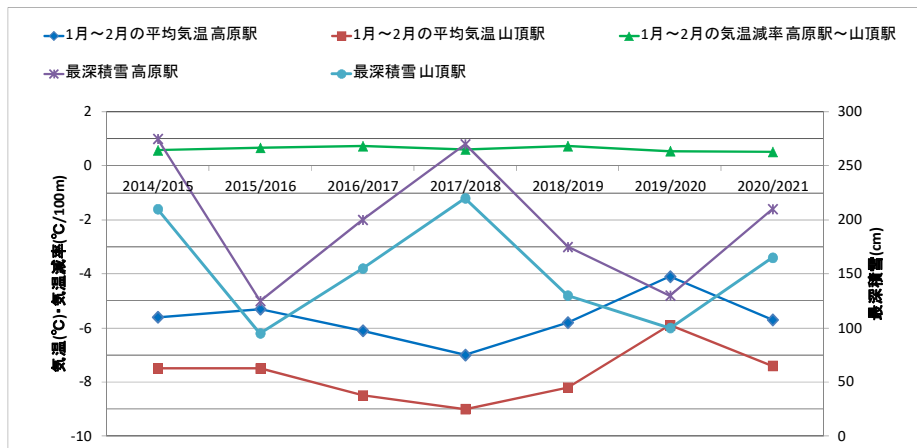


図6 観測7 冬季の1月～2月の平均気温と気温減率および最深積雪
(1日の平均気温は定時観測8:00～16:00の平均とした)

表1 観測7 冬季の1月～2月の平均気温と気温減率および最深積雪
(1日の平均気温は定時観測8:00～16:00の平均とした)

冬季	1月～2月の平均気温(°C)		1月～2月の気温減率(°C/100m)	最深積雪(cm)	
	高原駅	山頂駅	高原駅～山頂駅	高原駅	山頂駅
2014/2015	-5.6	-7.5	0.58	275	210
2015/2016	-5.3	-7.5	0.67	125	95
2016/2017	-6.1	-8.5	0.73	200	155
2017/2018	-7.0	-9.0	0.61	270	220
2018/2019	-5.8	-8.2	0.73	175	130
2019/2020	-4.1	-5.9	0.55	130	100
2020/2021	-5.7	-7.4	0.52	210	165
平均	-5.7	-7.8	0.64	185	145

表2 気象現象による樹氷衰弱・崩壊要因

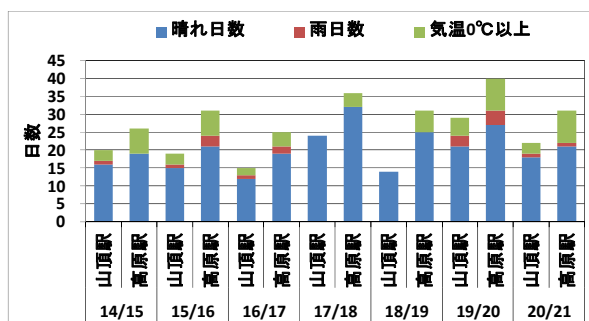


図7 気象現象による樹氷衰弱・崩壊要因

気象現象	晴れ日数	雨日数	気温0°C以上
2014/2015	山頂駅 16	1	3
	高原駅 19	0	7
2015/2016	山頂駅 15	1	3
	高原駅 21	3	7
2016/2017	山頂駅 12	1	2
	高原駅 19	2	4
2017/2018	山頂駅 24	0	0
	高原駅 32	0	4
2018/2019	山頂駅 14	0	0
	高原駅 25	0	6
2019/2020	山頂駅 21	3	5
	高原駅 27	4	9
2020/2021	山頂駅 18	1	3
	高原駅 21	1	9

(表2 および図7 は定時観測8:00～16:00で1日1回以上の現象があった日数の1月, 2月の合計)

これまで7シーズンの観測で得た知見から低標高の樹氷形成は日平均気温が -5°C 以下の日が連続し、降雪が続き積雪深が150cmを超える条件が揃うことが重要であると推定される。

今後も観測を続け気象データをもとに、低標高での樹氷形成に必要な条件を見だし、山形蔵王における地球温暖化に起因すると見られる樹氷形成下限標高の上昇がその後どのように変化しているかを明らかにすることを進めていきたい。

最後に2014/2015冬季～2018/2019冬季までの樹氷の写真を示す(図8)。



2015. 1. 21 撮影

2014/2015 冬季



2015. 2. 17 撮影



2016. 2. 8 撮影(不完全な樹氷)

2015/2016 冬季



2017. 1. 21 撮影

2016/2017 冬季



2017. 2. 16 撮影



2018. 2. 22 撮影

2017/2018 冬季



2019. 1. 12 撮影

2018/2019 冬季

図8 2014/2015 冬季～2018/2019 冬季の樹氷形成状況(標高1400m付近での撮影)

謝辞

蔵王ロープウェイ株式会社から研究に必要な気象観測データを提供頂いた。ここに記して感謝の意を表する。

【引用文献】

阿部正二郎ほか(1979)：蔵王樹氷のすべて，山形，東北出版企画，81-95.

山形大学地球環境研究会(1995)：検証・ヒトが招いた地球の危機，東京，講談社，37-56.

2021-2022 年 青森県の雪況

小関 英明 (青森職業能力開発短期大学校)

Profile of snow-phenomena in Aomori prefecture (2021-2022)

Hideaki KOSEKI (Polytechnic College Aomori)

1. はじめに

青森県の 2021 - 2022 年積雪期(2021 年 12 月～2022 年 3 月以下今季)の雪況(日平均気温, 降水量, 降雪量, 最深積雪深, 雪関連被災者数)について, 青森と弘前を中心にして, 2020-2021 積雪期(2020 年 12 月-2021 年 3 月以下昨季)および平年値と比較して報告する. 気象値については気象庁 AMeDAS 観測点で積雪等を測定している 13 観測点のデータおよび青森県リンゴ研究所より提供されたデータを使用した. 雪関連被災者については総務省消防庁(2022)および青森県危機管理局防災管理課提供資料等を用いた. さらに, 弘前の降雪量合計と最深積雪深の関係についての推移について調べた.

2. 2021 - 2022 年積雪期の青森県の雪況

2021 - 2022 年積雪期('21, Dec.～'22, Mar.)の県内は, 12 月中旬以降から 2 月末にかけて非常に強い寒気の流入と冬型の気圧配置により, 低温と降雪が続いたため各地で最深積雪深が 1m を超える大雪となった. 図 1 に気象値を使用した青森県内にある AMeDAS の積雪観測点を示す. 中南津軽の黒石では積雪を観測していないが, 青森県のリンゴ研究所が積雪観測を行っており, その観測値を使用した. 図 2 に青森と弘前の今季と昨季の日平均気温の経過とその平年値を示す.

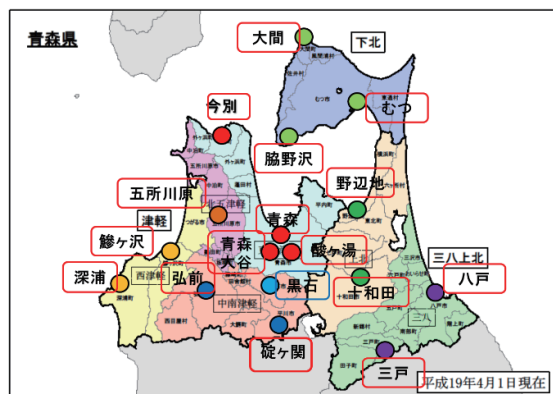


図 1 青森県内の AMeDAS 積雪観測点
(気象庁, 2022b)

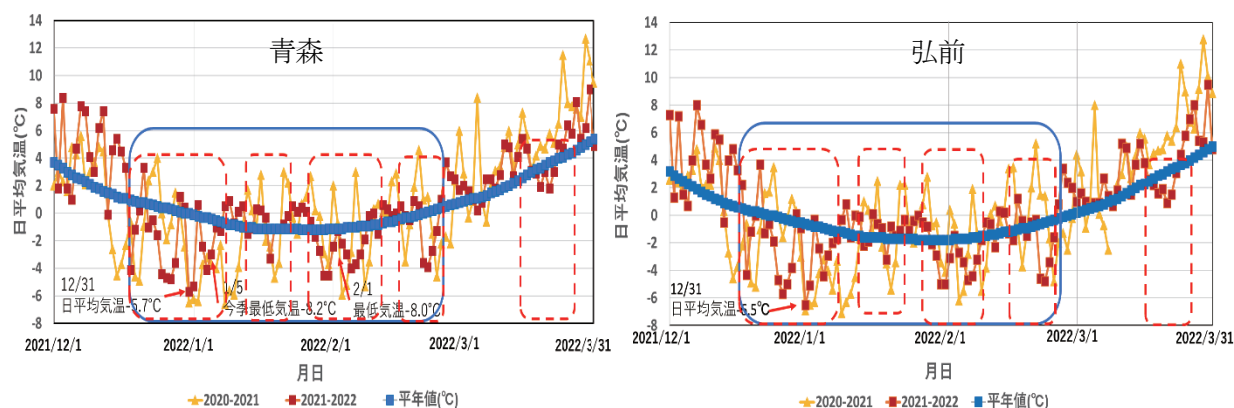


図 2 青森と弘前の日平均気温の経過

(気象庁, 2022a)

図 2 より, 青森, 弘前共に点線で示したように 12 月中旬頃から 1 月上旬, 1 月中旬頃, 1 月の下旬から 2 月上旬, 2 月下旬と断続的に強い寒気が流れ込み気温が平年値より低く, その間の気温もほぼ平年並みであることから, 実線で示した様に 12 月中旬から 2 月末までは気温の低い状態が続いた. 図 3 には津軽地方と下北・三八上北地方の日平均気温の平年差の経過を示す.

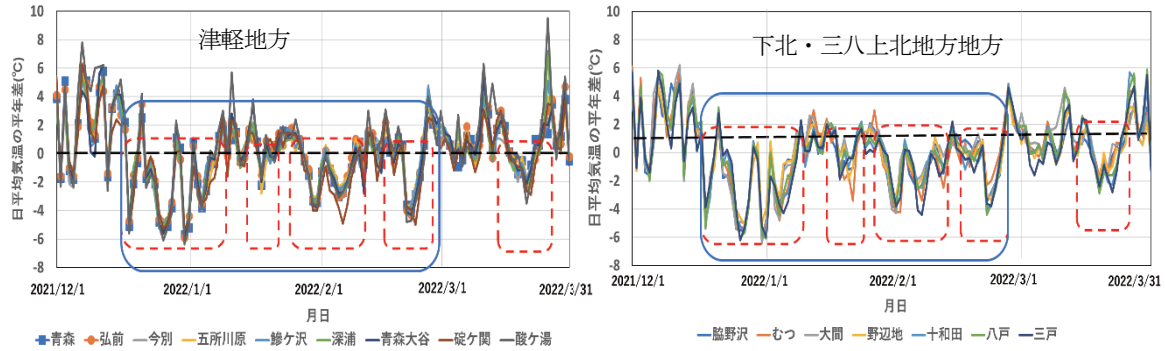


図3 津軽地方，下北・三八上北地方の日平均気温平年差の経過（気象庁，2022a）

図3より，図2と同じように，点線で囲んだ12月中旬から1月上旬，1月半ば，1月下旬から2月上旬，2月下旬，3月中旬に平年を大きく下回っており，実線で囲んだ1月上旬から2月末にかけて気温の低い状態が断続的に続いている。

次に，図4に青森と弘前の今季と昨季の日最深積雪深の経過とその平年値を示す。

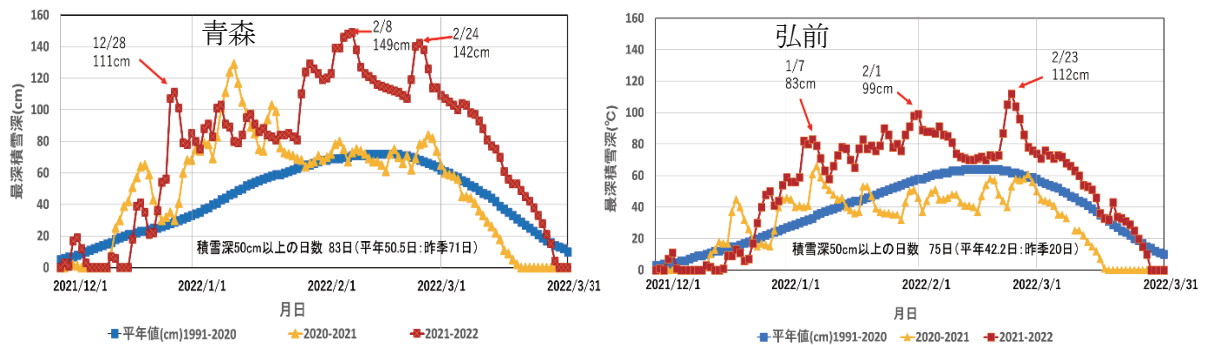


図4 青森と弘前の日平均気温の経過（気象庁，2022a）

図3および図4より，強い寒気が流れ込むタイミングで積雪深が急増している．特に青森では積雪深が12月28日に12月としては37年ぶりに1mを超え，観測史上4位となる111cmを記録したほか，2月8日には今季の最深積雪深149cmとなり，昨年の129cmを大きく上回った．また，弘前は2月23日に観測史上10位となる112cmを記録した．さらに，図4から，12月の中旬から3月の下旬まで積雪深が平年値を上回っており，積雪深が50cm以上の日数も，青森，弘前共に平年および昨季より多く，弘前では昨年の3.5倍となった．次に津軽地方と下北・三八地方の日最深積雪深の経過を図5に示す。

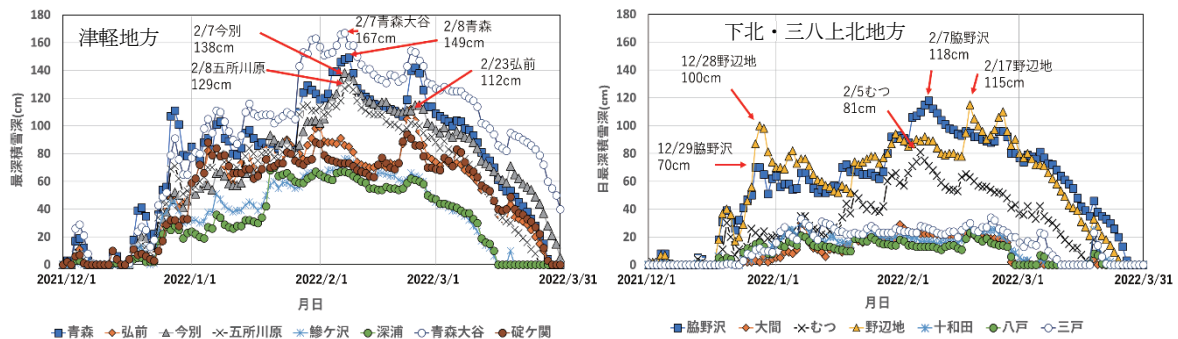


図5 津軽地方，下北・三八上北地方の日最深積雪深の経過（気象庁，2022a）

図5より，津軽地方では，東青津軽と北五津軽，中南津軽，西津軽と積雪深の経過が3つに分けられる．東青津軽，北五津軽では2月7日前後に今季の最深積雪深を記録しており，青森大谷では2月

7日に167cm、今別でも2月7日に観測史上4位の138cmを記録した。五所川原では2月8日に観測史上6位となる129cmとなっている。中南津軽では、2月23日前後に最深積雪深を記録している。下北地方では脇野沢で12月27日に70cmとなり、2月7日に観測史上7位の118cmを記録したほか、むつでも2月5日に今季最高の81cmとなった。三八上北地方の野辺地では12月28日に100cmを超え、2月17日には観測史上(2008年以降)1位となる115cmを記録している。これにより野辺地町では12月27日に豪雪対策本部が設置されたのを始め、12月28日には青森県が豪雪対策本部を設置したほか、今季は県内15市町村で豪雪による災害対策本部を設置するといった豪雪となった。

図6に今季および昨季の県内の最深積雪深の平年値との比較を示す。さらに、図7には降雪量合計、図8には降水量合計についての比較をそれぞれ示す。

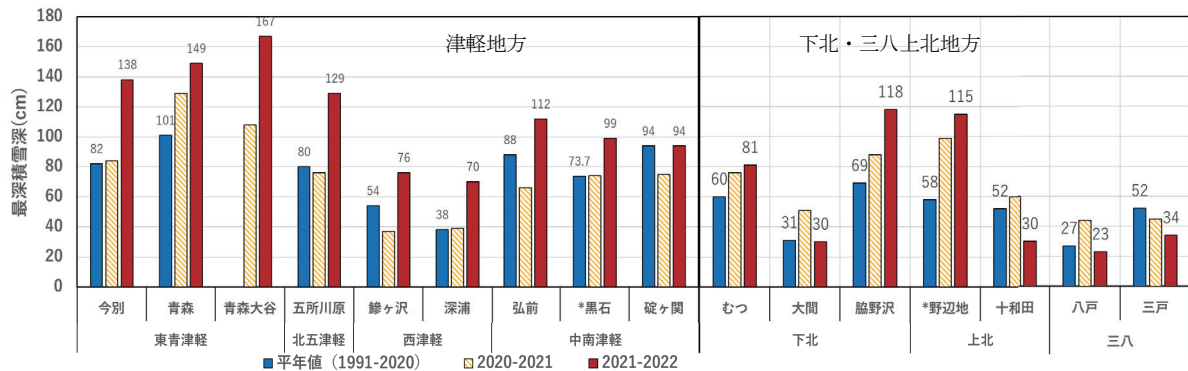


図6 今季・昨季の最深積雪深とその平年値 (気象庁, 2022a)

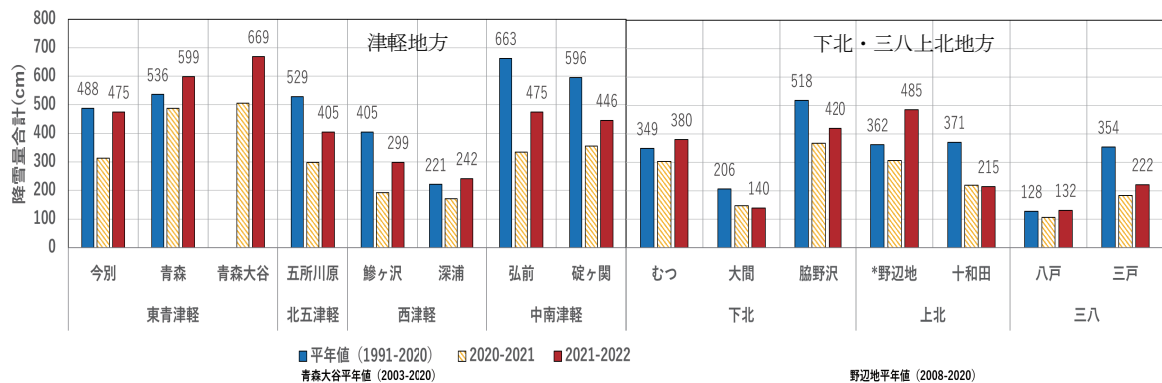


図7 今季・昨季の降雪量合計とその平年値 (気象庁, 2022a)

