

# 東北の雪と生活

第 33 号

2018

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 「アイスモンスター（樹氷）の発見について」	柳澤文孝	1
<b>論 文</b>		
宮城蔵王のスキー場における鑑賞植物の植栽による積雪状態への影響評価	伊吹竜太・原田鉦一郎・齋藤智大	3
八甲田山の積雪水量モデルの検討	佐々木幹夫・長尾昌朋・南 将人・荻原英子・水本涼太	8
東北 6 県における 2017-18 年冬季の降積雪の特徴	本谷 研	13
UAV 搭載用の可視近赤外カメラシステムを用いた雪渓のアルベド分布推定	堀江健太・朝岡良浩・照井敬晶・角張龍平・若林裕之	17
熱帯地域の山岳氷河を対象とした UAV 観測の有効性について	角張龍平・朝岡良浩・若林裕之	23
北海道の土壌凍結深の測定：2011～2017 年冬季	原田鉦一郎・吉川謙二・曾根敏雄	29
福島県北部に出現する線状降雪帯	渡邊 明	33
<b>報 告</b>		
山形蔵王における雪氷現象の観測（平成 29 年度）	沖田圭右・山谷 睦・沼澤喜一・小林英則・原田俊明	39
平成 30 年（2017/18 年）冬期における新庄の積雪変化について	小杉健二・安達 聖・根本征樹・佐藤研吾	41
地下水熱ヒートポンプ冷暖房システムの稼働状況（2017 年度冬期）	服部恭典・稲毛重之・沼澤喜一	43
2018 年八幡平エリアの気象定点観測について	平山順子・工藤嘉充	47
2017-2018 年 青森県の雪況	小関英明・佐藤清一	53
岩手県一関市周辺、中国雲南省梅里雪山山明永氷河におけるドローンによる寒冷地・雪氷環境モニタリングの応用	佐藤 健・小林健一・筑後桃子	59
UAV と農業用簡易マルチスペクトルカメラを用いた雪氷環境観測の試み	小林健一・佐藤 健	65
換気口開放時の着雪と室内の消費電力量に関する実験的研究	松村光太郎・林 基哉・小杉健二・佐藤研吾	70
根室北部を対象とした吹雪予測システムの試験運用について（2017/18 年冬期）	根本征樹・中村一樹・上石 勲	74
秋田県長坂試験地における 2017-2018 年冬期の気象観測	野口正二・飯田真一・清水貴範・金子智紀・新田響平・和田 覚	78
東北雪氷賞受賞理由		81
東北雪氷賞（技術賞）を受賞して	平山順子	82
佐藤清一先生を偲んで	小関英明	83

（公社）日本雪氷学会 2018 年度東北支部理事会 議事録	85
（公社）日本雪氷学会 2018 年度東北支部総会 議事録	86
2017 年度（公社）日本雪氷学会東北支部事業報告・収支報告	87
2018 年度（公社）日本雪氷学会東北支部事業計画・収支予算案	90
（公社）日本雪氷学会東北支部 支部規程施行内規	93
東北雪氷賞受賞者選考規程	95
東北雪氷賞受賞者リスト	97
日本雪氷学会東北支部「東北の雪と生活」投稿規程	99
「東北の雪と生活」原稿執筆要項	100
「東北の雪と生活」著作権譲渡承諾書	101
2017・2018 年度 公益社団法人 日本雪氷学会東北支部役員	102
（公社）日本雪氷学会東北支部 特別会員	104
（公社）日本雪氷学会東北支部 賛助会員	105

## 巻 頭 言

### アイスモンスター（樹氷）の発見について

公益社団法人 日本雪氷学会東北支部 副支部長 柳澤文孝



ここ数年、アイスモンスター（樹氷）に関する新発見があいついでいます。これまでで最も古いアイスモンスターの写真、戦時下に蔵王で行われていたラジオゾンデの実証試験、植物研究者によるアイスモンスター（樹氷）の研究資料など多岐にわたります。なかでも、2018年1月7日に白山で早川康浩さんらによって発見されたアイスモンスター（樹氷）は各方面で大変大きな話題となりました。

アイスモンスター（樹氷）は1914年に蔵王で初めて報告されました。その後、1920年代に入ってから山岳会や鉄道省によって日本各地で探査されるようになり、北海道（ニセコ・羊蹄山など）・東北地方（八甲田・八幡平・蔵王・西吾妻）・長野県（志賀高原・菅平）で見つかりました。一方、小笠原先生は「樹氷は北アルプスに見出されない」として、この理由を「雪の結晶形成作用が活発で、過冷却霧による樹氷や粗氷もできないわけではないが、着氷しても雪に隠されてしまう」としていました。

また、アイスモンスター（樹氷）は1950年頃までは北海道から長野県まで見られていました。しかし、1960年代には北海道と東北地方だけとなり、1970年以降は東北地方の一部の山岳地帯にしか見られないとされています。アイスモンスター（樹氷）の分布域の縮小は温暖化が影響していると考えられます。

さて、白山ですが、白山は冬になると大雪で覆われるため、冬の登山はほとんど行われておりませんでした。このため、冬の白山とされる写真は12月初め、あるいは、3月に入ってからのもものがほとんどでした。そこで、今回、白山で発見されたアイスモンスター（樹氷）は、これまでも存在していたが見つけれなかったのか、それとも、これまでは存在していなかったが今回たまたま見つかったものなのか問題となりました。

伊藤仁夫氏は1968年11月から1968年3月まで白山で越冬して「白山の四季」という写真集を出版されています。それによりますと、「新雪の五葉坂、風雪が激しく、零下十度以下の日が三日も続く」と一面の青森トドマツに樹氷がついた。これも一月上旬までで、以降になると雪にすっぽり埋まってしまう。」となっております。写真を拝見しますと、12月にはエビノシッポの着氷が付きアイスモンスター（樹氷）状のものができるのですが、1月入ると雪で覆われてしまうようです。周辺の山々、例えば、2011年の猿ヶ馬場山（大瀧雄治氏・平松英一氏らによる）からも、アイスモンスター（樹氷）ができはじめたり、できはじめたアイスモンスター（樹氷）が雪で覆われている写真が撮影されていました。これらのことから、これまで、白山ではアイスモンスター（樹氷）は存在していなかったが、今回たまたま見つかったのではないかと考えられます。

今回、見つかったアイスモンスター（樹氷）はこれまでとどこが違うのでしょうか。それは、アイスモンスター（樹氷）の高さ（背丈）です。これまで白山およびその周辺で撮影されたアイスモンスター（樹氷）は雪面から数十センチか、せいぜい1メートル位しか出ていませんでした。これに対して、今回のアイスモンスター（樹氷）は人間の背丈か、2倍の大きさになっています。アイスモンスター（樹氷）は上に向かって成長することはありません。背丈が高いということは積雪深が低く、アイスモンスター（樹氷）の元となる針葉樹が2～3メートルは雪面から出ていたこととなります。一方、この冬は福井・石川・新潟で記録的な豪雪でした。この豪雪は、JPCZ（日本海寒帯気団収束帯）によってこの地域に大雪がもたらされたためと説明されています。これらを総合すると、今冬は、地上付近は豪雪だったが、山岳地帯の降雪は少なかったのではないかと推測されます。

温暖化によって、冬期間、定常的に見ることにできる地域のアイスモンスター（樹氷）は縮小傾向にあります。一方、突発的にアイスモンスター（樹氷）が形成されることがあることもわかってきました。自然は、こちらが考えているようには動いてくれないようです。

石川県で山岳ガイドをされている乾靖さんは何年も前からアイスモンスター（樹氷）があると信じて探査をされてきました。今回の白山におけるアイスモンスター（樹氷）の発見は、その努力が報われたことになりました。すでに、次の冬に向かって準備が始まっているようです。くれぐれも無理はしないでいただきたいと思います。

**【参考文献】**

小笠原和夫（1969）山と水の自然（古今書院）

伊藤仁夫（1970）白山の四季 伊藤仁夫遺作写真集（木耳社）

**【参考URL】**

山形大学蔵王樹氷火山総合研究所

<http://ksgeo.kj.yamagata-u.ac.jp/~ZAO-VI/index.html>

## 宮城蔵王のスキー場における鑑賞植物の植栽による積雪状態への影響評価

伊吹竜太 (宮城大学)

原田鉦一郎 (宮城大学)

齊藤智大 (福島県)

### Evaluation on planting effect of Ornamental plants for snow accumulation in ski field at Miyagi Zao

Ryuta IBUKI (Miyagi University)

Koichiro HARADA (Miyagi University)

Tomohiro SAITO (Fukushima Prefecture)

#### 1. はじめに

尾根を挟んで太平洋側に位置する宮城蔵王連峰では、日本海側に位置する山形蔵王と比較して降雪量に乏しい。宮城県刈田郡蔵王町に位置する宮城蔵王えぼしリゾートでは、毎年12月1日からゲレンデでの滑走を目的とした冬季営業を開始するが、近年自然に着雪する時期はそれよりも遅れる。2016～2017年の冬季に着雪したのは2017年1月以降であり、最も集客が見込めるクリスマスや正月の休日期間を過ぎていた。このような状況に対して積雪の定着の早期化を進める手立てを検討している。ゴンドラの終点がある石子ゲレンデでは特に季節風の影響で西の峰から東へ吹き降ろす強風によって初期の積雪が得られにくいことが推察されている(佐々木ら, 2014)。また、シーズン後半にかけては寒暖の波によって、滑走面の氷結によるゲレンデ状態の悪化が見受けられる。

現在夏季の集客を目的として石子ゲレンデ脇の滑走禁止エリアにおいて、ヒース類を中心とした植栽整備が進められている。ヒース類は夏季において花を咲かせ、秋には紅葉を見せるため、寒冷地域における夏場の庭の彩りとして好まれる。ヒース類には *Calluna vulgaris*, *Daboecia cantabrica*, *Erica* などの種があり、特に *Calluna vulgaris* は低温耐性が強く、冬季に落葉しない低木である (Underhill, 1990)。このような性質を考慮して、ゲレンデに大規模に *Calluna vulgaris* を植栽することで、風雪の堆積を促進し、自然積雪の確保を図ることを検討している。また、宮城蔵王えぼしリゾートでは5月の頭にスイセン(*Narcissus*)を麓付近のゲレンデに大規模に植えることで集客を図っている。そのため、これに代わる夏場のゲレンデへの植栽としてもヒース類には期待が持てる。

本研究では、鑑賞用の植物である *Calluna Vulgaris* を試験的にゲレンデ内に植栽し、積雪への耐性やその際の状況に関してデータを収集し、本格的な植栽の実施に向けた検討を行った。

#### 2. 方法

*Calluna vulgaris* の積雪環境下における生育状況について、植栽を維持管理する上で重要な情報となるため、積雪下における *Calluna vulgaris* の生育状況と植栽上の積雪の密度を測定した。冬季における植栽付近の気象条件を計測することで、積雪や雪面の状態に与える影響を評価した。植栽が降雪に及ぼす影響については樹高が2mを越すような規模に関して報告がなされている(小野寺ら, 1996)。これと比較すると *Calluna vulgaris* は成長しても種による差があるが最大でも50cm程度の低木である。

夏季の鑑賞を対象として整備した植栽は石子ゲレンデから10m程度外れた滑走禁止場所に位置する。この場所には展望台があり、地面から最大で2mの高さにデッキがある。デッキによって風をかかわす形となり、植栽上への積雪量がゲレンデに比べて多い。このような冬季の環境下でも周年を通した生育が可能か否かについては調査が必要なものと考えた。また、施設の管理上の理由から積雪の上

から重機による圧雪もある。そこで、*Calluna vulgaris* 'Firefly' に関して圧雪下における生育状況を確認し、同時に雪の密度と積雪の深さに関して調査を実施した。

2017～2018 年の冬季においてはヒースの苗を用いた円い形状をした群落状の植栽をゲレンデ内に整備し、その周辺の気象データ(地温, 気温, 日射量, 風向風速), および積雪状況を確認するためのタイムインターバルカメラによる計測と撮映によって得た。地温の計測は T&D 社製 RTR-502 を用い、地面下 5cm の深さにセンサー部が位置するようロガー部と共に埋設して、データを収集した。気温の計測は HOBO 社製 U23-002 を用いた。この際に外付けセンサーは日よけで覆ってデータを記録した。日射量の計測は付近のリフトの監視小屋の屋根の上に日射センサー(PCM-01N, クリマテック社)を設置し、電圧ロガー(HIOKI 社製 LR5041)によってデータを記録した。風向風速の計測は風向風速センサー(S-WCF-M003, Onset 社)を用いて、データはロガー(Em30, デカゴン社)で記録した。地温, 気温, 日射量は 1 時間毎の瞬時値を、風向風速は 1 時間毎の平均値を記録した。

### 3. 結果

圧雪による影響調査は、2ヶ所において実施した。密度サンプラーを用いて 10cm おきに採取した 100cm<sup>3</sup> の雪の質量より、それぞれの密度を求めたものを、図 1 に示す。地点 A の方が地点 B よりも密度が高く、強く圧雪されたものと考えられる。地点 A, B 共に地面から 20 cm の高さに密度のピークが見られ、雪面に近づくにつれて密度の低下が見られた。密度の測定時において、雪の下にあった *Calluna vulgaris* 'Firefly' に損傷は見られなかった。また、ゲレンデに定植した 3 年を経過した別の株もまた比較的良好な生育を示している。一方で、*Daboecia cantabrica* の種では定植位置によって生育差が見られ、順調に生育しているものであっても春先には葉を落としていた。このような状況を踏まえ、*Calluna vulgaris* が積雪の促進を目的とした植栽として適していると考えられた。

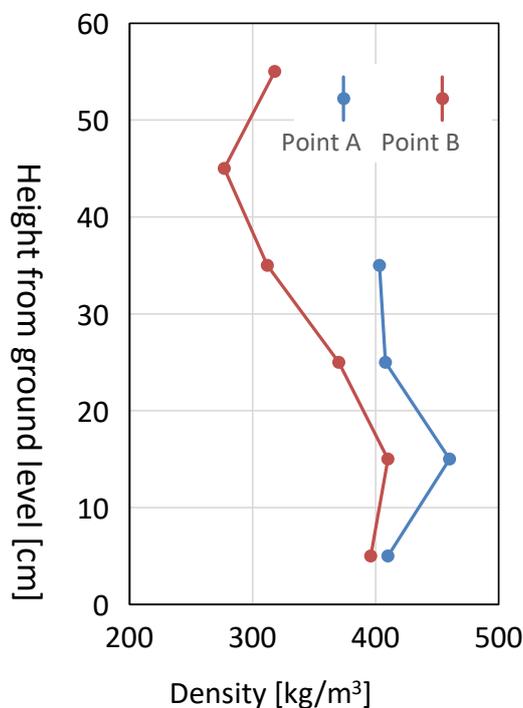


図 1 *Calluna vulgaris* 上にある圧雪密度の垂直分布。  
(2014-2015 年冬季測定。凡例は地面からの高さを示す。)

図 2 に石子ゲレンデの平均風速と風向の計測結果を示す。石子ゲレンデでは卓越した西風が平均 10m/s 以上で吹く日も見られる。図 3 に植栽周りの初冬における積雪状況を示す。群落を模した植栽の風下側に降雪が滞積する様子が確認された。図 4 に 5cm 深地温の経時変化を示す。植栽区における初期の値は無植栽区と比較して高温である。一方で、無植栽区においては比較的低温な推移を示し、0°Cを下回っていた。また、図 5 に見られる 1 月 8 日の気温上昇は、図 4 における地温上昇を促し、その後両区の地温は植栽区がわずかに高く -1~-2°C 付近を推移するようになった。図 6 に示すように 3 月になると日射量は晴天日において 1 月の 2 倍程度に増し、気温が日ごとに上昇した。その際、両区の地温はどちらも 0°C 付近で推移していた。

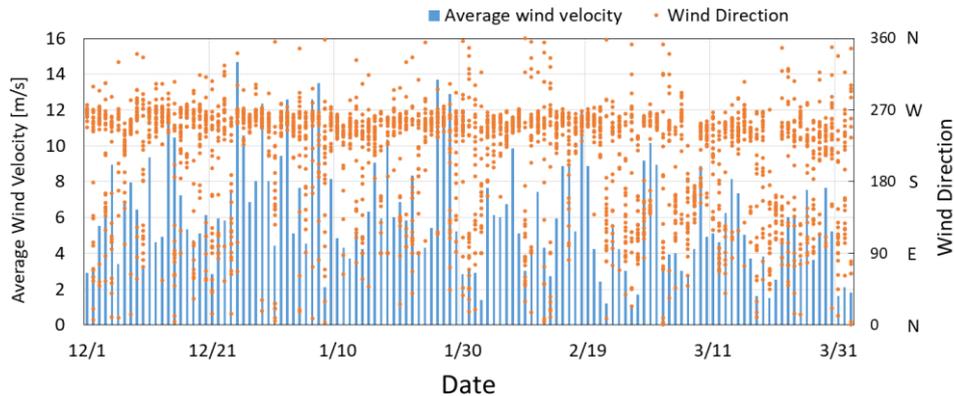


図 2 石子ゲレンデの平均風速と風向(2017~2018 年)



図 3 植栽周りにおいて見られた 2017 年 11 月末における積雪状況

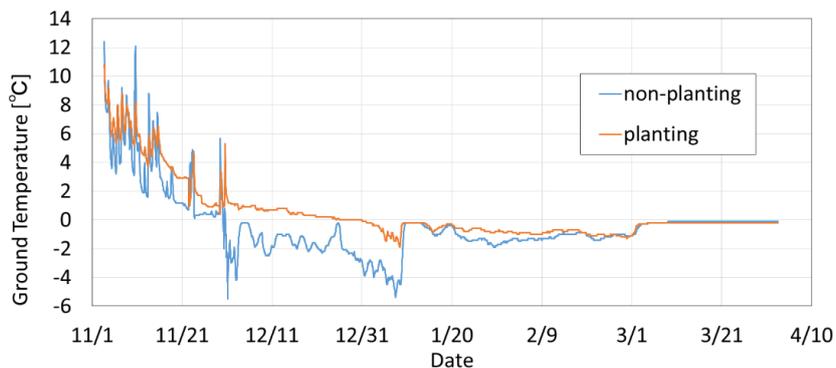


図 4 植栽区と無植栽区における 5cm 深地温の経時変化 (2017~2018 年)

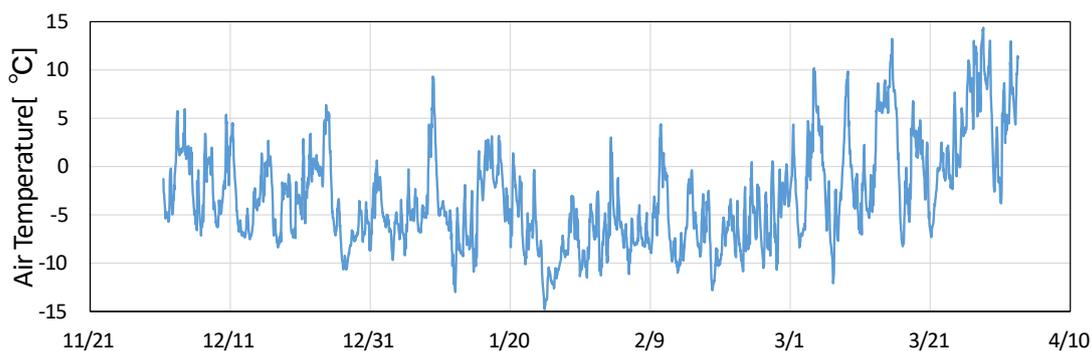


図5 石子ゲレンデにおける気温の推移(2017年11月～2018年4月)

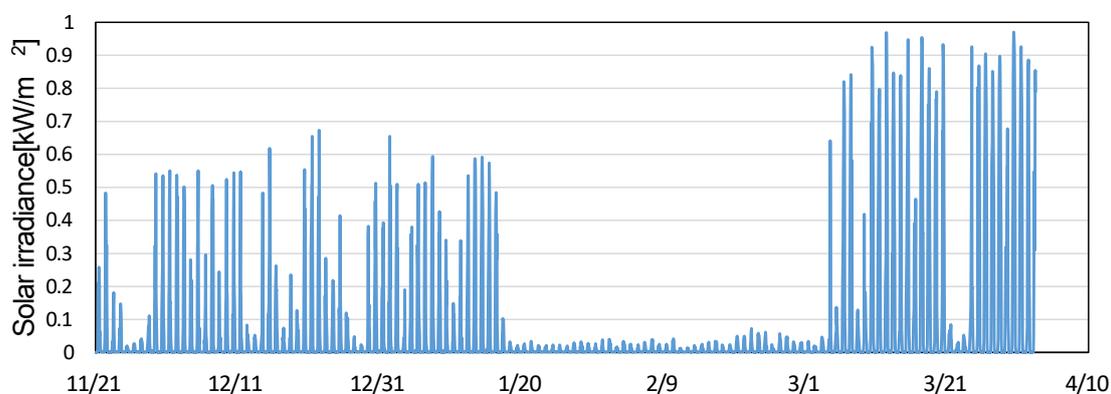


図6 石子ゲレンデにおける日射量の推移(2017年11月～2018年4月). 1月20日頃から3/1頃はセンサー上の積雪によって値が正確でないと推測される.

#### 4. おわりに

*Calluna vulgaris* の植栽によって初冬の降雪量の確保と雪面の状態を良好に保つことが期待できると考えられた。2017～2018年にかけてのシーズンは降雪量が比較的多く、期間を通してゲレンデ状態は良好であった。地温の変化を見ると積雪の初期段階において、植栽区は無植栽区に比べて地温が高く、植栽によって積雪を維持したことによって周囲空気と地面間での断熱効果が生じているものと考えられる。その後、植栽区であっても12月31日付近から0℃を下回り、さらに1月10日には一旦雪解けが進んだ後に両区の差異は縮まった。また、4月の融雪時にはゲレンデにおいて植栽が周辺地面よりも早く雪面に頭を出す様子がタイムラプスカメラでの撮影記録によって確認された。この結果は期待する積雪維持の効果に対して真逆の作用を及ぼすものであり、検討が必要である。融雪が進む時期において積雪を維持するため、*Calluna vulgaris* の中でもより背の低い地這性の品種を用いることが有効であると考えられる。

今回植栽を行った斜面は傾斜が緩やかとなる場所であり、西日を垂直に近い角度で受けやすく、融雪が進んだ原因とも推測できる。そのため、積雪や融雪に与える植栽以外の影響についても検討した上で、植栽による積雪の制御が可能な条件を把握することが必要と考えている。

#### 引用文献

小野寺弘道, 梶本卓也, 田辺裕美, 大丸裕武, 1996: 積雪の動的環境と森林群の分布 多雪・寒冷地

- 帯の森林保全技術及び林業経営技術の体系化, 森林総合研究所研究成果選集, **1**, (3), 36-37.
- Underhill, T., 1990: *HEATHS & HEATHERS*, DAVID & CHARLES, 64-66.
- 佐々木裕明, 原田鉦一郎, 伊吹竜太, 2014: みやぎ蔵王えぼしスキー場における冬季土壌環境のモニタリング, 東北の雪と生活, **29**, 27-30.

## 八甲田山の積雪水量モデルの検討

佐々木幹夫 (八戸工業大学)  
長尾昌朋 (足利工業大学)  
南 将人 (八戸高専)  
荻原英子 (香川調理製菓専門学校)  
水本涼太 (東北エンジニアリング株式会社)

### Investigation of snow water estimation model

Mikio SASAKI (Hachinohe Institute of Technology)  
Masatomo NAGAO (Ashikaga Institute of Technology)  
Masato MINAMI (National Institute of Technology, Hachinohe College)  
Hideko OGIWARA (KAGAWA College of Culinary and Confectionery of Arts)  
Ryota Mizumoto (Tohoku Engineering Ltd.)

#### 1. はじめに

青森県の中央に位置する八甲田山には大量の雪が春まで残り、この残雪からの融雪水は青森県の東側の八戸・十和田周辺の平野部河川と西側の津軽平野の河川を涵養し、融雪水は7月まで飲料水やかんがい用水に利用されている(図 1)。これまでの研究で八甲田の山域に残っている残雪の水量はおおよそ 20 億トンあることが分かった。しかし、詳細な算定には積雪水量の推定が必要である。そこで本研究では八甲田山の積雪水量予測モデルの検討を行ってみた。予測値の検証には積雪層の平均密度が必要である。著者等はこれまでに八甲田山中の積雪雪質調査を長年にわたって実施してきた。調査は主に密度、浸透実験、硬度、融雪後の水質等について行ってきた。この年 1 回の観測で山域の全層積雪密度が 1 つだけ観測される。この水量で残雪の水量が推定できる。本研究では現地観測により得られた積雪全層の平均密度より積雪水量の予測値を検証している。



図1 八甲田山位置図

## 2. 八甲田山の積雪特性

図2に2009、2012、2016、および2017年の9月から翌年の5月までの酸ヶ湯の積雪深を示した。図に示したように、積雪深のピークは、2009年は2月21日に331 cm、2012年には2月26日に496 cm、2016年には3月2日に323 cm、2017年には3月10日に383 cmとなっている。八甲田山の積雪深は2月上旬から3月上旬に迎えているが図2に示した年の積雪深ピーク時期はこの範囲に入っている。近年積雪深のピーク時期が遅くなっているがこの原因は現段階では不明である。積雪深は3mから5mの間となっている。密度が不明なのでこの積雪がいくらの水量となっているかは現段階では不明である。

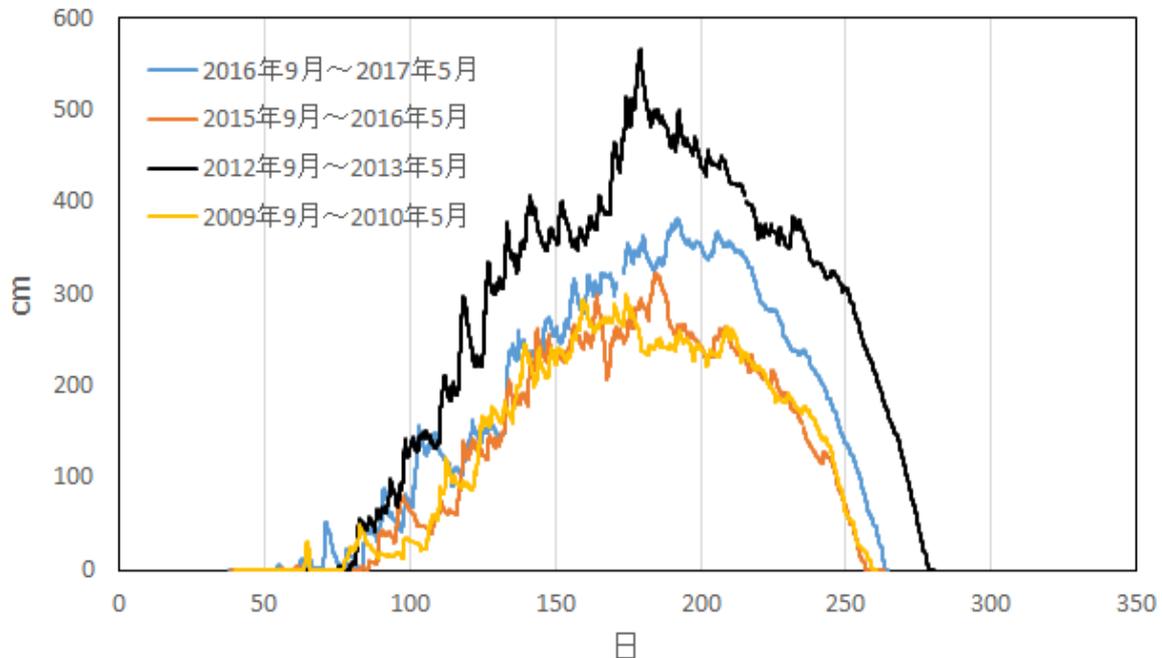


図2 酸ヶ湯積雪深（気象庁観測）

## 3. 積雪水量の予測

気温と降水量より積雪水量を予測するために、降雪量と融雪量を求める必要がある。以下に、降雪量と融雪量の予測モデルを示す。

### (1) 降雪量の予測

降雪量  $s$  は以下のように与えられる。

$$s = afr \quad (1)$$

ここに

$$a = \begin{cases} 0 & T \geq Tm \\ 1 & T \leq Ti \\ 1 - \frac{T-Ti}{Tm-Ti} & Ti \leq T \leq Tm \end{cases} \quad (2)$$

f: 高度上昇に伴い増加する降水量補正係数

r: 降水量

Ti: 流域内の降水量が全て雪になる温度 = 0°C

$T_m$  : 流域全域で雪が融けだす温度  $=2^{\circ}\text{C}$

(2)融雪量

融雪量  $R_m$  は以下のように与えられる。

$$R_m = bcT \quad (3)$$

ここに

$$b = \begin{cases} 1 & T \geq T_m \\ 0 & T \leq T_i \\ 1 - \frac{T-T_i}{T_m-T_i} & T_i \leq T \leq T_m \end{cases} \quad (4)$$

$c$ : 単位時間当たりの融雪量の割合を表す係数

$T_i$  : 流域内の雪が融けなくなる温度  $=0^{\circ}\text{C}$

$T_m$  : 流域全域で雪が融けだす温度  $=2^{\circ}\text{C}$

(3) 積雪深 (水換算)

時間  $t$  における積雪水量深  $S_t$  は次式により与えられる。

$$S(t) = S(t-1) + s(t) - R_m(t) \quad (5)$$

(4) 有効雨量

有効雨量  $R(t)$  は次式で与えられる。

$$R(t) = Rr(t) + R_m(t)$$

ここに 降雨量  $Rr(t) = (1 - a)r_t \quad (6)$

$$\text{融雪量 } R_m(t) = \begin{cases} bcT(t) \\ S(t-1) \end{cases} \quad bcT(t) \geq S(t-1) \quad (7)$$

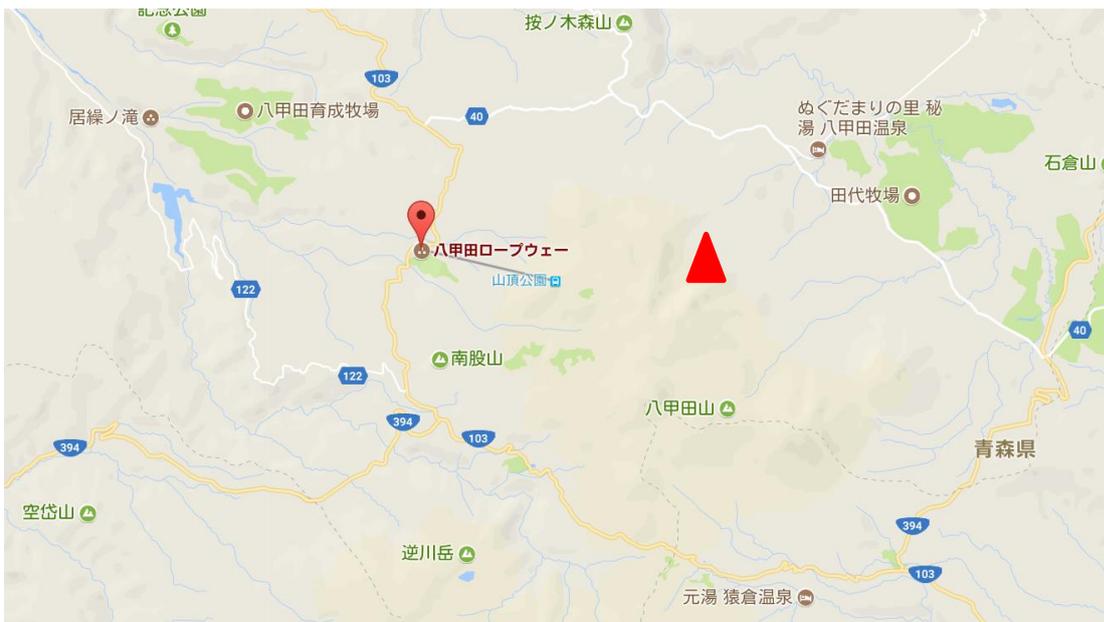


図 3 2017 年の調査位置 (赤△印)

## 4. 雪質の観測

### 4.1 観測位置

調査は青森県のほぼ中央に位置する八甲田山の山中において実施している(図1)。八甲田には八甲田山という単独峰(山)は存在せず、18の成層火山や溶岩円頂丘で構成される火山群の総称である。八甲田は笠松峠(標高1,040m)を超える道路により南北に分けられており、国道103号・国道394号の重複道路を境に北側が北八甲田、南側が南八甲田と呼ばれている。図1に八甲田の位置図を示した。調査は北八甲田や南八甲田に測定地点を設けて行ってきたが、調査地点まで2時間から5時間かけて山中を歩き測定を行っている。基本的に南八甲田は徒歩により調査地点に辿り着いているが、北八甲田にはロープウェーがあるのでこれを利用して調査を行っている。しかし、強風時にはロープウェーは運休となるため、その場合は調査地点に近い道路から徒歩での移動となる。今回2017年4月22日は北八甲田に調査地点を設け測定を行った。調査地点は図3に示す通り八甲田ロープウェーから3km離れた箇所であり、傘松峠より徒歩により移動した。スキーでも移動可能な為多くの調査隊員はスキーを利用しての移動となった。調査箇所は北八甲田赤倉岳北側斜面下であり、東京座標ではN40° 40' 44.4"、E140° 53' 21.3"、標高1063m、天候晴、気温-1°Cの観測である。

### 4.2 観測結果

#### (1) 密度

積雪層の平均密度は各測定密度の雪層厚を重みにすると次のようになる。

$$\rho = (5 \times 456 + 20 \times 676 + 25 \times 611 + 25 \times 627 + 25 \times 611 + 25 \times 693 + 25 \times 627 + 25 \times 627 + 25 \times 644 + 50 \times 660) / 250 = 644 \text{ kg/m}^3$$

#### (2) 保水能

図5に深さ方向の保水能を示した。ここに、保水能は雪塊が吸い込んだ水分を重力の影響を受けることなく内部に保持貯水できる最大取水量を意味しており、現象を支配しているのは表面張力であ

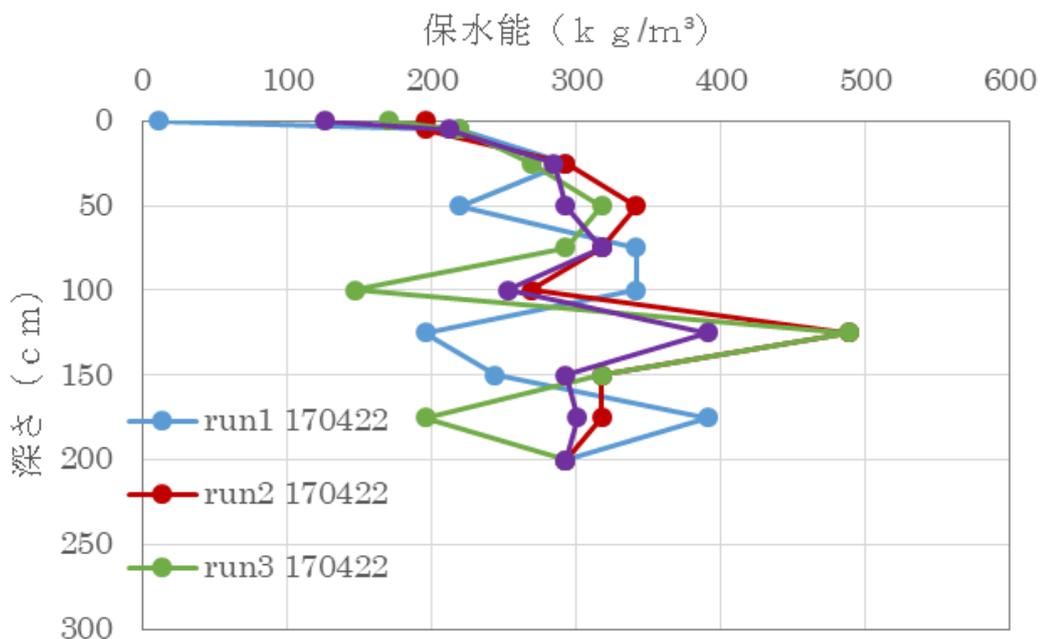


図5 保水能の観測

る。したがって、保水能は雪塊の間隙が適度に狭く締固められていれば高く、間隙が広がっていけば低くなる。ザラメ雪状の雪塊は保水能が低く、しまり雪は保水能が高い。図示省略したが2017年4月には融雪期初期に測定しており、表層から深さ50cm程度まで積雪層は保水能力が低く、おおよそ $200\text{kg/m}^3$ であるが、75cm以降の積雪層は $350\sim 400\text{kg/m}^3$ の保水能力となっており、比較的高い値を示している。これに比べ2017年4月の観測結果は全般的に保水能が低く深さ50cm以降おおよそ300となっている。これは、温暖化傾向のため4月下旬で融雪期に入ってしまう、積雪層がザラメ状の雪層に変化しているためと考えられる。硬度は深さとともに増えており下層ほど圧密のために硬くなっているが保水能はしまり雪からザラメ状の雪に変化しているため間隙内部が変化しているために低下している。すなわち、雪塊の水分の保持貯水能は融雪の終期のために硬度に比例して高くなるわけではない。