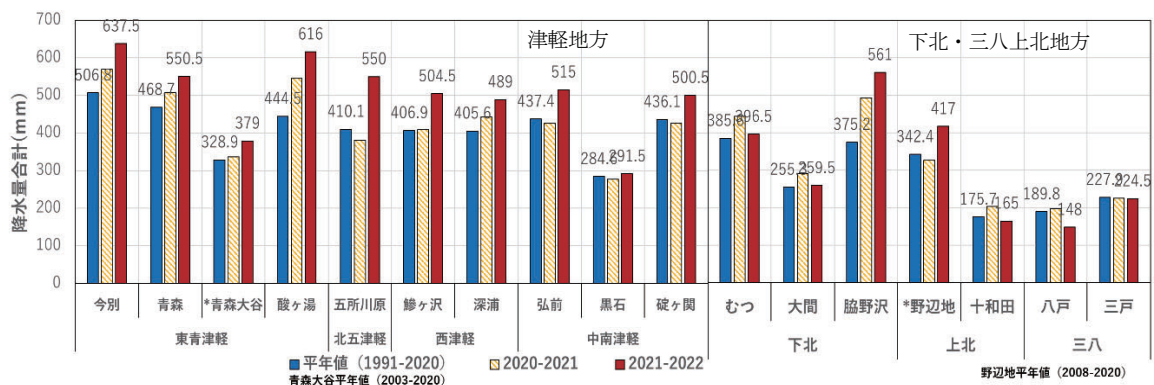


図8 今季・昨季の降水量合計とその平年値 (気象庁, 2022a)

図6より、津軽地方では碓ヶ関は平年並みであるが全般的に最深積雪深は昨季と平年値を大きく上

回っている。特に、東青津軽の今別では平年比 168%、青森で 148%、北五津軽の五所川原で 161%と大きくなっている。下北地方では、脇野沢で 171%、むつが 135%と多くなっているが、大間では 96.8%と平年値をやや下回った。また、三八上北地方では、上北の野辺地が 198%と平年値の 2 倍近くになっているが他では平年値を下回っており、特に同じ上北の十和田では 55%とかなり少なかった。

図 7 の降雪量合計では、津軽地方では、青森の 112%、深浦が 110%であった他は東青津軽では平年より若干少なく、その他の地点では平年値の 7 割ほどと少なくなっている。下北・三八上北地方では、上北の野辺地で 134%と多くなっているほかは、むつが 109%、八戸で 103%とほぼ平年並みであり、そのほかの地点では平年より少なくなっている。

図 8 の降水量合計では、津軽地方ではすべての地点で平年値を上回っている。特に酸ヶ湯で 139%、五所川原では 134%と多くなった。下北・三八上北地方では脇野沢で 150%、野辺地で 122%と多くなった以外は、平年並みか少なくなっている。

3. 弘前の最深積雪深と降雪量合計の関係

小関(2019)は、2000 年以降の弘前において降雪量合計に対して最深積雪深が多くなる傾向にあることを示した。さらに、小関(2020)では、最深積雪深 $H(\text{cm})$ と降雪量合計 $S(\text{cm})$ の比 $R_{H/S}$ を導入し、その経年変化を求め、これが増加傾向にあることを示した。今季についても、この関係について調べた。

図 9 に 1983 年～2022 年における降雪量合計と最深積雪深の関係を示し、図 10 に同期間の最深積雪深と降雪量合計の比 $R_{H/S}$ の経年変化を示す。

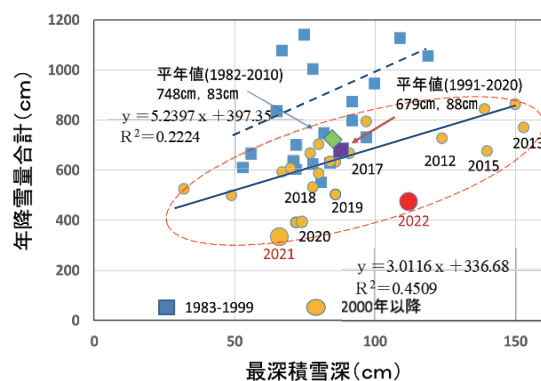


図 9 最深積雪深と降雪量合計の関係

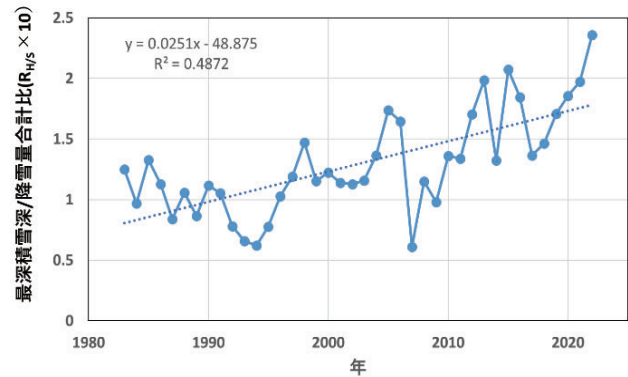


図 10 弘前の最深積雪深と降雪量合計の比

図 9 では、1983 年～1999 年を青■印、2000 年以降を黄●印、今季を赤大●印(昨季は黄大●)で表している。さらに、1982 年～2010 年平年値を緑◆、1991～2010 年平年値を紫■で示している。図中の点線は 1983 年～1999 年の線形近似直線で相関係数は $R = 0.47$ 、実線は 2000 年～今季までの線形近似直線で相関係数は $R = 0.67$ である。また、数式はそれぞれの線形近似式である。

前述のように今季も降雪量合計は平年値の 7 割ほどであるが、最深積雪深は平年値の 127%と大きく、降雪量合計に対する最深積雪深の割合が高くなっている。これは、今季は 12 月下旬から大雪となり、その後も寒気の流入と共に降雪が続き、2 月下旬まで比較的気温の低い状態が続いたため積雪深が増えたと考えられる。また、図中の期間ごとの線形近似直線は、2000 年以降ではそれ以前より直線の傾きが降雪量合計に対して最深積雪深が増加する傾向が強くなっている。さらに図 10 に示すように $R_{H/S}$ は 5 年連続で増加しており、1999 年以前と 2000 年以降では、 $R_{H/S}$ の線形近似直線の相関係数も $R = 0.70$ と中程度の相関がみられることから、降雪量合計に対する最深積雪深の割合が近年増加する傾向にあり、このことから降雪の状態が以前とは変化していると考えられる。

4. 雪関連の災害

今季は、12 月の下旬から 3 月の中旬ごろまで積雪深が平年を超えた地点が多く、また、短時間に多

くの積雪があったことから、雪害も多数発生した。今季の雪害による人的被害は昨年度の133名(死者4名、重軽傷者58)より86名増加し、219名(死者13名、重軽傷者206名)となり、2012-2013年の222名(死者16名、重軽傷者206名)以来9年ぶりに200名を超えた。また、1月中旬の大雪により、農業用ハウスや牛舎の倒壊などによる農業被害も多数発生した。表1に昨季と今季の雪関連被災者数の月毎の数を示す。また、表2に雪関連被災者の原因別被災者数を示す。

表1 青森県内における雪関連被災者数(交通事故を除く)

	死者(人)	重傷者(人)	軽傷者(人)	行方不明(人)	計
2020年12月	2	9	22	0	33
2021年 1月	6	27	54	0	87
2月	3	8	2	0	13
3月	0	0	0	0	0
計	11	44	78	0	133
2021年12月	2	14	13	0	29
2022年 1月	9	27	79	0	115
2月	1	20	36	0	57
3月	1	3	14	0	18
計	13	64	142	0	219

(総務省消防庁災害情報, 2022)

表2 雪関連災害の原因別被災者数

	除雪作業中		落雪(人)	雪崩(人)	倒壊家屋の下敷き(人)	その他の原因(人)
	屋根雪下ろし	屋根雪下ろし以外				
2020-2021年	76	51	4	1	0	1
2021-2022年	105	103	6	0	1	0
増減	29	52	2	-1	1	-1

青森県危機管理局防災危機管理課提供

被災者の多くは除雪作業中であり、屋根の雪下ろし中の事故とそれ以外の除雪作業中の事故がほぼ同数発生している。屋根の雪下ろしの事故では、屋根からの転落が70人(昨季42人)と昨季より大きく増加しており、梯子、脚立からの転落は35人(昨季35人)であった。また、雪下ろしの際に命綱を付けていたが転落し、宙づりになった事故や、ロープが切れて落下し死亡した事故もあった。屋根雪以外の除雪中の事故では、転倒が40人(昨季12人)と昨季の3倍以上となり、除雪中の落雪事故も39人(昨季20人)と多く、昨季のほぼ2倍となった。除雪車による事故も11人(昨季5人)と昨季の2倍である。ほかに除雪作業中に川へ転落した事故もあった。住宅の被害は半壊が1棟、一部損壊が14棟であるが、小屋の倒壊に巻き込まれて死亡した事故が1人あった。特に、1月22日前後の大雪では農業被害が多く発生し、9市町村で農業用ハウスを中心に105棟が損壊した。そのほか東北町では28棟、六ヶ所村では牛舎が倒壊し牛が死亡するなど22棟が被害にあった。さらに五所川原市で15棟、野辺地で11棟などの被害が発生している。

また、各地で大雪となったことから、各市町村では除雪費が膨らみ、12市町村で除排雪費の予算が追加された。特に青森市では最終的に59億1639万円となり、これまでの過去最高であった昨季の約45億円を大きく超えた。弘前市では17億円、黒石市で5億6018万円、つがる市が9億5433万円などとなっている。また青森県でも過去最高となる57億7287万円と多額になった。

5. まとめ

今季の青森県内は、全般的に12月中旬から2月末にかけて、非常に強い寒気が断続的に流れ込み、冬型の気圧配置が強まったため、津軽地方を中心に積雪深が平年値を大きく上回る大雪となった。特に東青津軽の青森で149cm、今別では138cm、北五津軽の五所川原では129cmと平年値を大きく超え、下北の脇野沢でも118cm、上北の野辺地でも115cmと各地で1mを超えた。これに対して、降雪量合計は、津軽地方では青森と深浦が平年値を上回ったが、そのほかは平年値より少なく、特に中南津軽の弘前、碓ヶ関では平年値の約7割と少なくなっている。また、下北・三八上北地方の野辺地では平

年値を大きく上回ったが、むつと八戸が平年並みだったほかは平年より少なく、特に上北の十和田では平年値の58%と少なかった。降水量合計は津軽地方を中心に平年値を上回った。下北・三八上北地方では、脇野沢で平年値の150%と多くなったが、その他の地点では八戸が平年の約8割だったほかは平年並みである。気温については、断続的に寒気に覆われた12月中旬から2月末までは平年より低いか、ほぼ平年並みで推移した。

弘前の最深積雪深と降雪量合計の関係については、その分散図より、1983年～1999年までと2000年以降についてそれぞれ線形近似式を求めた。二つを比較すると、線形近似式の傾きが2000年以降では降雪量合計に対して最深積雪深が大きくなる傾向を示し、また、 R_{HS} の推移についての線形近似式の相関係数は $R = 0.70$ と中程度の相関関係があることから、近年は降雪量合計に対する最深積雪深の比 R_{HS} は大きくなる傾向にあり、この原因としては降雪の状態が以前とは異なってきていると考えられる。

雪害については、今季の雪関連の被災者は、219人(死者13人、重傷者64人、軽症者142人)と9年ぶりに200人を超え、昨季の133人と2年連続で100人を超えた。死者の増加は2名であるが、軽症者は昨季の2倍近くになっている。月別では、1月が115人(死者9人)と最も多く、昨季の87人(死者6人)を約3割上回った。また、原因別では、屋根の雪下ろしに関する被災者が105人(昨季76人)と最も多いが、その他の除雪作業による事故での被災者も103人(昨季51人)と昨季のほぼ2倍になっている。雪下ろしでは屋根からの転落が最も多いが、梯子や脚立からの転落事故も昨季と同数あった。また、命綱を付けてはいたが転落し、宙づりになった事故が2件、ロープが切れて落下した事故が1件発生しており、除雪作業は必ず2名以上で作業することが災害を減少させるために必要であると考えられる。その他の除雪作業では、除雪中の転倒が最も多いが、除雪中の落雪による事故も39人と昨季の20人のほぼ2倍と増加した。また、除雪機による事故も11人と昨季の5人から倍増している。さらに、除雪車による事故も数件発生している。今季、雪関連の被災者が増加したのは、各地で長期間に積雪深が平年値を大きく上回ったことが一因と考えられる。

今季の大雪により青森県が豪雪対策本部を設置したほか、県内の15市町村で豪雪による災害対策本部が設置された。さらに、断続的に大雪になったことで自治体の除排雪費も増加し、青森市では過去最高の59億1639万円となり、青森県でも過去最高の57億7287万円となった。

また、今季は12月下旬から気温が平年並みから平年より低かったこともあり、中津軽郡西目屋村の乳穂ヶ滝が4年ぶりに完全結氷した。

謝辞

黒石市における積雪データを提供して頂いた、地方独立行政法人青森県産業技術センターリング研究所、小林達様に感謝申し上げます。また、青森県の雪害資料を提供して頂いた、青森県危機管理局防災管理課、米澤竜一様に感謝申し上げます。

【引用文献】

気象庁(2022a)：過去の気象データ検索、

<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (2022年4月9日閲覧)。

気象庁(2022b)：気象警報・注意報や天気予報の発表区域、

<https://www.jma.go.jp/jma/kisyou/known/saibun/aomori.pdf> (2022年4月9日閲覧)。

小関英明(2019)：2018-2019年 青森県の雪況、東北の雪と生活、**34**，67-72。

小関英明(2020)：2019-2020年 青森県の雪況、東北の雪と生活、**35**，28-33。

総務省消防庁(2022)：今冬の雪による被害状況等(令和3年11月～令和4年4月30日)，

<https://www.fdma.go.jp/disaster/info/items/yukihigai.pdf> (2022年5月13日閲覧)。

令和4年(2021/22年)冬期における新庄の積雪変化について

小杉健二・田邊章洋・荒川逸人・根本征樹・安達 聖・佐藤研吾・富樫数馬
(防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター)

Changes in snow cover structure at Shinjo in the 2021/22 winter
Kenji KOSUGI, Takahiro TANABE, Hayato ARAKAWA, Masaki NEMOTO, Satoru ADACHI,
Kengo SATO and Kazuma TOGASHI (Snow and Ice Research Center, NIED)

1. はじめに

降積雪状況や冬期気象の記録のため、ならびに災害発生や水資源に関連する基礎資料とするために、防災科学技術研究所雪氷防災研究センター新庄雪氷環境実験所では、毎冬、降積雪と気象の観測を実施している。2019/20年冬期は著しい寡雪となった一方で、2020/21年冬期は最大積雪深が平年を上回る大雪となった。

本稿では、2021/22年冬期の観測結果とその特徴について記す。また、雪氷による被害の発生状況についても述べる。

2. 降積雪と気温の観測結果と特徴

図1は、2016/17年から2021/22年までの各冬期および平成18年豪雪となった2005/06年と最大積雪深が2mを超えた2012/13年の新庄における積雪深の日変化を表す。2021/22年冬期においては12月下旬から雪が積もり始めた。2005/06年、2012/13年や前冬期(2020/21年)に比べると遅い積雪の開始であったが、その後1月上旬まで降雪が続き(図2)、積雪深が増加した。1月中旬から下旬にかけて寒波が一時的に弱まり(図3)積雪のざらめ

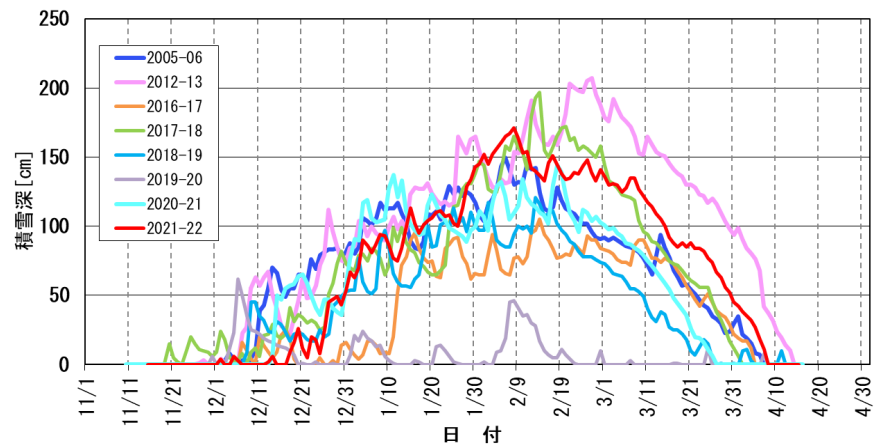


図1 新庄における2005/06年、2012/13年及び2016/17年から2021/22年までの8冬期の積雪深の日変化

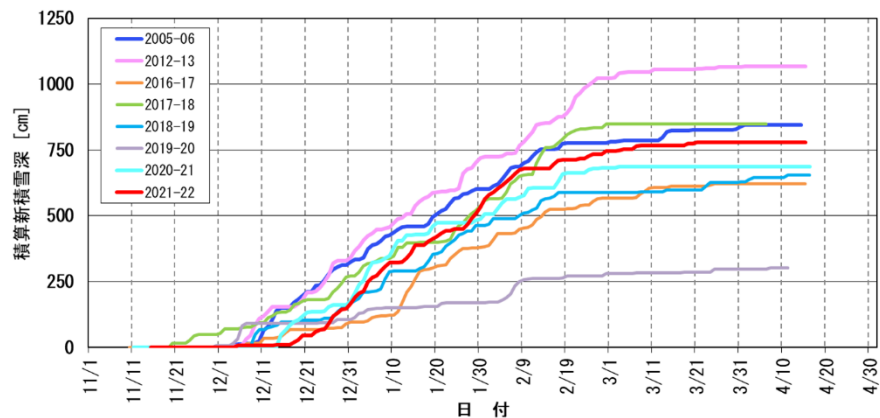


図2 新庄における2005/06年、2012/13年及び2016/17年から2021/22年までの8冬期の積算新積雪深の日変化

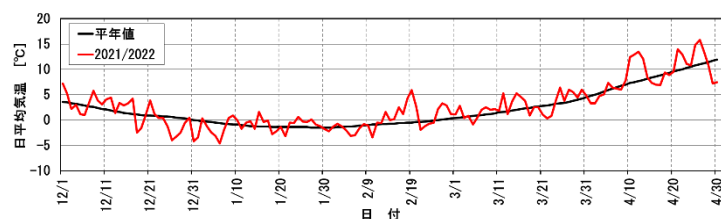


図3 新庄における2021/22年冬期の日平均気温の日変化(気象庁新庄アメダスのデータを使用)

雪化が進行したが(図4),その後2月上旬にかけてまとまった降雪があり,2月8日に最大積雪深171cmに達した.この値は平年値129cm(1990/91年冬期~2019/20年冬期)に比べかなり大きい.