### 5. 積雪深（水換算）の予測

降雪モデル式（1）および融雪モデル式（3）よりなる本モデルによる積雪水量の予測結果を図6に示した。計算では $f = 4.1$ 、 $c = 0.26$ としており、これは、予測値と観測積雪水量（図中●印）、ならびに、積雪のはじめと終わりの時期が合うように調整した結果である。観測積雪水量は2017年の全層平均密度観測値 $644\text{kg/m}^3$ と酸ヶ湯の積雪深235cm（2017年4月22日）より求めている。

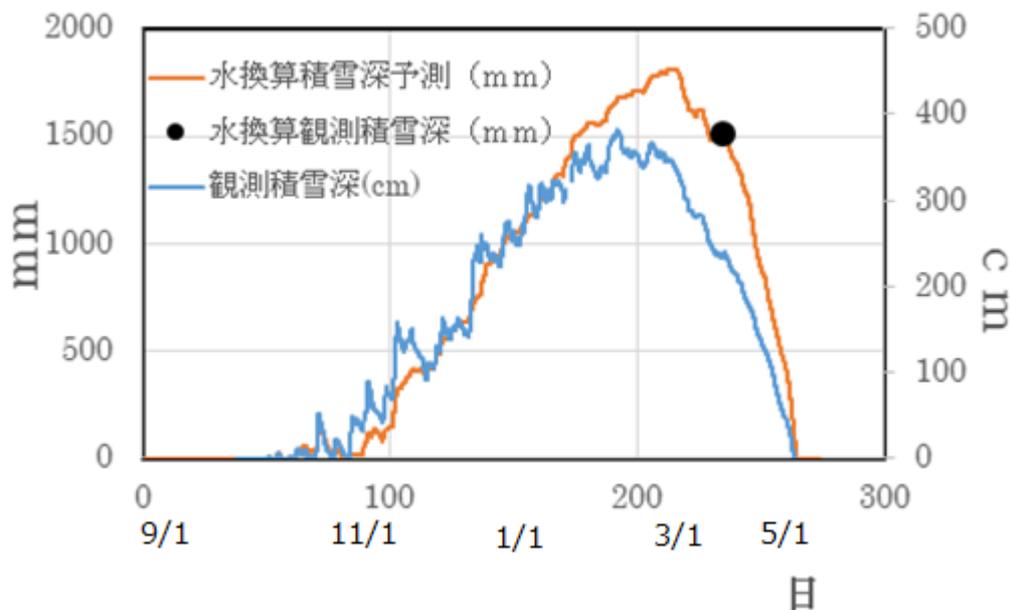


図6 積雪水量の計算値と観測値の比較

### 結論

本研究により以下のことが明らかとなった。

降雪モデルおよび融雪モデルを式（1）および（3）のように与え、積雪の初期と終期が予測と観測が合うようにすると融雪係数 $c$ は $c = 0.26$ となり、観測密度より積雪深（水換算）の予測値と観測値が一致する降雨係数 $f$ は $f = 4.1$ となった。本研究により得られた積雪水量モデルを用いれば残雪による水量の予測が可能となるものとする。

**謝辞** 現地観測は多くの隊員の協力を得ながら無事終了している。特に、岩渕巧（東北電力（株））、熊谷洋（東北電力（株））、大坪秀一（八戸市役所）の諸氏には多大なるご尽力を頂いている。ここに、これまでの全ての調査隊員皆様に深甚なる謝意を表します。

# 東北6県における2017-18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 2017-18 winters, on six prefectures in Tohoku region, Japan

Ken Motoya (Akita University)

### 1. はじめに

よく知られているように降積雪現象は空間的にも時間的にも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の年々変動は極めて大きい。東北地方では平成18年豪雪以降しばらく暖冬・寡雪の気候が続いたのち、2010-11年冬季から2012-13年冬季まで降積雪分布の特徴は異なるものの3冬季連続の多雪となり、その翌年の2013-14年冬季では、2月の関東の大雪が特徴的だったほか、東北でも秋田県南・県央内陸部を中心に大雪となった。2014-15年冬季には、寒気の南下が冬期前半(12月から翌1月)に集中したため、降積雪の開始および急増は12月上旬から1月上旬に集中するなど豪雪が早く到来し、多雪年となった。秋田県に注目すると2010-11から2014-15年冬季まで5冬季連続で雪が多い傾向が続いた。その後、2015-16年冬季は全国的な暖冬で強い降雨が生じるなどしたが、寒気の移流は長続きしないものの比較的頻繁に起こり、暖冬・寡雪傾向となったのち、2016-17年冬季は山間部での積雪はやや少ないものの、東北地方日本海側の多くで平年並みの積雪となった。ところが、2017-18年冬季は強い寒気の流下が頻発するとともにラニーニャ傾向によるものか低気圧の発生・発達が顕著で、東北地方日本海側では沿岸・平地も含め多雪となった。こうした2017-18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/融雪モデル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(°C)、日降水量(mm)、日平均風速( $\text{ms}^{-1}$ )、水蒸気圧(hPa)、日照時間(hr)、日平均気圧(hPa)などの気象要素分布をアメダス(図1の解析領域内に200から270地点)と気象官署(同約20地点)のルーチン気象データ(気象庁, 2018)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を仮定することによって面的な気象要素の分布を推定した。また、標高(標高分布推定に使用)・土地利用(アルベドや赤外放射遮蔽率の分布に対応)など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)から得た。

#### 2.2 積雪分布モデル・解析領域

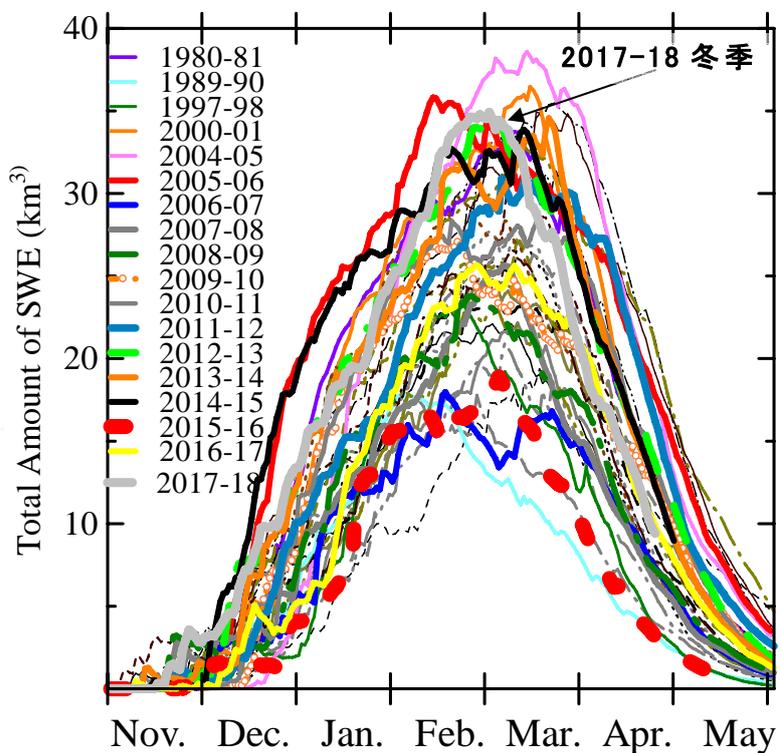
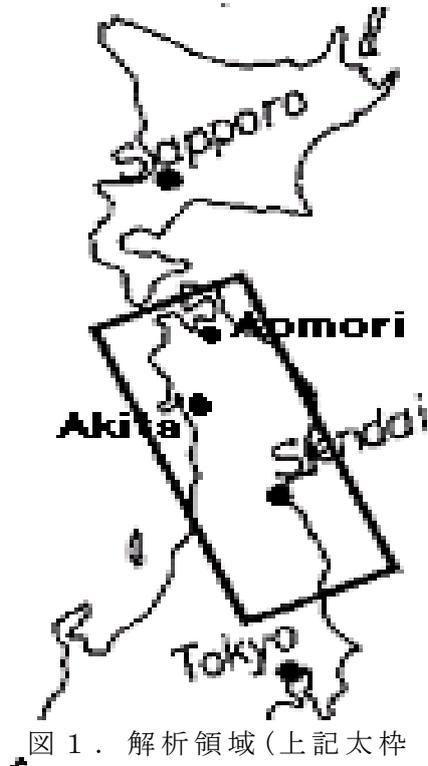
診断型分布型積雪モデル(Motoya et al., 2001; 本谷, 2008)により東北6県(図1太枠内、青森、秋田、岩手、山形、宮城、福島、面積77000 $\text{km}^2$ )における、日単位1kmグリッド毎の積雪水量を、2017年10月から2018年4月24日まで計算した。同様の計算を1980-81年冬季より30冬季分行い、その長期平均(準平年値と呼ぶ)を積雪水量

のより客観的な偏差分布の特徴をみるための基準として用いたほか、領域全体で合計した積雪水量(雪水総量)の季節変化については38冬季分の計算結果を比較した。

### 3. 結果

#### 3.1 雪水総量季節変化

図2に1980-81年冬季以降の38冬季について解析領域(東北6県)全体の雪水総量(雪水資源量)の季節変化(11月から翌5月まで)を示す。2017-18年冬季は11月中旬に平地でも積雪が見られ、12月から翌1月にかけて、冬型時の気団変質よりも発達した低気圧に伴う降雪によって急激な積雪増加を起し、平成18年豪雪(2005-06年冬季)ほどでないものの、いわゆる56豪雪(1980-81年冬季)と同程度の多雪傾向で推移したうえ、2月下旬には38冬季中で1,2を争う大雪になったことがわかる。雪水総量の最大値は、 $34.8\text{km}^3(=34.8\text{Gt})$ で歴代5位であった。ただし、その後3月以降気温がかなり



高い傾向に度々なったために融雪が進み、4月下旬での残雪水総量は平均以下となった。

#### 3.2 2017-18年冬季における東北6県の積雪寡多分布

図3に東北6県の積雪水量寡多を準平年値との2018年1月における偏差を同期間の標準偏差(準平年値と同じ期間の年々変動の $\sigma$ )で規格化した比標準偏差で示した。津軽半島北部の他、白神山～八甲田より栗駒に至る奥羽山脈北部と鳥海山～神室山地で $+2\sigma$ に近い多雪が見られた他、秋田県北部の大館盆地周辺や新庄盆地～羽前にかけては内陸盆地や沿岸部付近でも $+1\sigma$ を超える多雪になっていたことが分かる。一方、青森

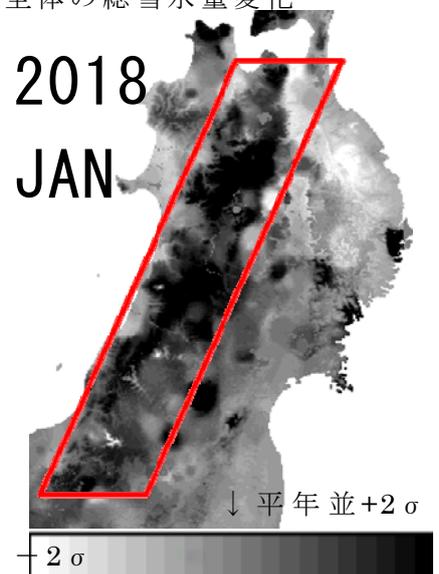


図3. 雪水量の比標準偏差.

の三八上北から陸中にかけてはかなり雪の少ない傾向のほか、秋田北部沿岸の能代平野周辺も少ない傾向となっていた。多雪となった領域に注目すると、非常に大まかに言って、南南西から北北東へと向かう幅 150km 程度の帯状を呈しているように見て取れる(図3中の太枠)。なかでも八幡平～森吉山付近から月山・摩耶山・以東岳周辺に至る帯の中央部における積雪水量偏差は $+2\sigma$ 程度またはそれ以上であった。

#### 4. 考察

##### 4.1 青森県酸ヶ湯周辺と月山志津温泉周辺の積雪水量の比較

多雪年または積雪期に報道等で頻繁に取り上げられる積雪観測地点である酸ヶ湯アメダス(標高890m)周辺と、2017-18年に山形県による積雪深の委託観測では酸ヶ湯以上の積雪深を記録し、アメダス観測点の設置要望運動まで起こりかけた月山志津温泉(標高710m)周辺における積雪水量について、診断型積雪分布モデルで2017年10月から2018年4月までの推移の再現を試みた結果を図4に示す。

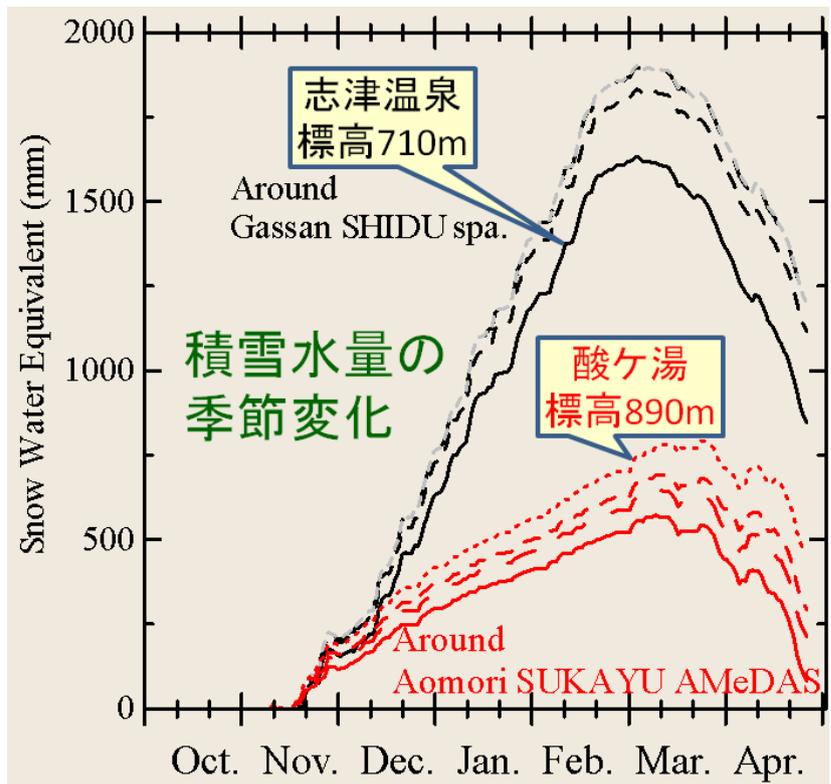


図4. 酸ヶ湯周辺および月山志津温泉周辺における積雪水量の季節変化(2017年10月から2018年4月まで).

診断型モデルでは地点標高を直接用いず、1km四方平均の平均標高を用いていることと、土地利用についても現地1地点の土地利用とはせず、1km四方の範囲で最も頻出するものを仮定していることから空間代表性が若干異なり完全には一致しないことに留意のこと。なお、この問題を軽減する目的で図4の計算では目的地点を含む1km四方グリッドの計算の他に、そのグリッドに北、東、南で接するグリッドについての計算も示した(目的地点がグリッドの北東境界ギリギリに存在するため)。計算では標高ではやや劣る月山志津温泉付近の積雪水量が酸ヶ湯周辺のそれを大きく上回った。これは酸ヶ湯周辺が東西方向から大きくSの字型に蛇行する谷地形にあり、診断型積雪分布モデルの計算時に1kmグリッドでは地形表現が不十分で積雪が過小気味になっていることと、地形による吹きだまりによって実際の積雪が多くなっていることの2点が考えられる。ただ、こうした問題を除いて考えても、図3の結果などから積雪水量で見て非常に多雪になったのは酸ヶ湯よりもやや南から月山周辺にかけての帯であるだろう。なぜこうした帯状に多くの降雪がもたらされたかを考察すると、2018年1月24日前後の発達した低気圧通過時(低気圧本体は津軽海峡付近を東進)に気象衛星画像(図は割愛)に注目する

と、低気圧中心から南南西へ非常に発達した降雪雲の分布が見られ、このときに降雪深として平地でも 40-50cm を超える地点が散見されることから、低気圧性の降雪とその分布による特性によるところが大きいと思われる。

#### 4.2 秋田県における積雪水量観測値と計算値の相関

図 5 に秋田県における 2017-18 年冬季の snow survey から求めた積雪水量について観測値，計算値の相関を調べた。決定定数  $R^2=0.679$  (相関係数で 0.82 以上) と相関は良いが、積雪量が平年並みからやや少なかった 2016-17 年冬季の同様の結果と比較すると、 $R^2=0.748$  (相関係数で 0.86 以上) であった。両者を比較すると 2017-18 年冬季の方が、わずかに対応が悪いと言えるが、これは診断型積雪分布モデルが「平年並み」=山雪型の冬季季節風に伴う気団変質による降雪分布を仮定していることから、低気圧の発生・発達盛んな 2017-18 年冬季の降雪分布推定が難しかったのかも知れない。

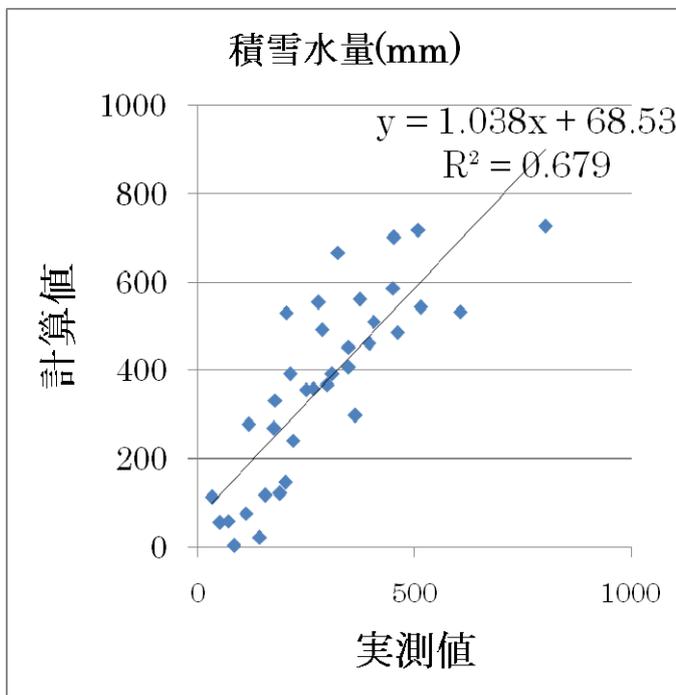


図 5. 積雪水量計算値と実測値の比較 (2017-18 年冬季の snow survey によるもの)。

#### 5. まとめ

本研究は以下の様にまとめられる。

##### 1) ルーチン気象データから簡素

なモデルを使い秋田県及びその周辺の 2017-18 年冬季の積雪水量分布を再現した。

##### 2) 2017 年末(11 月, 12 月)から積雪水量多かった。

##### 3) 平年値との比標準偏差 +2σ 程度の特に関雪の多い場所は発達した低気圧の降雪域に対応した帯状になっていた。

##### 4) 寒気の流下が頻繁で寒冷だったことに加え、冬型のみならず低気圧の発生・発達が盛んで降積雪が多くなったように考えられる。

#### 【引用文献】

気象庁ホームページ(気象統計情報, 過去の気象データダウンロードなど)<http://www.jma.go.jp/> (2018 年 10 月 5 日確認)。

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.

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.

謝辞: 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(2017-11)によりました。また気象データは気象庁 HP によりました。ここに記して感謝致します。

## UAV 搭載用の可視近赤外カメラシステムを用いた雪溪のアルベド分布推定

堀江健太 (有限会社 細田測量設計事務所)

朝岡良浩 (日本大学工学部)

照井敬晶 (株式会社 アルバック)

角張龍平 (日本大学工学部)

若林裕之 (日本大学工学部)

### **Estimation of Spatial Albedo Distributions with a Visible and Near Infrared Camera System on Board Small UAV**

**Kenta HORIE (Hosoda Survey Plan Co., Ltd.)**

**Yoshihiro ASAOKA (College of Engineering, Nihon University)**

**Takaaki TERUI (ULVAC, Inc.)**

**Ryuhei KAKUBARI (Graduate School of Engineering, Nihon University)**

**Hiroyuki WAKABAYASHI (College of Engineering, Nihon University)**

#### 1. はじめに

積雪・氷河の融解を支配する要素の1つとしてアルベドがある。雪氷の分光反射特性において可視波長帯の反射率は不純物、近赤外の波長帯の反射率は積雪粒径に依存する (Aoki et al., 2000; Aoki et al., 2003)。積雪中の不純物は主に鉱物性ダストやブラックカーボン (黒色炭素) といった光吸収性エアロゾルである (BØGGILD et al., 2010; Qian et al., 2015)。ヒマラヤ山脈の氷河においてブラックカーボンによるアルベド低下 (Yasunari et al., 2010) と氷河融解の促進を示す事例も報告されている (Zhang et al., 2017)。また、雪氷微生物と鉱物粒子が形成するクリオコナイト粒もアルベド低下に影響を及ぼす不純物の1つとして報告されている (Edwards et al., 2014)。例えば、アラスカやシベリアの山岳氷河ではクリオコナイト粒による氷河表面のアルベド低下に伴う融解速度の増加が報告されている (Takeuchi et al., 2013)。以上のとおり、雪氷圏の縮小や氷河の後退の要因の1つとしてアルベドの低下が指摘されている (Takeuchi et al., 2015)。

雪氷アルベドの空間的なモニタリングおよび推定は融解量を算定する上で重要であるが、その空間分布の偏在性は高く、アルベドメータを用いて計測する場合、高密度の観測が必要となるが、山岳氷河のモニタリングは労力と危険を要する。一方で、人工衛星の画像を用いたアルベド推定 (森澤ら 2012; 森澤ら 2013) は山岳氷河などの広域のモニタリングに有益であるが、不純物に起因する雪氷面の暗色化は非均一な分布であり、数十センチ程度の暗色化模様に対して、汎用性の高い Landsat 衛星の画像の空間解像度でも空間解像度が約 30m であるため、詳細なアルベドの分布を解像することは困難である。そのため、本研究は空間モニタリングのプラットフォームとして急速に普及する UAV (Unmanned Aerial Vehicle) を用いたアルベドの空間モニタリング手法について検討する。UAV に搭載するカメラシステムの画像はカメラ性能や撮影高度に依存するものの、数 cm の解像度の画像を取得でき、雪氷面の暗色化模様を解像することが期待できる。また、照井ら (2017) は UAV 搭載向けの可視画像と近赤外面像を撮影できるカメラシステムを開発し、雪氷の分光反射特性に支配的な波長帯の画像を用いることによって高い精度のアルベド推定が期待できる。

本研究は、UAV を用いた山岳氷河におけるアルベドの高解像度の空間モニタリングを見据え、雪氷面で不純物が非均一に分布する初夏の雪溪を解析事例として、UAV による上空からの画像撮影と地

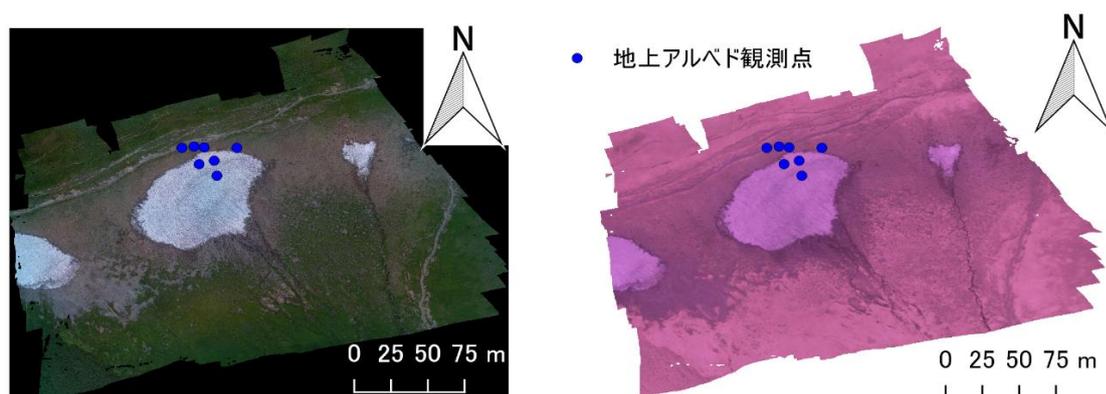


図1 対象地域の可視・近赤外画像と地上アルベド観測点

上アルベド観測を同時に行い、UAV 搭載用可視近赤外カメラシステムを用いた雪氷域の高解像アルベド推定について検証する。

## 2. 研究手法

本研究は山形県の中央部に位置する月山牛首付近（北緯 38 度 32 分 56 秒，東経 140 度 01 分 37 秒，標高 1650m）の雪渓を対象として、UAV に搭載した可視近赤外カメラシステムを用いて上空からの撮影を実施し、同時に地上で雪渓とその周辺でアルベドを測定した。実施日は 2016 年 8 月 5 日である。また、従来の可視カメラの撮影画像に加えて近赤外カメラの撮影画像を用いる有効性について検証する。具体的には地上で計測したアルベドを目的変数、撮影画像から得られた DN（Digital Number）値を説明変数とする単・重回帰分析を行い、アルベド分布推定式の精度を検証する。撮影画像の DN 値は、可視（青）、可視（緑）、可視（赤）、近赤外の波長帯の 4 種類の DN 値を画像から抽出した。DN は各波長帯の放射輝度値を 0 から 255 の整数値に変換した値である。以下に UAV 搭載用可視近赤外カメラシステムおよび地上アルベド測定の概要を示す。

### 2.1 小型 UAV 搭載用可視近赤外カメラシステム

本研究は、小型 UAV 搭載用の可視近赤外カメラシステム（照井ら，2017）を使用した。カメラシステムのハードウェア構成はシングルボードコンピュータ Raspberry Pi A+（KSY 社製）を 2 台使用し、可視カメラモジュールと近赤外カメラモジュール、GNSS 受信機モジュール、無線通信モジュールが組み込まれている。可視カメラと近赤外カメラの 2 つのカメラモジュールを使用して可視域の RGB（赤、緑、青）画像と NGB（近赤外、緑、青）画像を同時に撮影可能である。また、位置情報を測定する GPS 受信機モジュールは GPS と GLONASS の両方に対応した GNSS 測量が可能である。無線通信モジュールはカメラシステムと地上の双方向通信が可能であり、カメラシステムの位置情報を地上の PC 上で確認でき、運用中に地上からカメラパラメータなどの変更が可能である。カメラシステムの詳細は照井ら（2017）を参照されたい。カメラシステムをクアッドコプターの UAV である DJI 社の INSPIRE1 に搭載し、上空 50m から雪渓の画像を撮影した。解像度は約 2.62cm である。飛行中に撮影した画像の合成には Agisoft 社の PhotoScanProfessional を使用した。可視（赤）、可視（緑）、可視（青）による合成画像、近赤外、可視（緑）、可視（青）による合成画像を図 1 に示す。

### 2.2 アルベドの測定

地上でのアルベド測定は、まず日射計のセンサを上側に向けて入射光のエネルギーの測定を行い、次にセンサを下側に向けて反射光のエネルギーの測定を行い、両エネルギーの比をとることによって

表1 観測地点における画像 DN 値とアルベド測定値

	DN				アルベド
	可視(赤)	可視(緑)	可視(青)	近赤外	
砂利	115	108	114	161	0.17
土	116	111	121	158	0.19
草	79	77	72	148	0.19
黒雪	94	96	119	125	0.07
白雪	199	203	231	210	0.34
まだら雪	151	160	193	180	0.2
白板	211	232	232	209	0.66



図2 雪渓状のアルベド観測地点 (左:黒雪, 中:白雪, 右:まだら雪)



図3 雪渓周辺のアルベド観測地点 (左:砂利, 中:土, 右:草)

アルベドを算定した。日射計は PREDE 社製の PCM-01N を使用した。波長帯は 300nm~2800nm である。アルベドの測定地点は 7 地点 (図 1) とし、雪渓上で雪氷面が視覚的に白い積雪面上、白黒のまだら模様の積雪面上、黒ずんでいる積雪面上のそれぞれ 3 地点 (図 2) を選定した。また、雪氷面以外にも雪渓周辺の砂利、土、草地の 3 地点 (図 3) と設置した白板のアルベドを測定した。測定は各地点 3 回ずつ行い、平均値を解析に用いた。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 アルベドの地上測定

地上で測定したアルベドおよび上空から撮影した可視・近赤外面像から抽出した可視 (青)、可視 (緑)、可視 (赤)、近赤外の DN を表 1 に示す。雪渓の中で目視により表面が白いと確認できる領域でもアルベドは 0.34 であった。また、まだら模様の雪のアルベドは 0.2 で、土や草のアルベドとほぼ等しい値となり、黒雪のアルベドはそれらよりも低い 0.1 未満であった。白板のアルベドは 0.66 となった。通常、白板は太陽光に日射エネルギーの 99% 以上をランベルト反射するように設計されているため、白板上のアルベド測定値が想定した値よりも低い値になる理由について調査する必要がある。一般に積雪のアルベドは 0.9 (新雪や乾雪) から 0.4 (古雪や湿雪) の範囲をとることから、測定した観測場の雪氷アルベドは低いことがわかる。測定時 (2016 年 8 月 5 日) には雪渓全域で融雪が進行し

表2 回帰分析の概要

回帰分析	説明変数	回帰式
式① 単回帰	$DN_1+DN_2+DN_3+DN_4$	$y = a(DN_1+DN_2+DN_3+DN_4)+b$
式② 単回帰	$R_1+R_2+R_3+R_4$	$y = a(R_1+R_2+R_3+R_4)+b$
式③ 単回帰	$\lambda_1DN_1+\lambda_2DN_2+\lambda_3DN_3+\lambda_4DN_4$	$y = a(\lambda_1DN_1+\lambda_2DN_2+\lambda_3DN_3+\lambda_4DN_4)+b$
式④ 重回帰	$DN_1, DN_2, DN_3, DN_4$	$\log_e y = a_1DN_1+a_2DN_2+a_3DN_3+a_4DN_4+b$
式⑤ 重回帰	$R_1, R_2, R_3, R_4$	$\log_e y = a_1R_1+a_2R_2+a_3R_3+a_4R_4+b$
式⑥ 重回帰	$\lambda_1DN_1, \lambda_2DN_2, \lambda_3DN_3, \lambda_4DN_4$	$\log_e y = a_1\lambda_1DN_1+a_2\lambda_2DN_2+a_3\lambda_3DN_3+a_4\lambda_4DN_4+b$

y : アルベド, DN : 各波長帯の Digital Number, R : 各波長帯の反射率, λ : 各波長帯の観測幅, a : (重) 回帰係数, 添え字 1,2,3,4 は可視 (赤), 可視 (緑), 可視 (青), 近赤外の波長帯を示す.

表3 可視・近赤外画像の DN を用いた回帰分析の結果

	式①	式②	式③	式④	式⑤	式⑥
決定係数	0.66	0.67	0.68	0.99	0.99	0.99

表4 可視画像の DN を用いた回帰分析の結果

	式①	式②	式③	式④	式⑤	式⑥
決定係数	0.65	0.65	0.65	0.97	0.97	0.97

ている状況で、雪氷面も粗目化していた。また、不均一ではあるが大部分の領域で雪氷面に不純物が堆積している状況であった。

DN 値に関しては、5×5 画素の平均値を取り扱った。7つの観測地点の中で、白板を除くと、白い雪が4つの波長帯の中でそれぞれ最高値なり、可視の3波長帯では草の DN が最小値、次いで黒い雪の DN が低い値となった。また、近赤外の波長帯では黒い雪の DN が最低値、次いで草の近赤外の DN は白い雪と白板がほぼ同じ値であった。

### 3.2 回帰式によるアルベド推定

地上計測した7地点のアルベド値を目的変数、可視近赤外カメラシステムで撮影した可視画像と近赤外画像から抽出した可視 (赤), 可視 (緑), 可視 (青), 可視 (近赤外) の DN を説明変数とする回帰分析を行い、アルベド推定の精度を検証した。本研究では様々な説明変数の組み合わせによって、DN 値からアルベドを推定する関数について調査した。表2に本研究で実施した6種類の回帰分析の概要を示す。表2の中で説明変数  $R_1, R_2, R_3, R_4$  は対象地点における4波長帯それぞれの反射率を示し、対象地点の4波長帯の DN 値に対する白板における4波長帯の DN 値の比とした。同様に、 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$  は4波長帯の観測幅を示す。なお、本報告において4波長帯を可視 (青) 450-515nm, 可視 (緑) 525-600nm, 可視 (赤) 630-680nm, 近赤外 845-885nm と設定した。6種類の回帰式から得られた決定係数を表3に示す。重回帰分析の決定係数は単回帰式の決定係数よりも高い値となった。これはアルベドに対する4波長帯の寄与率がそれぞれ異なるため、各波長に対してそれぞれ重回帰係数を設定する重回帰式の方が、決定係数が高くなると考えられる。また、3つの重回帰式 (式④, ⑤, ⑥) の決定係数は同じ値となった。式⑥の重回帰分析では、4波長帯の DN と波長帯の幅の積を重説明変数として設定している。一方で、式④の重回帰分析では、4波長帯の DN を説明変数として設定している。そのため、式④のそれぞれの重回帰係数には波長帯の幅が反映され、式④と式⑥の重回帰係数は概ね一致したと考えられる。同様に、式⑤の重回帰分析は4波長帯の反射率を説明変数に設定している。そのため、式④と式⑤を比較すると、式④のそれぞれの重回帰係数には4波長帯における下向きの放

射輝度値が反映され、式④と式⑤の重回帰係数は概ね一致すると考えられる。

### 3.2 近赤外カメラの効果

UAV 搭載用の可視・近赤外カメラシステムの効果を評価するため、前節で設定した可視(赤)、可視(緑)、可視(青)、近赤外の4つの波長帯の物理量を説明変数とする回帰式と、近赤外の波長帯を除いた可視(赤)、可視(緑)、可視(青)の3波長帯の物理量を説明変数とする回帰式の決定係数を比較した(表4)。近赤外画像を用いない3変数の回帰式よりも近赤外画像を含めた4変数の回帰式の決定係数の方が僅かに高いことが確認された。

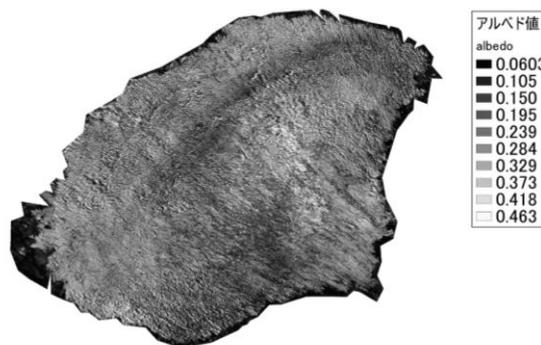


図4 雪溪のアルベド分布

### 3.3 アルベド分布推定

表2の④式を用いて推定した雪溪のアルベド分布を図4に示す。空間分布の平均値は0.232、標準偏差0.0994となった。また、雪溪内では、60%の画素がアルベド0.2から0.4の範囲に分布する。しかし、雪溪内の画素の0.002%がアルベド1.0以上という推定結果となり、これはノイズによる影響と考えられる。アルベドが1.0未満の画素の最大値は0.70であった。

## 4. おわりに

本研究は UAV 搭載用の可視・近赤外カメラシステムの撮影画像を用いた雪氷アルベドの空間分布推定について検討した。可視と近赤外の画像から得られる4つの波長帯の輝度値を説明変数とする重回帰式によって妥当な精度で雪氷面のアルベドを推定できることを示した。UAV から撮影した画像を用いたアルベド推定は、山岳氷河など労力と危険を要するフィールドでアルベドの空間的なモニタリングに有益と考えられる。また、重回帰分析の重回帰係数はアルベドに対する各波長帯における輝度値の寄与に関係すると考えられ、分光放射計測によって検証する必要がある。

謝辞：本研究の一部は、本研究は JSPS 科研費(17K06587、代表：朝岡良浩)および日本大学工学部工学研究所の工学研究所プロジェクトとして実施した。ここに記して謝意を表す。

### 【文献】

- Aoki T., et al., 2000: Effects of snow physical parameters on spectral albedo and bidirectional reflectance of snow surface, *Journal of Geophysical Research*, **105**, D8, pp.10219-10236.
- Aoki T., et al., 2003: Effects of snow physical parameters on shortwave radiation broadband albedos, *Journal of Geophysical Research*, **108**, D19, 4616, DOI:10.1029/2003JD003506, 2003.
- BÖGGILD C. E., et al., 2010: The ablation zone in northeast Greenland: ice types, albedos and impurities, *Journal of Glaciology*, **56**, pp.101-113. DOI: 10.3189/002214310791190776.
- Edwards A., et al., 2014. Coupled cryoconite ecosystem structure–function relationships are revealed by comparing bacterial communities in alpine and Arctic glaciers, *FEMS Microbiol. Ecol.*, **89**, 222–237. DOI: 10.1111/1574-6941.12283.
- 森澤海里, 朝岡良浩, 風間 聡, 2012: 衛星画像を用いたコンドリリ氷河のアルベドの空間挙動推定, *土木学会論文集G(環境)*, **68(5)**, pp.I\_153-I\_158. DOI: 10.2208/jscej.68.I\_153
- 森澤海里, 朝岡良浩, 風間 聡, 2013: 衛星画像とアルベド実測値を併用した氷河域のアルベド推定,

土木学会論文集B1 (水工学), **69**(4), pp.I\_421-I\_426.

Qian Y., et al., 2015: Light-absorbing particles in snow and ice: measurement and modeling of climatic and hydrological impact. *Advances Atmos. Sci.* **32**, 64–91. DOI: 10.1007/s00376-014-0010-0.

Takeuchi N., 2013: Seasonal and altitudinal variations in snow algal communities on an Alaskan glacier (Gulkana glacier in the Alaska range). *Environmental Research Letters*, 8(3), 035002, 2013.

Takeuchi N., et al., 2015: The Effect of Impurities on the Surface Melt of a Glacier in the Suntar-Khayata Mountain Range, *Frontiers in Earth Science*, **3**(82). doi: 10.3389/feart.2015.00082, 2015.

照井敬晶, 角張龍平, 若林裕之, 2017: 小型UAV搭載用可視近赤外カメラシステムの開発, *日本リモートセンシング学会誌*, **37**(5), pp.442-452.

Yasunari T. J., et al., 2010: Estimated impact of black carbon deposition during pre-monsoon season from Nepal Climate Observatory – Pyramid data and snow albedo changes over Himalayan glaciers, *Atmospheric Chemistry and Physics*, **10**, pp.6603-6615. DOI: 10.5194/acp-10-6603-2010.

Zhang Y., et al., 2017: Light - absorbing impurities enhance glacier albedo reduction in the southeastern Tibetan plateau, *Journal of Geophysical Research*, **122**(13), pp. 6915-6933. DOI: 10.1002/2016JD026397.

## 熱帯地域の山岳氷河を対象とした UAV 観測の有効性について

角張 龍平 (日本大学大学院工学研究科)

朝岡 良浩 (日本大学工学部)

若林 裕之 (日本大学工学部)

### Effectiveness of UAV observation for mountain glaciers in tropical regions

Ryohei KAKUBARI (Graduate School of Engineering, Nihon University)

Yoshihiro ASAOKA (College of Engineering, Nihon University)

Hiroyuki WAKABAYASHI (College of Engineering, Nihon University)

#### 1. はじめに

近年、地球温暖化の影響でアンデス山脈に位置する熱帯氷河の融解が加速しており、氷河の融解水を主要な水資源とするボリビア多民族国(以下、ボリビア)の首都ラパスや近隣のエル・アルトでは、深刻な水不足が懸念されている(森澤ら,2012; 吉澤ら,2016)。ラパスやエル・アルトにおいては、年間降水量が約 500mm と小さいため、熱帯氷河の融解水が安定した水資源の役割を果たし、飲料水や工業用水等の貴重な供給源になっている。したがって、氷河の融解水から供給される水資源量を見積もることが今後の水資源政策において重要な課題である。この課題を解決するためには、高精度な氷河融解・流出モデルを作成し、氷河融解量を把握する事が必要不可欠である。従来の氷河融解・流出モデル(Pablo et al., 2016)の作成には、人工衛星データから作成した数値標高モデル(DEM: Digital Elevation Model)を使用しているため、情報が更新されていない事や時期を考慮する事が出来ない等の問題がある。また、減少傾向にある山岳氷河を人工衛星からの詳細なモニタリングは、空間分解能という点で不十分な場合がある。

最近では、無人航空機(UAV: Unmanned Aerial Vehicle)の技術発達や普及に伴い、雪氷分野でも利用が始まっており(菅沼ら,2017)、SfM(Structure from Motion)と呼ばれる画像解析技術を組み合わせることで、地上解像度が数 cm~数 10cm の高解像標高データの取得や地形情報の判別が可能となり、積雪分布の計測にも利用されている(内山ら,2014; 小花和ら,2016)。筆者らは、積載量 300g 以下の小型 UAV に搭載可能で、可視画像と近赤外画像を同時に取得可能なカメラシステムを開発し、農業分野への応用研究に取り組んでいる(照井ら,2017)。

本研究では、筆者らが開発した UAV 搭載用可視・近赤外カメラシステムを小型 UAV に搭載し、ボリビアのリアル山脈に位置する HuaynaPotosi West 氷河および Condoriri 氷河を対象として、可視画像および近赤外画像を取得した。取得した画像を入力データとして、Agisoft 社製の SfM 解析ソフトウェア(PhotoScan Professional)を使用して、DEM およびオルソモザイク画像を作成した。UAV で作成した DEM については従来の人工衛星データから作成した 3 種類の DEM(SRTM-1, ASTER GDEM および ALOS World 3D-30m(以下 AW3D30))との比較によって、山岳氷河モニタリングにおける UAV データの有効性について検討する。

#### 2. 研究手法

本研究で対象とする山岳氷河は、熱帯地域のボリビアに位置する HuaynaPotosi West 氷河(南緯 16 度 16 分、西経 68 度 10 分)および Condoriri 氷河(南緯 16 度 10 分、西経 68 度 13 分)であり、UAV に搭載した可視・近赤外カメラシステムを用いて上空から両氷河の撮影を実施した。また、各氷河にお

いて複数の標定点を設置し、GPS および GLONASS を受信可能な GARMIN 社製の eTrex30J で位置情報を取得した。2017年8月28日に HuaynaPotosi West 氷河を、2017年8月31日に Condoriri 氷河の観測を実施した。取得した可視画像および近赤外画像を PhotoScan Professional を用いて DEM とオルソモザイク画像を作成した。可視画像および近赤外画像から作成した DEM の比較および SRTM-1, ASTER GDEM および AW3D30 との比較を行い、UAV を用いた観測の有効性について検証した。SRTM-1 は 2000年2月12日から23日にかけて運用されたスペースシャトルに搭載されたシングルパス C バンド干渉合成開口レーダ(SAR)データから求められた標高データである。ASTER GDEM は、人工衛星に搭載された可視近赤外放射計(ASTER VNIR)が観測した直下視と後方視の二方向ステレオ視データを使用して作成された標高データである。2000年以降に取得した雲域を除去した DEM をスタッキング処理して標高の平均値を算出したものである。AW3D30 は、ALOS に搭載されたパナソニック立体的センサ(PRISM)が観測した前方、直下、および後方の三方向ステレオ視データを使用して作成された標高データである。2006年1月から2011年4月にかけて取得したデータをアーカイブし、全球モデルへのリサンプリング時に平均値および中央値を算出したものであるが、本研究では平均値を使用する。SRTM-1, ASTER GDEM および AW3D30 の空間分解能は全て約 30m(1秒メッシュ)である。以下に UAV 搭載用可視・近赤外カメラシステムおよび SfM 解析の概要を示す。

## 2.1 小型 UAV 搭載用可視・近赤外カメラシステム

本研究では、筆者らが開発した小型 UAV 搭載用可視・近赤外カメラシステムを用いた。カメラシステムのハードウェアは、2台のシングルボードコンピュータ(Raspberry Pi A+)をコントローラーとして使用し、可視カメラモジュール、近赤外カメラモジュール、気圧高度計(MS5607)、GPS 受信機モジュール(GMS6-SR6)、および無線通信モジュール(Xbee-Pro)を搭載している。カメラシステムの概要および外観を表1および図1に示す。本カメラシステムは、可視および近赤外の2つのカメラモジュールを同期して使用しており、可視画像(RGB カラー)と近赤外画像(NGB カラー)をほぼ同時に取得可能である。カメラシステムの位置情報を取得するための GPS 受信機モジュールは GPS と GLONASS の両方を受信可能であり GNSS 測量結果を画像と共に記録する。また、無線通信モジュールはカメラシステムと地上 PC 間の双方向通信が可能であり、カメラシステムの位置情報、移動速度、および水平距離等を地上 PC 上で確認でき、運用中に地上 PC からカメラシステムの撮影パラメータを変更可能である。本研究では、カメラの露光時間を 300 $\mu$ s およびホワイトバランスを固定に設定し、2秒間隔のインターバル撮影を実施した。カメラの露光時間は、アルベドの高い雪氷観測時に飽和しないように設定している。カメラシステムを搭載する UAV は、DJI 社製のクアッドコプターINSPIRE1を使用して、離陸地点から高度 150m 固定で各氷河を撮影した。

## 2.2 SfM 解析

本研究では、PhotoScan Professional を用いて SfM 解析を実施した。SfM 解析における PhotoScan Professional の詳細パラメータ設定を表2に示す。カメラシステムの位置推定処理については、カメラシステムの GPS 受信機モジュールから取得した位置情報にもとづいて隣接する画像ペアを選定し、画像マッチング処理を実施することによってカメラシステムの位置および姿勢を推定した。さらに、地上に設置した標定点の位置情報を使用してカメラシステム位置推定値の高精度化を実施した。その後、高密度クラウド構築、メッシュ構築、およびテクスチャー構築を行い、DEM 構築およびオルソモザイク構築を実施した。カメラシステムの可視画像および近赤外画像から作成した HuaynaPotosi West 氷河および Condoriri 氷河のオルソモザイク画像を図2および図3に示す。作成されたオルソモザイク画像の水平解像度は約 4cm であった。

## 3. 結果および考察

HuaynaPotosi West 氷河および Condoriri 氷河の標高および画素値を解析した領域を図4に、両氷河

の標高抽出結果を図5および6に示す。また、図7に HuaynaPotosi West 氷河と Condoriri 氷河の画素値の抽出結果を示す。SRTM-1, ASTER GDEM および AW3D30 の空間分解能は約 30m であることから、比較のための標高値は 30m 間隔で抽出した。UAV で取得した画像および近赤外画像から作成した DEM については、まず 5m 間隔で標高を抽出し、次に 30m 間隔の DEM と比較を行うため 6 点の平均値を算出した。SRTM-1, ASTER GDEM および AW3D30 については UAV 画像の取得範囲よりも広範囲の標高を抽出した。画素値については、各氷河の上流域の標高抽出地点を中心として幅 50m 範囲で抽出を行った。

HuaynaPotosi West 氷河および Condoriri 氷河においては、可視画像から抽出した標高が近赤外画像から抽出した標高よりも大きくなる傾向が確認でき、標高の増加に伴いその差が大きくなることが確認できた。図7より、可視画像では上流域の雪面アルベドが高いため、全バンド(RGB)の値がほぼ同じレベルで大きく白色に近いことがわかる。以上から、近赤外画像と比較して可視画像のダイナミックレンジが小さいことによる、SfM 解析時のマッチング精度低下が要因の一つとして考えられる。

UAV で取得した画像から作成した DEM と SRTM-1, ASTER GDEM および AW3D30 から抽出した標高を比較した結果、氷河域では標高の低下に伴い、UAV で取得した画像から作成した DEM と SRTM-1, ASTER GDEM および AW3D30 の標高差が大きくなる傾向が確認できた。UAV の画像取得領域では SRTM-1, ASTER GDEM, AW3D30 の順に標高が小さくなり、UAV の画像取得領域外では、3 種類の DEM の標高差が小さくなることを確認できる。標高差が生じる要因としては、SRTM-1 は 2000 年 2 月に取得されたデータ、ASTER GDEM は 2000 年から 2010 年まで取得されたデータ、AW3D30 は 2006 年 1 月から 2011 年 4 月に取得されたデータから算出された標高のため、作成時期の違いによる標高差が考えられる。さらに、SRTM-1 と ASTER GDEM, AW3D30 の DEM 作成方法の違いが考えられる。SRTM-1 はマイクロ波領域の C バンド干渉 SAR を使用して算出した標高であり、ASTER GDEM は近赤外波長帯のステレオ視データ、AW3D30 は可視近赤外波長帯の 3 方向ステレオ視データを使用して算出した標高であるため算出方法の違いによって標高差が生じると考えられる。

以上の結果から、氷河融解・流出モデルを使用した解析においては、使用する DEM によって入力する標高の差が生じると考えられるため、山岳氷河モニタリングでは、タイムリーに空間分解能の高い DEM 作成が可能な UAV を用いた観測が有効だと考えられる。

#### 4. おわりに

本研究では、小型 UAV に可視・近赤外カメラシステムを搭載し、HuaynaPotosi West 氷河および Condoriri 氷河を対象に観測を行なった。同時に取得された可視および近赤外画像から SfM 解析によって DEM を作成し、SRTM-1, ASTER GDEM および AW3D30 の標高と比較を行い、山岳氷河モニタリングにおける UAV を用いた観測手法の有効性を検討した。UAV で取得した可視画像および近赤外画像から作成された DEM は氷河域において標高の増加に伴い、可視画像から抽出した標高が近赤外画像から抽出した標高よりも大きくなった。また、SRTM-1, ASTER GDEM および AW3D30 から抽出した標高に差が生じ、この要因は DEM 作成方法や作成時期の違いであることが示唆された。以上から、山岳氷河モニタリングにおいて、タイムリーに高分解能 DEM が取得可能な UAV を用いた観測が有効だと考えられるが、標高差の要因等の解析は今後の課題である。そのため、今後の観測において GNSS 測量を行うことによって UAV から取得した DEM の誤差を定量化する。また、山岳氷河の雪面状態を考慮したカメラパラメータの最適化や観測対象物に対する最適な飛行経路および飛行高度を考慮する必要がある。さらに、SfM 解析を行う PhotoScan Professional の処理手順やパラメータ設定の最適化を行うことによって、より高精度な DEM 作成手法の検討を進めていく予定である。

表1 カメラシステムの概要

<b>Dimension(L×W×H)</b>	6.4×5.9×7.3 cm
<b>Controller</b>	Raspberry Pi A+
<b>Sensor &amp; Communication module</b>	GPS(GMS7-CR6) Altimeter(MS5607) CameraModule(RGB,NGB) Xbee-Pro
<b>Weight</b>	153 g (battery not included)
<b>Power consumption</b>	5V,1A

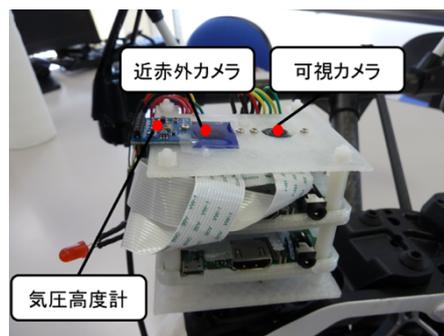


図1 カメラシステムの外観

表2 PhotoScan Professional のパラメータ設定(Version1.3.2)

<b>HuaynaPotosi West</b>		<b>Condoriri</b>	
<b>Number of Pictures(RGB)</b>	173	<b>Number of Pictures(RGB)</b>	104
<b>Number of Pictures(NGB)</b>	173	<b>Number of Pictures(NGB)</b>	104
<b>GCP</b>	9	<b>GCP</b>	8
<b>Align Photos</b>		<b>Align Photos</b>	
Accuracy	Highest	Accuracy	Highest
<b>Build Dense Point Cloud</b>		<b>Build Dense Point Cloud</b>	
Quality	Ultra high	Quality	Ultra high
Depth filtering	Aggressive	Depth filtering	Aggressive
<b>Build Mesh</b>		<b>Build Mesh</b>	
Surface type	Height field	Surface type	Height field
Source data	Dense cloud	Source data	Dense cloud
Face count	High	Face count	High
<b>Build Texture</b>		<b>Build Texture</b>	
Mapping mode	Orthophoto	Mapping mode	Orthophoto
Blending mode	Mosaic	Blending mode	Mosaic
<b>Build DEM</b>		<b>Build DEM</b>	
Source data	Dense cloud	Source data	Dense cloud
Interpolation	Enable	Interpolation	Enable
<b>Build Orthomosaic</b>		<b>Build Orthomosaic</b>	
Surface	Mesh	Surface	Mesh
Blending mode	Mosaic	Blending mode	Mosaic
Color correction	No	Color correction	No
Hole filling	Yes	Hole filling	Yes

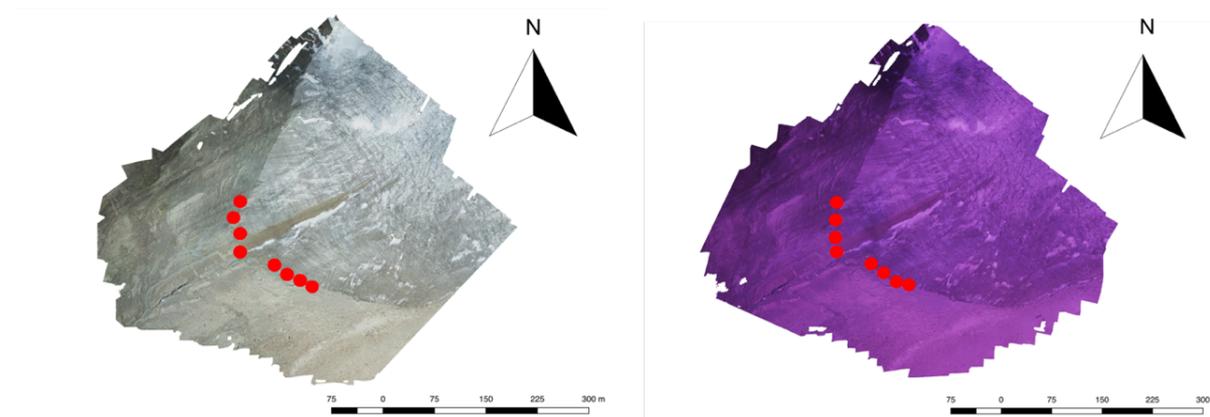


図2 UAV 取得画像から作成した HuaynaPotosi West 氷河のオルソモザイク画像および標定点  
左:可視画像(RGB カラー), 右:近赤外画像(NGB カラー)

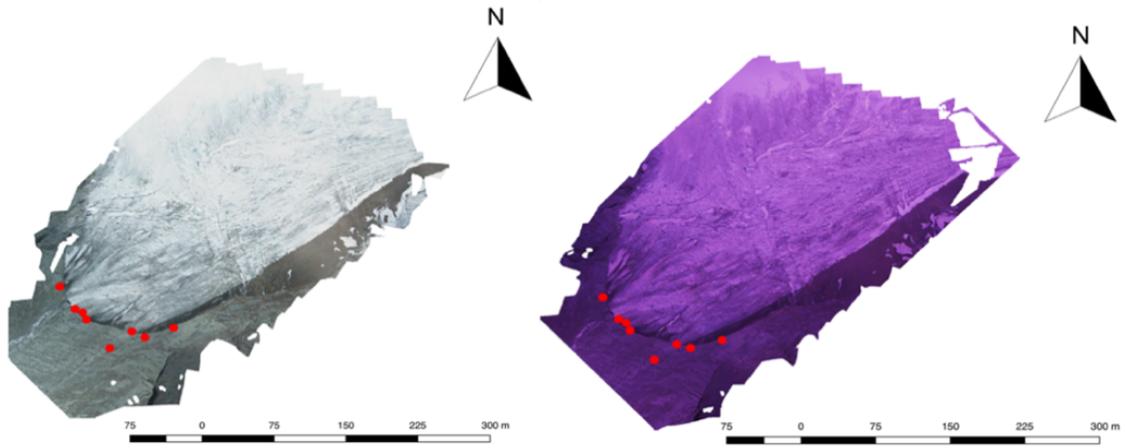


図3 UAV 取得画像から作成した Condoriri 氷河のオルソモザイク画像および標定点  
左:可視画像(RGB カラー), 右:近赤外画像(NGB カラー)

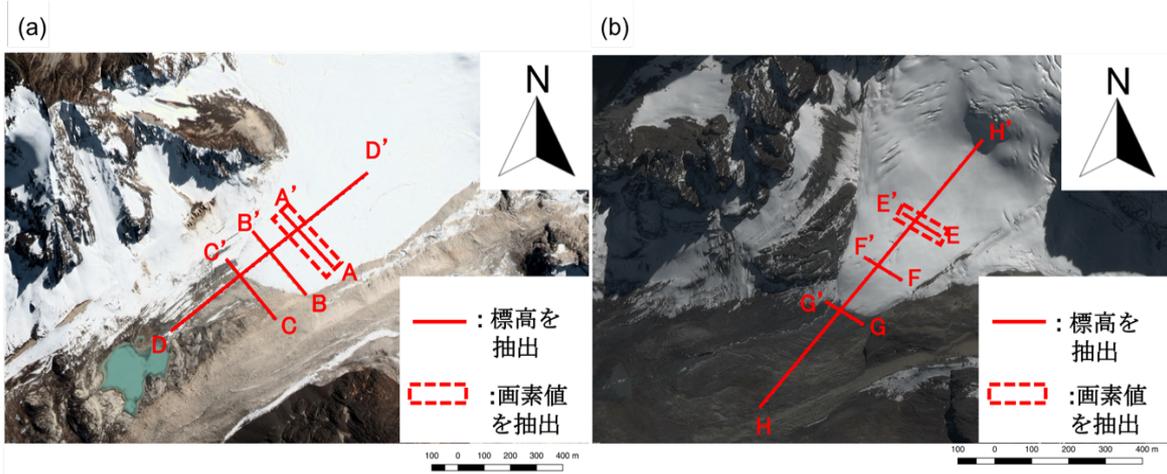


図4 (a)HuaynaPotosi West 氷河 (b)Condoriri 氷河の DEM から標高および画素値抽出地点

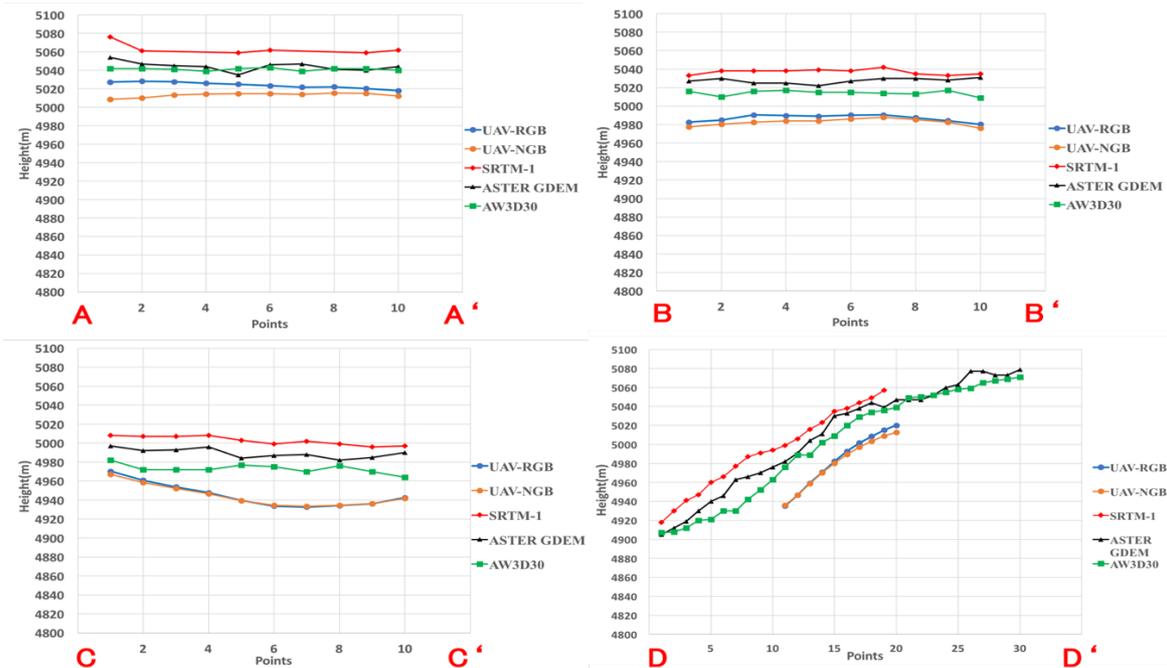


図5 HuaynaPotosi West 氷河の標高抽出結果

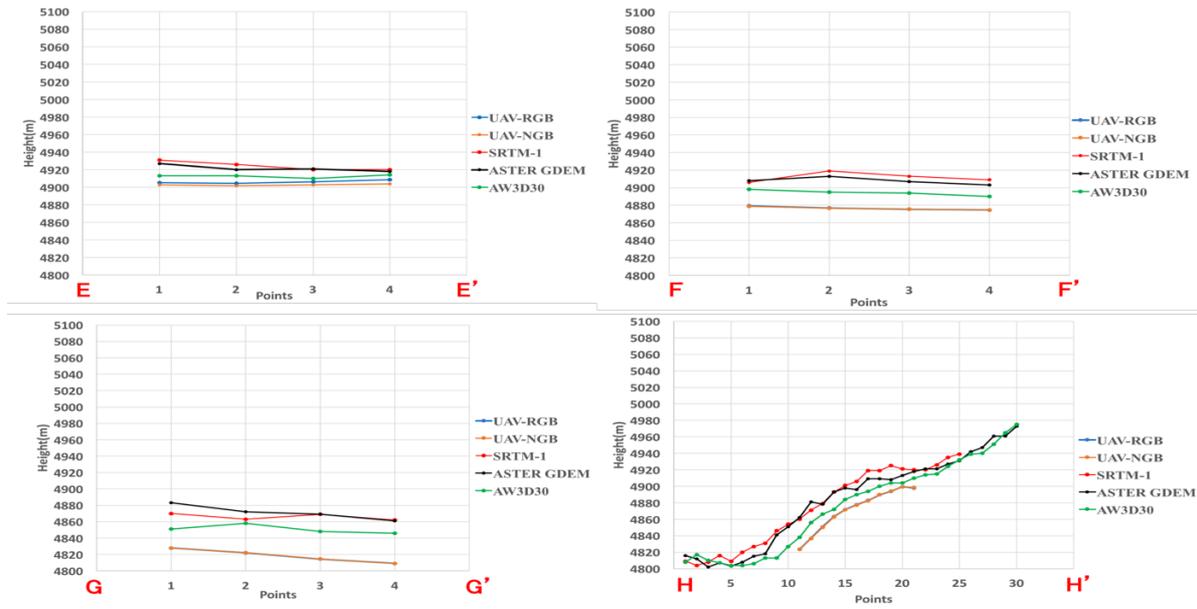


図 6 Condoriri 氷河の標高抽出結果

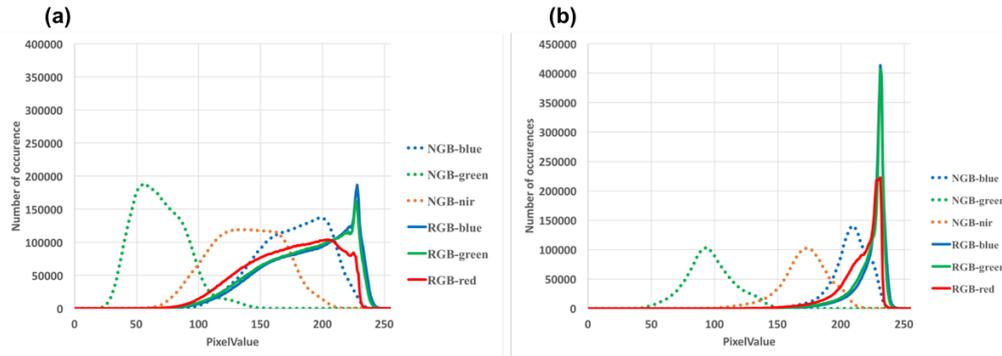


図 7 (a)HuaynaPotosi West 氷河(b) Condoriri 氷河の画素値抽出結果

謝辞：本研究の一部は、本研究は JSPS 科研費（17K06587，代表：朝岡良浩）および日本大学工学部工学研究所プロジェクトとして実施した。ここに記して謝意を表す。

【引用文献】

Pablo Fuchs, Yoshihiro Asaoka and So Kazama (2016): Modelling melt, runoff, and mass balance of a tropical glacier in the Bolivian Andes using an enhanced temperature-index model, Hydrological Research Letters, Vol.10, No.2, pp.51-59. DOI: 10.3178/hrl.10.51

森澤 海里, 朝岡 良浩, 風間 聡(2012):衛星画像を用いたコンドリリ氷河のアルベドの空間挙動推定, 土木学会論文集 G(環境), Vol68, No5, pp153-158.

吉澤 一樹, 風間 聡, 朝岡 良浩(2016):地形情報を用いたボリビア・アンデス山脈における氷河後退の統計解析, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol72, No4, pp469-474.

菅沼 悠介, 川又 基人, 白水 薫, 小山 拓志, 土井 浩一郎, 金田 平太郎, 青山 雄一, 早河 秀章, 小花和宏之(2017):南極における無人航空機(UAV)を用いた高解像度地形情報取得の試み, 地学雑誌, Vol126, pp1-24.

内山 庄一郎, 上石 勲, 井上 広, 鈴木 比奈子, 丸山 有沙(2014): SfM による積雪環境の 3次元モデリングと積雪深推定, 雪氷研究大会(2014・八戸) 講演要旨集, P2-43.

小花和 宏之, 河島 克久, 松元 高峰, 伊豫部 勉, 大前 宏和(2016): 小型 UAV を用いた積雪分布の 3次元計測, 日本雪氷学会誌, Vol78, No.5, pp317-328.

照井 敬晶, 角張 龍平, 若林 裕之 (2017): 小型 UAV 搭載用可視近赤外カメラシステムの開発, 日本リモートセンシング学会誌, Vol37, No.5, pp442-452.

## 北海道の土壤凍結深の測定：2011～2017 年冬季

原田 鉦一郎（宮城大学食産業学群）

吉川 謙二（アラスカ大学フェアバンクス校）

曾根 敏雄（北海道大学低温科学研究所）

### Measurements of frost depth in Hokkaido: 2011-2017 winter season

Koichiro HARADA (Miyagi University)

Kenji YOSHIKAWA (University of Alaska Fairbanks)

Toshio SONE (ILTS, Hokkaido University)

#### 1. はじめに

北海道や東北地方では冬季間に土壤は凍結する。土壤の凍結深は、気温や積雪深などの気象条件をはじめとする外的要素の影響を大きく受ける。このため、土壤の凍結深は身近な自然環境の変動を表す指標のひとつである。

北海道の土壤凍結深の一斉観測は、1964-65年の冬季に石川・鈴木（1964）が営林署や林業試験場関係の90ヶ所について、2月下旬の凍結深を自然積雪下で実施した。その後は木下ら（1978）が50ヶ所で、武市（1993）が40ヶ所で、それぞれ除雪環境下で土壤凍結深の一斉観測を実施した。しかしながら、北海道では1990年以降に気温の上昇があり、様相が変化していることが予想されるにも関わらず、土壤凍結深の観測は各種研究機関でのみ実施され、土壤凍結深の広域観測がここ20年以上実施されていないのが現状である。全球的な気候変動によって北海道内の冬季土壤凍結深は変動していると予想される。

そこで本研究では、北海道の冬季土壤凍結深の特徴を明らかにすることを目的とする。また、各種気象データとの関係を明らかにすることも目的とする。

#### 2. 調査概要

冬季土壤凍結深の測定は、2011-2012年冬季より開始した（原田ら，2017）。測定地点は、北海道内の小中学校などである。学校では、アウトリーチ活動の一環として、児童生徒に土壤凍結と生活の関わりに関して講義を行い、実際に児童生徒が中心になって測定を行う。

測定装置は、チューブ内の色水の凍結を確認する土壤凍結深計を利用した。これは、直径2cm深さ1mの穴を地面に開け、2mの塩ビ管を入れて地表面から1mほど出すように設置する。この中に、青色の水を入れた透明チューブを入れる。色の付いた水は、凍ると氷の部分では透明になるため、地面の下に色水の入ったチューブを入れておき、観測の度に取り出して色の境界をものさしで測ることで、土壤凍結深が簡単に得ることができる。測定時間は1回につき数分程度である。

土壤凍結深の測定は自然積雪下で行い、1週間に1度の頻度で測定し、同時に積雪深も測



図1 凍結深計設置校の位置図

る。また、地表面温度を自動温度記録装置で記録し、さらに2015年冬季より自動記録できる多点式地温計も設置し、手動の観測値との比較を行った。2011年冬季には、北海道内の3ヶ所で測定を開始し、2017年冬季までに33校に凍結深計を設置した(図1)。

### 3. 結果及び考察

表1に2011-2012年冬季から2016-2017年冬季までの6冬の、測定された各地の土壤凍結深の最大値を示す。表1より、最も凍結深が深くなったのは2011-2012年冬季の音別小学校(釧路市)の58.5cmであった。ここでのこの冬の最大積雪深は2月中旬に35cmを記録したが、それ以前は10cm以下であった。一方、道央・道北地方を中心に土壤凍結が見られない地点も多く見られた。これらの凍結しない地点の多くは、積雪が多い地点である。木下ら(1978)では、除雪環境下での土壤凍結深の測定であったために80cmを超える土壤凍結が見られたが、本研究では現在まで、60cmを超える測定結果はない。

また、表1に十勝地方、鹿追町内の5小学校すべてで測定を行った2012-2013年の測定結果を示している。標高差および気象の違いによると考えられる土壤凍結深の違いが観測されている。

図2に十勝地方の駒場小学校(音更町)での4冬にわたる土壤凍結深の測定結果を示す。測定を行った4冬季では、最も凍結深が深かったのは2015-2016年冬季であり、41cmであった。土壤凍結の深さは大きく2つに分けることができる。2013-2014年冬季と2015-2016年冬季は最大凍結深が30cmを越えているが、2014-2015年冬季と2016-2017年冬季は20cmに達していない。表2に近隣のアメダス観測地点(駒場)で測定された12月と12月~3月までの平均気温、凍結指数、現地で観

表1 冬季間の土壤凍結深の最大値 (cm)

学校名	市町村	最大凍結深(cm)					
		2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17
音別小	釧路市	58.5	7.0	19.5			
厚床小	根室市	31.0	40.0				
野花南小	芦別市	5.0					
鹿追小	鹿追町		13.0	23.0			
瓜幕小	鹿追町		30.5				
笹川小	鹿追町		8.0				
通明小	鹿追町		42.5				
上幌内小	鹿追町		31.0				
庶路小	白糠町		35.0	50.0	46.0	42.0	20.0
厚田小	石狩市			0			
花川南小	石狩市			0			
厚田中	石狩市			0			
駒場小	音更町			35.5	14.5	41.0	20.0
鷺泊小	利尻富士町				0	3.0	
礼文小	礼文町				0		
浅茅野小	猿払村				5.0		
稚内中央小	稚内市				0		
幌延小	幌延町				1.3		
桜丘小	新ひだか町				12.5		
天北小中	稚内市				3.5		
南長沼小	長沼町					10.8	4.0
池田小	池田町						42.5
俵橋小	中標津町						9.0

測された12月と12月～3月までの最大積雪深を示す。この4冬では、12月～3月の平均気温が最も低かったのは2016-2017年冬季であり、凍結深が40cmを超えた2015-2016年冬季より1.3℃も低かった。また凍結指数も、2016-2017年冬季が最も大きくなった。一方積雪深は、12月～3月までの最大積雪深は4冬で大きく異ならないが、凍結深が浅い2冬(2014-2015年冬季、2016-2017年冬季)は12月中旬に30cmを超える積雪を観測している。凍結深が深い2冬(2013-2014年冬季、2015-2016年冬季)では、1月中旬まで20cmを超える積雪を記録していない。このように、積雪が凍結深に大きく影響を与えていることが明らかになった。