3月の初めまでは積雪深の増減が繰り返され,その後の融雪期には氷板が多数形成された.これは多雪となった冬期の融雪期にしばしばみられる事である.3月25日の地面からの高さ50~60cmにある顕著な氷板(図5b)は,図4において時間をさかのぼると2月4日の高さ75~95cmにある厚さ数cmのしまり雪層とざらめ雪層の互層(図5a)が源である事が分かる.この互層は1月25日頃に表面付近で形成され,2月4日までにまとまった降雪により埋没したと考えられる.しまり雪とざらめ雪の互層では上下方向の毛管力の違いから帯水層が形成されやすい.さらに,その上部に厚い積雪が堆積したため,融雪期に多量の融雪水が供給され顕著な氷板が形成されたと推定される.

消雪は近年の内で遅い方であり,4月に入ってからとなった.

3. 雪氷による被害の発生状況

図6は,2021/22年冬期の山形県における雪氷による被害の原因別発生状況を表す.積雪深の増加時に雪下ろし等の雪処理に伴う被害が発生する傾向は変わっておらず,被害抑止の取り組みの強化が課題と言える.

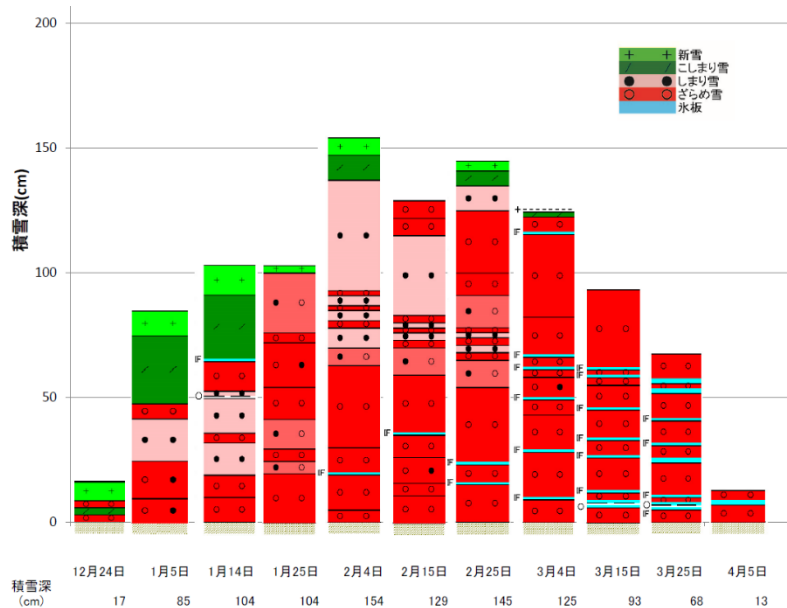


図4 新庄における2021/22年冬期の雪質変化図

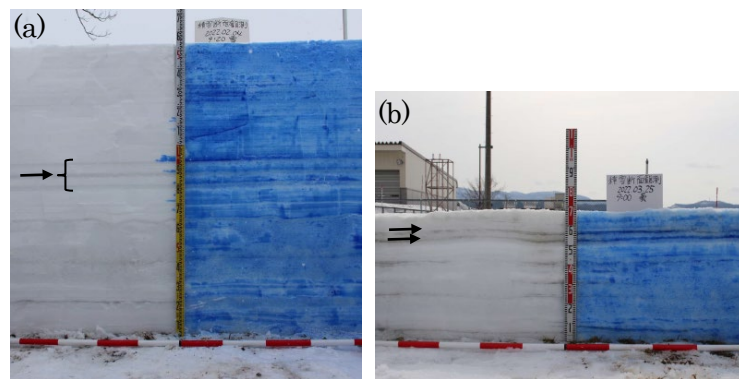


図5 新庄における積雪の鉛直断面写真. (a) 2022年2月4日. 矢印が指すかっちは,しまり雪とざらめ雪の互層を示す. (b) 2022年3月25日. 矢印は顕著な氷板を指す

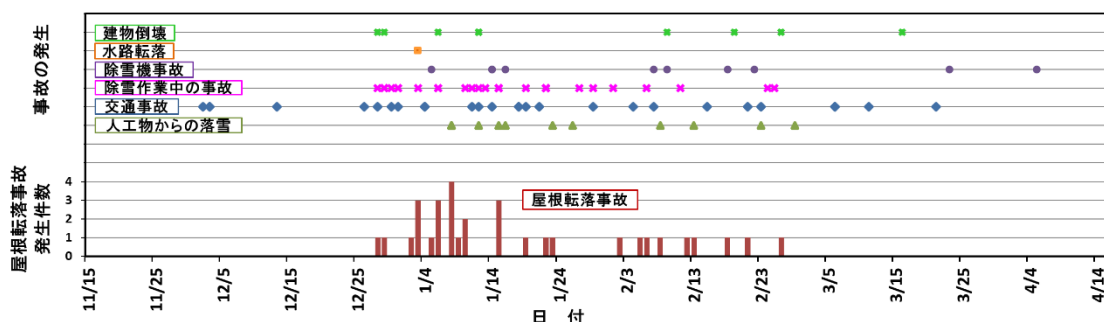


図6 2021/22年冬期の山形県における雪氷による被害の原因別発生状況

謝辞

観測や機器保守についてお世話になった鈴木紘一氏,大川元造氏,(株)双葉建設コンサルタントの方々,ならびにデータ整理にご協力いただいた青木里美さん,平向洋子さん,矢口瞳さんに深く感謝します.

2021/22 冬期の屋根雪事故発生危険日予測結果の報告

沼野夏生 (東北工業大学名誉教授・地域社会デザイン研究所)

Report on prediction of risky day for roof snow accidents in 2021/22 winter season
Natsuo NUMANO (Professor Emeritus, Tohoku Institute of Technology / New Community Design
Laboratory for Mesomountainous Region)

1. はじめに

各種の気象条件を説明変数とした数量化Ⅱ類による屋根雪事故発生危険日判別の試み(沼野, 2013, 2019)を踏まえて, 2020/21 冬期には山形県を対象とし, 朝9時前後にその日の危険度を予測するという試みをおこなった(沼野, 2021). その際明らかになった改善課題を念頭に置き, 2021/22 冬期についても引き続き危険度予測を実施したので, その結果を報告する. なお, 県内4地域の代表的な観測点(山形市, 新庄市, 米沢市, 鶴岡市)の最大積雪深(鶴岡市の降積雪の観測点は櫛引)の平均は2020/21年冬期が114cm, 2021/22年冬期が133cmであり, 並雪年と目される前年に対し, 今冬期は豪雪年と位置づけられる. 屋根雪事故が発生した日数と被害者数は2020/21冬期が43日・120人, 2021/22冬期が48日・126人であった.

2. 予測手法の概要

沼野(2019)では, 2010/11 冬期~2018/19 年冬期の9年にわたる毎日の十数種の気象データおよび平日・休日別を説明変数として, 屋根雪関連事故の発生の有無を従属変数とした判別分析および数量化Ⅱ類分析をおこなった. 分析手法・採用変数・冬期のグループ化をさまざまに変えて試行した結果, その成績が最も良好だったのが, 寡雪年と豪雪年を分けて実施した8変数による数量化Ⅱ類分析であった. 2020/21 冬期からはこれを予測モデルとして採用し, 日々の予測結果を地域社会デザイン研究所のホームページに掲載した.

予測手法上の問題として, ①寡雪年か豪雪年かは事後にしか確定せず, どちらのモデルを採用するか予測開始時点では決める基準がないこと, ②予測に用いる気象データ自体が予測値であるものが多く, 確定時には変化する可能性があること, の2点が懸念された. そこで, ①に関しては期間途中で状況に応じて豪雪年モデルに切替える可能性を残しながら当初寡雪年モデルを採用し, ②に関しては後に確定値による判別結果と比較することにした.

2020/21 冬期における予測試行では, 結局豪雪年モデルへの切替えはおこなわなかった. 寡雪年モデルによる予測の結果では, 判別の中率が75%, Fスコア(F値ともいう. 比較的稀に発生する事象に関する予測の性能評価に有効とされる統計値)が0.68と, 実用上許容できる精度となった. ただし, 見逃し率は33%と, 良好とは言えなかった. 事後的に寡雪年モデルと豪雪年モデルを時期によって適切に使い分けた場合, さらに精度は向上した. また, 気象データの確定値による再計算の結果が予測値による結果を上回ることにはなかった.

2021/22 冬期は, 空振り率が高くなっても見逃し率を低くしたいという意図から, 寡雪年モデル・豪雪年モデルそれぞれによる判別を行い, いずれか危険度を高めに判定した方を当日の予測結果として公表する手法(複合判定方式)を試行した.

3. 2021/22 冬期の予測結果

3-1 予測結果の評価とその比較

日ごとの屋根雪事故発生有無について, 寡雪年モデル, 豪雪年モデルおよび公表に用いた複合判定

方式の3種の予測結果をFスコア、判別的中率、見逃し率および空振り率の4つの評価指標に基づいて整理したのが図1である。

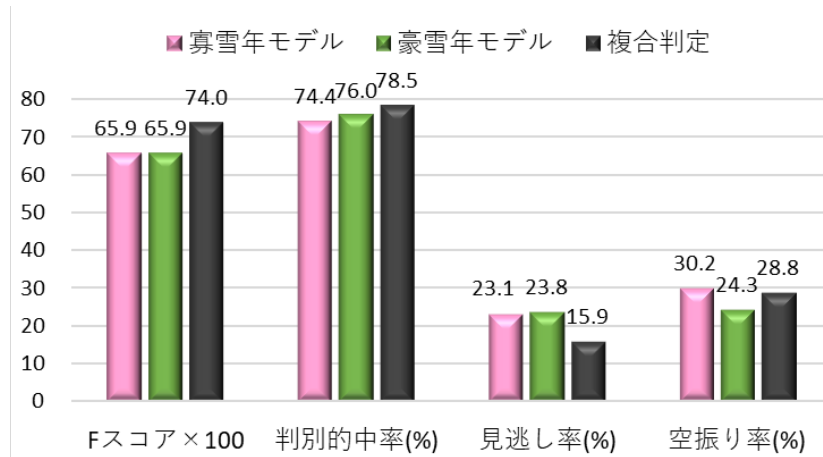


図1 判定方式別にみた危険日予測結果の評価

寡雪年モデルと豪雪年モデルを比較すると、2020/21 冬期のように大きな差異はなく、Fスコアは同じで判別の中率はわずかに豪雪年モデルが上回る程度である。両モデルとも、前年に評価が高かった寡雪年モデルとおおむね同等のレベルになっており、見逃し率および空振り率はいずれも低下してほぼ20%台に収まっている。どちらのモデルも、実用上問題のない結果と判定できる。

複合判定方式の結果はさらに高い評価が可能である。特にFスコア(0.740)と見逃し率(15.9%)はかなりの好成績といえる。見逃し率は2020/21 冬期の事後的なモデル適用時期の最適化による結果がさらに7ポイント余改善され、一方で空振り率も「オオカミ少年」と言われない程度に収まっている。今回試行した複合判定の手法は、今後も一定程度有効ではないかと考える。

3-2 確定値を用いた説明変数による判別結果

2020/21 冬期には説明変数の確定値を用いた事による判別精度の向上が見られなかったが、今回も予測後に確定した気象データを用いた判別を試みた。図2には複合判定方式による場合の結果を示す。前年同様気象データの予測値を用いた方が確定値によるものに比べ成績は上回っている。なお寡雪年モデルでは逆にすべての指標で確定値を用いた方が好成績で、確定値を用いた豪雪年モデルの成績を上回った。2021/22 冬期が豪雪年であったことを考慮すると意外であるが、理由は不明である。

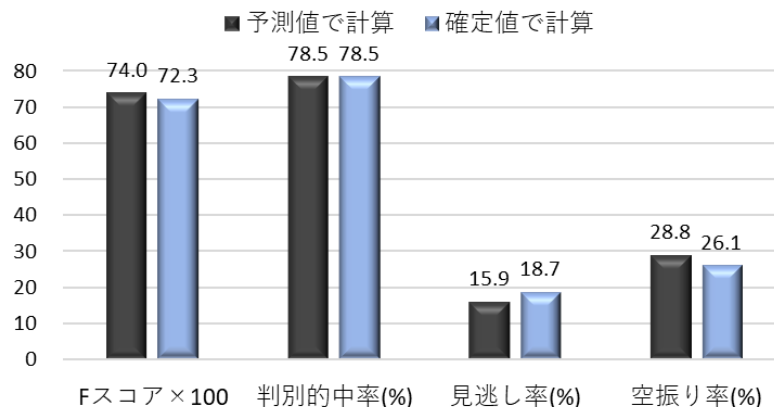


図2 確定した説明変数に差し替えた再計算の結果(複合判定方式)

以上の検討から言えることは、危険度予測に用いる気象データはその時点での予測値で特に不都合はないことであり、また2つの予測モデルを複合判定する手法の相対的有効性が示されたことである。

4. 4つのレベルを設けた危険度予測に関する考察

日ごとの屋根雪事故危険度予測においては、事故発生の有無の予測に加えて、それぞれをさらに2段階に分けた4つのレベルを設定し、発表してきた。前記の複合判定手法による判別結果について、実際の事故発生の有無および死傷者数と予測された危険度レベルの関係をみた。図3によれば、各レベルと事故発生日の出現頻度の相関は極めて明瞭といえる。また図4ではレベル1の日の死傷者が0.03人であるのに対して、レベル4では2.45人となり、特にレベル2と3の差が大きい。

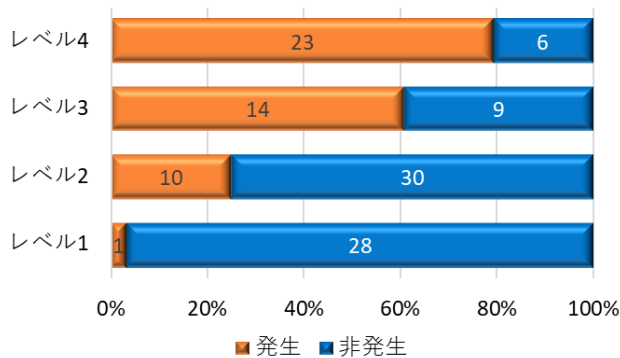


図3 危険度レベル別・事故発生日数の比率

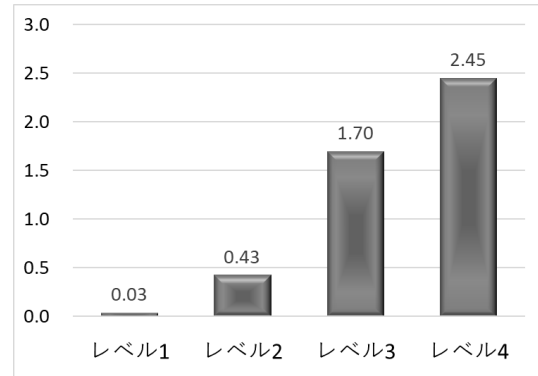


図4 危険度レベル別・一日当り死傷者数

これを発生日1日あたりの人数でみると、レベル1と2が各1人と1.7人、3と4が各2.8人と3.1人となり、レベルが上がるほど事故が多発することが明らかである。特に1日で5人以上が事故に遭った多発日に限ると(図5)、レベル2以下にはなく、9例中7例までがレベル4と予測された日に集中している。

5. まとめ

屋根雪事故は自然現象ではなく、気象条件で予測しきれものではない。しかしプラグマティックな視点から、本研究では注意喚起に実用的な程度まで実態に適合する予測を目指してきた。ここ2年にわたる試験的な危険度予測の実施で、ある程度まで信頼に足る結果が得られたと考える。今後さらに、多年次にわたる予測結果の安定性の確認をおこなうとともに、モデルの再構築なども視野に入れて試行を続けていきたい。

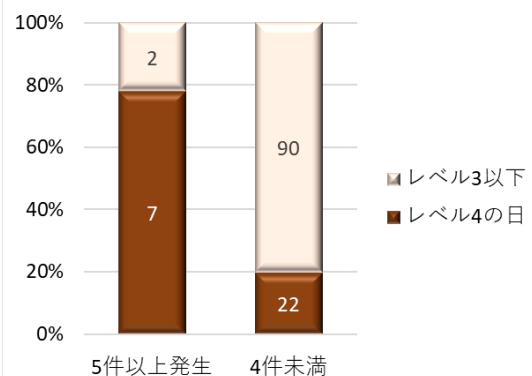


図5 事故多発日と危険度レベル

【引用文献】

- 沼野夏生(2013): 屋根雪関連事故発生条件に関する一考察—山形県における最近3年間のデータを用いて—, 雪氷研究大会(2013・北見)講演要旨集, 114.
- 沼野夏生(2019): 数値化Ⅱ類による屋根雪事故発生危険日予測の試行—山形県における最近9冬期のデータを用いて—, 雪氷研究大会(2019・山形)講演要旨集, 75.
- 沼野夏生(2021): 屋根雪事故発生危険日予測結果の報告—2020/21冬期・山形県—, 雪氷研究大会(2022・千葉オンライン)講演要旨集, 93.

2022年4月に山形県姥ヶ岳南斜面の雪面上に見られたクレバスの調査報告

荒川逸人(防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター)

安達 聖(防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター)

柴田和弘(月山環境整備運営協議会)

Report on the investigation of crevasses on the snow surface on the south slope of Mt. Ubagatake, Yamagata prefecture, Japan, in April 2022

Hayato ARAKAWA (Snow and Ice Research Center, NIED)

Satoru ADACHI (Snow and Ice Research Center, NIED)

Kazuhiro SHIBATA (Gassan Environmental Improvement Management Council)

1. はじめに

2022年4月11日午後3時10分頃、山形県西川町の姥ヶ岳にある月山スキー場(図1)で同スキー場職員がパトロール中にコース内のクレバスに転落した。同日18時30分頃救助されたが、その後心肺停止となり、約2時間10分後に死亡が確認された。スキーヤーがクレバスに近づかないように、危険箇所のマーキング中(棒を立てロープを張る作業)に転落したとみられる。クレバスの発生は例年みられない現象であることから、防災科研と月山環境整備運営協議会では、今後の事故防止のためにクレバスの実態調査・追跡調査をおこなうこととした。

なお、クレバスは氷河や海氷などで使われることが多く、積雪ではクラックと呼ばれることが多いが、本報では人が落ちて危険が及ぶ大きさのものをクレバスと呼ぶものとする。



図1 調査位置図

2. 調査概要

4月20日に現地踏査(概査)をおこなった。クレバス周囲を歩きハンディ GNSS(Global Navigation Satellite System/ 全球測位衛星システムで、衛星測位システムの総称)のトラックからクレバス位置の把握とレーザー距離計による深さの測定をおこなった。クレバスは深いところで10 m以上あることが確認された。4月25日にRTK-UAVによる空中写真撮影をおこなった。RTK-UAVとはRTK(Real Time Kinematic: リアルタイム・キネマティック)を利用して測位することのできるUAV(Unmanned Aerial Vehicle: 無人航空機)で地上に設置した基準局からの相対位置を得る



図2 定点カメラによる斜面監視

ことで高精度の位置情報が付与された写真を得ることができる。撮影後、位置情報が付与された空中写真は電子基準点のデータで位置補正する PPK (Post-Processing Kinematic: 後処理キネマティック) 処理がなされた。PPK 処理後、オルソモザイク写真と DSM (Digital Surface Model: 数値表層モデル; 雪面 DSM と呼ぶこととする) を作成した。これらをもとにクレバス判読をおこなった。5 月 6, 13, 14 日には定点カメラを設置しクレバスの監視を開始した (図 2)。本報では 4 月 25 日の調査結果について報告をおこなう。

3. 方法

3-1 積雪深分布

積雪深分布は雪面の標高分布である雪面 DSM と地盤の標高分布である DEM (Digital Elevation Model: デジタル標高モデル; 地盤 DEM と呼ぶこととする) の差分から求めることができる。雪面 DSM については、空中写真の PPK 処理後、SfM (Structure From Motion) ソフト Pix4D により 50 cm メッシュで作成した。SfM とは多視点画像からの 3D 形状を復元する方法である。地盤 DEM については、国土地理院基盤地図情報サイト (<https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>) より 5 m メッシュの DEM をダウンロードし、GIS ソフト QGIS ver. 3.22.6 を使用し、メッシュサイズを 50 cm に変換するとともに、雪面 DSM のメッシュとの位置合わせをおこなった。

3-2 クレバスの抽出

クレバスは、元の雪面に比べて傾斜角が急激になることと斜面方位が逆向きの面が現れることが特徴的であるので、図 3 に示すように、GIS により雪面 DSM から傾斜角分布と斜面方位分布を求め、これらをオルソ画像と見比べ、クレバスを手動でトレースし、ポリゴンデータとして作成した。

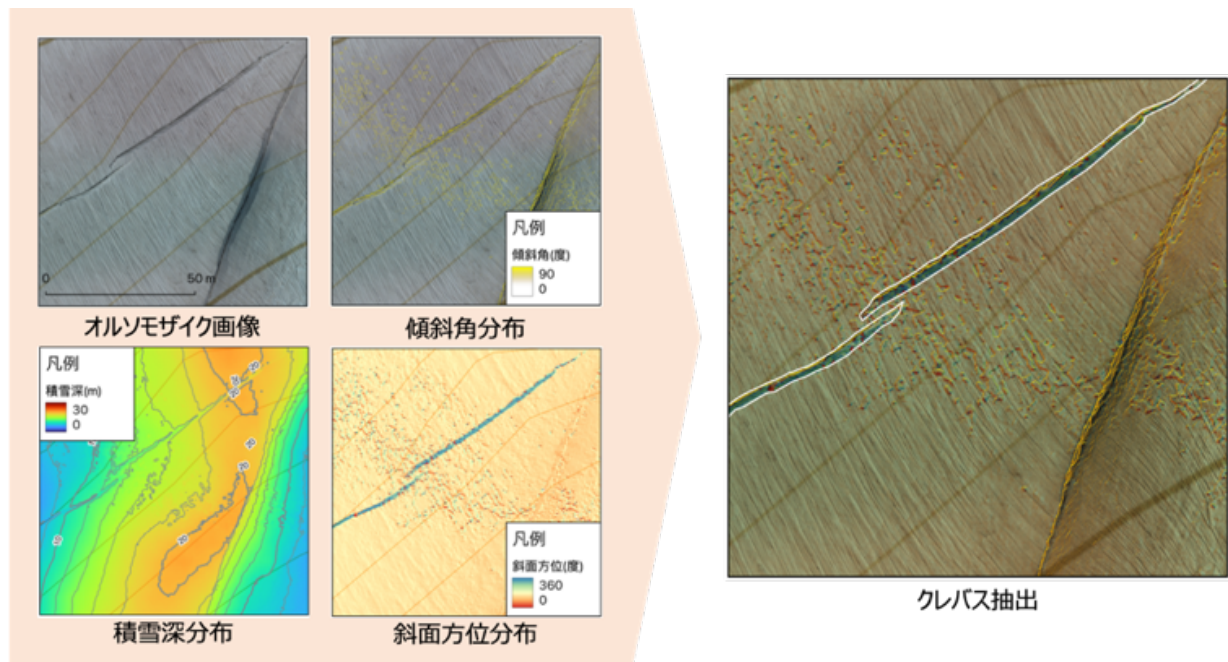


図 3 クレバスの抽出方法の概念図

3-3 クレバスの形状測定方法

クレバスの長さ L 、幅 W 、深さ D を GIS 上での測定方法について述べる。クレバスの長さ L の測定についてはポリゴンの中心線を作成する方法を考えたが、GIS の処理上の問題で、細くなる部分でギザギザになったり分断したりしたため、この方法を採用できなかった。また、幅 W についてはクレバスを代表する幅の測定箇所の選定方法が決められなかった。そこで、クレバスを長さ L 、幅 W の矩形として仮定することとした (図 4a)。クレバスの水平投影面積 S と周長 P は GIS 上で計測できるので、

長さ $L = (P + \sqrt{P^2 - 16S})/4$ および幅 $W = (P - \sqrt{P^2 - 16S})/4$ と求めることができる。深さ D については、クレバス周辺の積雪深を集計する方法とした。ポリゴンデータであるクレバスデータは、積雪深分布のメッシュの位置に合わせてポイントデータ化した (図 4b)。すなわち、クレバス周辺の 50 cm メッシュ上の点に変換され、ひとつのクレバスに対して 200 ~ 4400 程度のポイントが作成された。各ポイントに積雪深の値を付与し、得られたポイントデータから各クレバスの深さの平均値や最大値を求めた。

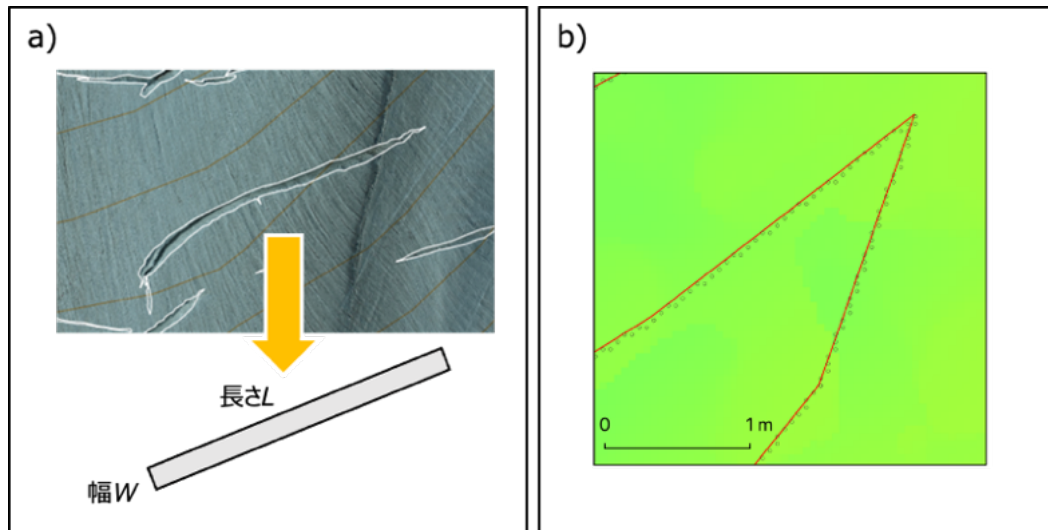


図 4 クレバスの形状測定方法. a) クレバスを長さ L と幅 W の矩形と仮定し GIS 計測の水平投影面積 S と周長 P から求める. b) クレバスの深さ D はクレバス周囲の積雪深を測定して求める。

4. 結果

図 5 に抽出したクレバスをオルソモザイク画像や積雪深分布と重ねた図を示す。抽出されたクレバスは 53 本であった。ほとんどのクレバスは等高線に沿って伸びているようにみられ、雪底部分に数多く発生している。表 1 はクレバスの長さ、幅、深さを集計したものである。長さは平均で 38.4 m、最大で 116.2 m であった。幅は平均で 1.1 m、最大で 2.5 m であった。深さについては、積雪深分布の外縁にあって積雪深データが正しく取得できなかったものが 7 本ほどあり、これらを除外して 46 本について集計した。深さは 2.4 ~ 20.4 m の範囲を持ち、平均で 12.9 m と推定された。

表 1 クレバスの長さ・幅・深さの集計

	長さ (m)	幅 (m)	深さ (m)
平均	38.4	1.1	12.9
最大	116.2	2.5	20.4
最小	4.9	0.1	2.4

5. まとめと課題

月山スキー場の大斜面に発生したクレバスの調査をおこなった。RTK-UAV 測量からオルソモザイク画像、雪面 DSM を作成し、クレバスを 53 本抽出した。GIS による形状測定をおこなった結果、長さは最大で 116.2 m、幅は 2.5 m であった。深さは最大で 20.4 m で、浅いところでも 2.4 m であると推

定された。

今後、数回の UAV 空撮をおこない、クレバスの形状変化や無積雪期の状態について確認をおこなうとともに、公開された山行記録などからクレバスの形成時期などについても調べる予定である。

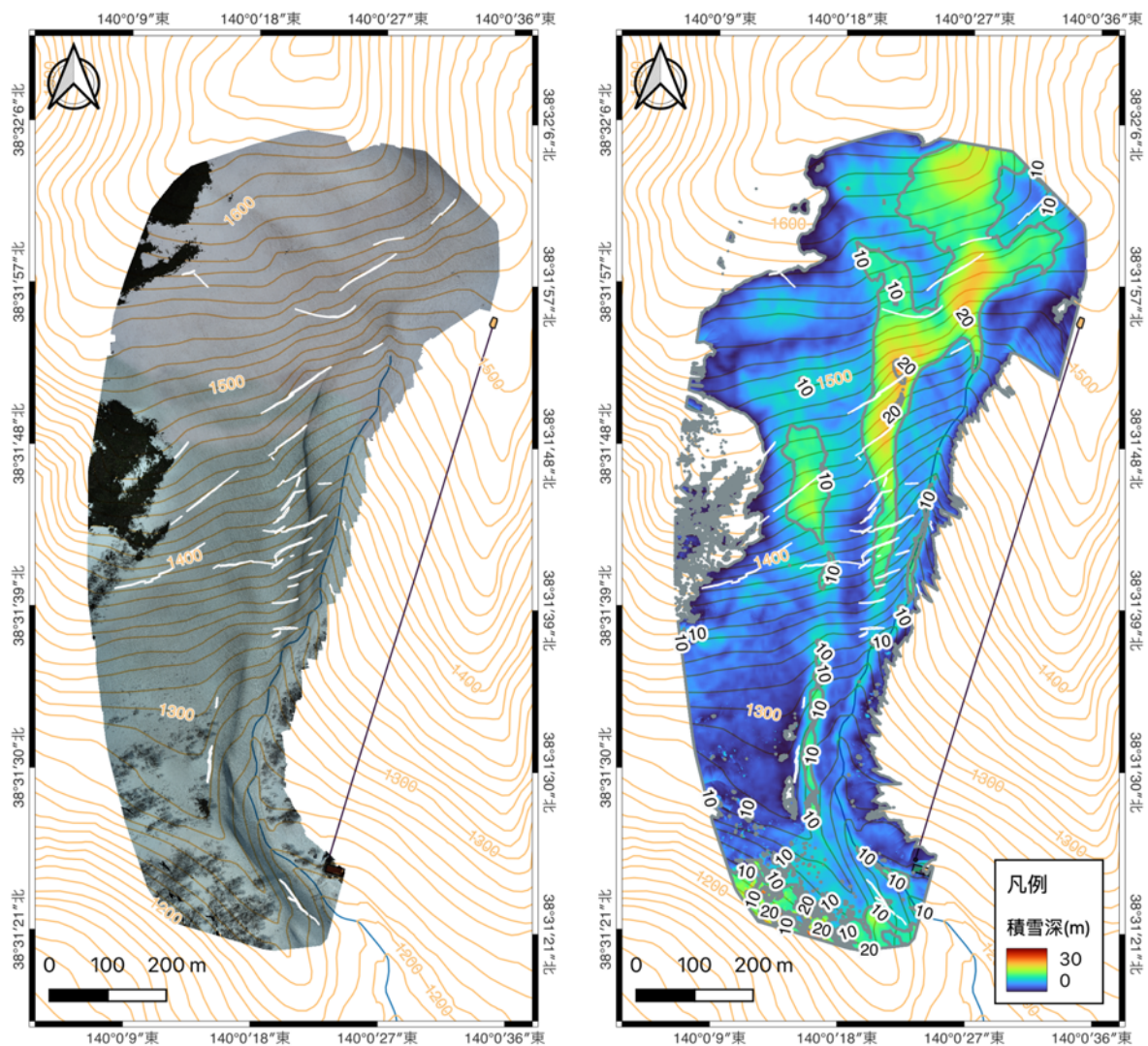


図5 クレバス位置図. 左はオルソモザイク画像, 右は積雪深分布との重ね合わせ.

地上レーザースキャナによる模擬森林の積雪計測

堀 和彦 ((株) 寒河江測量設計事務所)

工藤 一郎 ((株) 寒河江測量設計事務所)

成田 南 ((株) 寒河江測量設計事務所)

Measurements of Snow Cover in Model Forests by Terrestrial Laser Scanner

Kazuhiko Hori (Sagae Survey and Design Co.,Ltd)

Ichiro Kudo (Sagae Survey and Design Co.,Ltd)

Minami Narita (Sagae Survey and Design Co.,Ltd)

1. はじめに

自然斜面の樹木にかかる積雪状態を把握し積雪深を計測することは、労力をともなう作業である。また、一冬期間に何度も同じ場所で積雪深を計測することは、人が積雪地内に足を踏み入れることになるため、計測の正確性が低下する。そこで、レーザ測量を利用した積雪深の計測が考えられるが、レーザ測量による積雪深の有効性を検証した事例は少ない。このようなことから、模擬森林を作成し、積雪深の実測と地上レーザースキャナによる有効性を検証した。模擬森林による積雪の挙動や積雪深の計測に有効性が認められれば、自然林における樹木への積雪挙動の把握や積雪深の計測も可能になると考えられる。

2. 方法

野外に模擬森林(縮尺、10分の1)を設置し、積雪後にコンベックスによる積雪深の計測結果と、地上レーザースキャナによる積雪深の計測結果を比較して、地上レーザースキャナによる積雪深計測の有効性の検証と課題を検討した。

2-1 模擬森林の作製

(1) 模擬森林の材料と材質

模擬森林は、山形県寒河江市に位置する農地(北緯:38°23'01", 東経:140°17'30", 標高:93m)に設置した。模擬森林は、図1に示すように、斜面を構成する供試体プレートと樹木に相当する模擬木からなる。供試体プレートは雪が滑りやすいように材質をポリ塩化ビニールとした。また、模擬木は長さ200mm、直径20mm、肉厚2mmのアルミ管とし、斜面に対して直角方向に設置した。

(2) 模擬木の配置

模擬木の配置は、図2に示した。供試体プレートの規模は、長さ3.0m、幅1.0mとし、ここに千鳥状と筋状の模擬森林を設置した。模擬森林の面積は、縮尺が10分の1であるから、実寸では30.0m×10.0mである。模擬木の本数は、千鳥状で11本、筋状では10本である。

2-2 積雪深の計測

(1) 実測による積雪深の計測

実測による積雪深の計測は、図2に示す千鳥状と筋状における樹林帯の右側面木のライン(以下、Rライン)と左側面木のライン(以下、Lライン)、計4測線に対し、供試体プレートの下端より0.0m、0.8m、1.6m、2.4m、3.0mの5地点に、コンベックスにより計測した。すなわち、千鳥状で10地点、筋状で10地点、合計20地点の積雪深を計測した。また、積雪深は、供試体プレートに直下方向の深さを計測した。測定日時は、2022年2月24日14時15分と2月25日11時05分である。

(2) 地上レーザースキャナによる積雪深の計測

地上レーザースキャナによる積雪深の計測は、まず、2021年12月16日9時00分~9時30分に無

積雪時に模擬木だけの状態を地上レーザースキャナ (Leica : RTC360) で計測し、積雪時における模擬木と積雪の状態を、2022 年 2 月 24 日 13 時 40 分～14 時 10 分と 2 月 25 日 10 時 30 分～11 時 00 分にかけて計測した。それぞれ計測したデータは、解析処理ソフトウェア (Cyclone REGISTER 360) を使用し合成処理を行った。さらに、これを CAD 化し、実測した 20 地点の計測位置において供試体プレートに直角方向の積雪深を CAD 上で計測した。図 3 は、地上レーザースキャナによる計測状況である。また、地上レーザースキャナは、計測する対象区域について死角が発生しないように、6 地点から計測した (図 4 参照)。なお、1 地点での計測時間は約 2 分間である。

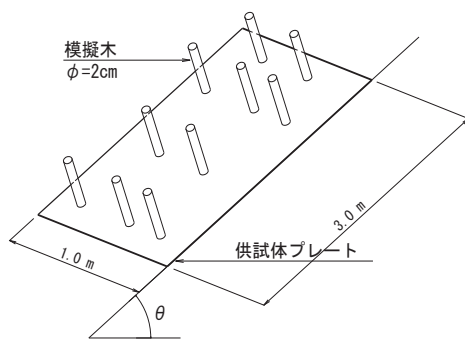


図 1 模擬森林模式図

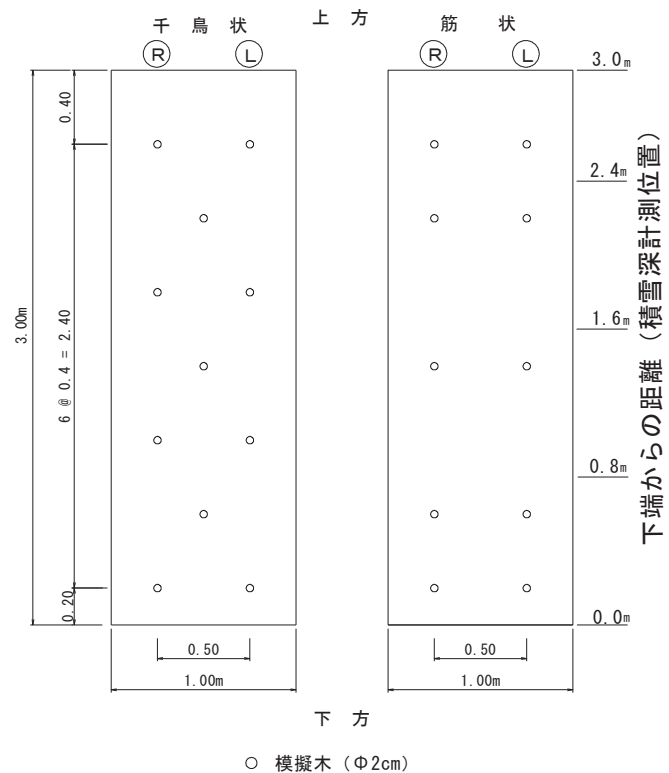


図 2 模擬木の配置図



図 3 地上レーザースキャナによる計測状況

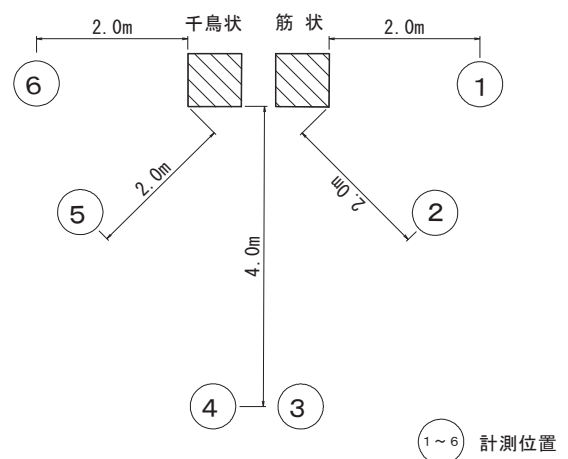


図 4 地上レーザースキャナ計測位置図

3. 結果

積雪深の実測値と地上レーザースキャナによる計測値の結果は、表 1 および表 2 に示した。これらの表より、積雪深の実測値と地上レーザースキャナによる計測値にはいずれの地点でも誤差が発生し、両者の誤差の最大は 5cm となった。また、実測値の積雪深を基準にすると、地上レーザースキャナによる計測値は、実測値より低下する傾向がみられた。地上レーザースキャナによる計測値から得られた積雪状況図（筋状 L ライン、2022 年 2 月 24 日）を、図 7（後出）に示した。