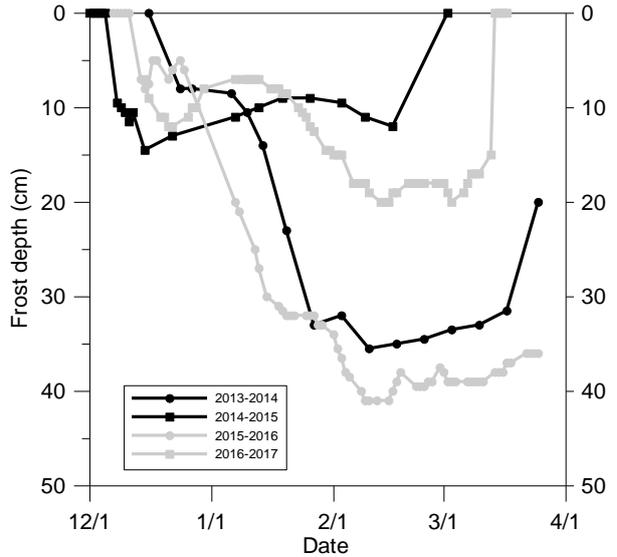


図2 駒場小学校での土壌凍結深の変動

図3に空知地方の南長沼小学校(長沼町)での2冬の土壌凍結深の測定結果を示す。この2冬の最大凍結深は2015-2016年冬季が10.8cm、2016-2017年冬季が4cmであった。表3に、観測校から7km離れたアメダス観測地点(長沼)での12月と12月～3月までの平均気温、凍結指数、観測校から10km離れたアメダス観測地点(恵庭島松)での12月の総積雪深および最大積雪深を示す。気温を

表2 駒場小学校での最大凍結深・最大積雪深, 駒場での平均気温・凍結指数

	max frost depth	mean temperature (°C)		freezing index (°C days)	max snow depth (cm)	
	Dec-Mar.	Dec-Mar.	Dec.	Dec-Mar.	Dec-Mar.	Dec.
2013-14	35.5	-4.5	-1.9	582	36	10
2014-15	12.0	-3.9	-5.1	536	38	30
2015-16	41.0	-4.4	-3.1	580	46	16
2016-17	20.0	-5.7	-5.1	702	40	40

比較すると、最大凍結深が浅い2016-2017年冬季の方が寒冷であることがわかった。この原因を考えるために、12月の積雪を比較すると、12月の最大値、積算値共に2016-2017年冬季では前年に比べて大きな値となっていることがわかった。このように、12月の積雪が土壌凍結深に影響を与えていることが明らかになった。

本研究の測定は自然積雪下で行っているが、いくつかの学校で除雪環境下での測定も行っている。鹿追小学校(鹿追町)では、自然積雪下の凍結深計から2m離れた地点に除雪環境下での測定用の凍結深計を設置し、両者の比較を行った。その結果、2012-2013年冬季では、最大積雪深は40cmであり、最大凍結深は自然積雪下で13cm、除雪環境下で27cmであった(図4)。2013-2014年冬季では、最大積雪深28cm、最大凍結深は自然積雪下

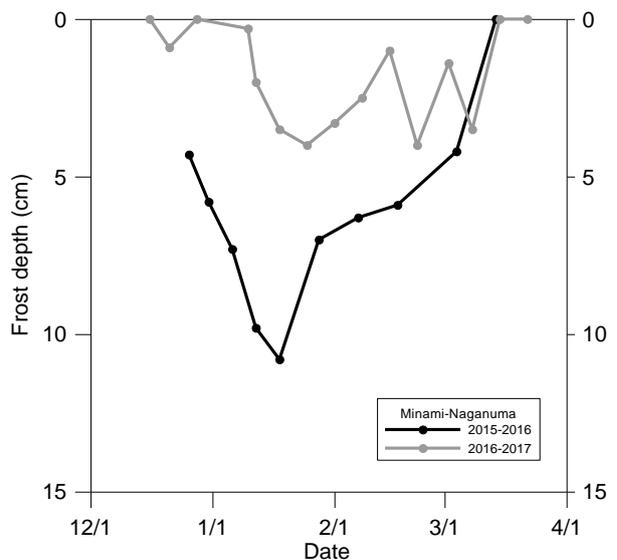


図3 南長沼小学校での土壌凍結深の変動

表3 南長沼小学校での最大凍結深，長沼での平均気温・凍結指数，恵庭島松での積雪深

	max frost depth	mean temperature (°C)		freezing index (°C days)	snow depth (cm)	
	Dec-Mar.	Dec-Mar.	Dec.	Dec-Mar.	total Dec.	maximum Dec.
	2015-16	10.8	-2.7	-1.1	425	78
2016-17	4.0	-3.9	-3.4	517	170	66

で23 cm，除雪環境下で30 cmであった。また，自然積雪下での土壌凍結深が0 cm (2014-15年冬季)であった稚内中央小学校(稚内市)において，翌年に除雪環境下での土壌凍結深の測定を行った。その結果，除雪環境下では最大で7 cmの土壌凍結深が観測された(2015-16年冬季)。このように，土壌凍結深に対する積雪の影響が明らかになった。

#### 4. まとめ

北海道内における冬季の土壌凍結深は，自然積雪下での最大値は2012年に釧路地方で記録した58.5cmであった。また，気象条件，特に，積雪の時期や量に大きく影響を受けることが示された。

今後，駒場小学校での観測例のように，長期間にわたっての観測結果より，土壌の係数を明らかにし，12月の気温や積雪深からその冬の最大凍結深の推定を試みたい。

#### 5. 謝辞

土壌凍結深の測定は，各学校の関係者をはじめとして多くの方々の協力を得ている。ここに感謝の意を表した。本研究の一部は，北海道大学低温科学研究所共同研究の補助を受けて実施された。

#### 【引用文献】

- 原田 鉦一郎，吉川 謙二，岩花 剛，Julia Stanilovskaya，澤田 結基，曾根 敏雄，2017: 北海道における冬季土壌凍結深の測定を通じたアウトリーチ活動，北海道の雪氷，**36**，7-8。
- 石川 正幸，鈴木 秀雄，1964: 北海道における1964~1965年冬の最大凍結深の分布，農林省林業試験場北海道支場年報，238-248。
- 木下 誠一，福田 正己，矢作 裕，1978: 北海道における土の凍結深の分布，自然災害資料解析，**5**，10-15。
- 武市 靖，1993: 凍結深の予測，北海学園大学工学部研究報告，**20**，113-135。

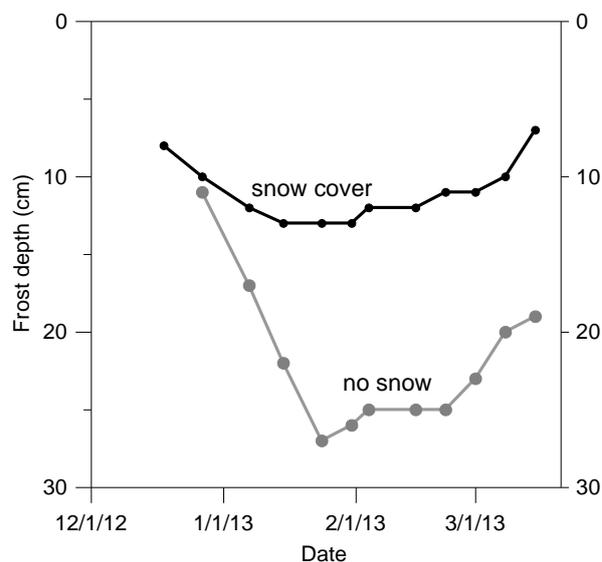


図4 自然積雪下と除雪環境下での土壌凍結深の違い(鹿追小学校)

## 福島県北部に出現する線状降雪帯

渡邊 明 (福島大学共生システム理工学類)

Formation of a Linear Snowfall Zone in the Northern Part of Fukushima Prefecture

Akira WATANABE (Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University)

### 1. はじめに

福島県北部では、冬季、山岳風下で幅数 km、長さ十数 km の線状降雪帯が出現し、十数cm程度の積雪をもたらす現象がしばしば出現する。今回、2018年2月21日15時30分ごろから X-band Doppler radar で幅3 km、長さ45 km と特に長い線状降雪帯を観測したので、その発生メカニズムを解明するため解析を行った。冬季に出現する線状降雪帯については、すでに渡邊(2008, 2009, 2011, 2016)が主に筋状降雪雲として観測結果をまとめ、福島市では冬季降水量の15%から30%を占めていること、大気下層が安定から中立状態で、Froude Number が1より小さく、大気の運動が地形に大きく依存し、迂回効果などが卓越する状態で出現していること、さらに、風向依存性が強いことなどが L-band Doppler radar や X-band Doppler radar の観測結果から指摘している。

### 2. 総観場の特徴

図1に2018年2月21日15時の地上天気図と、同時刻の静止衛星赤外面像を示す。西高東低の冬型の気圧配置ではあるが、日本に張り出している高気圧の中心は南に位置している。このため冬季季節風の吹き出しにみられる日本海上の筋状雲は相対的に弱く、大陸からかなり離れて出現している。また、東北地方を東西に横断する数本の筋状雲が認められ、今回対象としている線状降雪帯に対応するものと考えられる。

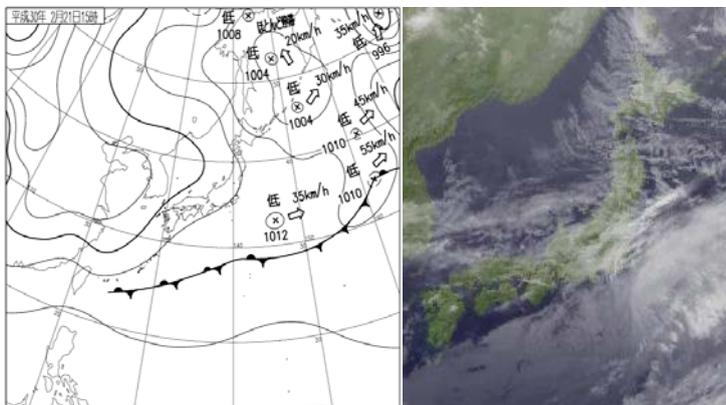


図1 2018年2月21日15時の地上天気図(左図)と赤外面像(右図)

これまで渡邊(2016)は降雪雲そのものが地形効果で形成、変形させられているとの指摘を示しているが、この事例の衛星画像では、線状降雪帯は日本海側から太平洋側まで一連して発生している現象と考えられる。

図2に福島県の風上に位置する輪島における2018年2月21日9時と21時の温位(PT)と相当温位(ET)の鉛直分布を示す。対流混合層高度は凡そ3kmで、季節風時の平均的な対流混合層の厚さになっている。ただし、詳細にみると、9時

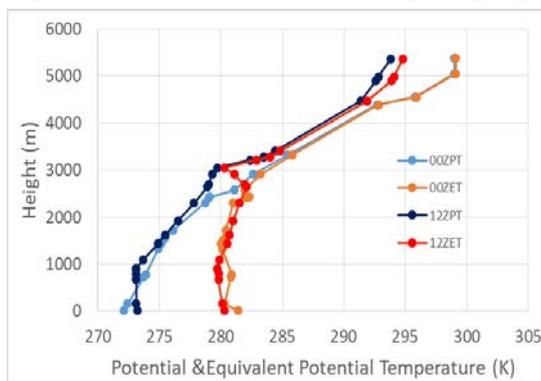


図2 2018年2月21日9時と21時にの温位(PT)と相当温位(ET)の鉛直分布

の段階では大気下層に薄い対流不安定層が出現し、21時の段階では高度1km程度までが不安定層を形成している。21時の温位と相当温位を比較すると高度1kmまでの不安定性は一緒で、寒気移流や水蒸気量の変化というより、高度1km以下の大気の混合が不安定層形成に寄与しているものと考えられる。図3は輪島における9時と21時の混合比の鉛直分布を示したものである。9時の混合比の鉛直分布と比較すると、21時の混合比の鉛直分布は、高度1km以下の層で減少し、1kmから3kmまでの層では明確に増加している。これは対流運動に

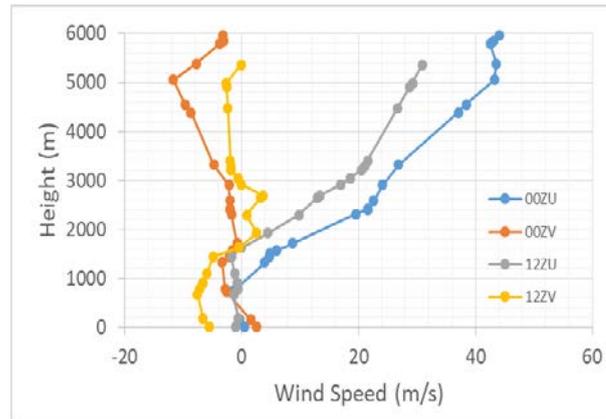
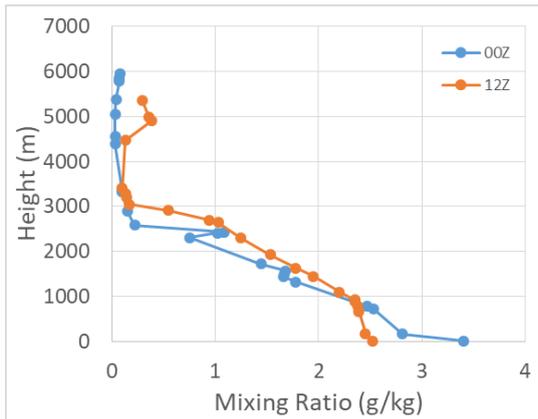


図3 2018年2月21日9時と21時の輪島の混合比の鉛直分布 図4 東西風(U)と南北風(V)の鉛直分布, 他は図3に同じ

よって下層の水蒸気が混合層上部に輸送された結果と考えることができる。両時刻の可降水量は9時が5.93mm, 21時が6.65mmと総量としては増加している。また, 図4に示した風の鉛直分布では, 全体的に9時の方が風速が強く, 次第に弱くなる傾向を示している。東西成分(U)では9時の方が下層1km以上で4m/sから8m/s程度西成分が強く, 南北成分(V)では9時の方が2m/s程度北風成分が強い。1400m以下の下層では9時の段階で下層200m程度まで南成分を有していたが, 21時では北成分が強くなっている。東西成分は両時刻とも比較的弱い。

### 3. X-band Doppler Radar の観測結果

図5に気象庁が観測して公表しているレーダーナウキャスト(C-band radar)の15時, 15時30分, 16時

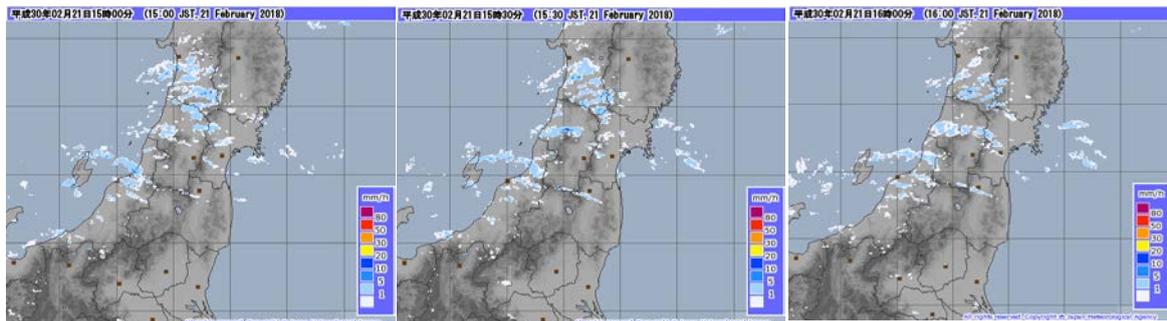


図5 2018年2月21日15時(左図), 15時30分(中央図), 16時(右図)の気象庁レーダーナウキャストの雨量強度分布

の降水強度分布を示す。前述の衛星画像と対応し, 連続的ではないが福島県北部に線状降雪帯が観測されている。この線状降雪帯は飯豊山から西吾妻山, 吾妻山にかかる山頂付近に対応して出現している。この線状降雪帯は13時頃からこれより南部で弱いものが出現していたが, 15時ごろから顕在化して, この位置に出現し, 気象庁の観測では17時ごろには消失している。一方, 福島大学では線状降雪帯の存在に気付いて16時頃から21時頃まで観測を行い, 図6に示す降雪帯の変化を観測した。観測を開始した16時には線

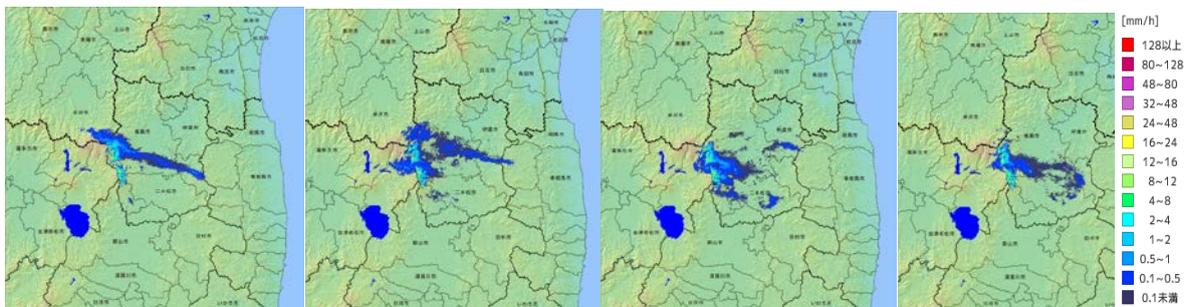


図6 2018年2月21日16時から17時30分までの30分毎の(左図から順に)福島大学レーダー雨量強度分布

状降雪帯の流れ方向の距離は約45kmで, これまでの7冬季の観測でも相対的に長い降雪帯で, 詳細にみると線状降雪帯の中心付近の降水強度が強くなっていることが分かる。しかし, 16時30分には次第に団塊状

に分裂し、17 時にはほぼ線状を消失し、吾妻山の風下に形成される団塊状に変化している。その後、17 時には吾妻山と安達太良山の鞍部を中心に降雪帯が伸び、19 時頃にはほとんど降雪帯が消失した。線状降雪帯の寿命は衛星の赤外面像との対応を見る限り、長くて14時から17時の3時間程度である。前述の混合層の変化を見る限り、温度成層や水蒸気の分布に依存するというより、大きく変化している下層の南北成分の風が、南から北に変化していることが地形効果を大きく変化させ、風下域の収束・発散場や水平 shear を変化させ、降雪帯の構造が変化したものと推察される。その一つの論拠として、Doppler 速度場の変化を図7に示す。福島大学 X-band Doppler radar は海拔 280mの地点から仰角 4度の定角で電波を発信し、1 回転 30

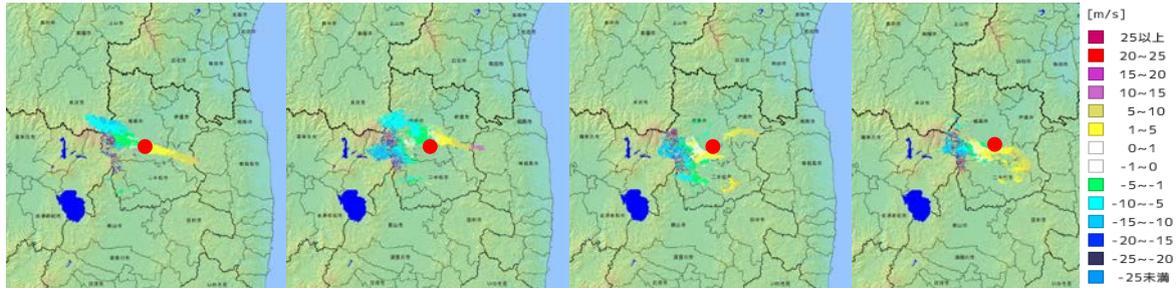


図7 2018年2月21日16時から17時30分までの30分毎の(左図から順に)福島大学レーダー-Doppler 速度分布

秒の水平スキャン(PPI)の観測をしている。図5の16時の観測では観測地点(赤丸)の東側で遠ざかる速度を示し、西側で近づく速度を示している。遠方ほど風速が早いのは観測高度が高くなるためと考えられる。しかし、線状降雪帯が崩れ始めた17時には観測地点の西部でも、遠ざかる速度が観測されている。すなわち、降雪帯は吾妻山の裾野から山頂に向かう方向に移動している。これは山岳裾野で風下低圧部が形成されているか、あるいは水平風速 shear による弱風域の渦運動で、一般風とは逆の風が吹いていることを示すものである。

#### 4. CrESS による simulation 結果

線状降雪帯出現時の大気構造を理解すること、および線状降雪帯の形成要因を解明することを目的に CrESS (Cloud Resolving Storm Simulator) による数値実験を実施した。水平格子間隔は 1 km (東西 300, 南北 200) で、鉛直 36 層で最下層の格子間隔 150m でストレッチング格子を使用、初期値・境界値は気象庁メソ数値予報モデル GPV (MSM) の3時間ごとのデータを用いた。

図8は線状降雪帯が最も長く形成していた16時と、ほぼ線状形態を失った17時の地上10mの水平風の分布

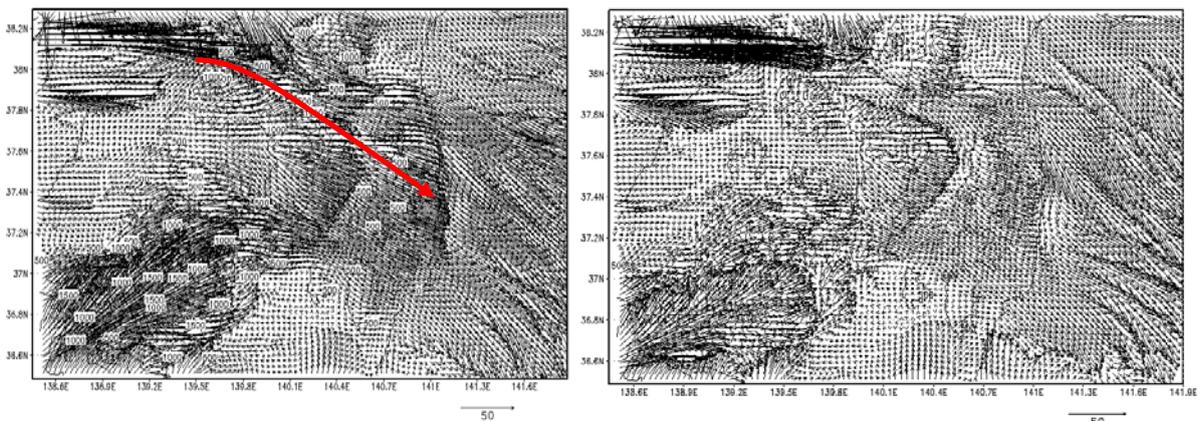


図8 2018年2月21日16時(左図)と17時(右図)の地上風の分布 赤い矢印は強風軸の流れを示す。

布を示したものである。17時の風速場は全体的に16時より弱くなっているが、とりわけ飯豊連峰から連なる吾妻山北部にかけて地形に沿うように強風軸(赤矢印の北側)が出現している。しかし、線状降雪帯が消失した17時には強風軸も弱くなっている。さらに、高度1kmの16時と17時の水平風の分布を図9に示す。

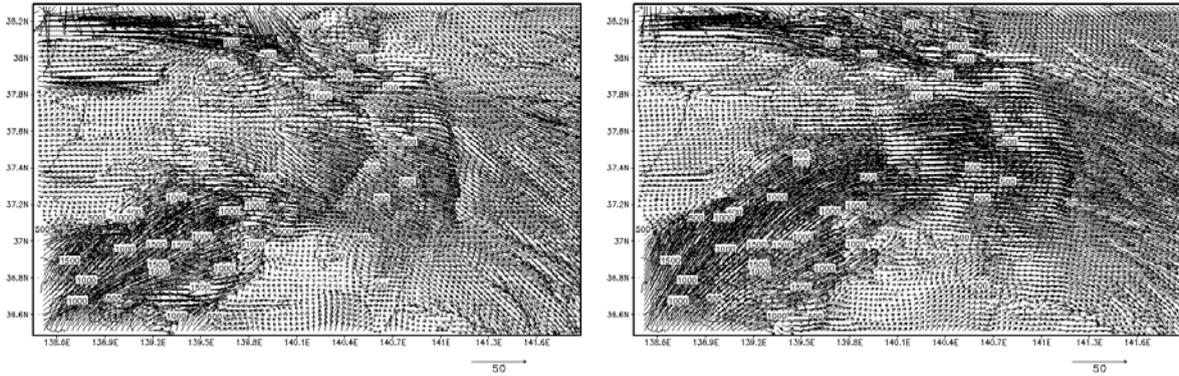


図9 2018年2月21日16時(左図)と17時(右図)の高度1kmの水平風の分布

地上風が比較的詳細な地形に依存して分布しているのに対して、凡そ会津地域を除いて北西風が卓越している。16時には線状降雪帯が形成されていた地上の強風軸とほぼ同じ位置に強風軸が確認できるが、17時には会津南部からの南西風が福島盆地の上空にまで卓越し、北西風で形成されていた強風軸は福島市北部に移動し、北成分が弱くなっている。

図10は高度1km付近の混合比(大半は雪の混合比)の分布を示したものである。線状降雪帯が出現していた16時にはおおよそ2g/kg程度の混合比が連続して東西に出現しているが、17時には連続しているものの、やや細

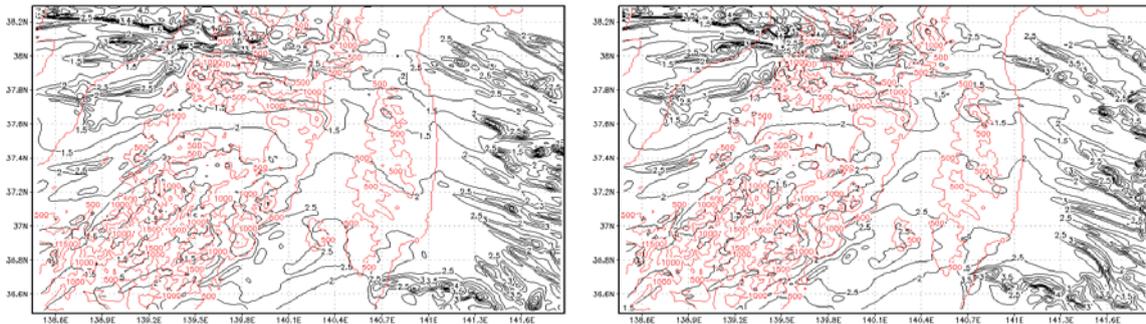


図10 2018年2月21日16時(左図)と17時(右図)の高度1kmの混合比(g/kg)の分布

く変形している。特に水蒸気量が多い地域は飯豊連峰北側と阿武隈山地東部に限られて分布している。この分布状況を考察するために図11に北緯38度における東西—鉛直風と混合比の鉛直—東西断面図、東経140度にお

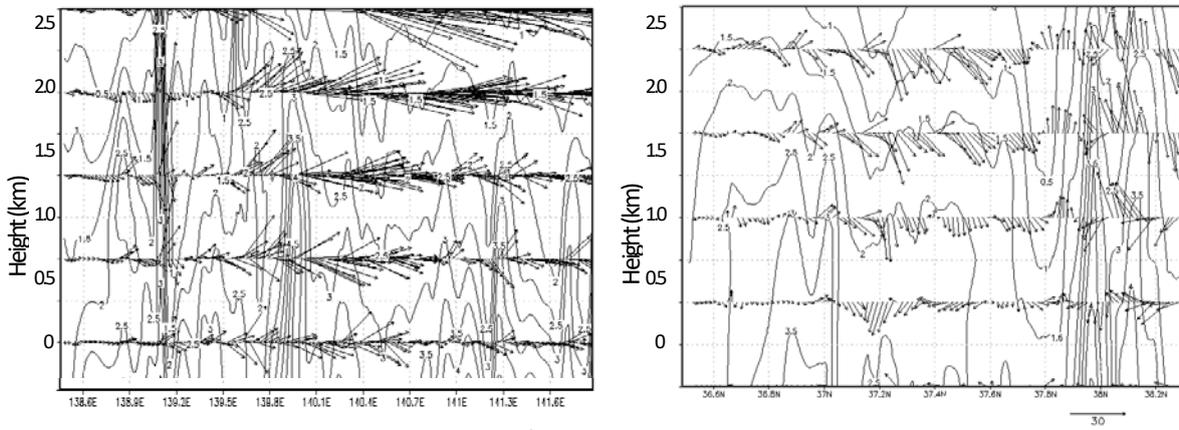


図11 2018年2月21日16時の鉛直—東西断面(左図)と鉛直—南北断面(右図)鉛直風は10倍の大きさを表現、線は等混合比線(g/kg)を示す。

ける南北—鉛直風と混合比の鉛直—南北断面図を示す。鉛直—東西断面図で混合比が相対的に大きく、かつ高

く発達している領域は、日本海沿岸域と飯豊連峰北部に位置する領域、そして阿武隈山地風上領域で、いずれも上昇流が卓越していることが分かる。すなわち、線状降雪帯の形成は、北西風、特に北風成分の強化で飯豊連峰を強制上昇し、凝結することで降雪帯を形成し、強い強風軸で風下である福島盆地に流れてくるものと考えられる。また、線状降雪帯は吾妻連峰で下降流が形成され、断熱変化で凝結が消失する運動になっていると考えられる。従って、長い線状降雪帯を形成するためには、飯豊連峰北部の凝結量が大きくなること、および吾妻山等での断熱変化で消失しないシステムが形成されることが必要である。このシステムが強風軸を中心とする水平 shear による収束域の形成であると考えられる。強風軸に対して北部では反時計回りの、南部では時計回りの水平渦が形成され、その結果として強風軸の中心付近に強い収束域が形成される。このことは細い線状降雪帯の中心付近で相対的に降雪強度が強くなっていることでも明らかである。

## 5. まとめ

これまで冬季福島県北部に出現する時間変動が大きい筋状降雪雲の発生、形成メカニズムを理解する観点から種々の観測を行い、その結果を解析してきた。渡邊(2008, 2009, 2011, 2016)は主に線状降雪雲として報告しているが、その形態は複雑である。今回対象としたものは、これまでより遥かに長い線状降雪帯で、その寿命もおおよそ2時間程度に限られている。図12はCRaSSによって示された2018年2月21日16時と17時の

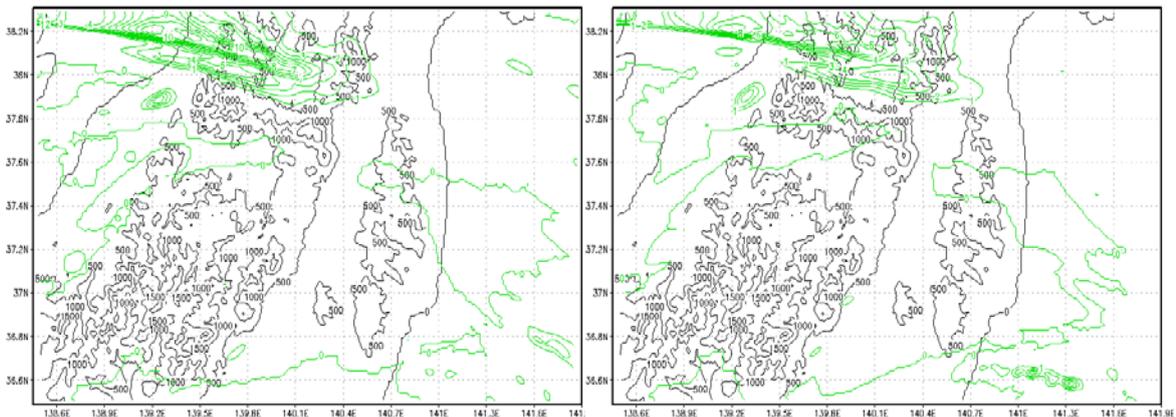


図12 2018年2月21日16時(左図)と17時(右図)の降水量(mm)の分布 雨量換算で表示しているがその主体は雪である

降水量分布である。前述のとおり3次元の運動場としてはおおよそ合理的に説明できるものの、降雪量分布についてはX-band Doppler radarで観測した強風軸に沿う線状降雪帯を表現していない。また、数値実験ではむしろ飯豊山北部で形成した降雪雲が、带状に蔵王山地南部を通過して、宮城県南部から太平洋岸までつながって表現されている。斉藤(1994)がまとめた無次元化した山の高さ $F$ とFroude数の関係では、無次元化した山の高さが0.3、Froude数が0.045程度であり、大気の流れ場としてはsub-critical flowに位置するものである。従って山岳風下での下降流の形成は強い大気成層ではないが、ここでは山地風下で降雪域は消失している。Sub-critical flowは下降流が強くないために、山岳風下で断熱加熱が小さく、山岳域で形成された降雪システムがそのまま風下へ流れて降雪をもたらす可能性があるシステムと考えられる。その意味では成層状態の変化や風向・風速の変動で比較的に変形しやすい降雪帯であると考えられる。

これまで報告してきた筋状降雪帯や線状降雪帯は必ずしも明確に区分して解析してきたわけではないが、冬季の寒気流入による降雪現象は、基本的にFroude数が1より小さく、地形効果大きい。このため低地や狭窄地を通過する迂回効果が大きいために、収束場の形成も複雑で、様々な形態の降雪帯を形成する。また、風向変化に敏感なため降雪システムの形態変化も比較的早い。福島大学では1994年からwind profilerによる上層風の観測に加えて、2010年からX-band Doppler radarを導入し、これらの現象解明を行ってきた。この現象は今回の事例でも示す通り、必ずしも気象レーダがとらえているわけではなく、降雪量も十センチ程度になるため、高速道路などの維持管理には重要な情報となる。残念ながら数値実験で降雪量の分布が合わないことは、

まだ予測できないことを示すもので、独自の radar 観測で監視し、対応する以外に方法がないのが現状である。線状降雪帯の幅が 3 km となると、今回のモデル分解能では表現できないスケールであり、今後 500m 程度に分解能をあげて実験する必要がある。また、MSM の初期値が 3 時間毎、格子間隔 5 km のデータでこうした現象を表現できる芽が存在するかどうか、あるいは、これらの初期値で力学的に自己形成できる現象なのかどうかを明らかにすることも重要な課題である。こうした詳細な降雪現象は、降雪量や降雪強度の局地性にも大きな影響を与えている。近年の豪雪は温暖化による水蒸気の増加だけでは説明できない課題があり、大気成層の変化による局地降雪の課題も地域の課題として取り組む必要がある。今後、こうした地形性降雪現象の解明と併せて、その変動に注目しながら、これらの課題について取り組みたいと考えている。

#### 【引用文献】

- 斉藤和夫, 1994: 山越え気流について (おろし風を中心として), 天気, Vol. 41, No. 11, 731-750.
- 渡邊 明, 2016: 福島県北部に出現する地形性降雪雲の形成, 東北の雪と生活, 31, 3-7, 2016.
- 渡邊 明, 2011: 東北地方の降雪に及ぼす地形の影響, 東北の雪と生活, 日本雪水学会東北支部 25 周年記念誌, 44-51.
- 渡邊 明, 2009: Line 状降雪雲の出現特性, 東北の雪と生活, 24, 38-43.
- 渡邊 明, 2008: 福島県北部に出現する Line 状降雪雲, 東北の雪と生活, 23, 73-76.

## 山形蔵王における雪氷現象の観測(平成 29 年度)

沖田圭右, 山谷睦, 沼澤喜一, 小林英則, 原田俊明(日本地下水開発株式会社)

### Observation of icing and snow accretion Jyuhyo (Ice Monsters) at Mt.Zao (2017/2018winter) Keisuke OKITA, Mutsumi YAMAYA, Kiichi NUMAZAWA, Hidenori KOBAYASHI and Toshiaki HARADA (Japan Ground water Development Co.,Ltd.)