表 1 2022 年 2 月 24 日の積雪深の計測結果

下端からの距離 (m)				0.0	0.8	1.6	2.4	3.0
積雪深 (cm)	千鳥状	R ライン	実 測 値	22	18	18	0	0
			スキャナ値	21	14	13	0	0
		L ライン	実 測 値	22	20	15	14	0
			スキャナ値	24	19	18	13	0
	筋状	R ライン	実 測 値	22	20	15	0	0
			スキャナ値	21	18	14	0	0
		L ライン	実 測 値	22	20	18	12	0
			スキャナ値	25	19	13	14	0

表 2 2022 年 2 月 25 日の積雪深の計測結果

下端からの距離 (m)				0.0	0.8	1.6	2.4	3.0
積雪深 (cm)	千鳥状	R ライン	実 測 値	23	20	15	0	0
			スキャナ値	22	15	10	0	0
		L ライン	実 測 値	25	18	15	0	0
			スキャナ値	26	19	12	0	0
	筋状	R ライン	実 測 値	25	18	15	0	0
			スキャナ値	24	20	14	0	0
		L ライン	実 測 値	25	18	18	0	0
			スキャナ値	28	20	18	0	0

4. 考察

表 1 および表 2 より、積雪深の実測値に対する地上レーザースキャナによる積雪深の計測値の誤差の結果を、まとめて図 5 に示した。同図より模擬森林を設置した両サイド、つまり千鳥状の R ラインと筋状の L ラインにおける誤差が大きい傾向を示した。また、下端付近と中央部付近でも誤差の値が大きい結果となった。

両サイドでの誤差が大きい要因として、図 4（前出）に示した地上レーザースキャナ計測位置図より側面に設置した計測箇所数が少ないことが挙げられる。

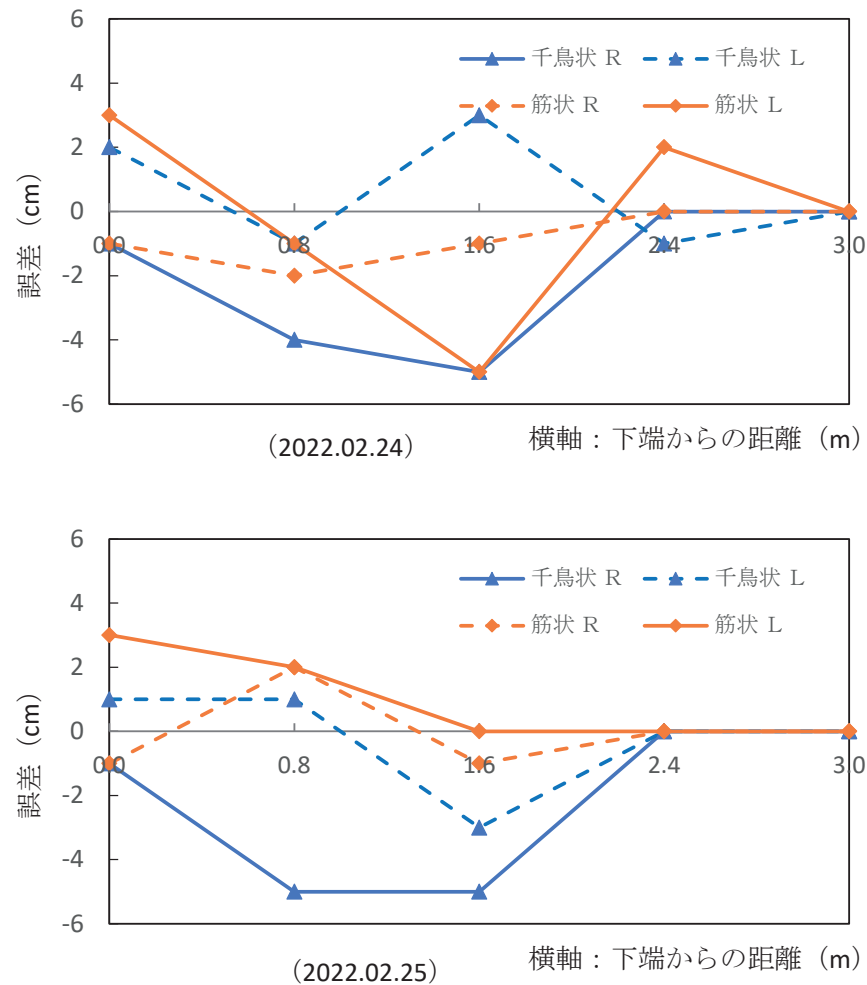


図5 積雪深の実測値に対する地上レーザースキャナ計測値の誤差
※誤差の数値は連続するものではないが、傾向が把握しやすいように数値を連結した。

次に、下方端付近と中央部付近における誤差が大きい要因は、計測箇所数が複数あることから計測数の不足ではないと考えられる。図6は2月24日の積雪状況で、図7は筋状Lラインの積雪状況である。これらの図より、積雪深の誤差が大きい区域は、下方端付近の斜面勾配が急に平坦になる区域と、中央部付近において積雪の移動が抑制された区域である。このように何らかの影響により積雪深が大きくなっている区域では、地上レーザースキャナによる特徴点を抽出することが困難であり、さらに乱反射などの影響も相まって実測値との差が大きくなったと推察される。

また、地上レーザースキャナによる計測値が実測値より低下した要因は、当初無積雪時に架台に設置した固定点が、積雪の荷重によってわずかに低下したため、積雪深の値も全体的に低下した可能性がある。しかし、明確な理由は不明である。

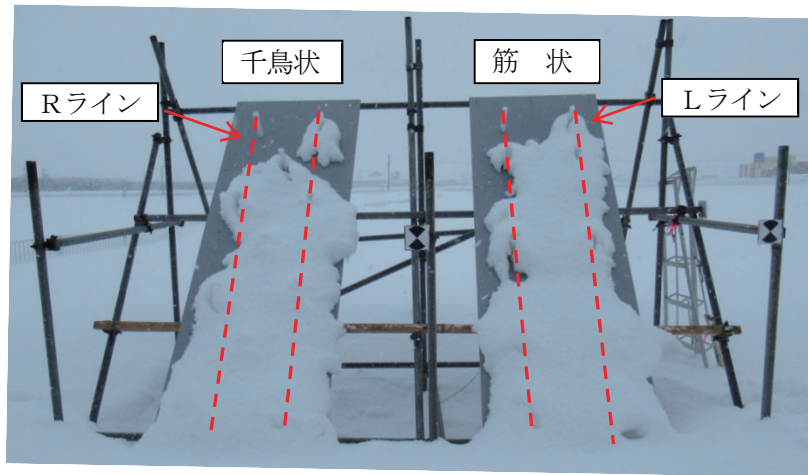


図6 2022年2月24日, 13時40分の積雪状況

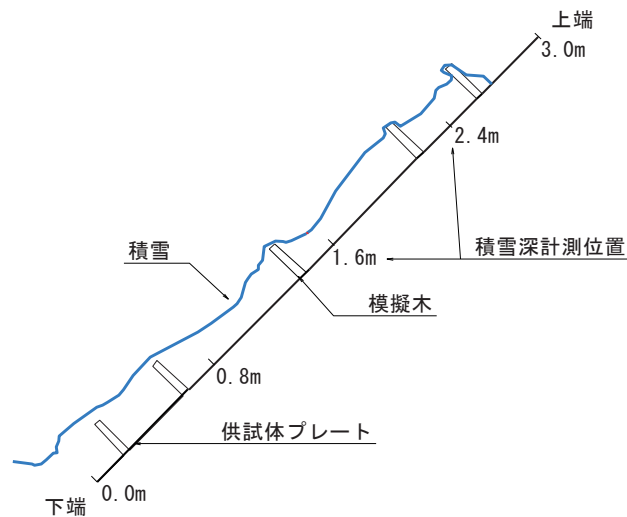


図7 筋状Lラインの積雪状況図(2022年2月24日, 13時40分)

5. まとめと今後の課題

本実験では, 積雪深の実測値と地上レーザースキャナによる計測誤差の発生要因を推察することができた。また, 本実験における積雪深の計測誤差は最大でも5cm程度であり, 誤差の発生要因対策を実施することにより, 自然斜面における積雪深の計測も十分可能であると考えられた。

しかし, 地上レーザースキャナによる計測は, 雨や霧, 降雪などレーザが乱反射するような条件下では適正な計測を実施することが困難であると言われている。多くの障害をすべて回避した条件下で積雪深の計測を行うことは困難であるが, 地上レーザースキャナによる計測の原理と限界をさらに理解し, 計測手法の改善を検討していく必要がある。

2021年1月19日に宮城県大崎市で発生した吹雪災害について

根本征樹 (防災科研 雪氷防災研究センター)

田邊章洋 (防災科研 雪氷防災研究センター)

荒川逸人 (防災科研 雪氷防災研究センター)

On the blowing snow disaster in Osaki, Miyagi on January 19, 2021

Masaki NEMOTO (Snow and Ice Research Center, NIED)

Takahiro TANABE (Snow and Ice Research Center, NIED)

Hayato ARAKAWA (Snow and Ice Research Center, NIED)

1. はじめに

2021年1月19日の正午ごろ、宮城県大崎市古川の東北自動車道下り線で、約140台の車両が関係する多重衝突事故が発生した。この事故は1月19日に東北地方の広範にわたり発生した非常に強い風による吹雪が要因となった、著しい視程障害によりもたらされたとされる。本稿では、災害発生当日に現地付近で実施した積雪調査や気象庁の地域気象観測システム(アメダス)などの気象データに基づき、当日における吹雪の発生状況やその要因に関して分析すること等を目的とする。

2. 実施内容

現地調査について、事故発生日である2021年1月19日の20時から22時頃にかけて、アメダス古川周辺の平坦地にて実施した。調査項目は現地の降積雪状況の確認や、積雪深や積雪構造の観測、周辺地域の道路における吹きだまりの発生状況などである。また事故が発生したとされる1月19日正午の前後を含む日時における気象状況について、周辺地域における気象状況の代表性が高いと推定されるアメダス古川のデータを活用して調べた。なお調査時においては当該事故や、継続的に発生している降雪や吹雪、ほかにも当日顕著であった著しいつるつる路面などの影響で一般道の広範においても渋滞や通行規制、通行止めが発生していた。そのため安全に最大限に配慮し、かつ現地の交通環境を阻害しないよう十分な注意を払い、事故発生地点の近傍までの移動は控えたほか、積雪断面観測についてはアメダス古川の所在地点付近の、交通を阻害しない、安全な場所にて実施した。

その他、吹雪予測モデルによる当該事象の予測可能性についても検討した。

3. 当日の気象概況および調査結果

図1に2021年1月19日12時の地上天気図を示す。東北付近で等圧線が混み合っており、この地域で強風が発現しやすい状態であった。この日に実施した積雪観測の実施地点(アメダス古川の付近)、および多重衝突事故の発生地点の位置関係を示す概略図を図2に示す。アメダス古川の場合および積雪観測実施地点は事故発生点から3km程度離れているが、図2に示した領域は江合川に沿った比較的平坦な領域(大崎平野)であり、吹雪発生時における気象状況について大きな差異は無く、この観測地点の結果は一定の代表性を有すると考える。

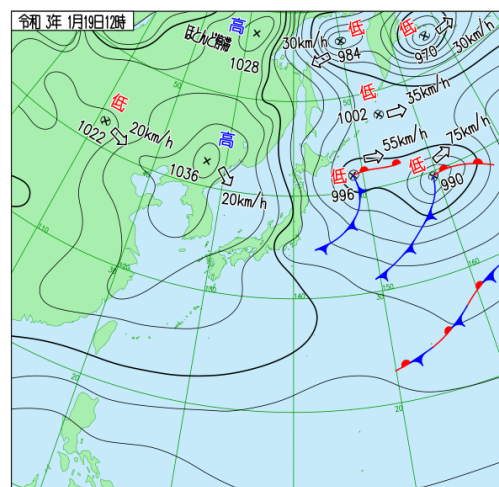


図1 2021年1月19日12時の地上天気図(気象庁)。

アメダス古川付近の平坦地上で簡易的な積雪断面観測を実施した結果を図 3 に示す。この場所の周辺における積雪深は 0.20 m ～ 0.25 m 程度で、また積雪内部の層はざらめ雪、こしもざらめ雪で構成され、表面はクラストが形成されていた。

付近の道路の路肩周辺には広範にわたり吹きだまりが形成されていた。図 4 は断面観測地点付近の道路路肩付近に形成された吹きだまり状況である。当日の卓越風向に沿って、西北西から東南東に向かって吹きだまりが発生しており、また他の場所でも同様の吹きだまりが多数確認された。吹きだまり表層付近の密度は 200 kg m^{-3} ～ 300 kg m^{-3} 程度であった（一部、 400 kg m^{-3} 程度の高密度となる部分も見られた）。吹きだまりを構成する雪粒子は新雪～こしまり雪（図 4b）とざらめ雪であった（図 4c）。

図 5 にアメダス古川で観測された気象要素の時系列を示す（風速、風向、気温は 10 分ごとの値、他の要素は 1 時間ごとの値）。1 月 19 日の明け方 4 時前後に $0.5 \sim 1.0 \text{ mm h}^{-1}$ 程度の降水（気温は 0°C ～ 氷点下であり降雪と思われる）があり、その後正午にかけて気温は -3°C 程度まで低下、風は著しく増加して高い吹雪の発生臨界（ $8 \sim 10 \text{ m s}^{-1}$ 程度）を大きく超えて、12 時には最大瞬間値で 27.8 m s^{-1} に達した。気象庁によればこの値は 1 月としては観測開始以来、最も強いものとされる。積雪深は明け方の降雪で 5cm 程度増加した後、12 時から 13 時にかけて 4 cm 減少しており、降り積もった新雪がほぼすべて風によって削剥され地吹雪に転化した可能性を示している。以上より、事故当日には低温、積雪、降雪、著しい強風といった、強い吹雪の発生条件が重なっていたことが理解できる。

4. 予測モデルとの対応

当日発生した吹雪について、数値モデル等を用いた予測の可能性を検討した例を以下に示す。吹雪予測について、防災科研雪氷防災研究センターで開発した雪氷災害発生予測システム（Nakai *et al.*, 2012）の一部をなしている吹雪予測モデルに基づき、大崎市を含む東北周辺における気象場、吹雪強度に

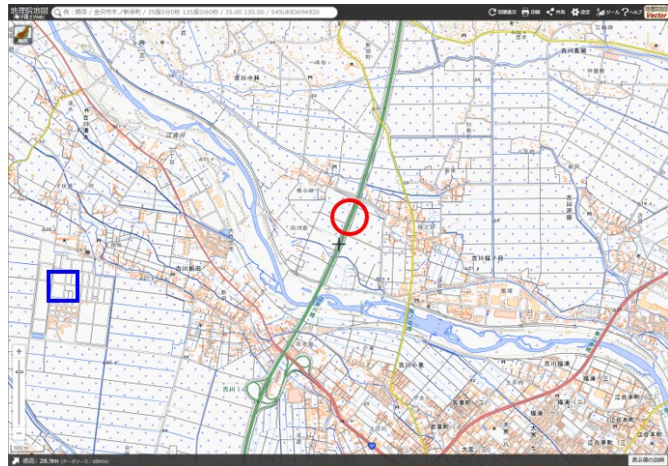


図 2 多重衝突事故発生地点と積雪観測実施地点の位置図。地理院地図（電子国土 Web）（国土地理院）を利用。丸印は多重衝突事故発生地点周辺、四角印はアメダス古川および積雪観測実施地点周辺の位置に対応する。

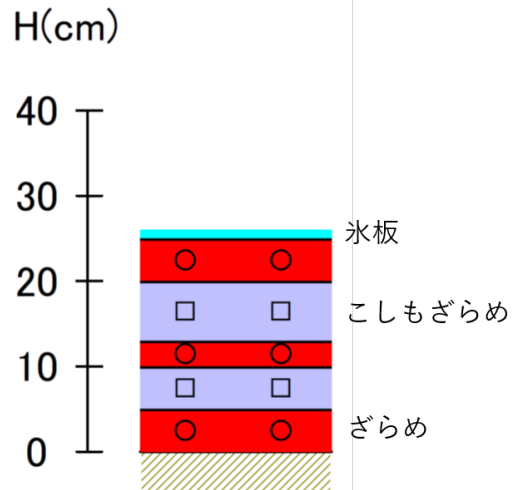


図 3 積雪断面観測結果（アメダス古川付近の平坦地にて実施）。図中、積雪表面の青色部分はクラスト（硬化した層）、○はざらめ雪、□はこしもざらめ雪をそれぞれ示す。

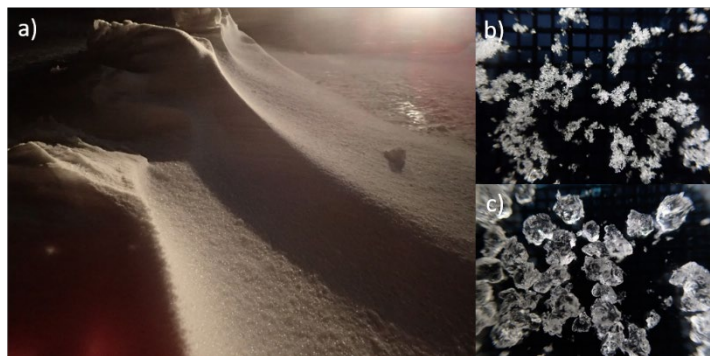


図 4 宮城県大崎市（アメダス古川付近）の道路路肩における吹きだまりの形成状況（a）、および吹きだまりを構成する雪粒子（b：新雪・こしまり雪、c：ざらめ雪）。

関わる諸量（視程，吹雪量など）を数値モデルにより計算し，予測値を得ている．気象要素の予測データとして，気象庁から配信されている気象庁メソスケールモデル（MSM）（石田，2005）による格子点データを用いて対象地域の気象予測を水平分解能 5 km で得ている．これにより，39 時間先までの予測データを 1 日に 8 回（0 時，3 時，6 時…），3 時間毎に得ることが可能となる．吹雪モデルの内容については根本ほか