#### 1. はじめに

1997/1998 冬季から 21 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、山形大学地球環境研究会(1995)で矢野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、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積雪深、気温及び平均風速を図 1 に示した。これら気象観測データの提供は蔵王ロープウェイ(株)のご厚意によるものであり、ここに記して感謝の意を表するものである。

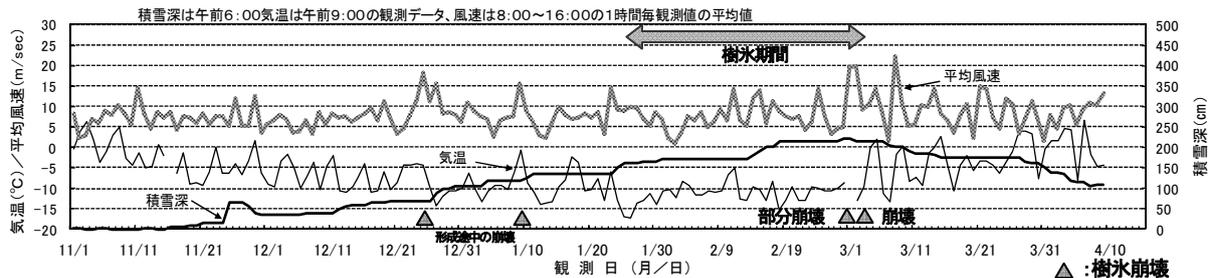


図1 蔵王ロープウェイ地蔵山頂駅における2017/2018冬季の積雪深、気温、及び平均風速の推移

今冬季は11月下旬から本格的な降積雪となったが、12月下旬の気温上昇や1月上旬の降雨等により樹氷形成途中での崩壊があり、樹氷形成は進まなかった。その後1月中旬の寒気によって樹氷形成が進み、地蔵山頂駅付近では1月下旬より樹氷鑑賞が可能となった。2月は樹氷の鑑賞が可能であったが3月に入ると、1日の気温上昇により樹氷の部分崩壊があり、3月4日には気温上昇に伴い残っていた樹氷が崩壊した。今冬季は最盛期には標高1540m付近(番号標82番付近)より上部で樹氷形成と分布が確認された。今冬季の樹氷鑑賞期間は1月下旬から3月上旬迄の合計約5週間であった。今冬季の樹氷は、アオモリトドマツが枯れている影響で上部の幹や枝が飛び出しているものや、枝が少ないためスリムな樹氷が多くみられた(図2)。



図2 今冬季の樹氷の形成状況(左より山頂駅付近・90番付近・82番付近(2018年2月22日))

### 3. 積雪断面観測結果

積雪断面観測は4月10日に1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。観測結果を図3に示す。断面観測地点の積雪深は295cmで、観測時は表層以外は殆どざらめ雪であった。表層のこしまり雪は観測2日前の降雪によるものであり、その直下の氷板及び深度265cmまでの氷板混じりざらめ雪は3月の融雪と気温の寒暖により形成されたと推定される。雪温は深度260cm付近まで気温の影響があるものの、以深は0°C付近を示し、融雪が進んでいる状況が確認された。

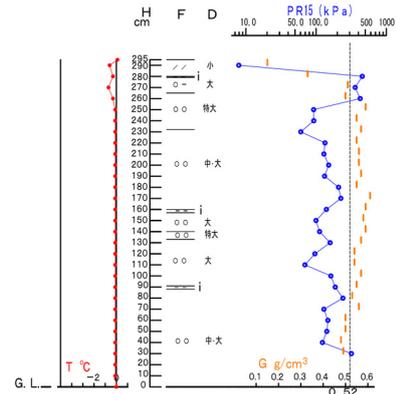


図3 積雪断面観測結果(2018年4月10日)

### 4. 樹氷の高度変化

樹氷の高度変化観測より、今冬季の樹氷形成下限標高は1540m付近(番号標82番付近)と判断した。図4に樹氷形成下限標高と、冬季平均気温(12, 1, 2月午前9時データ:山頂駅観測)と冬季平均風速(12, 1, 2月8~16時平均データ:山頂駅観測)をまとめた。冬季平均気温は-9.5°Cと、これまで21冬季の平均値-8.5°Cより1°C低い値を示した。冬季平均風速は7.5m/sであり21冬季の平均値(9.5m/s)よりも小さかった。

今冬季は昨冬季と同様に標高1420m~1390m(番号標55~50番)付近の黒姫ゲレンデ連絡通路周辺において小ぶりな樹氷が一時的に確認された。この区域は標高が低いため崩壊しやすいものの、地形の影響により一時的に樹氷が形成されるようであった。

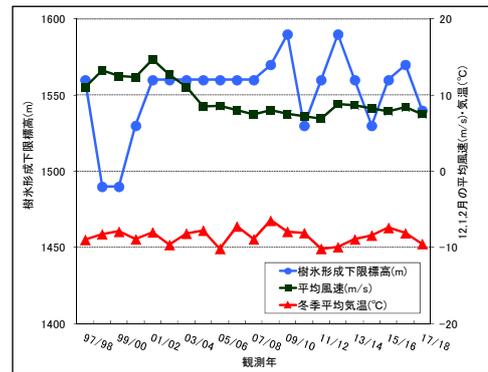


図4 樹氷形成下限標高と冬季平均気温・風速

### 5. アオモリトドマツの被害について

2013年秋頃~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って、地蔵山頂駅周辺のアオモリトドマツは殆ど枯れてみえる。枯れ木も大きく分けて葉が無いもの、小枝が無いもの、大枝が無いものに分けられ、枯れ木の状況が樹氷の形状や崩壊しやすさに影響を及ぼしていると想定される(図5)。



図5 枝のない木の樹氷

### 6. まとめ

気象庁(2018)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112%である255.5mmであり、最深積雪は54cmで平年値(50cm)並みであった。山形市の12月~2月の平均気温は平年値を1.0°C下回る-0.3°Cで、昨冬季の平均気温1.5°Cより低く、5年ぶりにマイナスとなった。地蔵山頂駅の観測による今冬季の最深積雪深は220cmで、これまで21冬季の観測結果の平均値である255cmより35cm少なかった。平地(山形市)では、降水量が多く気温は低く推移したが、山地(地蔵山頂駅)では積雪がやや少なく気温は低い状況であった。今冬季の樹氷形成下限標高は1540mと21冬季の平均値1552mより低かったが、地蔵山頂駅付近での樹氷鑑賞期間は約5週間と短めであった。これは平均気温は低いものの、12月下旬~1月上旬の樹氷形成期に崩壊があったことと、3月初めに気温上昇と雨があったためと考えられる。

#### 【引用文献】

気象庁, 2018: 冬(12~2月)の天候. [http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/stat/tenko181202\\_besshi.pdf](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/stat/tenko181202_besshi.pdf)  
 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.

# 平成 30 年(2017/18 年)冬期における新庄の積雪変化について

小杉健二・安達 聖・根本征樹・佐藤研吾  
(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 2017/18 winter**  
**Kenji KOSUGI, Satoru ADACHI, Masaki NEMOTO and Kengo SATO**  
**(Snow and Ice Research Center, NIED)**

## 1. はじめに

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、降積雪の観測を実施している。降積雪の量は気象や水資源の見地から基本量である事に加え、積雪の質や構造は災害発生と深く関連するため積雪断面観測も継続している。

2010/11 年からの 5 冬期は多雪傾向が続いたが、2015/16 及び 2016/17 冬期は少雪傾向となった。2017/18 冬期は最大積雪深が 2m 近くに及ぶ大雪となった。本稿では、その観測結果と特徴についてまとめる。

## 2. 積雪深、気温及び積算新積雪深の観測結果

新庄における 2012/13 年から 2017/18 年までの各冬期の積雪深の日変化を図 1 に示す。2017 年 11 月下旬には積雪が形成され、12 月上旬に一旦消えかかったものの、12 月中旬から 1 月上旬にかけて降雪が続き気温も低温傾向が継続し(図 2)、積雪深は 1m に達した。

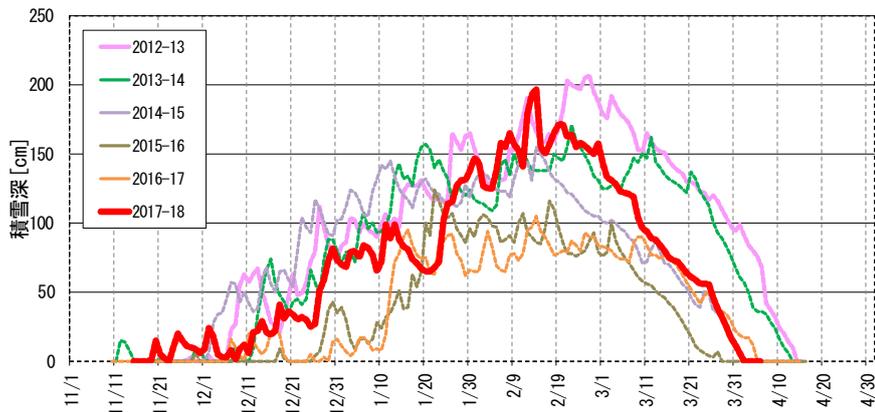


図 1 新庄における 2012/13 年から 2017/18 年までの各冬期の積雪深の日変化。横軸は日付。

1 月中旬になると暖気に覆われ降雨もあった結果、積雪深は一時急激に減少したが、1 月下旬から再び寒波に見舞われ降雪が続いた。2 月 14 日に今冬の最大積雪深となる 197cm を記録した。

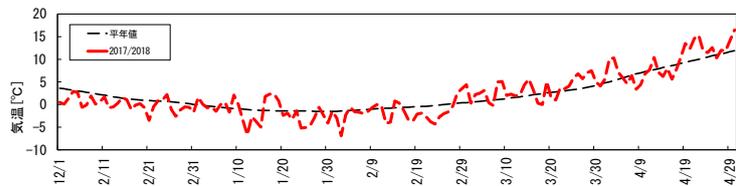


図 2 新庄における 2017/18 年冬期の日平均気温の日変化。気象庁新庄アメダスのデータを使用。横軸は日付。

3 月に入ると一転して平年より暖かい日が続き、新たな降雪はほとんど無かった(図 3)。その結果、融雪が速く進み、最大積雪深が深かった

割に消雪は早く4月に入りすぐであった。この様な融雪の状況は、2012/13年や2013/14年は3月にも降雪があり積雪が4月中旬まで残ったのと対照的である。なお、積雪重量計の故障により今冬はデータが取得できなかった。

### 3. 積雪構造の特徴

図4は新庄における2017/18年冬期の雪質変化を表す。冬期の前半は表層の新雪やこしまり雪の下にしまり雪層があり、更にその下にざらめ雪層がある典型的な積雪構造を示している。2月に入ると一時的に表面で生じた融雪水の流下により積雪上部にざらめ雪が形成され、しまり雪との互層を成した。

積雪深が最も深くなった2月中旬においてもしまり雪はかなり残り、しまり雪の層厚の合計は積雪深の半分以上を占めていた。この時期にしまり雪の占める割合が大きい傾向は、図5に示す様に大雪の時に現れることが多く、低温が長期間続いた場合に顕著になると考えられる。3月後半にははっきりとした複数の氷板が形成された。

### 謝辞

富樫数馬氏、新野孝健氏、鈴木紘一氏、大川元造氏、及び(株)双葉建設コンサルタントの方々に観測と機器保守を行っていただきました。矢口瞳さん、青木里美さん、平向洋子さんにデータ整理をご協力いただきました。深く謝意を表します。

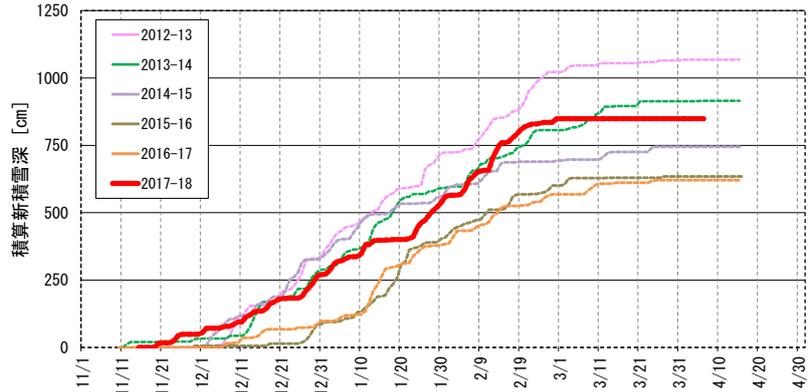


図3 新庄における2012/13年から2017/18年までの各冬期の積算新積雪深の推移。横軸は日付。

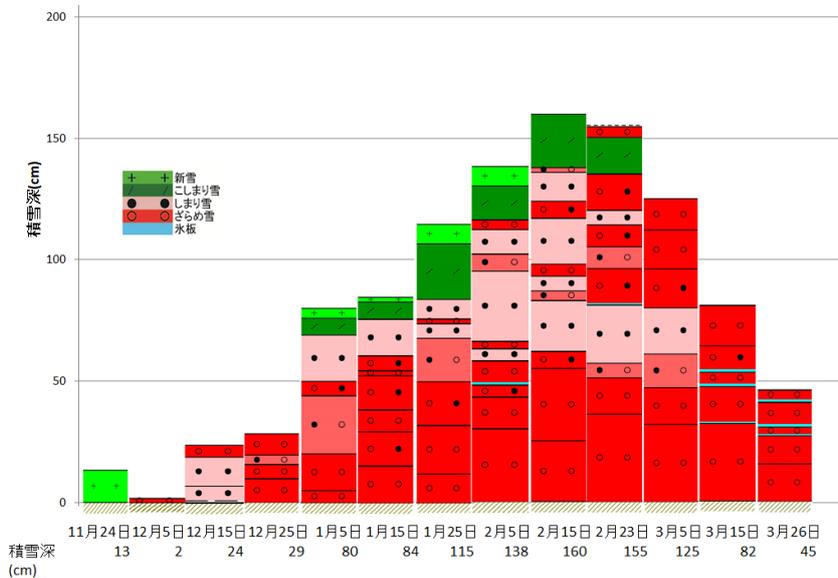


図4 新庄における2017/18年冬期の雪質変化図。横軸は日付。

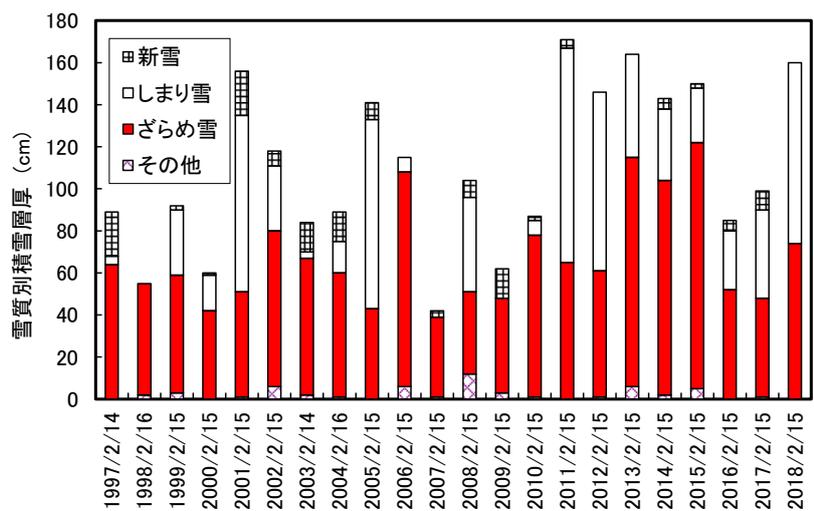


図5 新庄における1997年から2018年の2月中旬の雪質別積雪層厚。しまり雪は、こしまり雪を含む。横軸は日付。

## 地下水熱ヒートポンプ冷暖房システムの稼働状況(2017年度冬期)

服部恭典, 稲毛重之, 沼澤喜一(日本地下水開発株式会社)

**Operation of Cooling and Heating system using  
Groundwater Source Heat Pump(2017/2018 Winter)**  
Yasunori HATTORI, Shigeyuki INAGE, Kiichi NUMAZAWA  
(Japan Ground water Development Co.,Ltd.)

**1. はじめに**

雪国の暮らしにおいて、快適な居住空間を維持するために暖房は欠かせないものである。熱源として地下水熱を利用する冷暖房システムは、省エネルギーを実現し、二酸化炭素排出量の削減につながることから、近年普及拡大に向けた技術開発が行われている(大谷ら, 2011; 藤縄ら, 2012; 黒沼ら, 2015)。著者らは山形市内で実稼働している地下水熱を利用した冷暖房施設において様々な設定変更を行い、その運用データを基に、より良い効率的な施設運用を目指している。昨冬期は設計時のヒートポンプ(以後、HP)送り温度を設計時の45℃以下で運用しても、問題なく目標とした室内温度を維持できていたことを報告した(服部ら, 2017)。今季は、HPの稼働台数を変えてシステムを運用させたので、その状況を報告する。

**2. 施設概要**

本施設の主要機器の諸元を表1に示す。建屋事務所の構造から熱負荷は冷房31.9kW、暖房20.9kWと見積り、複数台のHPを組み合わせて冷暖房システムが構築されている。

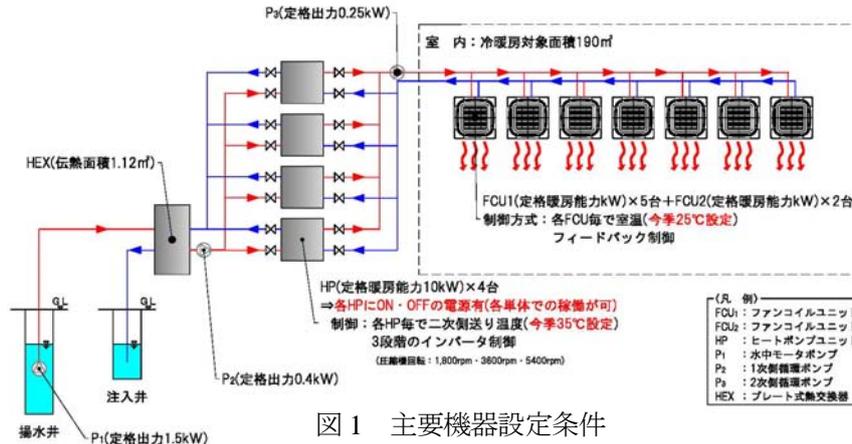
表1 主要機器諸元

主要機器名称	諸元	台数
ヒートポンプユニット	定格能力 冷房/暖房=10kW/10kW	4台
ファンコイルユニット	定格能力 冷房/暖房=6.49/8.72kW	5台
ファンコイルユニット	定格能力 冷房/暖房=3.33/4.65kW	2台
水中モータポンプ	定格出力 1.5kW	1台
1次側循環ポンプ	定格出力 0.4kW	1台
2次側循環ポンプ	定格出力 0.25kW	1台

- ・HPは設定二次側送り温度になる様、各機が独立して出力制御(発停やインバーターによる稼働)を行う。
- ・ファンコイルユニットは目標室温になる様、各機で送風量が自動的に切替られる。

**3. 今季運用条件**

主要機器の設定条件を図1に示す。昨年の運用データおよび施設利用者からの聞き取りを参考に、HPの二次側送り温度設定値およびファンコイルユニット(以後、FCU)の室内温度設定値は昨年と同程度で問題ないと判断し、送り温度は35℃、室内温度は25℃とした。前述のとおり、本施設における冬期の暖房負荷は、熱負荷計算によれば2台のHPで概ね対応できると想定されるが、想定より低い供給温度での稼働や、様々なデータ取得も兼ねて4台、3台、2台、1台と台数を変えた試験を行った。



4. 今季における暖房運転時の稼働状況

4-1. 日平均温水出入口温度・日平均熱源出入口温度

HPの熱源出入口温度と温水出入口温度(温水送り温度及び還り温度), 日平均気温, 日平均室温を図2に示す. 気温は, 日によって多少のバラツキがみられたものの冬期間の平均値として見れば試験期間を通し概ね同程度と見られる. 日平均温水送り温度は, 4台稼働時が36.6°C, 3台稼働時が36.1°Cとなり, 2台稼働時・1台稼働時が設定値である35°Cとほぼ同程度の34.8°Cとなった. 温水出入口温度差に着目すれば, 2台稼働時が4.6°Cとなり, 設計時の想定温度差である5°Cに近かったことから, 本冷暖房システムが2台のHPで暖房負荷を賄える設計の妥当性が確認できる. さらに, 室温は4台稼働時のときが最も高く25.2°Cとなり, 台数を減らす毎に徐々に下がっていき, 1台稼働時には目標の室内設定温度である25°Cを下回り21.9°Cとなった.

4-2. 積算暖房熱量・積算消費電力量

積算暖房熱量・積算消費電力量を図3に示す. なお, 日平均稼働時間も併記する. 積算暖房熱量と積算消費電力量を見ると, 4台稼働時には, 積算暖房熱量が195.1kWh, 積算消費電力量が42.6kWhであったが, 稼働台数を減らす毎に小さくなっていき, 1台稼働時には積算暖房熱量が130.5kWh, 積算消費電力量が21.2kWhとなった. HP1台当たりで比較すれば, HP1台当たりの積算暖房熱量は, 4台稼働時が48.8kWh/台であり, 1台稼働時で130.5kWh/台と2.7倍程度となった. また, 同様にHP1台当たりの積算消費電力量は, 4台稼働時で10.7kWh/台であり, 1台稼働時で21.2kWh/台と2倍程度となっている. ここで, 日平均稼働時間は4台稼働時には, HP1台当たり13.6hと1日の半分程度であったが, 稼働台数を減らす毎に増えていき, 1台稼働時には23.4hとほぼ1日中冷暖房システムが稼働していたことが分かる. これは, 4台稼働時には発停が頻繁に行われる一方で, 1台稼働時には, 非常に少ない発停回数であったためである. これらより, 4台稼働時にはHP1台が受け持つ時間が短く, また設備能力に余力があるため前述の様に, 設定送り温度を上回る稼働となったものと推察される. 以上を踏まえれば, 熱負荷に応じて適切に稼働台数を制御することで, より効率的な運転につながるといえる.

4-3. 日平均 COP

HP1台当たりの日平均COP(Coefficient Of Performance)を図4に示す. 成績係数(以後, 日平均COP)は, 熱出力をHPの消費電力で除した値であり, この値が大きいほどHPは高効率に稼働していたといえる. 前項で述べたとおり稼働台数を減らす毎にHPは少ない消費電力で稼働できていたので, 日平均COPは稼働台数が減る毎に大きくなった. しかし, 1台稼働では目標の室内温度を満足できていなかったため, 室内の快適性を加味すれば, 2台稼働が妥当であった事が確認できる.

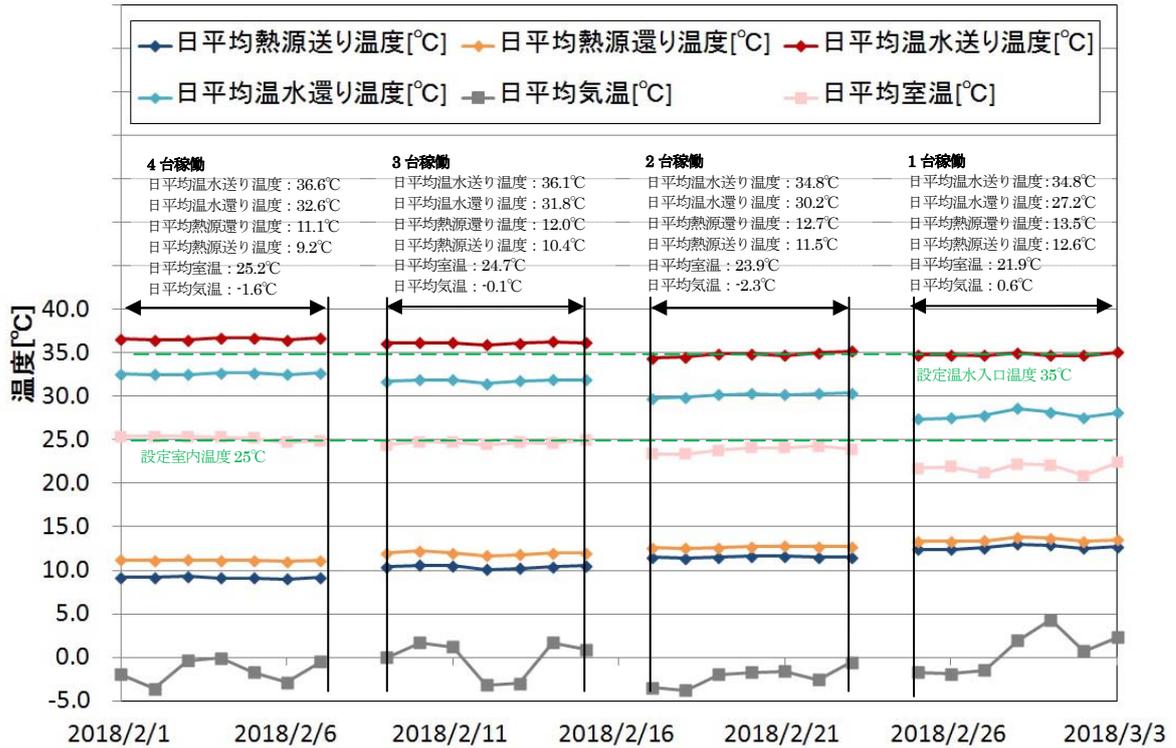


図2 日平均温水出入口温度・日平均熱源出入口温度・日平均気温・日平均室温

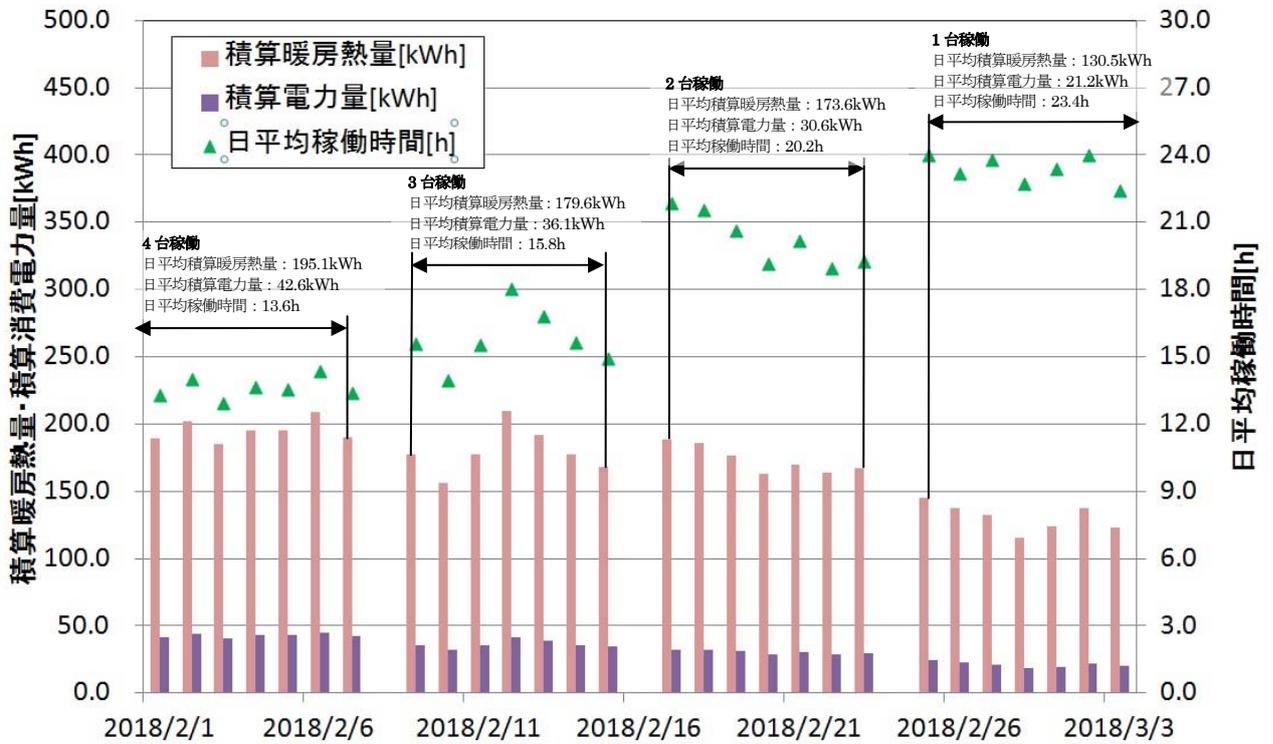


図3 積算暖房熱量・積算消費電力量

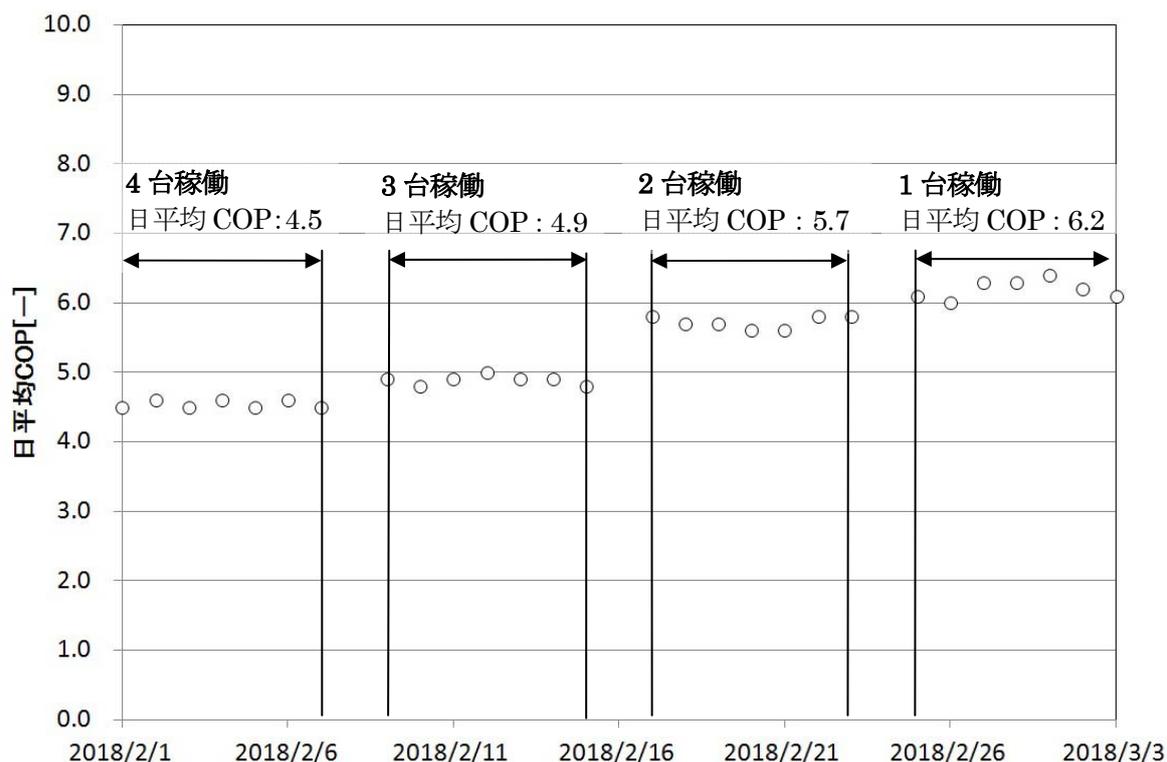


図4 日平均 COP

## 5. まとめ

一般的に暖房稼働で設定される送り温度 45℃よりも低い 35℃で、HP 稼働台数を変えて空調システムを稼働させ、取得したデータの分析を行った。熱負荷計算からは、設備容量 20kW(10kW×2 台)で対応できると想定され、各台数稼働時のデータから判断しても、設計どおり 2 台での稼働が妥当であった。また、1 台稼働時は COP の面からは効率的に見えるものの、期待した室温を実現できない場合が見られた。しかし、負荷の少ない期間であれば 1 台での運用も対応可能となるため、そのような場合には、各 HP の発停を連系させるような制御を行うことで、より効率的な運用が実現できる。

### 【引用文献】

- 藤縄克之，富樫聡，2012：地下熱利用技術 9. 地下熱利用のための数値解析技術. 日本地下水学会誌，**54**(1)，39-52.
- 服部恭典，稲毛重之，沼澤喜一，2017：地下水熱ヒートポンプ冷暖房システムの稼働状況，東北の雪と生活，**32**，42-45.
- 黒沼覚，山谷睦，堀野義人，桂木聖彦，2015：自噴井を利用したクローズドループ地中熱ヒートポンプ冷暖房システムの性能評価(その 2). 日本地下水学会 2015 年秋季講演会講演予稿，64-67.
- 大谷具幸，神谷浩二，金井梢，澤村悠，小嶋智，山崎勲，香田明彦，戸塚雄三，2011：地下水利用型地中熱利用の導入可能性評価の試み. 日本応用地質学会誌，**51**(6)，257-264.

## 2018年八幡平エリアの気象定点観測について

平山順子・工藤嘉充(北東北エリア雪崩事故防止研究会)

Study plot weather observation in the area of Hachimantai in 2018

Yoriko Hirayama, Yoshimitsu Kudo

(Society of Prevention of Avalanche Accident in Northern Tohoku Area)

### 1.はじめに



図1 旧八幡平スキー場

北東北エリア雪崩事故防止研究会は、2007年から八幡平裏岩手エリアの入山者への雪崩事故防止活動を行っている。2016年12月にスタートした「旧八幡平スキー場バックカントリー活用構想」(八幡平市企画事業)事業推進のための安全対策(雪崩事故対策)の一環として、2017年および2018年1~3月に該当エリアの積雪観測を八幡平キャットツアーズが担当している(図1)。

下倉スキー場気象定点観測(1~3月)及び八幡平裏岩手エリアの積雪フィールド観測(2018年1月~3月)結果を、八幡平キャットツアーズと重ねて当研究会にも所属している工藤、平山が研究会の観測の一環として整理、報告する。

### 2. 今季の積雪状況(2018年1月~3月)



図2 下倉スキー場 定点観測地

2017/18初冬は、10/5岩手山初冠雪、八幡平初雪。10/30八幡平山麓初雪の後、11月半ばから本格的な寒波が到来した。降雪が続き、12/2八幡平茶臼岳周辺標高1200mの積雪深145cm。12月中旬には200cm超に増加した。2018年1月に入り本州、北海道は寒波に見舞われた。八幡平エリアも気温が低く北西風の強い日が続いたが降雪量は少なく、1/9には一時的に暖気が入り標高1300m周辺まで降雨、1月中旬、2月初めにも気温が上昇した。その後も強い寒気が入ったが、それが抜けると気温が上昇。2月中旬~3月上旬までは寒気が連続して入り積雪が増加した。3/2に今季最高の積雪深321cm(下倉スキー場定点観測地)を観測した(図2)。

ところが3/5低気圧通過後の寒気でまとまった降雪の後、3/8~3/9に低気圧が停滞して八幡平エリア全域に約24時間強い降雨となり八幡平エリアの樹氷は全崩落した。3/22に南岸低気圧通過で降雪となった他はまとまった降雪がなかった。

### 3. 下倉スキー場気象定点観測地での積雪観測結果

#### 1) 場所の選定

積雪観測地の立地条件として「毎日定時（午前7時）に通える」、「観測可能な地形」、「標高が構想計画地に近いこと」を挙げた。御在所（旧八幡平スキー場）アスピーテラインの冬期ゲート付近が理想であったが、麓からの約10kmの県道除雪作業状況が日によって違い毎日定時に通えないことから、2018年も下倉スキー場ゲレンデトップが観測立地条件に合致するというので、当地を管理する八幡平リゾート株式会社社長の多大な協力を得て昨年同様観測を実施した。（図2）

また八幡平（旧八幡平スキー場～茶臼岳周辺）、裏岩手エリアの観測はフィールド観測で随時実施することにした。

## 2) 観測のスタッフについて

スタッフの工藤・平山は「雪崩業務従事者レベル1」（日本雪崩ネットワーク）終了者がリーダーとなり、石坂、和田、上野との5名で観測を行った。

## 3) 観測結果 1月～3月は下記に掲載

<http://nennadare.web.fc2.com/nadare201801.html>

<http://nennadare.web.fc2.com/nadare201802.html>

<http://nennadare.web.fc2.com/nadare201803.html>

グラフ（気温・積雪・風）1月～3月は 図10～図16を参照

## 4) 積雪断面観測（下倉スキー場定点観測地南側：標高1135m）



図3 1月積雪断面観測（1月23日実施）



図4 3月積雪断面観測（3月15日実施）

## 4. 八幡平、裏岩手エリアの積雪フィールド観測と雪崩発生状況

2018年1月～2月は、まとまった降雪の翌日から西寄りの強風で強固なウィンドスラブが形成され、自然発生及び誘発による大きな面発生表層雪崩が少なかったと思われる。一方、山域の斜面（開けた地形）の多くが硬いスラブ状態で、低気圧接近前に一時的に気温上昇と日射の影響を受けた後、低気圧通過による降雪中かその直後に、降雪結晶主体の新雪層がやや弱くスラブ化して発生した表層雪崩（自然発生及び人による誘発）が少なからず観察された（表1）（図5、図6）。

今季の当エリアは西風が強い日が多かったが、1月は北西風、2月は西～南西風の日が多かった（図7）。3月には南東風もあり、東側の雪庇の張り出しが埋まり気味になった（図16）。

八幡平山頂周辺、裏岩手大深岳周辺の樹氷は、総じて大型にならず枝葉が出ているものも多かった。3/8～3/9にかけての暴風を伴った大雨で完全崩落した。またこの大雨で斜面にクラックが多数発生、八幡平黒谷地北側（標高約1400m）安比川源流部にも広範囲にクラックが発生した。

表1 フィールド観測特記事項

フィールド観測 特記事項	
1月01日	面発生表層雪崩跡（S1）旧八幡平スキー場標高1170m 東斜面
1月05日	下倉定点観測設置 HS:189cm
1月08日	面発生表層雪崩跡（S2）源太ヶ岳上部標高1500m 東斜面
1月09日	降雨（八幡平裏岩手エリア標高約1300m以下）
2月02日	広範囲に表面霜発生
2月10～11日	気温上昇
2月12日	面発生表層雪崩（誘発）発生（S1.5）旧八幡平スキー場標高1220m 東斜面
2月14日	低気圧通過の大量降雪（降雪結晶主体）仙岩峠付近雪崩発生
2月15日	面発生表層雪崩跡（S2）下倉スキー場標高1110m 東斜面
2月20日	クラック発生 屋棟岳標高1250m 南東斜面
2月24日	気温上昇と日射後に強い降雪
2月25日	面発生表層雪崩跡（S1.5）樅山標高1350m 東斜面 面発生表層雪崩（誘発）発生（S1.5）茶臼山荘下標高1500m 東斜面
3月02日	下倉定点観測地最深HS:321cm
3月3～4日	気温上昇 樹氷一部崩落
3月05日	低気圧通過 降雪結晶（針状結晶）広範囲に降雪
3月8～9日	エリア全域に長時間（20時間）強い降雨 樹氷崩落
3月22日	南岸低気圧通過の大量降雪



図5 源太ヶ岳雪崩跡 1/8 発見



図6 樅山上部雪崩跡 2/25 発見



図7 源太ヶ岳上部雪庇 2/27 撮影

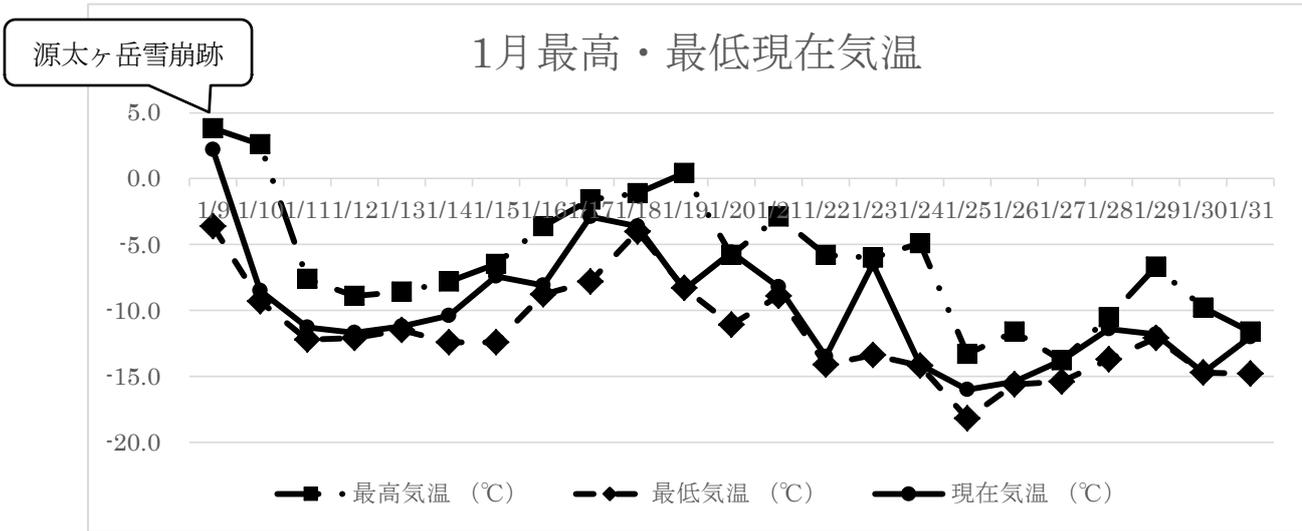


図 10 1月最高・最低・現在気温

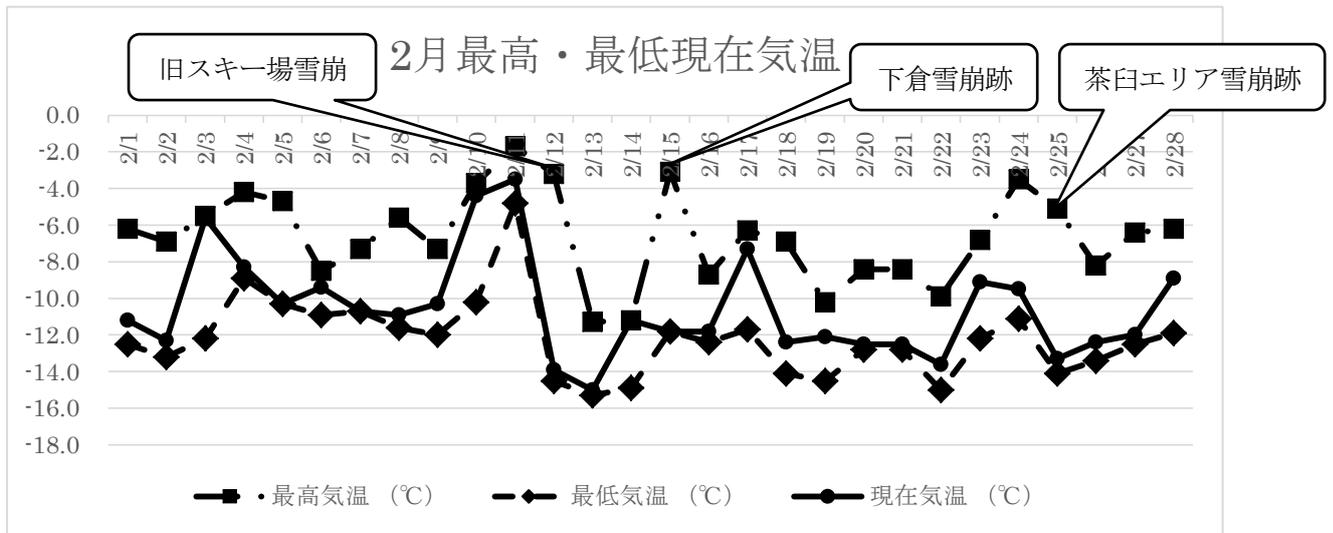


図 11 2月最高・最低・現在気温

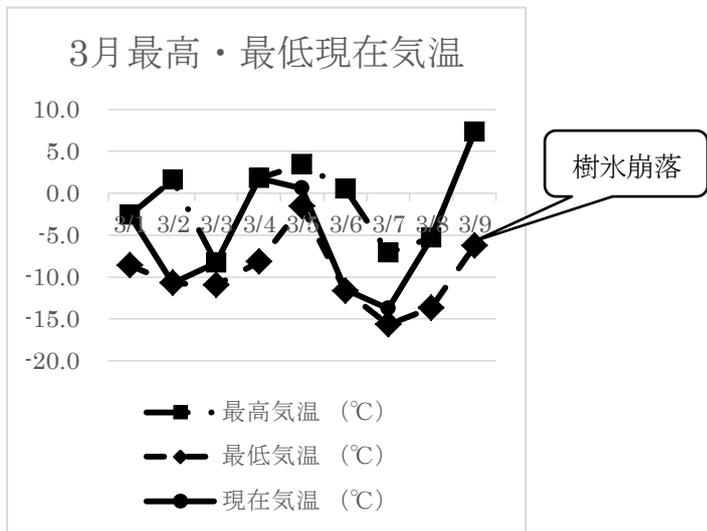


図 12 3月最高・最低・現在気温

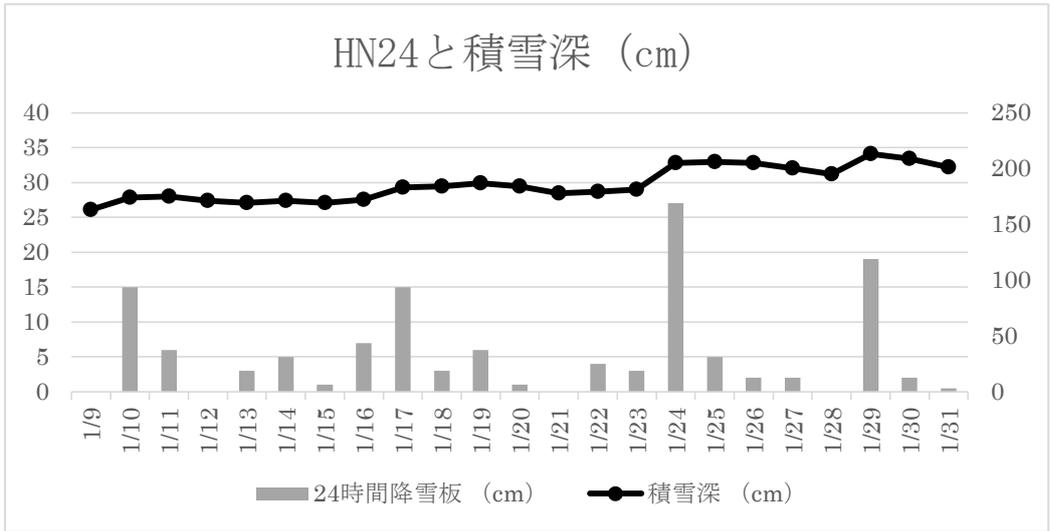


図 13 1月 HN24(24時間降雪観測)積雪深(cm)

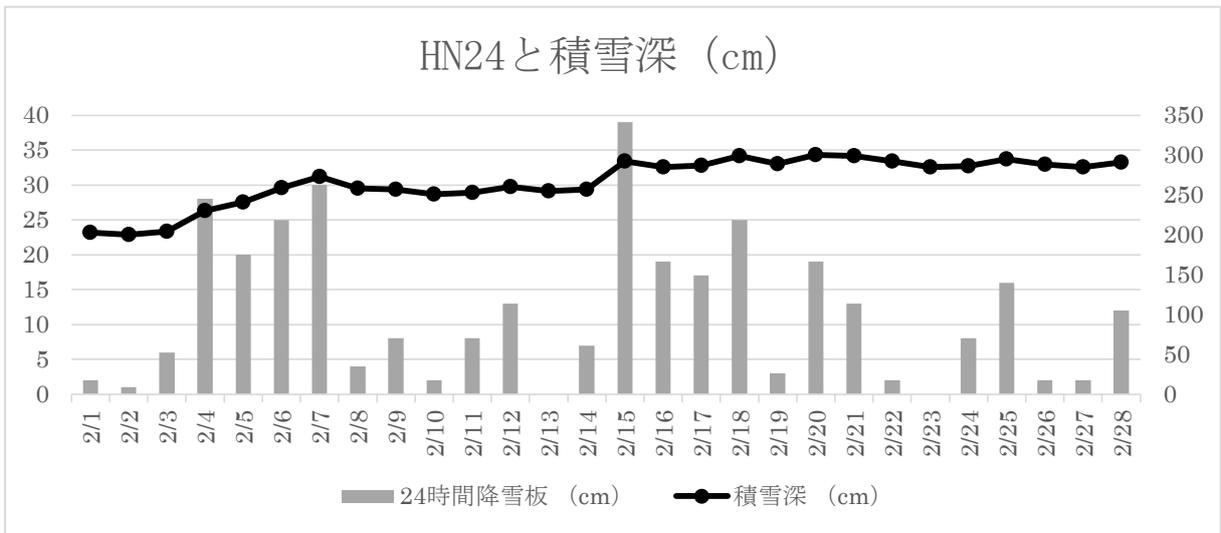


図 14 2月 HN24(24時間降雪観測)積雪深(cm)

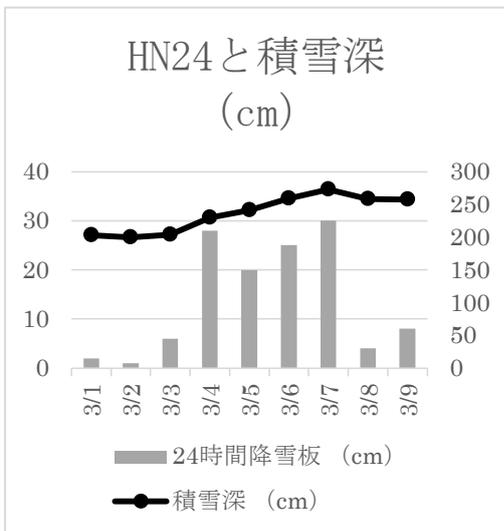


図 15 3月 HN24(24時間降雪観測)積雪深(cm)



## 2017-2018年 青森県の雪況

小関 英明 (青森職業能力開発短期大学校)

佐藤 清一 (終身会員)

### A Profile of Snow-phenomena in Aomori(2017-2018)

Hideaki KOSEKI(Polytechnic College Aomori)

Seiichi SATO (Life member)

#### 1. はじめに

青森県の2017-2018年冬期の雪況(気温, 降水量, 降雪量, 最深積雪深, 雪関連被災者数)について, 気象値についてはアメダスデータを用いて, また, 雪害については報道機関等発表資料等に基づいて, 昨季(2016-2017年冬期)および平年値と比較して報告する.

#### 2. 2017-2018年冬期の青森県の雪況

2017-2018年冬期('17, Dec.~'18, Mar. 以下今季)の県内は, 12月から1月上旬および1月下旬から3月初め頃までは非常に強い寒気が断続的に流れ込み, 例年に比べて気温の低い日が続いた. 特に1月下旬から2月上旬にかけてと, 2月下旬から3月初めにかけて非常に強い寒気が流れ込み, 冬型の気圧配置が強まったことにより積雪量が増加した. そのため, 青森市などでは4年ぶりに豪雪対策本部が設置されたが, 全般的には降雪量は平年並みかまたは平年より少ない地域が多く, 昨季, および一昨季同様に地域により降雪量および積雪深に大きな差異が見られた. また, 全般的に気温の低い日が多かったことから, 中津軽郡西目屋村の乳穂ヶ滝が4年ぶりに結氷した.

表1に青森市と弘前市における昨季と今季の月別気象状況を示す. さらに, 図1には今季と昨季の青森市と弘前市の日平均気温の経過を示す. また, 図2には比較のために, 一昨季(2015-2016年冬期), 昨季, 今季の積雪深の経過を示す.

表1 2017-2018年積雪期月別気象状況

気象	青森市				弘前市			
	気温(°C)	降水量(mm)	降雪量(cm)	積雪深(cm)	気温(°C)	降水量(mm)	降雪量(cm)	積雪深(cm)
2016年12月	2.0(1.5)	169.0(151)	111(153)	43(51)	1.5(0.9)	146.5(117)	132(147)	29(29)
2017年 1月	-0.4(-1.2)	84.0(145)	127(225)	39(88)	-1.2(-1.8)	160.0(121)	212(248)	84(61)
2月	0.2(-0.7)	109.0(111)	127(176)	47(107)	-0.5(-1.3)	168.5(95)	181(208)	85(81)
3月	2.6(2.4)	74.0(70)	71(76)	56(80)	2.2(1.9)	82.5(77)	106(131)	91(59)
積雪深50cm以上の日数	3日(平年54.2日)				58日(平年36日)			
2017年12月	0.2	169.5	193	62(12/29)	-0.2	150	190	53(12/20)
2018年 1月	-0.9	104.0	198	92(1/30)	-1.2	111.5	146	68(1/31)
2月	-1.9	97.5	159	110(2/22)	-2.4	91.0	114	78(2/24)
3月	4.6	74.5	38	91(3/7)	4.1	92.5	32	77(3/2)
積雪深50cm以上の日数	61日				50日			

(気象庁, 2018)

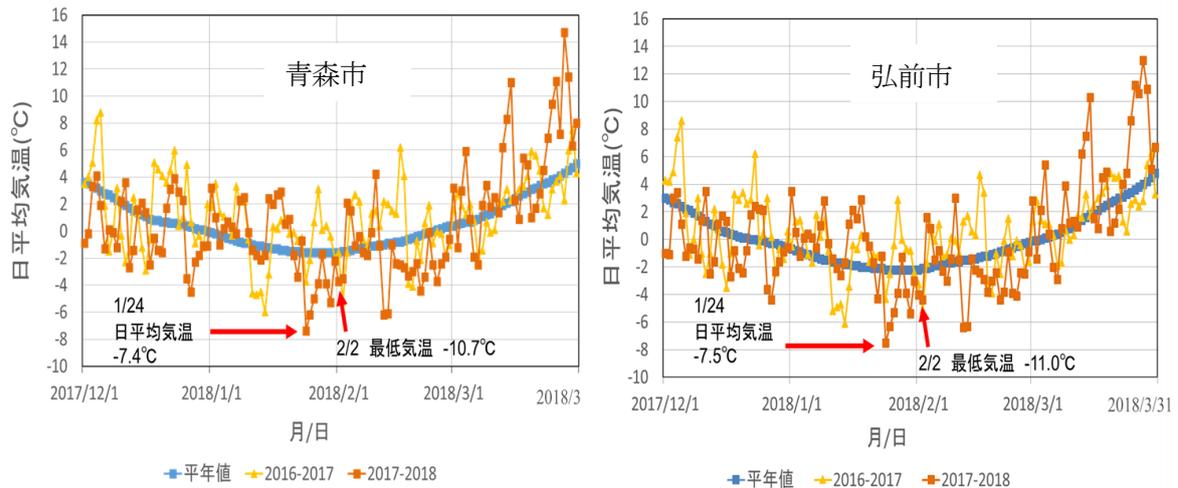


図1 青森市, 弘前市の日平均気温の経過 (気象庁, 2018)

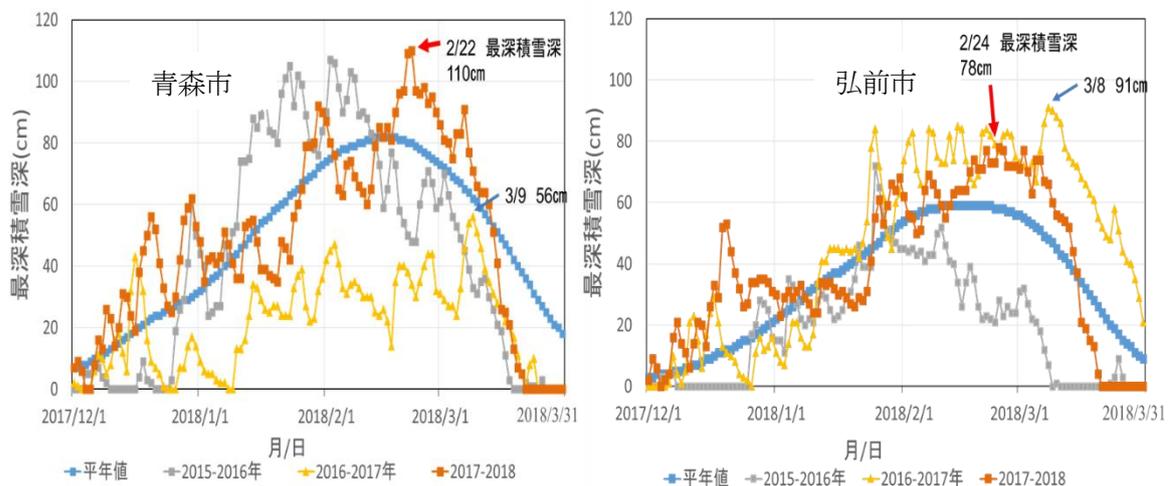


図2 青森市, 弘前市の積雪深の経過 (気象庁, 2018)

表1より、青森市、弘前市ともに気温は12月、2月では平年および昨年より低く、3月では平年よりかなり高くなっている。特に青森市の3月の平均気温4.6℃は、2008年、2015年と共に3月の平均気温としては観測史上1位であり、弘前市の4.1℃は同4位である。降水量、降雪量は両市ともに12月は平年を上回ったが、ほかは平年並みか少なくなった。また、積雪深50cm以上の日数は、青森市は61日と平年を超えると共に昨季の3日に比較して大きく増加した。弘前市については、50日と平年を大きく上回ったが、昨季の58日を下回った。

図1より、気温の経過については、青森市、弘前市共に同様で、12月は上旬より平年より低い日が多く、月末は特に低くなっている。1月の上旬から中旬は比較的穏やかで、平年を上回る日が多かったが、1月下旬から3月の初め頃までは非常に強い寒気が断続的に覆われ、気温の低い日が続いた。1月24日には、青森市で日平均気温が氷点下7.4℃、弘前市でも氷点下7.5℃と厳しい冷え込みとなった。さらに、2月2日には最低気温が青森市で氷点下10.7℃、弘前市で氷点下11.0℃となり、2014年1月以来4年ぶりに氷点下10℃を下回った。3月の中旬以降は平年より気温の高い日が多く、特に、3月28日には最高気温が青森市で21.4℃、弘前市で20.7℃と共に3月の最高気温としては観測史上1位を記録した。

次に、図2より積雪深の経過について、両市ともに12月の初めから月末にかけて平年を大きく上回る積雪となった。1月上旬から中旬は平年並みから平年を下回ったが、1月下旬から3月の初めに

かけては断続的に非常に強い寒気に覆われ、冬型の気圧配置が強まったことから積雪深が増加した。青森市では4年ぶりに最深積雪深が100cmを超え、2月22日に110cmを記録したが、これは昨年の約2倍に相当する。弘前市では、2月24日に最深積雪深78cmを記録したが、昨年の91cmを下回った。3月中旬以降は両市共に降雪量が少なく、さらに気温が高めに推移したこともあり、急速に積雪は減少した。

また、一昨季では弘前市で少雪、青森市では比較的多雪、昨季は青森市で極端に少雪、弘前市では多雪、今季は青森市でやや多雪、弘前市ではやや少雪と、両市で積雪深が異なる傾向となった。そこで、津軽地方にあるアメダスポイントで積雪を観測している地域について最深積雪深と降雪量合計の比較を行った。図3に各地区の最深積雪深を示し、図4に降雪量合計を示す。

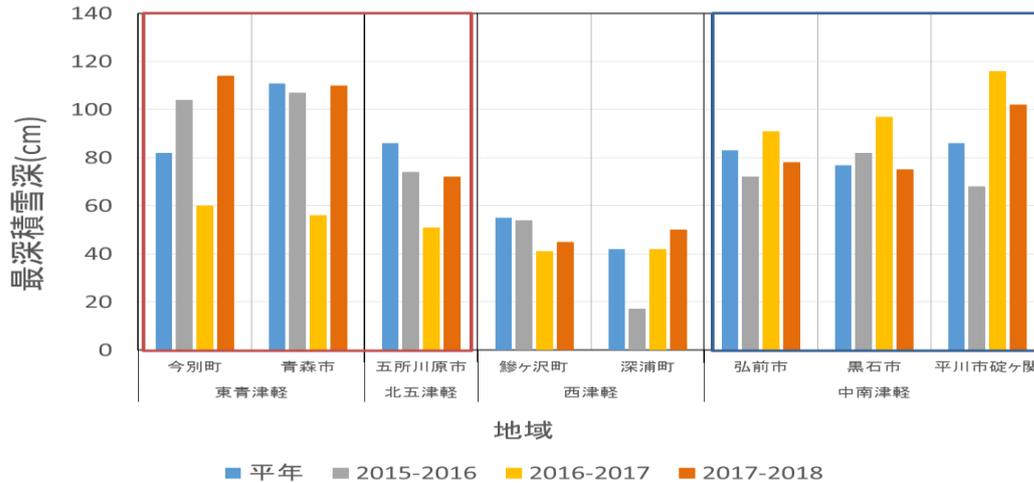


図3 津軽地方地域別最深積雪深 (気象庁, 2018, リンゴ研究所 2018)

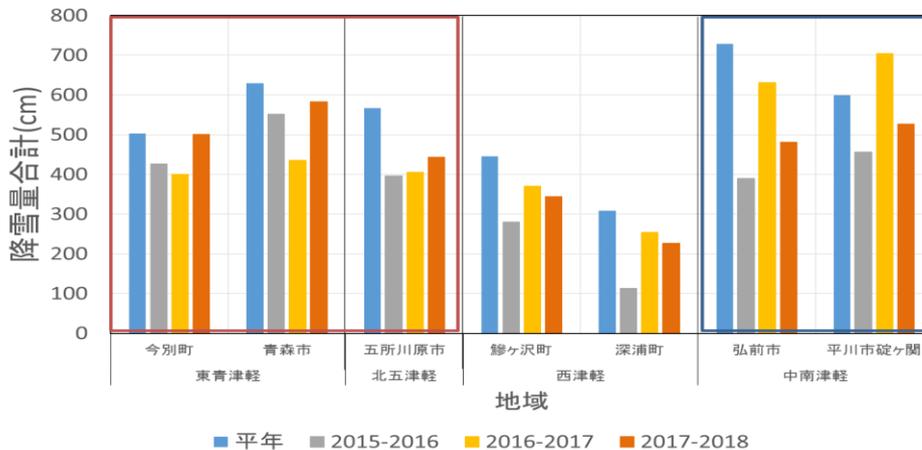


図4 津軽地方地域別降雪量合計 (気象庁, 2018)

東青津軽地方の酸ヶ湯でも積雪を観測しているが、山岳部のため除いている。また、図3において黒石市のアメダスでは積雪を観測していないが、同市にあるリンゴ研究所の観測資料を使用した。図3、図4より、今季および一昨季は青森市を含む東青津軽地方で多雪、弘前市を含む中南津軽地方では少雪であり、昨季は東青津軽地方で極端な少雪、中南津軽地方では比較的多雪となっており、最深積雪深および降雪量についての傾向が逆となっている。

気温の経過が青森市と弘前市で同様であることから、降雪時の風向や低気圧の位置等が関連していると考えられるが、詳しくはこれからの検証が必要である。

さらに、図2において弘前市では一昨季、昨季、今季と消雪期が大きく異なっているのに対して、

青森市ではほぼ同じとなっており、この点においても差が大きい。今季は両市共ほぼ同時期であるが、一昨季は、弘前市が少雪、青森市が比較的多雪であったことから、弘前市では消雪が早く進んだものとする。昨季については、弘前市では、3月上旬に大雪となり、気温も平年より低かったことから消雪が遅くなったと考えられる。これに対して青森市では極端な少雪であったが、3月中旬に大雪となり積雪が急増し、さらに気温も低かったことから、結果として一昨季、昨季、今季と消雪時期が同時期になったと思われる。

### 3. 雪関連の災害

今季の雪害による被害は、県内に非常に強い寒気が流れ込んだ1月下旬から2月初めと2月下旬にかけて集中して発生した。青森県危機管理局防災危機管理課が発表した今季の雪害による被災者数のまとめを表2に示し、原因別の被災者数を表3に示す。

表2 雪害による被災者数まとめ (青森県危機管理局防災危機管理課, 2018)

	死亡	行方不明	重症	軽傷	合計
2016-2017年	2	0	23	28	53
2017-2018年	4	0	21	37	62

単位:人

表3 原因別被災者数 (青森県危機管理局防災危機管理課, 2018)

	雪崩	屋根雪おろし、 除雪中	落雪	倒壊家屋の 下敷き	その他
2016-2017年	0	53	1	0	0
2017-2018年	0	61	1	0	0

単位:人

表2より被災者数では、昨季の53名(死者2名、重軽症者51名)に比較して今季は62名(死者4名、重軽症者58名(青森県危機管理局防災危機管理課, 2018))で、死者の数では2名増加し、重軽症者では7名の増加となったが、一昨季より3季連続して100名を下回った。また、被災者が昨季を超えたのは、青森市で最深積雪深が100cmを超える等、東青津軽地方を中心に積雪が多かった事によると考えられる。表3から、原因としては昨年同様に屋根雪下ろし、除雪中が最も多く、昨季より8名増え61名となった。落雪は1名であるが、除雪中に落雪にあったと思われる死亡事故が3件発生している。

次に、筆者らが調べた報道機関および青森県警広報課が発表した、雪(寒冷を含む)が直因と思われる被災者について、原因と月別の数を表4に示す。

表4 雪(寒冷を含む)が直因となった事故死傷者数(県内報道機関, 小関・佐藤, 2017)

	屋根雪		交通		その他	
	D(死者:人)	A(負傷者:人)	D	A	D	A
2016年12月	0	1	2	6	0	0
2017年 1月	2	1	2	2	0	2
2月	0	3	0	4	0	0
3月	0	0	0	0	0	0
2017年12月	0	1	1	1	0	0
2018年 1月	0	2	0	0	0	1
2月	4	1	0	0	0	3
3月	0	0	0	5	0	0

表4より、例年では、1月の屋根雪関連の被災者が最も多くを占めたが、今季は2月が最も多くなった。特に、2月3日には屋根雪関連の雪害により3件で3名の死亡事故が発生したが、いずれも除雪作業中の屋根からの落雪によると思われる。また、2月26日にも3件の雪害が発生し、屋根からの転落により1名が死亡している。2月3日の場合は、強い寒気が抜け、気温が上昇したタイミングで発生しており、2月26日の場合は、積雪がピークを越えたタイミングで発生している。さらに、3月2日から3日にかけての暴風雪により、下北では車20台が関連する玉突き事故が発生し、5名が負傷した。図5には屋根雪関連の被災者年齢分布を示す。

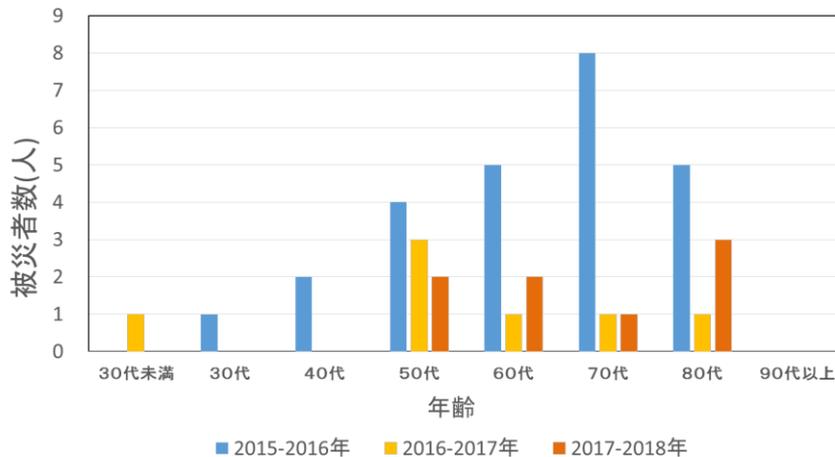


図5 屋根雪関連被災者の年齢分布

屋根雪関連被災者の被災者については、昨季は平均年齢が59.9歳とこれまで最も若くなったが、今季は平均年齢が72.4歳となり、初めて70歳を超え、1997-1998年以降で最も高齢となった。これは、全体として被災者が少なかったことに加えて、80歳代の被災者が最も多数となったことから、結果的に平均年齢が上昇したと考えられる。

#### 4. まとめ

2017-2018年冬期の青森県の雪況は、降雪量については、おおむね平年並みか平年より少なかった。積雪深については12月および1月中旬から3月中旬ごろまでは断続的に非常に強い寒気が流れ込むことにより、冬型の気圧配置が強まったことから、特に青森市で110cmと4季ぶりに100cmを超えるなど、東青津軽地方で昨季より多くなった。これと対照的に、弘前市を含む中南津軽では昨季に比較して少なくなっている。このように、昨季、一昨季と同様に、東青津軽地方と中南津軽地方で差異が大きくなっており、東青津軽地方で多雪の場合、中南津軽地方では少雪（今季、一昨季）、東青津軽地方で少雪の場合、中南津軽地方で多雪（昨季）と対照的な傾向を示している。この原因については、気温の傾向が同じであることから、積雪時の風向や低気圧の位置等が関連していると考えられる。

気温については、12月と1月下旬から3月上旬までは平年より低温傾向にあり、特に2月2日には、青森市、弘前市共に4年ぶりに氷点下10℃を下回る厳しい寒さとなった。

雪害による被災者については、昨季の53名（死者2名、重軽傷者51名）より増加し62名（死者4名、重軽傷者58名）となったが、3年連続で100名を下回った。特に今季は、強い寒気が抜けて気温が上昇した時や、積雪深がピークを越えた直後に集中して発生した。さらに、屋根雪関連の被災者の平均年齢が72.4歳となり、これまでで最も高齢となった。また、これまで1月の屋根雪関連被災者が最も多くを占めたが、今季は2月の被災者が最も多くなった。これは、1月下旬から3月の初めにかけて非常に強い寒気が流れ込み、この期間で各地方の積雪深が平年を大きく上回った為と考えられる。ただし、昨季同様に、月毎の雪害についての調査は、主に報道や県警察発表に基づいており、青森県危機管理局発表（青森県危機管理局防災管理課、2018）のまとめとは総数で異なっている。これ

については、報道機関等では雪害について重篤な事故以外は報道しない傾向にあり、発表されない雪害による被災者数が相当数あるものと考えられる。

今季は、1月下旬より厳しい寒さが続いたため、中津軽郡西目屋村の乳穂ヶ滝が4年ぶりに結氷した。

#### 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りんご研究所、工藤智様に謝意を示します。

#### 【参考文献】

青森県危機管理局防災危機管理, 2018: 雪害発生状況(平成29年度),

<http://www.bousai.pref.aomori.jp/files/H29setsugai.pdf> (4月11日確認)

気象庁, 2018: 過去の気象データ検索,

<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (4月9日確認)

小関英明・佐藤清一, 2017: 2016-2017年 青森県の雪況, 東北の雪と生活, **32**, 85-90.

# 岩手県一関市周辺,中国雲南省梅里雪山明永氷河におけるドローンによる寒冷地・雪氷環境モニタリングの応用

佐藤建・小林健一（一関工業高等専門学校未来創造工学科）

筑後桃子（一関工業高等専門学校専攻科生産工学専攻）

**Applications of UAV cryosphere environmental monitoring around Ichinoseki, Iwate and Mingyang glacier in Meili Snow Mountain, Yunnan China**  
**Tatsuru Sato, Kei-ichi Kobayashi (Department of Engineering for Future Innovation, Ichinoseki Collage), Momoko Chikugo (Advanced Course in Production Engineering, Ichinoseki Collage)**

## 1. はじめに

ドローン（マルチコプターや固定翼機）などの UAV: Unmanned Aerial Vehicle の技術の発達と普及により, UAV は様々な活動に利用されている. 寒冷・雪氷地域では, (i). 低温や積雪環境での行動のリスク: 雪崩, 雪庇, クレバスなどの地形障害や低体温症, (ii). 積雪環境での広範囲移動の困難: 交通・行動範囲の減少・規制・時間とコストの増加, 等から UAV の利用は有効な手段となる. 雪氷圏での応用事例として遭難救助の試験, 豪雪での雪崩発生状況解析といった防災活動, 積雪範囲・深度分布の屋根上など人工物上や人工物近辺, 自然環境での推定や氷河・氷床変動解析等に応用されている.

チベット高原の南東部, 中国雲南省デチェンチベット族自治州周辺はチベット高原の西部に比べて涵養量が大きく, この付近の氷河は中国でも最南端部に位置するとされている. その一つである梅里雪山連山(最高峰 Kawagabo, 6740 m, 北緯 28 度 26 分 18 秒, 東経 98 度 41 分 0 秒)から流れる明永氷河は標高 2800m 付近まで到達しており, 上部から 4000 m もの高度差がある. 明永氷河は年 100m 規模の高い流速をもつと考えられ, その原因としては標高差の大きさからくる駆動力の大きさ, 融解水の影響などが考えられる. 筆者らは 2018 年 3 月に明永氷河のドローンによるモニタリングを行った. 予備実験のため 2018 年 3 月中旬に一関市祭時にて運用試験を行い, 3 月下旬に中国雲南省へ赴いて実験を行った.

## 2. 一関市周辺でのドローン飛行実験・雪氷調査

一関高等専門学校の敷地内 (図 1 点 A, 北緯 38 度 55 分, 東経 141 度 6 分, 海拔 41 m) は

平成 27 年度の総務省統計局調査により人口集中地域と設定されており,平成 30 年度現在航空法では国土交通省の許可なくドローンの飛行を行うことができない. 一般的な実験実習や, ドローンを利用したクラブ活動を行う際には校外へ赴いて飛行させている.雪氷環境での実験のため,積雪が残りアメダス気象観測が行われている祭時(図 1 点 B,北緯 39 度 06 分,東経 140 度 52 分, 海拔 350 m)にて,3 月 14 日に UAV 飛行実験を行った. 調査時に筆者らが積雪断面観測を合わせて行い, その結果, 当日の祭時での積雪深度は 70cm であった.



図 1. 赤のコンターは平成 27 年度総務省統計局調査での人口集中地, 点 A は一関高専, 点 B は祭時調査地. 国土地理院電子国土 web に上記事項を追記して掲載.