（2016）を参照されたい．予測から得られた，吹雪発生時の視程分布の 2 時間毎の時間変化を図 6 に示す．日本海側の庄内平野や，太平洋側の大崎平野の付近で吹雪が発生して視程が低下し，特に大崎付近では 10 時，12 時において交通障害の危険性の目安となる視程 100 m 以下の領域（赤色）も発現している．これは大崎における当日の吹雪発生状況と矛盾しない結果である．しかしながら，アメダス古川の実測値を対象に，予測モデルの最近傍格子点での予測結果と比較した時系列（図 7）について，予測値は特に風速がかなりの過小評価となっており，吹雪モデルから予測された視程も最小値が 100 m 程度にとどまっている．実際には，報道等から，多重衝突事故が発生した正午ごろには局所的には視程がほぼゼロであったとされており，これについては定量的な予測が出来ていないといえる．一般に，吹雪現象は時間・空間的に変動が激しく，局所的な強度の違いも顕著と言えるが，こうした局所性の高い現象について空間解像度数キロ程度の予測を適用する場合には，予測の限界も含めて，十分な注意・判断が必要となる．

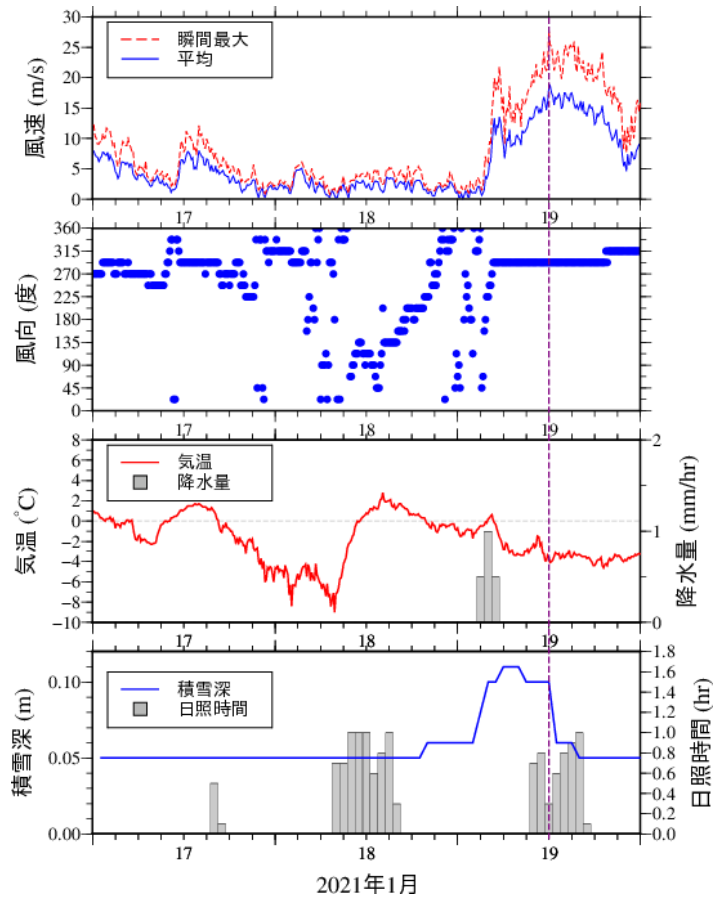


図 5 気象要素の時系列（アメダス古川）．図中，縦の点線は 1 月 19 日 12 時（正午）に対応する．

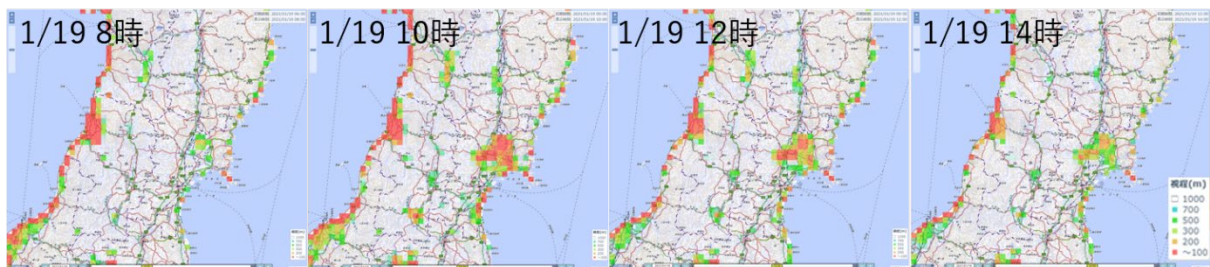


図 6 2021 年 1 月 19 日 8 時から 14 時までの 2 時間毎の視程分布（吹雪予測モデルによる予測値）．

5. まとめ

2021 年 1 月 19 日に宮城県大崎市古川周辺で発生した吹雪は近年においても顕著な強度のものであり，高速道路での多重衝突をもたらした．気象データや現地調査の結果から，当日は低温，積雪，降雪，著しい強風といった，強い吹雪の発生条件が重なっていたことがうかがえる．この地域では過去にも吹雪による事故が幾度か発生しているが，その要因の一つとして，当該地域が冬期の西風の吹き込みを受けやすい地形となっている可能性がある．図 8 は宮城県，山形県周辺の地形を示したもので

ある。両県の上に奥羽山脈が位置するが、東側の大崎平野から西側の庄内平野にかけて、山脈の標高が周辺より低くなっている部分や谷地形の部分があり、この部分を通して西から冬期季節風が流入しやすい環境となっている可能性がある。したがって今後もこの地域では同様の吹雪災害が生じうるため、冬期の強風時には注意が必要となる。

吹雪モデルによる予測情報は吹雪災害の警戒体制の構築や危険領域の把握など災害リスク軽減において有用と考えられるものの、本稿で示した例では、吹雪の発生自体は予測出来ていたものの、強度についてはかなり過小評価となっていた。局所性の高い吹雪現象に対して予測モデルを適用する場合、予測モデルの解像度や精度が大きな課題である。

【引用文献】

- 石田純一 (2005): 新しいメソ数値予報モデル, 平成 17 年度数値予報研修テキスト (気象庁予報部), 14-17.
- Nakai, S., Sato, T., Sato, A., Hirashima, H., Nemoto, M., Motoyoshi, H., Iwamoto, K., Misumi R., Kamiishi, I., Kobayashi, T., Kosugi, K., Yamaguchi, S., Abe, O. and Ishizaka, M. (2012): A Snow Disaster Forecasting System (SDFS) constructed from field observations and laboratory experiments, Cold Regions Science and Technology, **70**, 53-61.
- 根本征樹, 上石勲, 中村一樹(2016): 2014 年 2 月中旬に発生した北海道中標津町周辺の猛吹雪に関する数値実験, 防災科学技術研究所主要災害調査, **49**, 69-74.

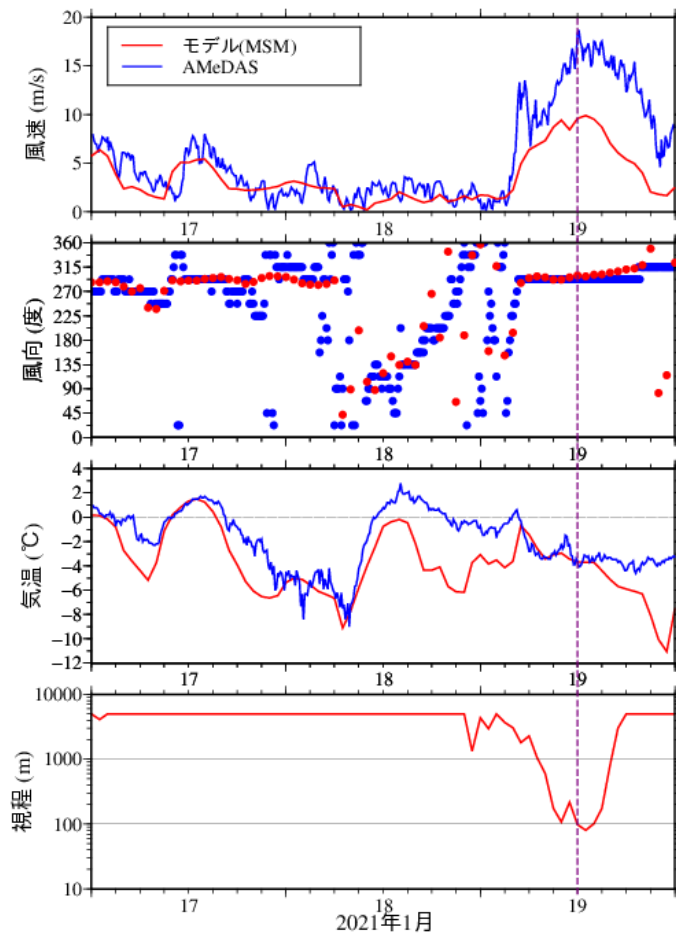


図 7 2021 年 1 月 19 日 12 時の予測例 (大崎市, アメダス古川付近). 風向, 風速, 気温は気象モデル (MSM) と実測値 (アメダス古川) との比較, 視程は MSM の気象要素予測値に基づき吹雪モデルから得られた結果. 事故現場からの距離は 2km 程度.

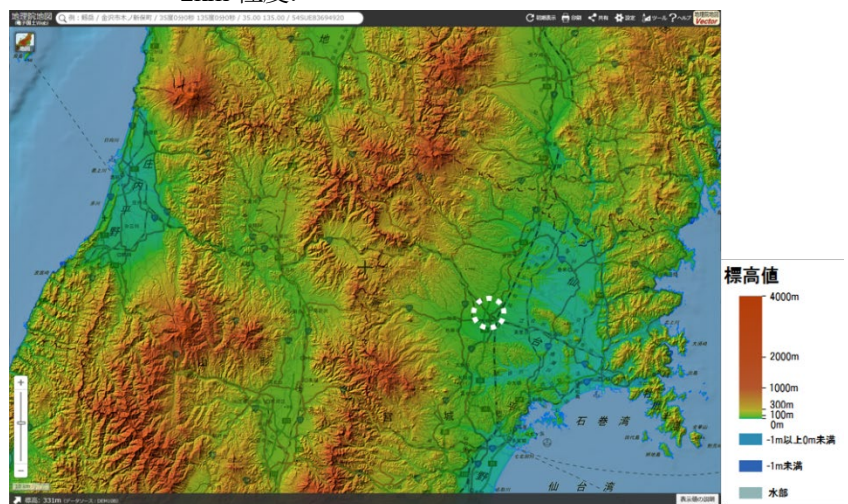


図 8 宮城県, 山形県周辺の地図および色別標高図. 丸印は多重衝突事故発生地点付近に対応. 地理院地図 (電子国土 Web) (国土地理院) を利用.

令和4年度東北雪氷賞受賞者の選考結果について

東北雪氷賞（功績賞）

受賞者：堀井雅史（日本大学名誉教授，工学博士）

受賞標題：積雪寒冷地の道路交通工学に関する研究ならびに日本雪氷学会東北支部の発展に寄与した功績

受賞理由：

路面凍結や降積雪は道路交通に大きな影響を与え，現代の積雪寒冷地における社会的課題が多く残されている．堀井雅史会員は，交通工学の観点からこれらの課題の研究に長年にわたり取り組んできた．東北地方を主な対象とした道路交通の視点における都市の類型化に関する研究や，ニューラルネットワークを用いた路面温度の予測方法に基づいた路面凍結予測に関する研究を推進した．また冬季道路交通の統計分析から雪氷路面状態が交通流に及ぼす影響について研究を行い，さらに冬季の地震による災害が交通網に与える影響についても検討を進めた．これらの研究の成果は学会誌等に多数発表され，複数の学会賞を受賞したことで表されるように学術的に高く評価されていることに加え，積雪寒冷地の発展につながる重要なものである．

堀井会員は雪氷学会東北支部において理事を2003～2006年度に，事務局を2005～2006年度に，監事を2009～2012年度に務めた．また，東北雪氷賞選考委員を2005～2008年度，2017～2018年度に務めた後，2019～2020年度には東北雪氷賞選考委員長を務めた．この様に当支部の要職を長年にわたり歴任し，運営と発展に寄与した功績は大きい．

以上の理由により，堀井会員は東北雪氷賞受賞者選考規程3（4）（功績賞）「雪氷学の発展に対する基礎的貢献，および雪国の発展，ならびに東北支部の運営，発展に関して，著しい貢献をなした者」にふさわしい者として選考した．

参考資料：

（論文等）

堀井雅史（2002）：積雪都市内道路における車頭時間分布特性に関する統計的分析．日本雪氷学会誌，**18**，217-223，doi:10.4106/jsse.18.217.

Horii, M. (2004): Road ice prediction model in snowy areas using neural network. Snow Engineering V (Proceedings of the Fifth International Conference on Snow Engineering), Balkema, Rotterdam, 23-27.

堀井雅史（2004）：東北地方における冬季道路網整備計画策定手法に関する一検討．日本雪氷学会誌，**20**，251-257，doi:10.4106/jsse.20.251.

堀井雅史（2006）：一般道における路面凍結予測モデルについて．東北の雪と生活，**21**，21-24.

Horii, M. (2008): Study on priority of restoration of closed roads in a network

on redundancy after heavy snowfall. Snow Engineering VI (Proceedings of the Sixth International Conference on Snow Engineering), CD-ROM.

堀井雅史 (2008): 冬季道路における路面温度・凍結予測モデルの構築. 日本雪工学会誌, **24**, 267-272, doi:10.4106/jsse.24.267.

堀井雅史 (2011): 道路の路面凍結予測について. (社)日本雪氷学会東北支部設立 25 周年記念誌東北の雪と生活 -雪氷研究の回顧と展望-, 104-108.

堀井雅史 (2013): 冬季道路の線的路面温度予測モデルの構築. 日本雪工学会誌, **29**, 13-22, doi:10.4106/jsse.29.13.

Horii, M. and Hayami, T. (2016): Model for forecasting expressway surface temperature in snowy areas. Journal of Natural Disaster Science, **37**, 49-64, doi:10.2328/jnds.37.49.

(受賞歴)

1991 年 東北雪氷賞 (学術奨励賞) (日本雪氷学会東北支部)

標題: 東北の雪と道路交通に関する研究

2004 年 東北雪氷賞 (学術賞) ((社)日本雪氷学会東北支部)

標題: 積雪都市における路面凍結と交通量の予測に関する統計的研究

2013 年 学術賞 (日本雪工学会)

標題: 冬季道路における路面温度予測モデルの構築に関する一連の研究

東北雪氷賞(功績賞)を受賞して

堀井雅史(日本大学名誉教授)



このたびは、東北雪氷賞(功績賞)をいただき、誠にありがとうございました。このような栄誉を与えていただいた推薦者をはじめ選考委員会の皆様方に深く御礼申し上げます。また、定年から約1年経過した時点での受賞は大変うれしく思っています。

私と雪との出会いは、学生時代に私が在籍していた東北大学の福田正先生の研究室で文部省科学研究費自然災害特別研究「都市の豪雪による災害とその対策」の分担が決定した時から始まっております。この特別研究は、当時支部長でおられました故渡辺善八先生が研究代表者を務められておられました。このおかげで私は豪雪地帯で有名な長岡市で積雪と交通流の研究をさせていただけることになり、雪について勉強し、長

岡市に調査のため何度も行きました。昭和56年1月のことでした。調査を終えて、仙台に飛行機で帰ろうと新潟駅まで出てきたところ、豪雪のために欠航ということを知りました。鉄道も米坂線、磐越西線が停止しており、東京にしか行けない状態でした。東京についた後も東北本線が不通で何日か東京に滞在したことを記憶しております。この時ほど、豪雪が交通にいかに大きな影響を及ぼすかを知らされたことはありませんでした。それ以来、積雪寒冷地における道路交通に関する研究を行ってきました。

今回の受賞理由は「積雪寒冷地の道路交通工学に関する研究ならびに日本雪氷学会東北支部の発展に寄与した功績」であり、私がこれまで取り組んできた雪と交通に関する研究に対して総合的に評価していただいたものと考えます。以下に受賞理由となった研究内容について簡単に紹介します。

まず、冬季交通流に対する統計的分析についてです。積雪都市内道路における交通流は、さまざまな要因に加えて冬季には降・積雪による影響を大きく受け、路面状態の悪化、幅員の減少などによって複雑な挙動をします。したがって、その予測は困難になってきますが、毎年雪によって交通が阻害され、巨額の除排雪費が支出されていることを考えると、効率的除排雪計画のためにその阻害要因と影響度合いを定量化する必要があると考えられます。そこで冬季交通流に対する検討として、積雪都市内道路における旅行速度予測モデルの構築、車頭時間分布の統計的分析などを試みており、路面状態が交通流に及ぼす影響の把握を目指して研究を行いました。

二つ目は、東北地方と新潟県の78都市における社会経済活動、道路整備状況、除排雪に関する指標を用いて都市の地域特性を分析し、それによる都市の類型化と、豪雪法による分類と比較することにより、積雪地域の分類基準を設定する手法の検討を試みています。

さらには、積雪寒冷地域の道路網整備計画についてです。東北地方には多くの冬季通行不能区間が存在しますが、豪雪時にはそれ以外も通行不能区間が発生する可能性があります。そのような場合、冬季通行不能区間をどのように整備し、地域間交通を確保するかという問題は、積雪寒冷地域の道路網整備計画において1つの大きな課題と考えられます。これに対して、ある区間が何らかの原因で遮断されたとしても迂回することが可能であるという代替性の確保の観点からの冬季通行不能区間の整備優先順位の設定方法について検討を行っています。

最後に路面凍結予測については、これまで東北自動車道、磐越自動車道、一般国道45号、49号の道路管理者による観測データをもとに3時間後に路面凍結が発生するか否かをニューラルネットワークによる路面温度予測モデルと判別分析を用いた路面上水分検知モデルからなる予測モデルを用いて検討を行い、ある程度の予測性能を有していることを確認しました。さらに、路面温度について

は、ある地点の路面温度学習モデルで対象路線内の他地点の路面温度予測が可能か否かの線的予測についても検討しており、良い成果が得られています。今後は線的路面凍結予測モデルを構築できれば、効率的凍結防止剤散布を支援できるものと考えられます。これについては課題として残っています。以上が受賞対象となった研究内容です。

次に、東北支部への貢献については、これまでにいろいろな係を務め、それらについて評価いただいたと思いますが、その中で教員生活最後の係となった東北雪氷賞選考委員長については、選考委員会のご協力をいただき、無事に仕事を終えることができました。改めてお礼申し上げます。そしてこの仕事を終えて、大学での教員生活・学会活動を終了するはずでしたが、学会活動については事情があり、1年延長していたところ、今回東北雪氷賞(功績賞)をいただいたことで、もう少し学会活動を継続しようと考えています。

最後に、これまでご指導いただいた福田先生をはじめ多くの先生方に深く感謝申し上げこれまで資料を提供いただいた関係機関の皆様に感謝申し上げます。ありがとうございました。

公益社団法人日本雪氷学会 2022 年度東北支部理事会 議事録

日 時：2022 (令和 4 年) 年 5 月 18 日
(水) 10:00~11:30

開催方式：オンライン

出席者：15 名 (支部長・理事 9 名, 委任状 2 名, 監事 2 名, 事務局 2 名)

配布資料：公益社団法人日本雪氷学会東北支部 2022 年度理事会資料

資料 1 2021 年度事業報告

資料 2 2021 年度会計報告

資料 3 2022 年度事業計画 (案)

資料 4 2022 年度予算計画 (案)