調査に使用したものは DJI 社の Mavic Pro であり, これにマルチスペクトルカメラを接続して分光画像を撮影できるようにもされている. 撮影画像の一つを図 2 に示す. 積雪表面に広域に渡って灰黒色が見られるが,これは融解ではなく道路からの粉塵によるものと考えられる.



図 2 祭時でのドローン撮影状況

### 3. 梅里雪山,明永氷河の概要と気象条件

今回調査を行なった雲南省の梅里雪山の明永氷河(北緯 28 度 26 分 33 秒,東経 98 度 41 分 01 秒)の近隣の地図を図 3 に示す.

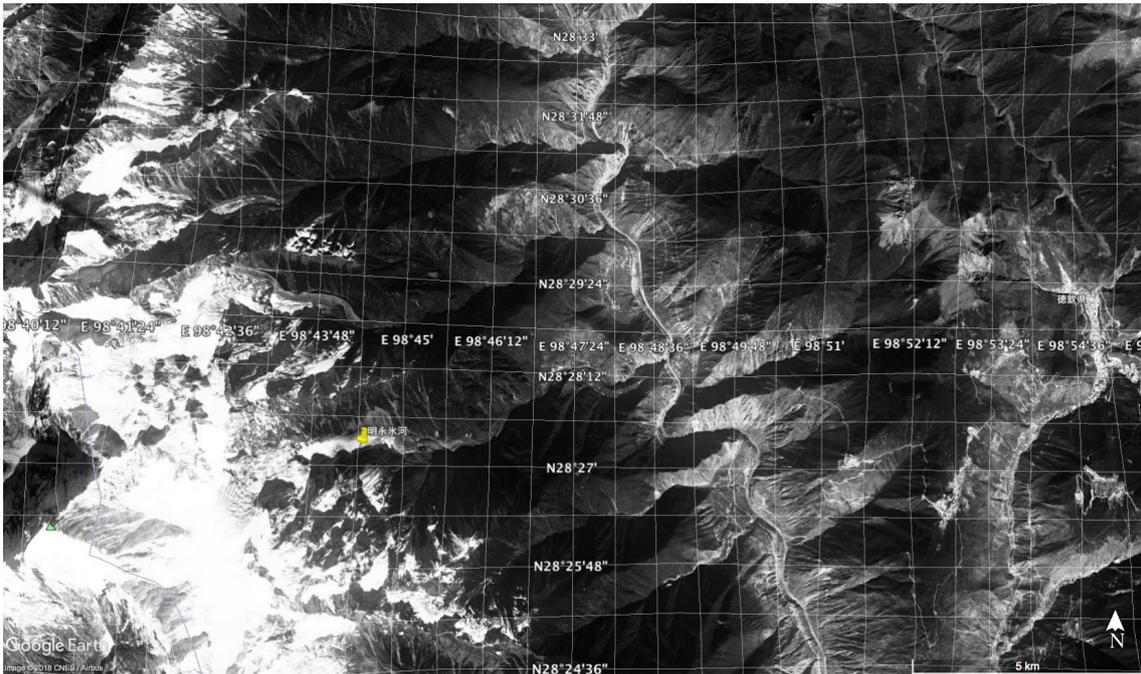


図3 明永氷河の地図, 黄色マークが明永氷河、緑のマークは最高峰 Kawagabo

現地の梅里雪山周辺には気象観測点として県の中心である徳欽(図3, Deqen, 北緯28度45分, 東経98度8分, 標高3320m)での観測が行われ, 日平均気温, 最低気温, 最高気温および降水量のデータがある. 観測記録は Global Historical Climate Network (Menne et al., 2012)から取得した.

Qiao et al (2010)によると Deqen において2010以前の過去50年での気温上昇率は年間0.0446度となっており, 過去50年で2度以上の気温上昇となっている. これは Lancang River Basin (瀾滄江流域, メコン川の上流)の氷河の流域で最も高い気温上昇率となっている. 小氷期以降と近年の気候変動のためチベット高原の氷河は減少傾向にある. その減少は1980年代以降加速し, 過去40年の間に7%の氷河の面積が減少している.

降水量のデータから降水量の季節性をとると雨季, 特に6月から8月の夏季降水量が48%をも占める. 夏季の降水量は1950年代から60年代に300-500mmであったが, 1970年代から1990年代前半まで200-400mm程度と減少した. 現在は250-350mm程度の降水量である(図4).

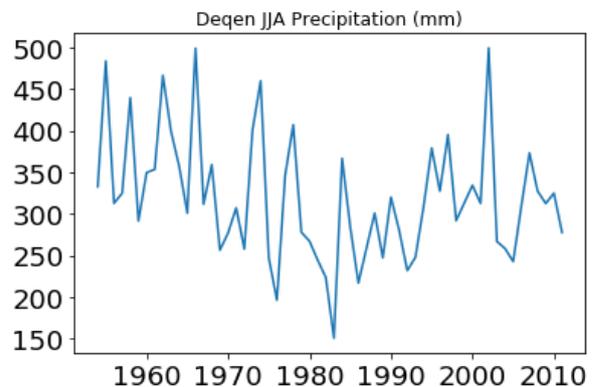


図4 徳欽での6-8月の降水量

雨期に降水量が高い一方でこの氷河の外には同標高に樹林帯が広がっており夏季や,

2007年に訪れた秋季(10月初旬)は氷河末端部では降雪ではなく降雨となっている. 今回

訪れた 2018 年春季は 3 月 6 日には雨崩村にて 10 - 15 cm 程度の積雪があり、訪れる前日の 3 月 23 日もシャングリラ市周辺で一時降雪があったが日射により積雪とはならなかった。これらの時期には氷河上流部では積雪で涵養し、末端部では降雨や周囲からの雨水流入などによって消耗している。

降水量の周期性をみるために wavelet 解析を行った (図 5)。4 年から 8 年程度の周期性があるものの、氷河変動の時間スケールからは短く、北太平洋域の氷河のように (Hodge et al., 1998; Sato et al., 2014) 北太平洋 10 年規模変動など数十年周期のレジームシフトで氷河の末端変動が起きるような状況ではない。このためこの地域の氷河ではより長期的な降水量、気温のトレンドが氷河の伸長に影響する。上記のような気温の上昇傾向、降水量の減少傾向から 1950-60 年代から比べて質量収支としては負のトレンドにあると考えられる。

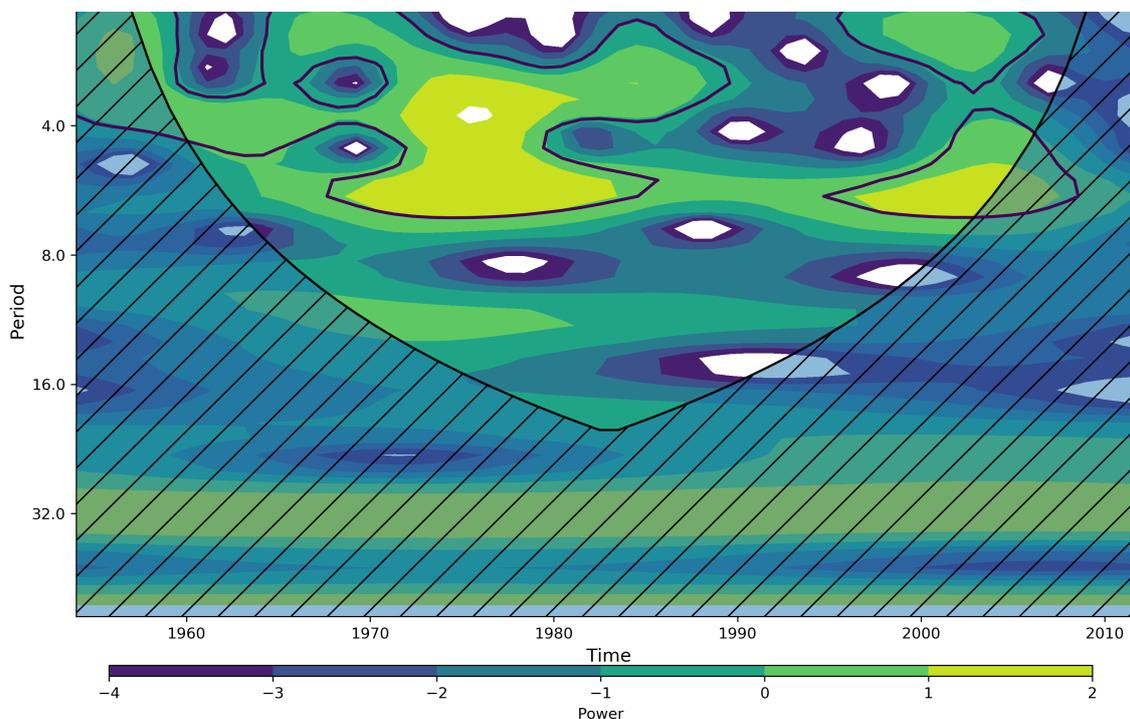


図 5 徳欽の 6 - 8 月夏季降水量の wavelet 解析。斜線内は除外領域、太い黒線内が赤色ノイズを基準とした有意な領域。

#### 4. 明永氷河でのドローン飛行実験

実験を行なったのは梅里雪山国家公園、明永氷河区内である。氷河へのアクセスは明永村内の公園事務室で管理され、管区内では一般車通行が出来ずレンジャーの運転する電気自

動車で管理歩道入口までアクセスしてそこから徒歩で太子廟付近まで赴いた。ドローン撮影は明永氷河の末端部のアイスフォールの測岸で行なっており、そのアイスフォールの上下部を撮影した。今回の撮影は標高 3000m 前後の地点であり、平衡線高度 (ELA) が 5000 m であるため (Qiao et al., 2015) 全て消耗域での撮影となる。今回の調査は現地で行動できる期間が限られていたものの、飛行と撮影の実証実験を行うことができた。



図6 明永氷河アイスフォール UAV 撮影画像  
黒線は氷河の境界

氷河末端部はデブリで覆われており (図6), 白氷の区域は限られている。アイスフォールの上部は白氷が明瞭に見られ、フラクチャが発達している。

アイスフォール側壁に沿って白い氷が下部まで続いている。この氷は上部の氷の崩壊、氷雪崩によるものと考えられる。非常に急激な傾斜のため氷河にかかる駆動応力が高くなり、かつ降雨などの水流によってフラクチャも形成されるため、氷の脆性が大きい。アイスフォールで崩壊した氷は細分されて雪崩と同様に、単純な連続体ではなく粒子体、粉体のように運動してポテンシャルの低い側面に溜まるためである。氷雪崩のサイクルが速く、中心部のようにデブリで覆われない。

## 5. まとめ

岩手県一関市周辺および中国雲南省梅里雪山国家公園でドローンの飛行実験を行った。Deqen の気象解析から、この付近の氷河は年間降水量の半分が夏季に降水する夏涵養の氷河であると考えられる。降水量の周期的な変動は 4-8 年程度で、氷河の全体的な末端変動や質量収支には影響せず、長期的な変動のみに影響を受ける。

ドローンの飛行実験や地形の考察からアイスフォール部分ではデブリの厚さが大きくなく、また駆動応力の大きさのため氷雪崩が起きて氷河側部にデブリに覆われない氷が溜まっている。融解水や降水によってフラクチャが発達して氷が脆くなっており、氷震や氷雪崩が起きていると推察される。

氷河の流動速度に関しては年間で数百メートルとされているものの、報告事例は限られる。

明永氷河の幅は末端で数10 m程度であり、広域的な分析では衛星での流速測定は限られる。氷河上部はデブリで覆われているため、デブリの移動と氷河の移動を分ける必要がある。このためにはより長期的な滞在を行ってドローンから氷河の詳細な地形の取得と、差分による流動量調査をなどが望ましい。氷河上の雪質や周囲の植生の状態を調べるにはドローンに接続するマルチスペクトルカメラの利用が考えられる。

#### 【引用文献】

- Hodge, S. M., Trabant, D. C., Krimmel, R. M., Heinrichs, T. A., March, R. S., Josberger, E. G., 1998: Climate variations and changes in mass of three glaciers in western North America, *J. Climate*, **11**, 2161–2179.
- Menne, M.J., I. Durre, R.S. Vose, B.E. Gleason, and T.G. Houston, 2012: An overview of the Global Historical Climatology Network-Daily Database. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 2012, **29**, 897-910.
- Qiao, L., Shiyin, L., Wanqin, G., Yong, N., Donghui, S., Junli, X., Xiaojun, Y., 2015: Glacier changes in the Lancang River Basin, China, between 1968–1975 and 2005–2010. *Arctic, antarctic, and alpine research*, **47**(2), 335-344.
- Sato, T., Shiraiwa, T., Greve, R., Seddik, H., Edelmann, E., Zwinger, T., 2014: Accumulation reconstruction and water isotope analysis for 1736–1997 of an ice core from the Ushkovsky volcano, Kamchatka, and their relationships to North Pacific climate records. *Climate of the Past*, **10**(1), 393-404.

# UAV と農業用簡易マルチスペクトルカメラを用いた雪氷環境観測の試み

小林 健一 ・ 佐藤 建 (一関工業高等専門学校 未来創造工学科)

## An experiment of snow and ice environmental observation using UAV with a simple multispectral camera for agriculture.

Ken-ichi KOBAYASHI, Tatsuru Sato

(National Institute of Technology, Ichinoseki College, Department of Engineering for Future Innovation)

### 1. はじめに

近年、通常のカラーカメラから得られる R, G, B の画像だけでなく、不可視光である近赤外波長(NIR: Near-InfraRed)の画像や、Red edge バンド(710nm 付近)の画像が取得可能な、いわゆるマルチスペクトルカメラが農業用等として開発され、安価に入手できるようになりつつある。ドローンなどの小型の無人航空機(UAV: Unmanned Aerial Vehicle)への搭載を想定した、小型・軽量のマルチスペクトルカメラも既に市販されている。UAV とマルチスペクトルカメラの組み合わせは、圃場単位での運用も可能であり、高い空間解像度と高い時間分解能を持った情報が自ら収集できることから、精密農業を実現するキー・テクノロジーとして期待されている。

UAV の応用は様々な分野に広がりつつあり、雪氷分野においては、例えば南極における高解像度地形情報取得の試み(菅沼ら, 2016)や、積雪時及び融雪後の 3 次元計測結果から、積雪深を推定する試み(小花和ら, 2015)などが報告されている。これらの研究は、SfM(Structure from Motion)を用いて推定された、地表面あるいは積雪表面の数値標高モデル(DEM: Digital Elevation Model)を利用するものである。一方で、撮影されたカラー画像自体には、地表面の状態に関する情報が豊富に含まれている。前述の農業用マルチスペクトルカメラでは、通常のカラー画像とは異なるスペクトルバンドの情報が得られるため、例えばカラーカメラと併せて用いることで、4 バンド以上のマルチスペクトル画像を得ることも可能となる。

本報告では、雪表面の反射スペクトル特性を調べるため、まずは点計測の分光器にて計測を行った結果を示す。また、同地点について、UAV と農業用のマルチスペクトルカメラを用いた撮影を行い、これを雪氷環境の観測に応用することを試みる。なお、市販の解析用ソフトウェアは、内部がブラックボックスであったり、特定の目的に合わせて開発されたものであったりするため、撮影した画像とセンサ類から得られる情報のみから、独自に解析することを目指す。

### 2. 計測条件と計測対象

雪表面のスペクトル計測および撮影は、2018 年 4 月 20 日 11:00～12:00 頃に栗駒山(宮城県栗原市栗駒沼倉(冬季通行止め区間手前)、標高約 840m の地点)にて行った(図 1)。計測地点周辺の様子を図 2 に示す。計測地点の積雪深は約 105cm であったが、図 2 手前の駐車場の



図 2. 計測地点周辺の様子



図 1. 計測地点

(国土地理院の電子地形図(タイル)に矢印の追記・トリミングを行い掲載)

位置には、既に積雪は無い状態であった。天候は快晴～晴れで、スペクトル計測は雲のかからないタイミングで行った。

計測は、目視上比較的汚れて見える雪面と、汚れた表層部分を除去した雪面に対して行った。図3に示すように、表面の汚れ状態が異なる3エリア(A～C)と、表層部分を深さ方向に2cm程度除去したエリア(D)、5cm程度除去したエリア(E)の、合計5つのエリアを、およそ50cm×50cmの正方形にマーキングしたのち、それぞれ計測を行った。



図3. 計測エリア

### 3. 実験方法

#### 3.1 分光器による反射スペクトルの計測

図3に示したA～Eの雪面について、可視・近赤外分光器(Ocean Optics社, USB2000+VIS-NIR-ES, 計測波長範囲: 350～1000nm)を用いた分光反射率計測を行った。A～Cについては5箇所、D～Eについては3箇所ずつ位置を変えて計測した。また、反射率に変換する際に用いるリファレンスとして、標準白色板(スペクトラロン SRS-99)を計測地点の横に置き、エリア毎に始めと終わりに1度ずつ計測した。

#### 3.2 UAVと農業用マルチスペクトルカメラによる空撮

マルチコプター型のUAV(DJI社, Mavic Pro)に、農業用のマルチスペクトルカメラ(Parrot社, Sequoia)を搭載し、同地点の空撮を試みた。SequoiaはGreen(550nm), Red(660nm), Red Edge(735nm), NIR(790nm)の4バンドを撮影する独立した4つのカメラに加え、1つのRGBカラーカメラを持つ。また、地上からは2.4GHz帯のWiFi接続により、スマートフォン等のブラウザを介したインターフェースから、UAVとは独立に撮影等の制御が可能である。なお、Sequoiaの搭載に伴う重量増加に加え、電源をUAV側から供給する形態のため、飛行可能時間は通常よりも制限される。

#### 3.3 自動露出に関する確認実験

UAVと農業用マルチスペクトルカメラを用いて撮影した画像に、白飛びが起きる問題が確認されたため(後述)、後日、一関工業高等専門学校構内にて農業用マルチスペクトルカメラの自動露出の挙動に関する確認実験を行った。この確認実験では、UAVは用いずにカメラにバッテリーを直接接続し、手持ちで撮影を行った。

撮影は、土壌・植物がメインのシーン(本来の農業用途に近い)と、コンクリートや陶器など、目視で白色に見えるような反射率の高い対象を含めたシーン(雪面計測時に近い)を対象として行った。

## 4. 実験結果

#### 4.1 分光器による反射スペクトルの計測結果

エリアA～E毎に得られた反射スペクトルを平均したものを図4に示す。全波長帯の平均反射率はD>Eとなっており、深い位置(=除去した表層部分が多い)ほど圧密が進行し、結晶粒径が大きくなっていることを示唆する結果であると解釈できる。また、最も汚れの影響が少ないと考えられるEの反射スペクトルを基準とした、相対反射スペクトルに変換した結果を図5に示す。A, B, Cはそれぞれ異なるスペクトル形状になっており、汚れの状態の違いが反映されていると考えられる。

以上のように、エリアA～Eそれぞれで異なる形状のスペクトルが得られることを確認した。その要因を確定するまでには至っていないが、雪面における何らかの状態の違いを捉える手段として、反射スペクトルの計測が有効であることを示唆する結果が得られた。

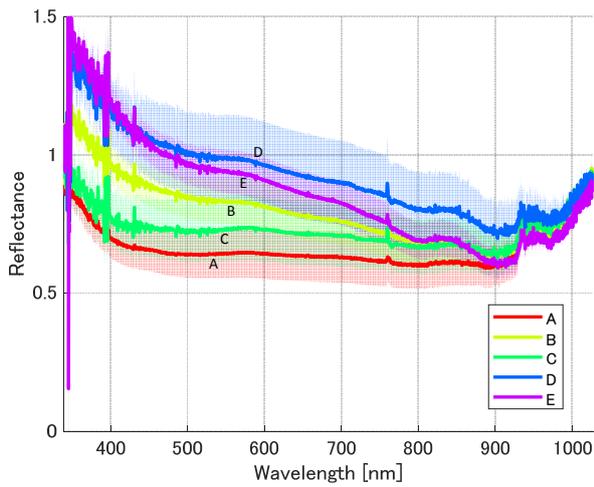


図 4. エリアごとの平均反射スペクトル  
(淡色は±標準偏差)

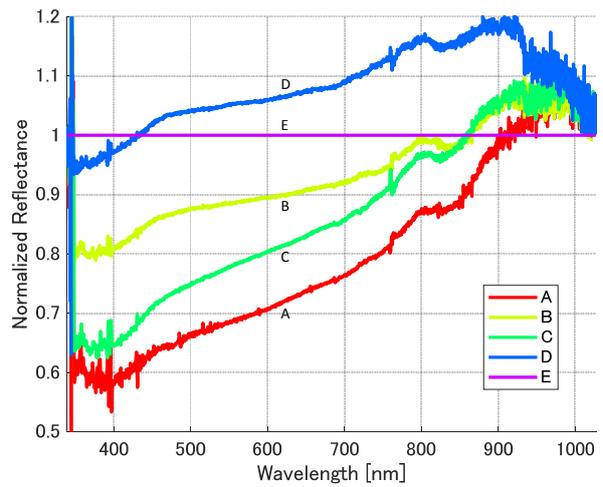


図 5. 相対反射スペクトル(Eを基準)

#### 4.2 UAV と農業用マルチスペクトルカメラによる空撮結果

エリアA~Eを同時に視野に収めた状態で撮影された、各バンドの画像の例を図5に示す。図から分かる通り、GRE バンド(550nm)では大半の画素が飽和し、白飛びの状態になってしまっていることがわかる。RED バンド(660nm)においても、多くの画素が飽和してしまっている。この例以外についても、雪面を視野の大部分に収めたシーンでは、全ての画像セットにおいて同様の傾向が確認された。

インターバル撮影時の、一連の撮影画像の一部を図6に示す。GRE および RED バンドでは画素飽和が生じており、また、RGB 画像は露出が安定せず、フレームごとに画像全体が明るくなったり暗くなったりしている様子がわかる。各画像には、メタ情報として撮影時の情報が記録されているため、露出条件を確認したところ、自動露出により調節されているのはシャッタースピードのみであった。そこで、インターバル撮影時の一連の画像群について、バンド毎にシャッタースピードがどのように調整されていたのかを確認した(図7)。その結果、画素飽和無く撮影ができていた REG(735nm)、NIR(790nm)バンドでは撮影毎にシャッタースピードが変化しており、画素飽和の起きていた GRE、RED バンドではシャッタースピードが一定で変化していない様子が確認できた。また、RGB カメラ

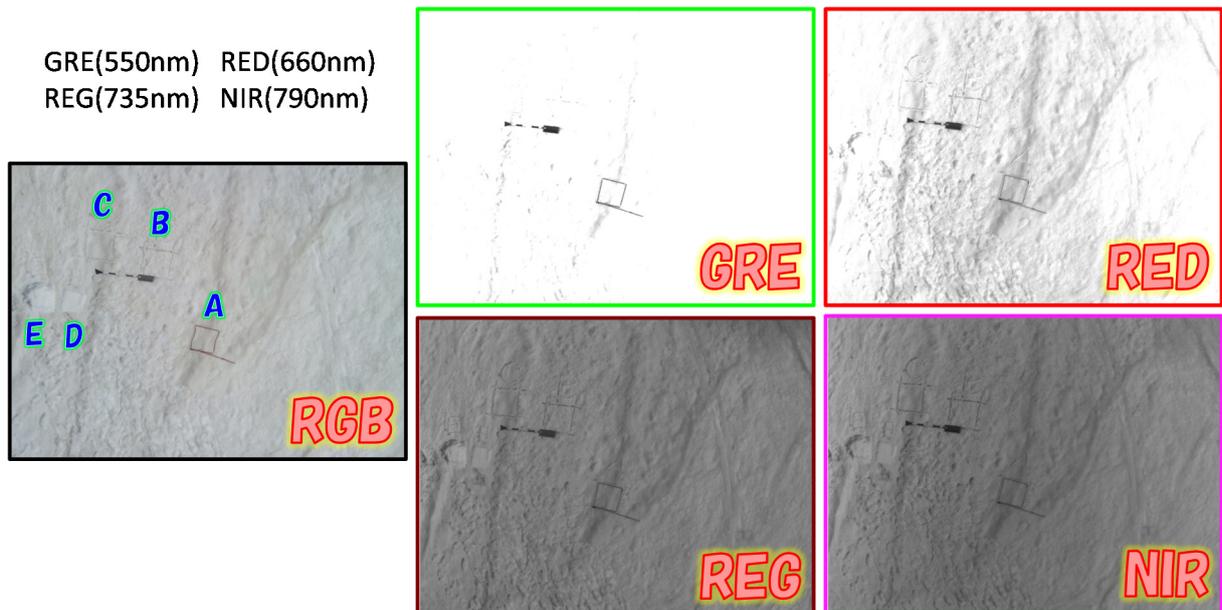


図 5. 各バンドの撮影画像

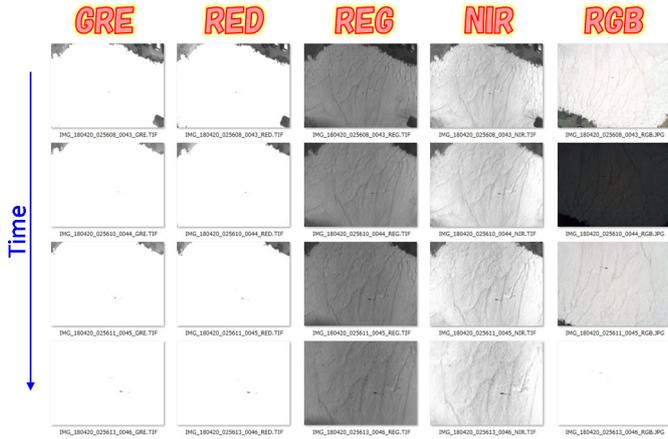


図 6. インターバル撮影時の一連の画像

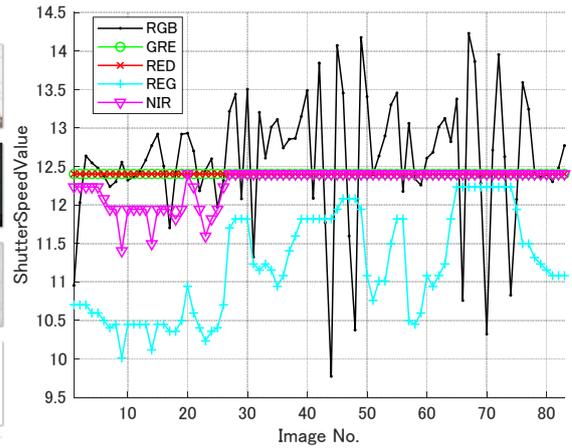


図 7. シャッタースピードの変化  
(自動露出による調整値)

では、露出が安定せず、大きく変動している様子も確認できた。

今回の空撮では、多くの画素が飽和した画像となってしまったことから、当初予定していた、分光器による分光スペクトルとの比較等を行うことはできなかった。画素飽和の原因は自動露出の失敗と考えられるが、どのような条件が影響するのかを確認するため、次の確認実験を行った。

#### 4.3 自動露出に関する確認実験

目視で白色に近い色の物体を含むシーンを撮影した例を、図 8～10 に、土壌・植物がメインのシーンの例を図 11～13 に示す。これらの結果より、白い物体がシーンの小さな領域を占める場合だけではなく、シーンの大部分を占めるような場合においても、画素値の飽和が生じており、自動露出に失敗している傾向が確認できた。一方で、本来の農業用途に近い、土壌や植物がメインのシーンにおいては、空の部分に一部白飛びが認められたものの、自動露出が適切に働いていることも確認できた。



図 8. 白い物体を含むシーン①  
(白い陶器部分が飽和)



図 9. 白い物体を含むシーン②  
(白い自動車の塗装部分が飽和)



図 10. 白い物体を含むシーン③  
(コンクリート部分が飽和)



図 11. 土壌と植物のシーン①  
(空の一部は飽和している)



図 12. 土壌と植物のシーン②



図 13. 土壌と植物のシーン③

## 5. まとめ

分光器による雪面の反射スペクトル計測により、表面の状態の差異を捉えることが出来ることを確認した。UAV と農業用マルチスペクトルカメラを用いた空撮では、特に短波長側の Green, Red のバンドの画像において、雪面部分のほとんどの領域で画素値が飽和してしまった。土壌や植物を撮影した際には問題が起きず、雪面のように反射率の高い対象を撮影した際には同様の問題が起きたことから、自動露出が適切に働かなかったことが原因と考えられる。

今回用いたマルチスペクトルカメラでは、用意されている UI 上にシャッタースピードなど露出をマニュアルで制御するインターフェースが実装されておらず、自動露出での撮影しかできない状態であった。しかし、HTTP Control API が公開されており(Parrot S.A, 2016), その中にはマニュアルモードでの露出設定が含まれているようである。従って、今後はまず、HTTP Control API を用いたマニュアルでの露出調整を試み、更に、実用的な速度でのレスポンスが得られる場合には、雪面計測用のソフトウェアを作成したい。あるいは、単純に光量を減らすことで問題が解決できる場合は、GRE および RED のカメラ部分に、ND フィルタを付ける等も試行したいと考えている。

黄砂と雪氷藻類による着色では可視～近赤外波長領域でのスペクトルが異なることが報告されていること(田中ら, 2012)から、引き続き、特に融雪期の雪氷環境の観測・分析に、本報告で試みたような UAV と簡易なマルチスペクトルカメラを組み合わせた手法の適用を試行していきたい。

### 【参考文献】

- 1) 小花和 宏之, 河島 克久, 大前 宏和, 2015: UAV リモートセンシングによる積雪面の 3 次元計測および積雪深の推定 - SfM-MVS 技術を用いて推定した積雪深の精度検証 -, 雪氷研究大会(2015・松本)講演要旨集, P2-49.
- 2) Parrot S.A, Parrot SEQUOIA For Developers, 2016: HTTP Control API, <https://developer.parrot.com/docs/sequoia/#http-control-api>, (2018 年 6 月 8 日アクセス).
- 3) 菅沼 悠介, 川又 基人, 白水 薫, 小山 拓志, 土井 浩一郎, 金田 平太郎, 青山 雄一, 早河 秀章, 小花和 宏之, 2017: 南極における無人航空機 (UAV) を用いた高解像度地形情報取得の試み, 地学雑誌, 126(1), 1-24.
- 4) 田中 モナミ, 竹内 望, 大沼 友貴彦, 植竹 淳, 2012: 2012 年融雪期立山室堂における積雪表面の反射スペクトル-赤雪・黄砂雪・硫黄雪-, 雪氷研究大会(2012・福山)講演要旨集, P2-4.

## 換気口開放時の着雪と室内の消費電力量に関する実験的研究

松村光太郎 (岩手県立大学)

林基哉 (国立保健医療科学院)

小杉健二, 佐藤研吾 (防災科学技術研究所雪氷防災研究センター)

### Experimental study on the Snow Accretion and the Indoor Power Consumption at the Time of Vent Opening

Kotaro MATSUMURA (Iwate Prefectural University)

Motoya HAYASHI (National Institute of Public Health)

Kenji KOSUGI, Kengo SATO (National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience)

#### 1. はじめに

積雪地において、吹雪が発生すると、建築物へ吹きだまりが発生するなど建築物に影響を及ぼす。また、建築物の壁に着雪した雪あるいは着雪が融解凍結した氷が落下すると、建築物近傍の歩行者などに重大な事故をもたらす危険性もある。このように、着雪は建築物に対して、多大な影響を及ぼす。特に、換気口に着雪があった場合(図1)、換気口が閉塞され、室内で利用している暖房機器などから発生される二酸化炭素が室内空間に充満するなど、室内環境に悪影響を及ぼす可能性もある。さらには、換気口より湿気が移動し、室内の湿度の上昇に伴う結露の発生などが懸念される。

そこで、本研究では、換気口へ着雪した場合、どの程度換気口が閉塞するのかを明確にするために、閉塞時の電力消費量から、閉塞度を検討し、併せて、二酸化炭素濃度との変動を実験的に把握する。



図1 換気口への着雪(倶知安)

#### 2. 実験計画

実験は、1,000×1,000 mmの断面を持つ風洞内に、図2のように、450×450 mmの換気口を有する板張り壁に吹雪があたるようにし、壁の風下側に外面寸法450×450×325 mm(内法寸法:400×400×300 mm, 0.048 m<sup>3</sup>)の仮想室内としての断熱ボックス(スタイロフォームIB, t=25 mm)で作製した模擬室内をセットさせて実施した。なお、断熱ボックスの横側1面には、内部の温度センサーが確認できるように、100×100 mmの複層窓(アクリル板 t=2 mm 2枚)を設けた。外壁の壁材料は板張り材(t=7 mm)と骨組み材(85×9 mm)共にヒノキとし、室内側の壁は、スチレンペーパー(t=5 mm)とした。なお、外壁表面は、着雪の水分が木材に浸透しないように、ワニス(和倉ペイント(株) 木部用油性ニス外部用ウレタンニス)で仕上げた。また、骨組み材に併せて断熱材(旭ファイバーグラス(株) アクリア 430, t=85 mm, 密度 14 kg/m<sup>3</sup>, 熱抵抗値 2.2 m<sup>2</sup>K/W, 熱伝導率 0.038 W/(m·K))

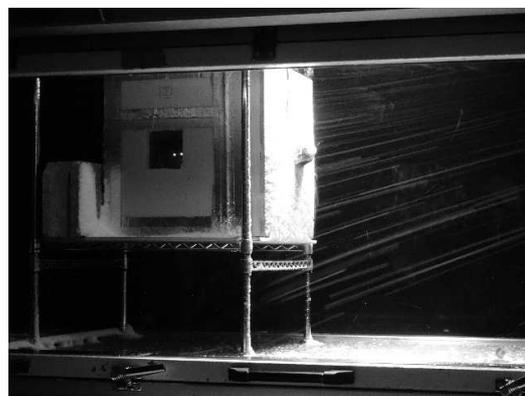


図2 実験状況図

を詰め込んだ。内壁は、壁紙などの仕上げは実施しなかった。模擬室内の温度条件は、サーモスタット（株）マルカン ニッソー シーパレックス 1000）で温度管理したヒーター（旭光電機工業（株）ペットヒーター100W）によって20℃以上に設定し、平均室温24.9℃（最高室温：35.5℃，最低室温：15.2℃）となった。なお、換気口は壁中央に、室外側にステンレス製丸型フード付きガラリ（φ100 mm，換気有効面積4930 mm<sup>2</sup>，開口面積2374 mm<sup>2</sup>，t=0.5 mm，金網12メッシュ：図3）を、室内側にAES樹脂製丸型レジスター（φ100 mm：図4）を配置した。



図3 換気口



図4 レジスター

風洞内温度（外気温）は $1.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ とし、風速10 m/sで樹枝状の人工雪（図5）でつくった雪粉を風洞上部から落下させるように吹雪を降らせた。この時に、どの程度着雪があるかを検討した。なお、吹雪に利用した雪は、防災化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において、樹枝状の人工雪を作製し、 $+1.0^\circ\text{C}$ の環境下で1日以上放置した雪とした。

風洞内で、まず実験開始から40分間は、風（風速：10 m/s）のみで風洞内の気流や温度分布を安定させた状態にし、その後、吹雪（風速：10 m/s，平均飛雪流量：0.0328 kg/m<sup>2</sup>/s）を20分間降らせた。吹雪終了後については、吹雪終了後も60分間そのまま風（風速：10 m/s）が継続している条件と、吹雪終了後に60分間無風（風速：0 m/s）になる条件との2水準について検討を行った。また、室内側のレジスターについては、閉塞したままの条件と開放した条件との2水準で検討を行った。

温度測定は、風洞内温度（外気温）、外壁表面温度（2点）、換気口表面温度、換気口内温度、室内側壁表面温度、室内温度についてT&D社製の「おんどとり（TR-71wf）」によって、1分毎に測定した。また、併せて室内と室外（風洞内）の相対湿度と二酸化炭素濃度をT&D社製の「おんどとり（TR-76Ui）」によって1分毎に測定した。なお、温度測定センサー部については、照明電灯などの輻射熱の影響を除くため、アルミテープでセンサー表面を覆った状態で測定場所に張り付けた。