資料 5 2022 年度東北雪氷賞受賞者の選考

資料 6 2022 年度の支部大会開催等について

資料 7 2023 年度雪氷研究大会について

資料 8 2021 年度事業監査報告

議事：若林支部長挨拶の後、支部長が議長となり議事に入った。委任状提出理事 2 名を含み、支部長および理事の出席は 11 人全員であった。

議題 1. 2021 年度事業報告及び 2021 年度会計報告について

資料 1 及び 2 に基づき、荒川会計幹事から説明があり、承認された。

議題 2. 2021 年度東北支部監査報告について

資料 8 に基づき、佐々木監事及び柳澤監事から 2021 年度事業内容に関する監査結果が報告された。

議題 3. 2022 年度事業計画 (案) 及び 2022 年度予算計画 (案) について

資料 3 及び 4 に基づき、荒川会計幹事から説明があり、承認された。

議題 4. 2022 年度東北雪氷賞受賞者の選考

について

資料 5 に基づき、山崎東北雪氷賞選考委員長からの選考結果が示され、1 名の功績賞の受賞が承認された。

議題 5. 2022 年度の支部大会開催等について

資料 6 に基づき、若林支部長から、新型コロナウイルス感染症が収束していないことを鑑み、次の 2 点が提案され承認された。

① 今年度の支部大会(総会、授賞式、研究発表会)のオンライン開催。

② 2022 年度特別講演会のオンライン開催

議題 6. 2023 年度雪氷研究大会について

資料 6 に基づき、若林支部長から、2023 年度の雪氷研究大会が雪氷学会理事会において東北地方で開催することが求められていることが報告され、会場の候補地やスケジュールの素案が提案された。今後、準備に向けて継続的に協議を行い、東北支部全体で開催準備を行うことが確認された。

その他。

・会計報告は予算と対比できると良いとの意見があり、総会では資料を修正することとした。

・今後も使用可能性のある zoom アカウントについて雪氷学会東北支部で契約することを検討することになった。

・東北支部研究発表会の発表件数が減少していることに対する対策として、以下の意見が出された。

-学生を対象として優秀発表に対する賞を考える。

-雪氷学会員、東北支部に限定せずアナウンスする。

以上

公益社団法人日本雪氷学会 2022 年度東北支部総会 議事録

日 時:2022 年 5 月 21 日(土) 9:15~10:30

開催方式: オンライン

出席者: 18 名(うち委任状 2 名)

配付資料: 公益社団法人日本雪氷学会東北
支部 2022 年度総会資料

資料 1: 2021 年度事業報告

資料 2: 2021 年度収支報告書

資料 3: 2022 年度事業計画(案)

資料 4: 2022 年度予算計画(案)

資料 5: 事業監査報告書

資料 6: 2021 年度東北雪氷賞受賞者の選
考結果

資料 7: 2023 年度雪氷研究大会について

旨の報告があった。

議題 6. 2023 年度雪氷研究大会について

資料 7 に基づき、若林支部長から、2023 年度の雪氷研究大会が雪氷学会理事会において東北地方で開催することが求められていることが報告され、会場の候補地やスケジュールの素案が提案された。今後、準備に向けて継続的に協議を行い、東北支部全体で開催準備を行う方針が示された。

以上

議事: 若林支部長挨拶の後、支部長が議長となり議事に入った。

議題 1. 2021 年度事業報告について

資料 1 及び資料 5 の佐々木監事および柳澤監事からの事業内容に関する監査結果が荒川会計幹事から示され、2021 年度事業報告が承認された。

議題 2. 2021 年度収支報告について

資料 2 が荒川会計幹事から示され、2022 年度収支報告が承認された。

議題 3. 2022 年度事業計画・予算計画について

資料 3 及び 4 に基づき荒川会計幹事から説明があり、2022 年度事業計画・予算計画が承認された。

議題 4. 2022 年度東北雪氷賞受賞者の選考について

資料 6 に基づき、山崎東北雪氷賞選考委員長から選考結果が示され、1 件の推薦(功績賞)があり、理事会において承認された。

2021 年度(公社)日本雪氷学会東北支部事業報告

1. 研究会・研修会事業

(1) 研究発表会の開催

日 時：2021 年 5 月 8 日(土) 10:45～17:15

開催方式：オンライン

発表件数：19 件

参加者数：27 名

(2) 積雪観測講習会は新型コロナウイルス感染症拡大の影響により中止

2. 普及・啓発, 表彰事業

(1) 東北雪氷賞授賞式の開催

日 時：2021 年 5 月 8 日(土) 9:15～10:30

開催方式：オンライン

東北雪氷賞受賞者：

学術奨励賞：金高義(福島工業高等専門学校)

受賞表題：寒冷地の地盤及び建物周囲の吹き溜まりに関する工学的研究

(2) 東北雪氷賞選考委員会の開催

開催期間：2022 年 3 月 1 日～3 月 25 日

3. 出版事業

(1) 機関誌「東北の雪と生活」36 号の刊行(2022 年 3 月 3 日)

(2) ニュースレターの刊行(2 回)

No.72(2021 年 4 月 23 日), No.73(2022 年 3 月 31 日)

4. その他

(1) 2021 年度支部理事会の開催

開催期間：2021 年 4 月 14～21 日/文書審議

(2) 2021 年度支部総会の開催

日 時：2021 年 5 月 8 日(土) 9:15～10:30

場 所：防災科学技術研究所雪氷防災研究センター新庄雪氷環境実験所
(新庄市, オンライン参加を併用)

(3) 支部メーリングリストの管理

2021年度 収支報告書

				2021年度予算	2021年度決算	備考
収入合計				53,900	－	
事業収入	研究会講習会	研究発表会		37,500	－	オンライン開催
		特別講演会		－	－	感染症対策のため中止
		講習会		19,400	－	感染症対策のため中止
	出版収入	出版収入		34,500	－	年度末発行となり本部へ収支報告に間に合わず。実際には18,000円の収入。
支出合計				189,100	146,496	
事業費				189,100	146,496	
	研究会講習会	研究発表会	研究発表会	48,000	5,766	オンライン開催・褒章のみ
		特別講演会	支部表彰	10,000	－	感染症対策のため中止
		講習会	諸謝金	51,100	－	感染症対策のため中止
		褒章	東北雪氷賞	－	－	支部表彰に含む
	出版収入	支部機関誌		69,000	140,730	
		ニューズレター発行		11,000	－	
管理費				－	－	
	会場費			－	－	研究発表会などオンラインのため会場費などの支出なし
収支差額				－135,200	－146,496	

2021年度 東北支部 収支報告書

事業名：東北支部 研究発表会の開催（いわき市）

経常収益の部	科 目	金 額	備 考
	事業収益		
	経常収益合計	0	
経常費用の部	科 目	金 額	備 考
	事業費 褒章記念品 賞状および賞状筒	4,424 1,342	オンライン開催 学術奨励賞×1人 1組
	経常費用合計	5,766	
	当期経常増減額	-5,766	

事業名：東北支部機関誌「東北の雪と生活」36号の刊行

経常収益の部	科 目	金 額	備 考
	事業収益		
	経常収益合計	0	
経常費用の部	科 目	金 額	備 考
	事業費 印刷製本費 郵送費	132,000 8,730	30冊作成 発送経費
	経常費用合計	140,730	
	当期経常増減額	-140,730	

棚卸資産

担当	機関誌名	原価	2020年度末(21/3/31)		2021年度末(22/3/31)	
			在庫数	資産額	在庫数	資産額
本部	雪氷81巻1号	564	50	28,200	-	0
	雪氷81巻2号	473	109	51,557	-	0
	雪氷81巻3号	479	112	53,648	-	0
	雪氷81巻4号	485	166	80,510	-	0
	雪氷81巻5号	373	89	33,197	-	0
	雪氷81巻6号	562	50	28,100	-	0
	雪氷82巻1号	1,023	113	115,599	-	0
	雪氷82巻2号	1,003	-	-	-	0
	雪氷82巻3号	972	-	-	-	0
	雪氷82巻4号	601	-	-	-	0
	雪氷82巻5号	886	-	-	-	0
	雪氷82巻6号	743	-	-	-	0
	雪氷83巻1号	1,046	-	-	-	0
	小計			390,811		0
北海道支部	雪崩・積雪分類	248	96	23,808	0	0
	小計			23,808		0
	2020予稿集	791	5	3,955	-	0
	2021予稿集	1,400	-	-	-	0
	小計			3,955		0
	BGR No.35-36	2,560	10	25,600	-	-
	BGR No.37-38	2,753	10	27,530	-	0
	積雪観測ガイドブック	2,000	24	48,000	0	0
	小計			101,130		0
	本部 計			519,704		0
	北海道の雪氷No.39(モノクロ)	1,350	3	4,050	-	0
	北海道の雪氷No.39(カラー)	4,500	3	13,500	-	0
	北海道の雪氷No.40(モノクロ)	1,250	-	-	-	0
	北海道の雪氷No.40(カラー)		-	-	-	0
東北支部	東北の雪と生活No.35	2,071	9	18,639	-	0
	東北の雪と生活No.36	4,400	-	-	8	35,200
北信越支部	雪氷北信越No.40	766	9	6,894	-	0
	雪氷北信越No.41	957	-	-	-	0
合計				562,787		35,200

2022年5月16日

東北支部監査報告書

公益社団法人 日本雪氷学会
東北支部 支部長 若林 裕之 殿

公益社団法人 日本雪氷学会
東北支部 監事 佐々木 幹夫 

2021年4月1日から2022年3月31日までの2021年度における東北支部事業について
行った監査について以下のように報告する。

1. 監査方法

東北支部の事業について、2021年度東北支部事業計画に基づいて、業務執行の妥当性
を検討した。

2. 監査意見

東北支部の2021年度事業計画と2021年度事業報告を照合した結果、適切に事業が行
われていることを確認した。

2022年4月1日

東北支部監査報告書

公益社団法人 日本雪氷学会
東北支部 支部長 若林 裕之 殿

公益社団法人 日本雪氷学会
東北支部 監事 柳澤 文孝



2021年4月1日から2022年3月31日までの2021年度における東北支部事業について行った監査について以下のように報告する。

1. 監査方法

東北支部の事業について、2021年度東北支部事業計画に基づいて、業務執行の妥当性を検討した。

2. 監査意見

東北支部の2021年度事業計画と2021年度事業報告を照合した結果、適切に事業が行われていることを確認した。

2022 年度(公社)日本雪氷学会東北支部事業計画

1. 研究会・研修会事業

(1) 研究発表会の開催

日 時：2022 年 5 月 21 日（土）10:45～12:00, 15:15～16:30
22 日（日） 9:00～11:30

開催方式：オンライン（Zoom）

共 催：日本雪工学会北東北支部

(2) 特別講演会の開催

日 時：2022 年 5 月 21 日（土）13:15～14:45

開 催：オンライン

主 催：日本雪氷学会東北支部

共 催：日本雪工学会北東北支部

発表時間：各 45 分程度、合計 90 分程度の予定

参 加 費：無料

配信方式：ZOOM 及び YouTube Live

講 演 者：

・谷川朋範氏（気象研究所）

「積雪の光学特性と衛星リモートセンシング」

・永井裕人氏（早稲田大学）

「衛星搭載合成開口レーダーを利用した積雪深空間分布推定」

(3) 見学会または雪に関する講習会の開催（1ヶ所）

2. 普及・啓発, 表彰事業

(1) 東北雪氷賞授賞式の開催

日 時：2022 年 5 月 21 日（土）9:15～10:30

開催方式：オンライン

(2) 東北雪氷賞選考委員会の開催

3. 出版事業

(1) 機関誌「東北の雪と生活」37 号の刊行

(2) ニュースレターの刊行（2 回）

4. その他

(1)2022 年度支部理事会の開催

開催期間：2022 年 5 月 18 日 10:00～11:30

開催方式：オンライン

(2)2022 年度支部総会の開催

日 時：2022 年 5 月 21 日（土） 9:15～10:30

開催方式：オンライン

(3)支部メーリングリストの管理

2022年度 収支予算

				2022年度予算	2022年度決算	備考
収入合計				53,900	-	
事業収入	研究会講習会	研究発表会		37,500	-	現地開催の場合
		特別講演会		-	-	
		講習会		19,400	-	
	出版収入	出版収入		34,500	-	
支出合計				209,600	-	
事業費				209,600	-	
	研究会講習会	研究発表会	研究発表会 支部表彰	48,000		現地開催の場合
		特別講演会	諸謝金	30,500		
		講習会		51,100		
		褒章	東北雪氷賞	-		支部表彰に含む
	出版収入	支部機関誌 ニューズレター発行		69,000 11,000	-	
管理費				-	-	
会場費				-	-	
収支差額				-155,700	-	

2022年度 東北支部 収支予算

事業名：東北支部 研究発表会の開催（現地開催の場合）

2022年4月1日から2023年3月31日まで

経常 収 益 の 部	科 目	金 額	備 考
	事業収益 研究大会事業収益	37,500	一般参加費（1,000円×30人） 学生参加費（500円×3人） 非会員参加費（2,000円×3人）
	経常収益合計	37,500	
経常 費 用 の 部	科 目	金 額	備 考
	事業費 消耗品費 会場費 臨時雇賃金 褒賞記念品 手数料	6,500 9,000 20,000 12,000 500	コピー用紙代等 会場・備品使用料 アルバイト代（3名分） 褒賞記念品（2名分） 振込手数料
	経常費用合計	48,000	
	当期経常増減額	-10,500	

2022年度 東北支部 収支予算

事業名：東北支部 特別講演会

2022年4月1日から2023年3月31日まで

経常 収 益 の 部	科 目	金 額	備 考
	事業収益		
	経常収益合計	0	
経常 費 用 の 部	科 目	金 額	備 考
	事業費 諸謝金 旅費交通費	10,000 20,500	講師（非学会員1名）謝礼金 旅費交通費、宿泊費（20500円×1人）
	経常費用合計	30,500	
	当期経常増減額	-30,500	

2022年度 東北支部 収支予算

事業名：東北支部 講習会の開催

2022年4月1日から2023年3月31日まで

経常 収益の 部	科 目	金 額	備 考
	事業収益 研修会事業収益	19,400	一般参加費 (1,700円×8人) 学会員参加費 (700円×8人) 学生参加費 (200円×1人)
	経常収益合計	19,400	
経常 費用の 部	科 目	金 額	備 考
	事業費 旅費交通費 資料代 会場費 消耗品費 手数料	41,000 2,000 6,100 1,500 500	旅費交通費、宿泊費 (20500円×2人) 当日配布資料 会場使用料 コピー用紙 (終了証書) 等 振込手数料
	経常費用合計	51,100	
	当期経常増減額	-31,700	

2022年度 東北支部 収支予算

事業名：東北支部機関誌「東北の雪と生活」37号の刊行

2022年4月1日から2023年3月31日まで

経常 収益の 部	科 目	金 額	備 考
	事業収益 出版事業収益	34,500	冊子代 (2300×15冊：会員)
	経常収益合計	34,500	
経常 費用の 部	科 目	金 額	備 考
	事業費 印刷製本費	69,000	冊子作成 (梱包・郵送費含) 30冊 (賛助・特別会員等15+会員15)
	経常費用合計	69,000	
	当期経常増減額	-34,500	

2021年度 東北支部 収支予算

事業名：東北支部 ニュースレターの刊行

2022年4月1日から2023年3月31日まで

経常 収益の 部	科 目	金 額	備 考
	事業収益		
	経常収益合計	0	
経常 費用の 部	科 目	金 額	備 考
	事業費 消耗品費 郵送費	1,000 10,000	封筒・コピー用紙等 特別会員・賛助会員等 2回/年
	経常費用合計	11,000	
	当期経常増減額	-11,000	

公益社団法人日本雪氷学会東北支部 支部規程施行内規

- 第1条 本支部は公益社団法人日本雪氷学会東北支部と称する。
- 第2条 本支部は公益社団法人日本雪氷学会定款第3条の目的を達成する為に下記の事業を行なう。
1. 雪氷および寒冷に関する調査および研究
 2. 研究会、講演会、見学会等の開催
 3. 支部会誌その他資料の刊行
 4. その他本法人の目的達成に必要な事業
- 第3条 本支部の会員は東北地方の日本雪氷学会名誉会員、終身会員、正会員、特別会員、賛助会員、団体会員および東北地方以外の希望する会員とする。
- 第4条 本支部に次の役員を置く。
- | | |
|------|-------------|
| 支部長 | 1名 |
| 副支部長 | 若干名 |
| 顧問 | 若干名 |
| 理事 | 10名以上、15名以内 |
| 監事 | 2名 |
| 幹事 | 若干名 |
- 第5条 支部長は支部からの推薦に基づき、定款施行細則第28条により、定款第20条に定める理事の中から理事会において選出する。
- 第6条 理事および監事は、支部総会において支部会員の中から選任する。ただし、理事については原則として各県1名以上とする。
- 第7条 副支部長は必要に応じてこれを理事の中から支部長が委嘱する。
- 第8条 幹事（幹事長、総務幹事、会計幹事、各県幹事）は支部会員の中から支部長が委嘱する。ただし、各県幹事は必ずしも会員であることを問わない。
- 第9条 支部長は本支部を代表しその会務を総理する。
- 第10条 副支部長は支部長を補佐し、支部長に事故あるときは、あらかじめ支部長が指名した順序でその職務を代行する。
- 第11条 理事会は支部長、副支部長、理事で構成され、重要な事項を決議する。
- 第12条 監事は支部の事業を監査する。
- 第13条 幹事会は幹事長、幹事で構成され、支部長の指示を受けて会務ならびに会計を処理する。
- 第14条 支部長の任期は2年とする。ただし、通算4年を超えて在任することはできない。
- 2 支部長を除く役員の任期は2年とする。ただし、原則として連続する2期を超えて同一役職を務めることはできない。
 - 3 補欠による役員の任期は、前任者の残任期間とする。
- 第15条 本支部に顧問をおくことができる。顧問は理事会の議を経て支部長がこれを委嘱する。
- 第16条 本支部は、必要に応じて各種の委員会を設けることができる。委員会の委員長は理事会の議を経て支部長がこれを委嘱する。
- 第17条 本支部は毎年1回定期総会を開くほか、必要に応じ臨時総会を開く。
- 第18条 総会において下記事項の承認を受けなければならない。
1. 会務の報告
 2. 新年度の事業方針
 3. 役員の決定
 4. 支部規程施行内規の変更
 5. その他重要な事項

第19条 本支部の事業年度は毎年4月より翌年3月までとする。

附 則 本内規は平成25年5月31日から施行する。

附 則 本内規は平成29年5月12日から一部改正する。

東北雪氷賞受賞者選考規程

昭和 63 年 4 月 1 日施行
平成 12 年 5 月 12 日改正
平成 13 年 5 月 18 日改正
平成 15 年 5 月 16 日改正
平成 19 年 5 月 11 日改正
平成 21 年 5 月 8 日改正
平成 25 年 5 月 31 日改正
平成 27 年 5 月 15 日改正
令和 2 年 8 月 31 日改正

公益社団法人日本雪氷学会東北支部規程施行内規第 2 条第 4 項による東北雪氷賞は、その受賞者をこの規程によって決定する。

1. 支部長は、受賞候補者を選定するために、東北雪氷賞受賞候補者選考委員会（以後、委員会という）を設ける。
2. 委員会は数名をもって組織し、委員長をおくこととし、支部長がこれを委嘱する。
3. 支部長は、毎年、支部会員等により下記の項目に該当する候補者の推薦を求める。推薦は自薦も含み、また委員会委員も候補者を推薦することができるものとする。
 - (1) 東北雪氷賞（学術賞）……雪氷学の発展に貴重な貢献を与える研究をなした者。ただし、学会誌に掲載論文を有する者とする。
 - (2) 東北雪氷賞（学術奨励賞）……原則として 40 歳以下の者で、現在の研究が今後発展して、雪氷学の発展に貴重な貢献をなすと考えられる者。
 - (3) 東北雪氷賞（技術賞）……雪氷技術の発展に貴重な貢献となる研究または開発を行った者および雪氷技術を通して社会に著しい貢献をなした者。
 - (4) 東北雪氷賞（功績賞）……雪氷学の発展に対する基礎的貢献、および雪国の発展、ならびに東北支部の運営、発展に関して、著しい貢献をなした者（団体、個人を問わない）。
 - (5) 東北雪氷賞（特別功績賞）……長年にわたり、東北地方において、雪氷学ならびに雪国社会文化発展に著しい貢献度を有するもの。
4. 候補者を推薦する者は、毎年 2 月末日までに、下記の項目を記載した書類を委員会委員長に提出するものとする。
 - (1) 東北雪氷賞（学術賞）、東北雪氷賞（学術奨励賞）、東北雪氷賞（技術賞）、東北雪氷賞（功績賞）、東北雪氷賞（特別功績賞）の区別。
 - (2) 推薦者の氏名、所属、職名。
 - (3) 受賞候補者の氏名（または団体名）、所属、職名、学位。
 - (4) 推薦理由書（○○○に関する研究、○○○の功績、などの標題を掲げ、500 字ほどに纏めたもの）。
 - (5) 東北雪氷賞（学術賞）、東北雪氷賞（学術奨励賞）の候補者の推薦にあたっては、該当する論文、著書、またはその写しを添付する。
 - (6) 東北雪氷賞（功績賞・特別功績賞）、東北雪氷賞（技術賞）の候補者の推薦にあたっては、著書・新聞記事の写しなど、その賞に値するもの、あるいは、客観的評価を得たものがあればそれを添付する。

5. 委員会は、推薦書類に基づき、その年の受賞候補者を項目ごとに選考し、3月末日までに推薦書類等を添付して選考結果を支部長に報告する。
6. 受賞者は、理事会の議を経て決定する。
7. 東北雪氷賞は、賞状および記念品とし、通常総会においてこれを贈呈する。
8. 本規約は改正の日から施行する。

東北雪氷賞 受賞者リスト

回	年度	学術賞	学術奨励賞	功績賞
1	昭和 63(1988)	なし	なし	中村 勉 桂木 公平
2	平成 元(1989)	鈴木 道也	なし	太田 祖電
3	平成 2(1990)	石橋 秀弘	なし	高橋喜一郎
4	平成 3(1991)	佐藤 清一	阿部 修 堀井 雅史	小島忠三郎
5	平成 4(1992)	塚原 初男	力石 國男 山形大学農学部附属演習林グループ 東北電力(株)応用技術研究所雪氷技術研究室	なし
6	平成 5(1993)	矢野 勝俊	佐藤 威 太田 岳史	なし
7	平成 6(1994)	伊藤 驍	大谷 博弥	日本地下水開発(株)
8	平成 7(1995)	卜蔵 建治	小杉 健二	なし
9	平成 8(1996)	東浦 将夫	飯田 俊彰	安濃 恒友 小畑 勇 篠島 健二
10	平成 9(1997)	佐藤 篤司	山谷 睦	(特)渡邊善八(故人)
11	平成 10(1998)	柳沢 文孝	なし	(特)北村昌美 土屋 巖 PSG 工法研究会
12	平成 11(1999)	佐藤幸三郎	なし	なし
13	平成 12(2000)	なし	なし	矢野 勝俊(故人)
14	平成 13(2001)	力石 國男 山崎 剛	なし	防災科学技術研究所・長岡雪氷防災研究所新庄支所
15	平成 14(2002)	佐藤 威	鈴木 和良	(特)高橋 喜平
16	平成 15(2003)	阿部 修	なし	塚原 初男
17	平成 16(2004)	堀井 雅史	なし	なし
18	平成 17(2005)	なし	なし	安彦 宏人 梅宮 弘道
19	平成 18(2006)	なし	赤田 尚史 根本 征樹	佐藤 清一
20	平成 19(2007)	渡邊 明	蔵王雪氷研究グループ	伊藤 驍
21	平成 20(2008)	なし	原田敏一郎 山口 正敏	なし
22	平成 21(2009)	小杉 健二	本谷 研	なし
23	平成 22(2010)	なし	石田 祐宣	佐藤幸三郎
24	平成 23(2011)	なし	梅村 順	東浦 将夫(故人) 三崎 安則
25	平成 24(2012)	なし	朝岡 良浩	力石 國男
26	平成 25(2013)	赤田 尚史	なし	秋田雪の会

回	年度	学術賞	学術奨励賞	技術賞	功績賞
27	平成 26(2014)	後藤 博	なし	阿部 孝幸	横山 孝男
28	平成 27(2015)	なし	なし	望月 重人	(特)沼野 夏生 渡邊 明
29	平成 28(2016)	なし	なし	なし	阿部 修
30	平成 29(2017)	根本 征樹	なし	なし	佐々木 幹夫
31	平成 30(2018)	なし	なし	平山 順子	なし
32	令和元(2019)	若林 裕之	なし	なし	山崎 剛
33	令和 2(2020)	なし	なし	なし	沼澤 喜一 柳澤 文孝
34	令和 3(2021)	なし	金 高義	なし	なし
35	令和 4(2022)	なし	なし	なし	堀井 雅史

昭和 63 年度に制度制定、(特)は特別功績賞

技術賞は平成 26 年度より制定

日本雪氷学会東北支部「東北の雪と生活」投稿規程

平成 20 年 6 月 30 日施行

平成 28 年 3 月 18 日改定

1. 投稿資格

投稿の著者(連名の場合は1名以上)は、日本雪氷学会の会員でなければならない。ただし、特に編集委員会が認めたものについてはこの限りではない。

2. 投稿手続き・受理

2.1 投稿できる原稿は、5. に定める論文、報告、解説、資料、その他とする。

2.2 投稿原稿は、6. に定める規定ページ数を守らなければならない。満たさない場合は原稿を返却する。

2.3 投稿にあたっては、原稿執筆要項にしたがい A4 用紙 1 段組で完成原稿としてそのまま印刷可能な形にして提出するものとする。なお、提出は、PDF もしくは MS-Word とする。原稿は要請が無ければ返却しない。

なお、カラーの図表を用いる場合は、白黒でも判別可能なものとする。

2.4 原稿は、自筆署名を行った著作権譲渡承諾書とともに編集委員長宛に提出すること。受理日は到着日とするが、大会で報告したものについては大会開催日とする。なお、提出締め切りは大会毎に定める。

2.5 一連の研究を投稿する場合も、各報の論文題名は同一のものであってはならない。同一の場合はⅠ、Ⅱの記号を題目に明記すること。

3. 原稿の採否

投稿原稿の採否は編集委員会が決定する。編集委員会は投稿原稿について訂正や種別の変更を求めることがある。訂正を求められた原稿が指定された返送日より遅延した場合は掲載しないことがある。

4. 原稿の取下げ

4.1 原稿を取下げたい場合は、執筆者が編集委員長宛にその理由を提出しなければならない。

4.2 一度取下げた原稿の再投稿は、すべて新原稿として受理する。

5. 投稿原稿の種別

5.1 論 文

論文は、その内容が未発表のものであって、理論、実験等に誤りがなく、雪氷に関して独創的な研究で、価値ある結論あるいは事実を含むものとする。

なお、未発表のものとは、類似の内容が本会の受理日以前に国内外の印刷物に投稿または掲載されていないものをいう。

5.2 報 告

雪氷に関する調査の結果等をまとめたもので、会員の研究推進に役立つものとする。

5.3 解 説

雪氷に関するこれまでの研究成果や技術等に関する解説を行い、会員への研究成果、技術の広報、普及に役立つものとする。

5.4 資 料

雪氷に関する学術的、技術的に価値があり、会員の研究に参考資料として役立つものとする。

5.5 その他

事務局報告等編集委員会が必要と認めたものについて掲載することができる。

6. 投稿原稿の規定ページ数

投稿原稿の1編につき規定の刷上りページ数は、6ページ以内とする。編集委員会が認めた場合はこの限りではない。

「東北の雪と生活」原稿執筆要項 (14pt 明朝・太字)

東北太郎 (所属) (12pt 明朝・太字)

雪氷花子 (所属) (12pt 明朝・太字)

Tohoku Journal of Snow and Life (12pt TimesNewRoman, bold)

Taro TOHOKU (Affiliation; 10.5pt TimesNewRoman, bold)

Hanako SEPPYO (Affiliation; 10.5pt TimesNewRoman, bold)

1. ページ

原稿の長さは原則として、6 ページ以内とします。

2. 原稿

原稿はワープロを用いて、A4 判サイズで作成ください。上端マージン 25mm, 下端マージン 25mm, 左端マージン 25mm, 右端マージン 25mm, 字数は 45 字×45 行で一段組とします。

ただし、この字数で印字できない場合は、文字数や行数を調整してマージンに、はみ出さない様にしてください。電子版(PDF 版)は原稿をそのまま利用しますが、冊子版では原稿をオフセットし、A4 判の大きさに白黒印刷します。

3. 書き出し

第 1 ページは題目を第 1 行から書きだし、1 行あけて所属、著者名を中央に揃えて書き、続けて英文題目、英文著者名を書きます。著者名は所属ごとに改行してください。1 行空けて本文を書き出してください。第 2 ページからは第 1 行目から書いてください。

題目は明朝 14pt, 著者名と所属は明朝 12pt, それ以外は節題を含め 10.5pt のフォントを用い、題目、著者名、節題はボールドで強調して下さい。句読点は「,」「.」を用いてください。本文の英数字は半角にして、数字、単位や化学式は立体にしてください。量・数を表す記号、変数、学名・英語の雑誌名および *et al.* などのラテン語由来の用語はイタリックにしてください。カタカナ表記するものは、動植物の和名、外来語、外国の地名・人名（原語によらない場合）です。また、ページ番号は印刷しないでください。この案内は執筆要項の様式に従って書いてあります。

4. 図・表

図(写真も含む)・表は白黒印刷に耐えられる鮮明なものを用い、表の説明(キャプション)は表の上に、図の説明は図の下に記載してください。図・表番号はそれぞれ通し番号(図 1, 表 1)としてください。また、本文中でも必ず触れるようにしてください。

5. 引用文献

本文中の引用は、著者の姓(発表年)、文末の場合は(著者の姓, 発表年)とし、本文末尾の文献リストと対応させて下さい。文献リストは、第 1 著者姓のアルファベット順に並べて下さい。引用文献の記載方法は「雪氷」に準じます(東北・雪氷, 2015)。

5-1 文献リスト

引用文献は表 1 に示すような順番に並べてください。第 1 著者姓のアルファベット順、主著者が同じ場合は、1 名、2 名、3 名以上で並べます。2 名、3 名以上は発行年順に並べます。

表1 文献リストの順番

A (2006):
A (2010):
A and C (1999): (2 名, 発行年順)
A and B (2001a):
A and B (2001b):
A and E (2001):
荒川, 加藤 (2000):
A, B, C and D (2003a): . (3 名以上, 発行年順)
A, B and E (2003b): . .
A and 9 others (2003b): . . . (著者が 10 名以上の場合の記載方法)
A and 9 others (2005): . . . (著者名全員もしくは, and 9 others のように記載可能)
D (2001):
加藤ほか 9 名 (2001) . . . (著者名全員もしくは, ほか 9 名のように記載可能)

5-2 雑誌掲載論文

雑誌掲載論文は以下の書式で記載してください。欧文誌名の省略・略記法については、<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog/journals> に従ってください。不明な場合には全部書き出してください。

著者名 (西暦年): 表題. 雑誌名 (英文はイタリック), 巻(号), 引用ページ, doi 情報. (doi がある場合).

5-3 単行本

単行本の引用につきましては、以下の書式で記載してください。英文の単行本で、編者が 1 名の場合は ed., 2 名以上の場合は eds. を編集者名の後に加える。

著者名 (西暦年号): 表題. 単行本名 (英文はイタリック), 編集者名, 発行地, 発行所, 引用ページ (全頁の場合は全頁 pp. とする。この場合、表題は省略化)。

5-4 オンライン上に掲載されている文献等

オンラインの文献等の引用につきましては、以下の書式で記載してください。複数日に参照した場合、最新の参照日のみを記載してください。インターネットに掲載されている文献を引用せずに、その存在だけを示す場合には、本文中に直接 URL を記載しても構いません。脚注の使用は避けてください。

著者名 (西暦年): 文献名. 表題, 引用ページ. URL (検索日).

6. 締切期日

各年度の原稿提出締切は事務局より連絡いたします。遅れた場合は掲載しません。

【引用文献】

東北太郎, 雪氷花子(2015): 「東北の雪と生活」原稿執筆要項, 東北の雪と生活, **15**, 1-2.

著作権譲渡承諾書

公益社団法人 日本雪氷学会 殿

原稿タイトル名：

全著者名：

上記の原稿は、今までに他の雑誌・書籍に掲載されたり、投稿中でないことを誓約いたします。また他の著作物の著作権を侵害していないこと、著作権許諾が必要な引用については無償での転載許可を書面で得ていることを誓約します。

この原稿が(公社)日本雪氷学会東北支部機関誌「東北の雪と生活」に掲載された場合は、(公社)日本雪氷学会著作権規程のとおり、その著作権を(公社)日本雪氷学会に譲渡することに同意します。

なお、この著作権譲渡の承認に関して、他の共著者全員の同意を得ていることを保障いたします。

代表者署名：_____（ 年 月 日）

（署名は自筆でお願いします。捺印は不要です。原稿投稿時に添付して下さい。）

2021. 07. 28 現在

2021・2022 年度 公益社団法人 日本雪氷学会東北支部役員

支部長 若林 裕之(日本大学工学部教授)

副支部長

石田 祐宣(弘前大学大学院理工学研究科准教授)

本谷 研(秋田大学教育文化学部准教授)

理事

赤田 尚史(弘前大学被ばく医療総合研究所教授)

朝岡 良浩(日本大学工学部准教授)

石崎 武志(東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター長、教授)

石田 祐宣(弘前大学大学院理工学研究科准教授)

菊地 卓郎(福島工業高等専門学校都市システム工学科准教授)

佐藤 研吾(防災科学技術研究所雪氷防災研究センター主任研究員)

常松 佳恵(山形大学学術研究院准教授)

平山 順子(北東北エリア雪崩事故防止研究会事務局)

本谷 研(秋田大学教育文化学部准教授)

山崎 剛(東北大学大学院理学研究科教授)

監事

佐々木幹夫(八戸工業大学名誉教授)

柳澤 文孝(山形大学蔵王樹氷火山総合研究所副所長)

顧問

伊藤 驍(国立秋田高専名誉教授)

中村 勉(元岩手大学農学部教授)

力石 國男(秋田看護福祉大学教授)

三崎 安則(アルゴス技術顧問)

阿部 修(元防災科学技術研究所雪氷防災研究センター新庄支所長)

幹事長 安達 聖(防災科学技術研究所雪氷防災研究センター特別研究員)

総務幹事 安達 聖(防災科学技術研究所雪氷防災研究センター特別研究員)

会計幹事 荒川 逸人(防災科学技術研究所雪氷防災研究センター主幹研究員)

各県幹事

青森県 小関英明(青森職業能力開発短期大学校)

秋田県 鳥潟幸男(大館市教育委員会)

岩手県 武藤由子(岩手大学 農学部)

宮城県 川村文芳(日本気象協会東北支社事業サービス課)

山形県 山口正敏(日本地下水開発(株))

福島県 竹田稔真(国立環境研究所福島地域共同研究拠点)

事業委員会

委員長 沖田圭右(日本地下水開発株式会社事業本部資源環境部補佐)

委員 佐藤研吾(防災科学技術研究所新庄雪氷環境実験所)

服部恭典(日本地下水開発(株))

「東北の雪と生活」編集委員会

委員長 荒川逸人(防災科学技術研究所雪氷防災研究センター主幹研究員)

委員 朝岡良浩(日本大学工学部准教授)

加茂祐一(福島地方気象台)

東北雪氷賞選考委員会

委員長 山崎 剛(東北大学大学院理学研究科教授)

委員 赤田尚史(弘前大学被ばく医療総合研究所教授)

石崎武志(東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター長、教授)

小杉健二(防災科学技術研究所雪氷防災研究センター雪氷環境実験室長)

鈴木利孝(山形大学学術研究院教授)

以上

(公社) 日本雪氷学会東北支部 特別・賛助会員名簿

(2022.7.7. 現在)

特別会員

会 員 名		所 在 地	電 話	会員区分
大蔵村役場	〒996-0212	山形県最上郡大蔵村大字清水2528番	0233-75-2111	3級
鮭川村	〒999-5202	山形県最上郡鮭川村佐渡2003-7	0233-55-2111	3級
新庄市	〒996-8501	山形県新庄市沖の町10番37号	0233-22-7891	3級
西和賀町役場	〒029-5512	岩手県和賀郡西和賀町川尻40地割40番地71	0197-82-3284	3級
舟形町役場	〒999-4601	山形県最上郡舟形町舟形263	0233-32-2111	3級
最上町	〒999-6101	山形県最上郡最上町向町644	0233-43-2111	3級

賛助会員

会 員 名		所 在 地	電 話	会員区分
日本地下水開発 (株)	〒990-2313	山形県山形市大字松原777	023-688-6000	1級
T N - P S G 工法研究会	〒990-2305	山形県山形市蔵王半郷字松尾川94-7 共和防災建設株式会社内	023-688-8784	1級
(株) シンワ	〒990-0051	山形県山形市銅町1-1-36	023-641-7456	3級
東光計測 (株)	〒990-2161	山形県山形市漆山字梅ノ木1985-4	023-686-4952	3級
東邦技術 (株)	〒014-0041	秋田県大仙市大曲丸子町2-13	0187-62-3511	3級
東北企業 (株)	〒990-2431	山形県山形市松見町11-19	023-622-7201	3級
東北電力ネットワーク (株)	〒980-8551	宮城県仙台市青葉区本町1-7-1	022-225-2111	3級
(株) ネクスコ・エンジニアリング東北	〒980-0013	宮城県仙台市青葉区花京院2-1-65	022-713-7277	3級
(株) 双葉建設コンサルタント	〒996-0002	山形県新庄市金沢字谷地田 1399-11	0233-22-0891	3級

題字：渡辺善八

東北の雪と生活 第37号

令和4年11月1日発行

発行 公益社団法人日本雪氷学会東北支部

編集委員長：荒川 逸人

事務局 〒996-0091 山形県新庄市十日町高壇 1400

防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター 新庄雪氷環境実験所

幹事長：安達 聖

TEL 0233-22-7550

FAX 0233-22-7554

©2022（公社）日本雪氷学会

掲載された記事等の著作権は（公社）日本雪氷学会に属する。