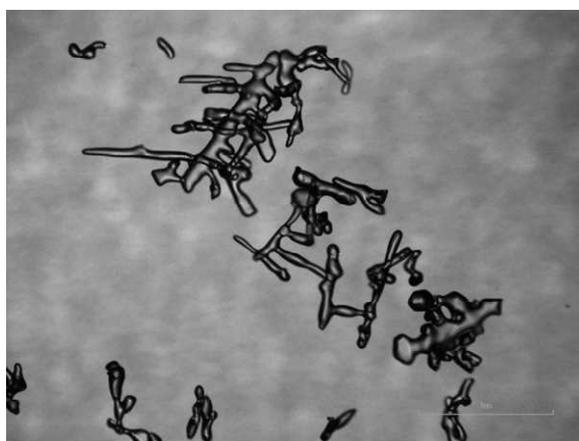


図5 樹枝状結晶

### 3. 実験結果と考察

実験結果として、換気口への着雪例を吹雪開始前40分(図6)、吹雪終了後60分(図7)の各状況を示す。このように、吹雪が終了する時点では、ほぼ換気口に雪が埋まっている状況になる。

レジスターを開放している条件の風-吹雪-風の実験結果を図8に、風-吹雪-無風の実験結果を図9に示す。レジスターを開放していると、換気口から冷風が吹き込んでくるため、室温が低くなった。特に、換気口内温度は、ほぼ外気温と同等な温度となった。ただし、吹雪後無風になると、室温だけでなく、内壁表面温度や換気口内温度も上昇した。また、風、吹雪時、無風時に分けて、1°C上昇させるための電力消費量(単位:Wh/°C)を算出した(表1)。その結果、吹雪時を除き、着雪前と、着雪後では、風のあるなしにかかわらず電力消費量が減少した。したがって、着雪により換気口が閉塞することにより、断熱効果が働いたと考えられる。

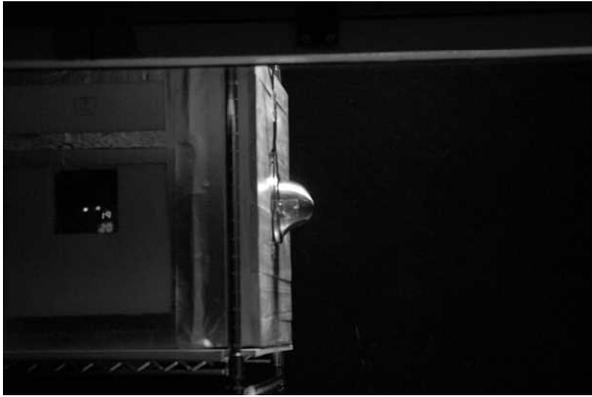


図6 吹雪開始前



図7 吹雪終了後

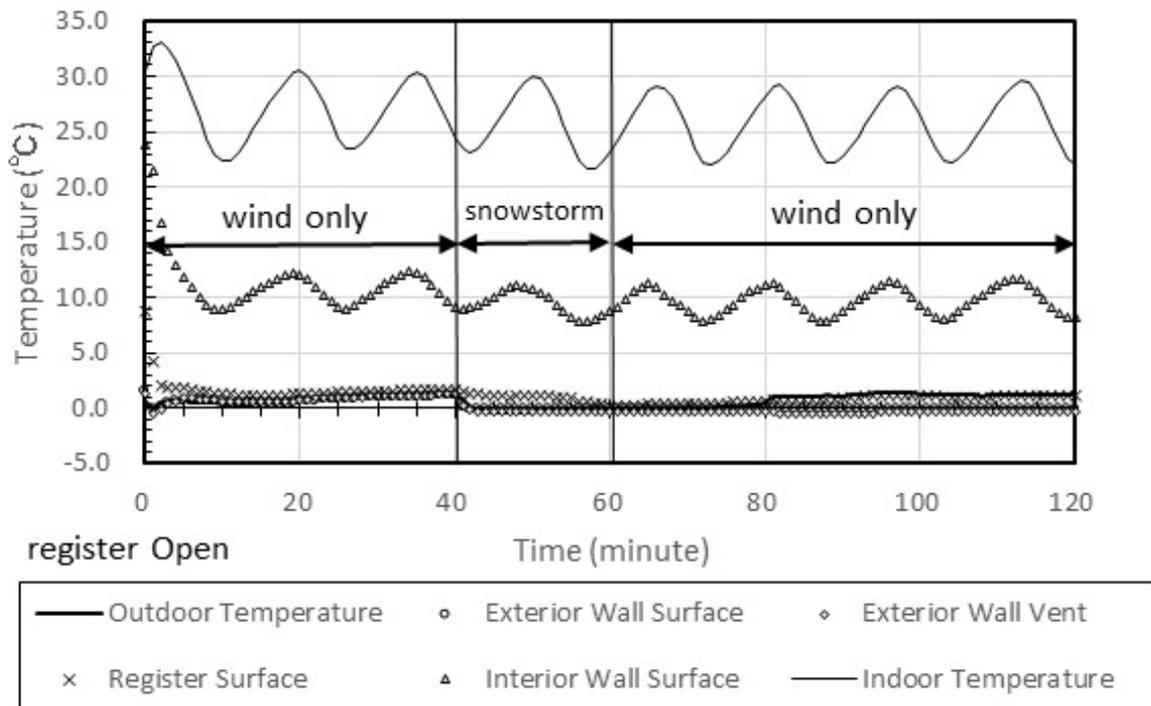


図8 風 + 吹雪 + 風 (レジスター開放)

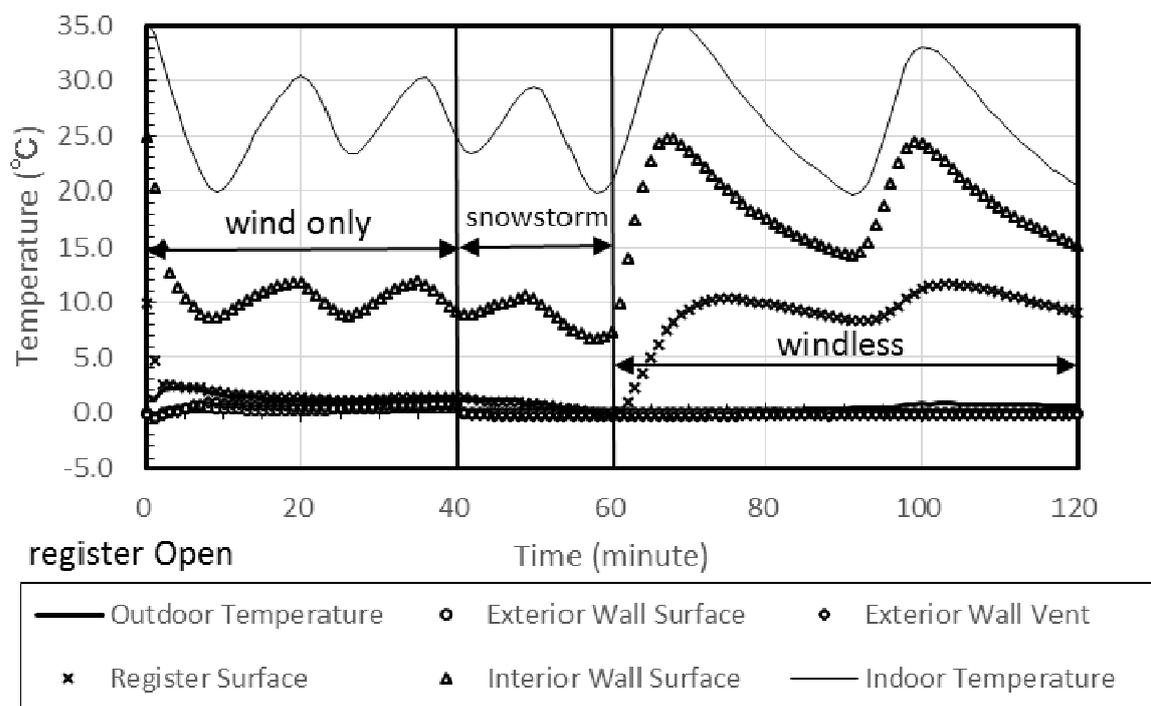


図9 風 + 吹雪 + 無風 (レジスター開放)

表1 着雪前後の消費電力量

吹雪後	実験条件	風	吹雪	風or無風
風	稼動時間(分)	19	12	31
	消費電力量(Wh/°C)	165.2	381.0	116.1
無風	稼動時間(分)	20	10	18
	消費電力量(Wh/°C)	171.4	411.0	84.5

以上のことから、換気口への着雪は、断熱効果が向上するという点では居住者にとってメリットとなるだろう。しかしながら、室内環境の観点からは、暖房機器などから二酸化炭素が発生する場合は、室内環境の悪化につながるため、別の換気が必要となるだろう。

#### 4. まとめ

本研究では、換気口へ着雪した場合、どの程度換気口が閉塞するのかを明確にするために、その時の電力消費量から、閉塞度を検討した。その結果、換気口に着雪することにより、室内の断熱効果が向上することは確認できた。しかしながら、換気口に着雪することにより、レジスターを開放しているときにでも閉塞することが確認できたため、室内環境が悪化すると判断できる。

# 根室北部を対象とした吹雪予測システムの試験運用について (2017/18年冬期)

根本征樹・中村一樹・上石 勲 (防災科研 雪氷防災研究センター)

## An application experiment of a blowing snow prediction system in Northern Nemuro, Hokkaido (2017/18 winter)

Masaki NEMOTO, Kazuki NAKAMURA, Isao KAMIISHI (Snow and Ice Research Center, NIED)

### 1. はじめに

防災科学技術研究所(防災科研)雪氷防災研究センターでは、2013/14年冬期より、文部科学省 地域防災対策支援研究プロジェクト「北海道中標津町を対象とした吹雪発生予測システム活用と効果的な雪氷防災対策への支援」の一環として、シミュレーションに基づく吹雪予測情報の試験運用を現地自治体と共同で実施し、予測情報を活用した効果的な防災対策手法の構築を進めてきた。2016/17年冬期からは、対象地を根室北部周辺(中標津町、標津町、羅臼町)に拡張し、中標津町以外の近隣自治体との連携も深めてきた。本稿では2017/18年冬期における試験運用の概況を示す。

### 2. 吹雪予測システムおよび吹雪モニタリング

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、根室北部周辺における気象場、吹雪強度に関わる諸量(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。これを用いて吹雪予測計算を実施することにより、36時間先までの予測データを1日に8回、1時間ごとに得ることが可能となる。吹雪予測モデルの詳細については佐藤ら(2004, 2012)を参照されたい。予測値のほか、ライブカメラ等を活用した吹雪のモニタリング(中標津町:6地点、標津町:2地点、羅臼町:2地点)も実施し、吹雪危険度の現況判断に積極的に活用している。

### 3. 2017/18年冬期における試験運用の概要

試験運用の実施内容を図1にまとめた。ここでは、例として、暴風雪警報発令期間付近(2/18, 3/1-2)における吹雪予測結果(視程)を示している。特に2月18日は根室北部において、明け方早い時間に広い範囲で視程が100m以下まで悪化する予測結果となった。こうした吹雪強度の時間、空間変化の予測値の妥当性については、警報発令のタイミングに予測結果が概ね整合していること、また町役場防災担当職員を対象としたヒアリングおよび当該研究担当者の現地視察の状況とも整合していることから、本モデルは強い吹雪・暴風雪の発現タイミングおよび発現場所を概ね適切に予測できていたと言える。試験運用では予測値、モニタリングカメラデータ(図2, 3)に基づく吹雪対応アドバイスや状況ヒアリング等のほか、現地調査も随時実施した。

なお2017/18年冬期の大雪、暴風雪警報発令期間、当該プロジェクトを開始して以降、最も穏やかな気象状況であった。ただし小規模の吹雪、吹きだまりは頻りに度々発生し、少雪傾向であっても吹雪発生後の除雪が度々必要となる状況に変わりはない。

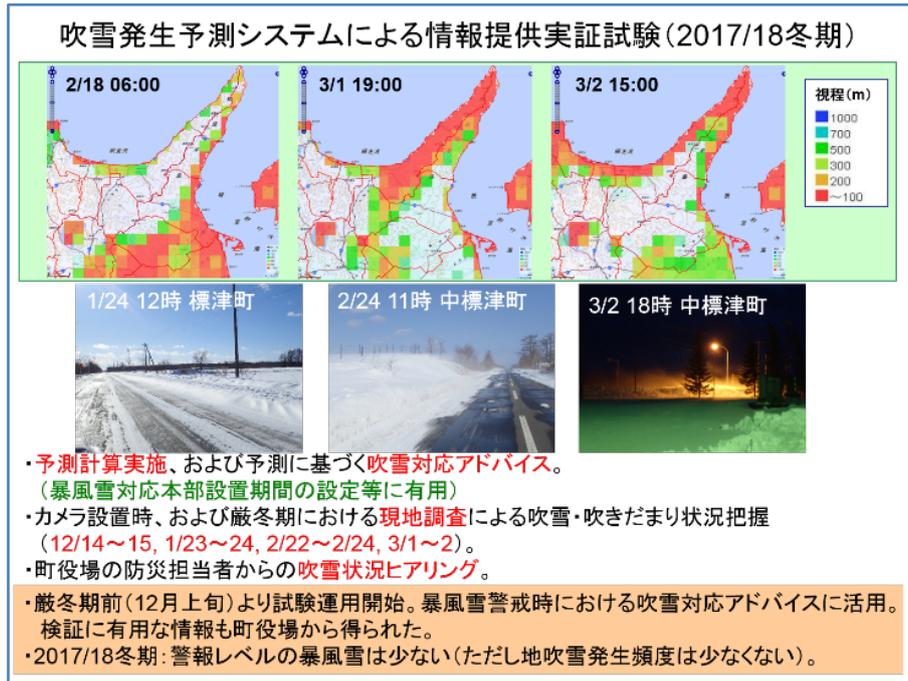


図1 2018年1月と3月における視程予測例, および試験運用における実施項目の概要. 実際の予測では1時間毎に予測値を発信している. 吹雪対応アドバイスや状況ヒアリングのほか, 現地調査も随時実施した.



図2 モニタリングカメラにより得られた中標津町の降雪, 吹雪状況の画像. 西竹(37線北19号)における例(2018年2月17~18日, 3月1~2日).



図3 モニタリングカメラにより得られた標津町, 羅臼町の降雪, 吹雪状況の画像(2018年2月~3月).

#### 4. 実測値との比較検証

モデルから得られた計算結果について、アメダス（上標津，標津，羅臼）の実測値と比較した結果を図4に示す（2018年2月のみ．予測結果はアメダス観測点の最近傍格子点でのもの）．風速，気温について，全般的に実測値とよく一致しているのはこれまでの例（根本ほか，2015など）と同様である．2月17日から18日にかけて現地周辺では警報（大雪，暴風雪）が発令されたが，この期間においては強い吹雪の発現が予測されており，適切な予測結果が得られている．

#### 4. 課題

気象庁アメダスデータ等の活用により，風速，気温等の予測精度検証は実施可能であるものの，吹雪予測において最も重要と言える視程や全吹雪輸送量など，吹雪強度に関わる量については観測点がほとんど無く，検証が困難である．今後は視程計，吹雪計（SPC）なども活用した観測とそれに基づく吹雪強度についての定量的な比較検証も検討する．

#### 謝辞

本研究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」の助成を受けている．また当該プロジェクトの実施において，中標津町役場総務部総務課の徳永博之氏，上田 龍氏，標津町役場住民生活課の和田直人氏，羅臼町役場総務課の川口勇也氏，平藤 亮氏に多大なご協力を頂いた．ここに記して感謝いたします．

#### 参考文献

- 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 (2015): 2014/15 冬期における北海道中標津町での吹雪予測システム試験運用について, *東北の雪と生活*, **29**, 51-54.
- 佐藤威, 根本征樹, 上石勲, 本吉弘岐, 中井専人 (2012): 吹雪による視程障害の予測とその検証 — 2010/2011 冬期の新潟市による吹雪対策への活用事例一, *防災科学技術研究所主要災害調査*, 第 **47** 号, 103-112.
- 佐藤威, 岩本勉之, 中井専人, 小杉健二, 根本征樹, 佐藤篤司 (2004): 吹雪に伴う視程悪化の広域予測手法, *寒地技術論文・報告集*, **20**, 332-337.

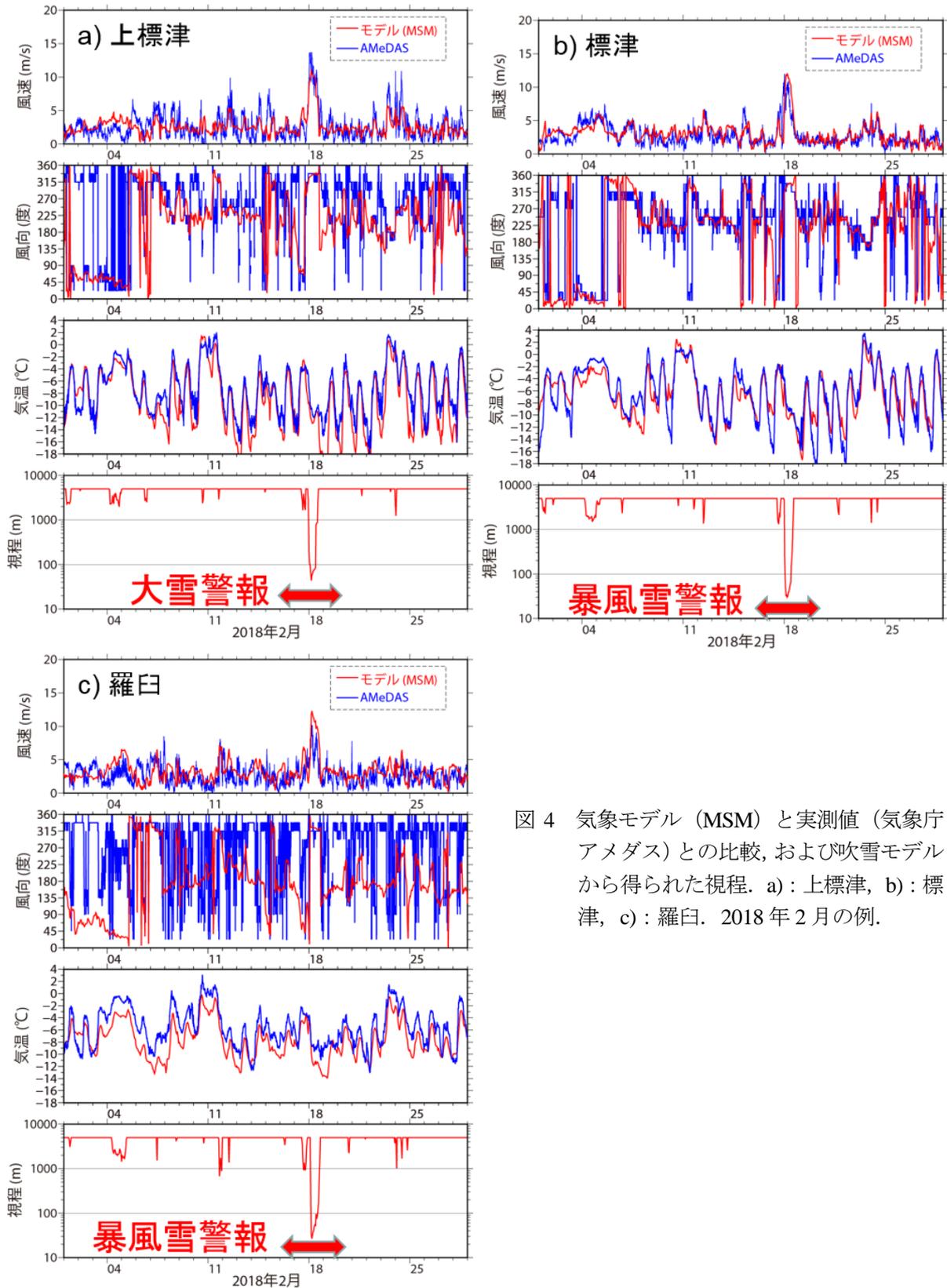


図4 気象モデル (MSM) と実測値 (気象庁アメダス) との比較, および吹雪モデルから得られた視程. a): 上標津, b): 標津, c): 羅臼. 2018年2月の例.

## 秋田県長坂試験地における 2017-2018 年冬期の気象観測

野口正二・飯田真一・清水貴範 (森林総合研究所)

金子智紀・新田響平・和田 覚 (林業研究研修センター)

Meteorological observation during the 2017-2018 winter  
at the Nagasaka Experimental Forest in Akita Pref., JapanShoji NOGUCHI, Shin'ichi IIDA, Takanori SHIMIZU (Forestry and Forest Products Research Institute),  
Tomonori KANEKO, Kyohei NITTA, Satoru WADA (Akita Forestry Research and Training Center)

## 1. はじめに

秋田県は、森林の水土保持機能に関するモニタリング事業の一環として、大館市長坂県営林に試験地（以降、長坂と呼ぶ）を設定し、森林流域試験を実施している（金子ら、2010）。長坂は、通年の観測を行っている本州最北端の森林流域試験地である。本稿では、長坂の露場における 2017-2018 年冬期（2017 年 11 月～2018 年 4 月）の気象観測（降水量、気温、積雪深）について、近傍のアメダスの値と合わせて検討した結果を報告する。

## 2. 方法

長坂の気象露場（北緯 40° 16.9′，東経 140° 24.6′，標高 100 m）は、試験地内の林道沿いの開けた場所に位置する。降水量は、いつ水式雨雪量計（B-071，横河電子機器）を地上高 3m に設置して測定した。降水量計の夏筒から冬筒への交換は、12 月 8 日に実施した。試験地最近傍のアメダス観測所（鷹巣：北緯 40° 13.6′，東経 140° 22.2′，標高 29 m）によると、11 月 19 日に積雪が記録された（気象庁、2018）。そのため、長坂における 11 月 19 日から 12 月 8 日までに発生した固体降水は、正確に計測されていないと判断し、鷹巣のデータを用いて降水量のデータを補間した（野口ら、2017）。気温は、通風温湿度計（HMP155A, Vaisala）を用いて計測した。積雪深は、超音波計（UIZ-LS400，ウイジン）を用いて 11 月 28 日から測定を開始した。さらに、手動での積雪深計測を測定期間中に 8 回（12 月 12 日，12 月 25 日，1 月 12 日，1 月 25 日，2 月 7 日，2 月 20 日，3 月 7 日，3 月 26 日）実施した。また、インターバルカメラ（GardenWatchCam, Brinno）と温度センサー（サーモクロンGタイプ，KN ラボラトリー）を用いて、積雪と消雪の状況を把握した。

## 3. 結果と考察

2017-2018 年冬期の長坂と鷹巣の月別降水量は、全ての月で鷹巣よりも長坂の方が多く（14.0～59.5 mm：平均 30.9 mm），期間降水量はそれぞれ 1056.6 mm と 871.0 mm であった（図 1）。また、鷹巣の月別降水量について平年値（1981～2010 年）と比較すると、2 月は平年値と同様で、1 月は少なく、残りの月では多い値を記録した。その結果、2017-2018 年冬期の期間降水量は、平年値（716.0mm）より 155.0mm 多かった。

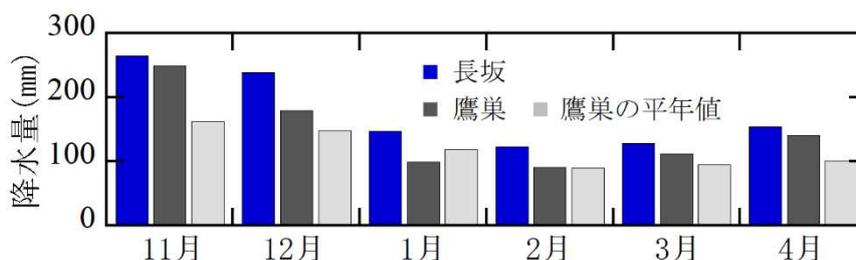


図 1 長坂と鷹巣における月別降水量

図2に長坂の2017-2018年冬期の降水量、積雪深、平均気温および鷹巣における平年値の積雪深、平均気温を示す。2017-2018年冬期の気温は、 $-7.9^{\circ}\text{C}$  (1月24日)～ $15.5^{\circ}\text{C}$  (4月30日)の範囲で、平均値は $0.9^{\circ}\text{C}$ であった。長坂の気温は鷹巣より低い値で変動し、月別平均値で $1.3\sim 2.1^{\circ}\text{C}$ 低かった。2017-2018年の鷹巣の気温に着目すると、厳冬期(12月～2月)の値は $-1.2^{\circ}\text{C}$ で平年値の $-0.7^{\circ}\text{C}$ より低く、一方、融雪期(3月～4月)の値は $6.3^{\circ}\text{C}$ で平年値の $5.1^{\circ}\text{C}$ より高かった。長坂と鷹巣の気温差は、標高による気温減率(100mで約 $0.6^{\circ}\text{C}$ )のみでは説明が難しく、周辺が森林に覆われている長坂と、市街地にある鷹巣との違いを反映していると考えられた(野口ら, 2010)。

長坂で積雪深計を起動させた11月28日には、既に積雪が認められた。積雪消雪日は、4月10日であった。2017-2018年冬期の最大積雪深は、2月21日に131cmを記録した。一方、鷹巣では11月19日に積雪初日を記録し、根雪開始日と積雪消雪日は、12月6日と3月17日であった。また、最大積雪深は、2月19日に78cmを記録した。鷹巣の最大積雪深の平年値は、73cmであり、平年の積雪消雪日は4月12日であった。それらの値から判断すると、2017-2018年冬期の積雪は平年並みであったが、融雪期の気温が平年値より $1.2^{\circ}\text{C}$ も高かったため、平年よりも消雪が早かったものと考えられた。

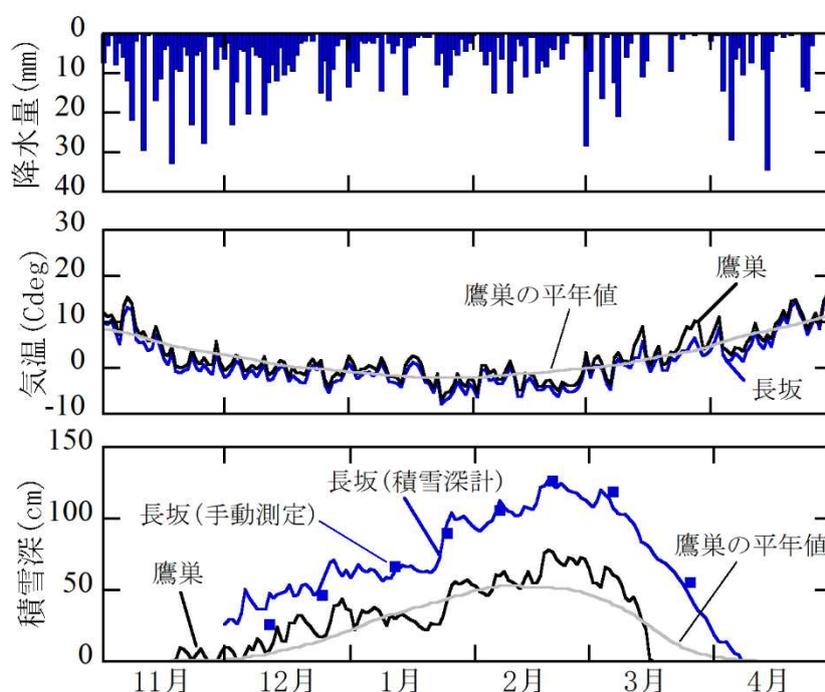


図2 長坂と鷹巣の2017-2018年冬期の降水量、気温および積雪深

謝辞

本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「農林水産分野における気候変動対応のための研究開発」と森林総合研究所交付金の援助を受けました。

【引用文献】

金子智紀, 武田響一, 野口正二, 大原偉樹, 藤枝基久, 2010: 積雪地帯の近接したスギ人工林 3 小流域における流出特性の比較, 日本森林学会誌, **92**, 208-216.  
 気象庁, 2018: 過去の気象データ検索, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, (2018年5月3日確認).  
 野口正二, 飯田真一, 澤野真治, 金子智紀, 和田覚, 新田響平, 2017: 秋田県長坂試験地における2016-2017年冬期の気象観測, 東北の雪と生活, **32**, 91-94.  
 野口正二, 金子智紀, 大原偉樹, 平井敬三, 2010: 秋田県長坂試験地における気象特性, 森林総合研究所研究報告, **417**, 167-191.



## 東北雪氷賞受賞理由

東北雪氷賞（技術賞）

受賞者：平山順子

（北東北エリア雪崩事故防止研究会，山岳ガイド）

受賞課題：八幡平地域の雪崩事故防止に関する取り組み

受賞理由：

平山順子会員は，山岳ガイドとして，これまで一貫して雪崩事故防止に関するスキルを向上させてきた。(公社)日本山岳ガイド協会の認定登山ガイドステージⅡをはじめ，同スキーガイドステージⅠ，アバランチカナダの教育プログラム AST レベルⅠとコンパニオンレスキュー，特定非営利活動法人日本雪崩ネットワークの雪崩業務従事者レベルⅠおよび ICAR 勧告 Mountain Safety Info の専門雪崩レスキューである。これらの雪崩事故防止に関するスキルは雪氷技術の一端として捉えることができる。

以上により最近では，海上自衛隊八戸航空隊雪中救難隊，東北電力株式会社岩手支店雪崩災害トレーナー，秋田県高等学校登山部顧問冬山講習会の講師を依頼されるまでになっている。

また，同会員は 2008 年 1 月に発足した，北東北エリア雪崩事故防止研究会のメンバーとして参加し，現在は主宰として同研究会の中心的な役割を担っている。同研究会はこれまで雪崩防止セミナーやバックカントリーツアー講習会を多数開催している。さらに，2017 年からは八幡平市からの委託事業として，同会員を含む主要なメンバーにより，下倉スキー場における気象・積雪に関する定点ルーチン観測が実施され，これらの情報は同研究会のホームページを通じて広く社会に発信されている。

上記のように，同会員の雪崩事故防止に関する取り組みは顕著であり，「雪氷技術を通して社会に著しい貢献をなした者」に与えられる東北雪氷賞技術賞の受賞者とするものである。

### 参考資料

#### <受講歴>

- ・(公社)日本山岳ガイド協会認定登山ガイドステージⅡ，スキーガイドステージⅠ(2007 年)
- ・アバランチカナダの教育プログラム AST(Avalanche Skills Training) レベルⅠ，コンパニオンレスキュー取得(2013 年)
- ・特定非営利活動法人日本雪崩ネットワーク雪崩業務従事者レベルⅠ終了(2016 年)
- ・ICAR(International Commission for Alpine Rescue)勧告 Mountain Safety Info 専門雪崩レスキュー(クラスⅣ)受講(2017 年)

#### <講師歴>

- ・海上自衛隊八戸航空隊雪中救難隊雪崩・レスキュー講師(2010 年～現在)
- ・東北電力株式会社岩手支店雪崩災害トレーナー教育講師(2016 年～現在)
- ・秋田県高等学校登山部顧問冬山講習会講師(2018 年 2 月 2・3 日)

#### <論文等>

- ・平山順子・工藤嘉充，2017，2017 年八幡平エリアの気象定点観測について，東北の雪と生活，32，46-51.

## 東北雪氷賞（技術賞）を受賞して

北東北エリア雪崩事故防止研究会  
平山 順子



この度は、平成30年度東北雪氷賞技術賞を戴きまして、大変光栄に感じております。ご指導いただいております阿部修氏をはじめ、小杉健二支部長、選考委員の皆様、会員の皆様に心より感謝申し上げます。雪崩の基礎を学ぶため、フィールドで雪観察を続ける中で雪に関する面白さを感じ、雪氷学の世界を垣間見て間もないのですが、観察を続け少しずつでも理解を深めていこうと思っております。

八幡平山麓に移り住んで毎冬～春、スキーを満喫していましたが、16年前に源太ヶ岳でスキー仲間が雪崩事故に遭い亡くなりました。その後も当エリアで雪崩事故が続き、スキーガイドや地元の雪山ユーザーと連携して雪崩事故防止活動に取り組むことになりました。2000年頃から八幡平エリアでもバックカントリースキー・スノーボードブームが到来し、スキー場ゲレンデ外の非圧雪エリアを滑走する愛好者が増えてきていました。2008年に「北東北エリア雪崩事故防止研究会」を立ち上げましたが、まずは雪崩に関して正しい知識を入山する者が共有しなければ有効な事故防止策を講じることが難しいと感じ、積雪観察講習会や雪崩事故レスキュー講習をスキーガイド、地元救助隊や山岳会員などを対象に様々企画し、自らも受講しました。

雪の観察は、山麓に住んでいる地の利を活かし、八幡平裏岩手山城の山岳エリアに頻繁に出向き記録を取っています。より正確なデータを取るための観察技術を向上させるべく、東北支部積雪観測講習会や雪氷の専門家から随時指導いただいています。また岩手山西側大雪崩の調査(2011年～2013年)の参加も貴重な経験となりました。2017年から八幡平エリアの気象定点観測を地元のスキーガイドチームと共に開始、積雪フィールド観察と併せて観測を少しずつ充実させています。今後も、なるべく多くの地元メンバーが関わって観測できるような体制作りをして、観察を継続させていきたい所存です。

雪崩事故発生時のレスキュー体制の充実も図らなければなりません。人命救助のための最良のレスキュー技術は日進月歩です。雪崩事故対策機器も常に進歩していますが、それらを使いこなすための訓練が欠かせません。レスキュー訓練では救助のスキルアップはもとより、雪崩の多様性やその破壊力に対する人間の非力さを体感できます。自らの研鑽も含め質の高いレスキュー訓練、講習を企画していきます。

雪崩事故防止活動として取り組んでいる雪の観察ですが、10年前に盛岡での雪氷学会東北支部研究発表会を聴講したご縁で、その後当会に入会いたしました。理科系の専門知識が乏しい私にとって研究発表会や学会誌の内容は難しいのですが、日々の観察を正確に記録し報告できるようにと思っています。冬の間はスキーで雪の観察に出掛けていますが、様々な雪の姿を目の当たりにして「雪の不思議」の世界にますます引き込まれております。五感を研ぎ澄ましてよく観察し、その不思議を学んでいきたいと思っています。今後とも、ご指導ご鞭撻をよろしくお願いいたします。

## 佐藤清一先生を偲んで

青森職業能力開発短期大学校 小関英明

本学会の終身会員であり、東北支部顧問でもある佐藤清一先生が2018年3月22日にご逝去されました(享年88歳)。佐藤先生は1986年の日本雪氷学会東北支部設立から1997年までの12年にわたり理事として支部の発展を支えてこられました。

佐藤先生とは、お亡くなりになる数日前にも電話で話したばかりでしたので、突然の訃報を受けた時は信じられない思いがしました。

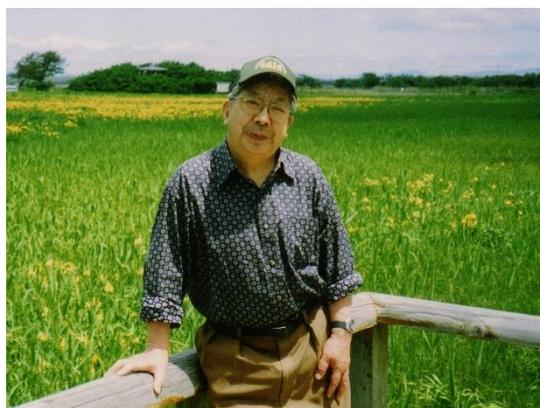
佐藤先生は、筆者が学んだ弘前大学の研究室の大先輩にあたり、この数年は共同発表者としてご指導いただいたことから、僭越ながらここに追悼文を書かせていただきます。

佐藤先生は、1970年代からこれまで長期間にわたり岩木山の雪渓や雪形について調査観察を行ってきました。特に、岩木山の沢雪渓について注目し、「岩木山・八甲田山の雪形 - 水資源指標としての一考察 水, p.61-p.64, 1994」の中では、雪形の消長が津軽地方の水資源の指標になりうることを指摘されています。また、1980年から1990年にかけては、青森県津軽平野の地ふぶきについて調査研究をされ、その中で「地ふぶき指数」を考案されています。これは、気温と風速を用いて簡便的に地ふぶきの発生を予測しようとするものですが、この「簡便的に予測する」という手法は、佐藤先生の独特の解析センスによるものと思っています。この地ふぶきとその発生予測に関する一連の研究発表により、1991年に東北雪氷賞学術賞を受賞されています。さらに、地ふぶきの社会的影響やその対策に対する研究発表により、東北地方の防災に広く貢献したとして、2006年には、東北雪氷賞功績賞を受賞されています。

1987年からこれまでは、青森県内の冬季の気象状況と雪害について調査されており、ほぼ毎年「青森県の雪況」と題して、東北支部大会にて発表するとともに、本誌「東北の雪と生活」に投稿されてきました。その中では、特に1月の気象状況により雪害の被災者数の概数を予測する手法や、冬季の旬単位の気象状況をグラフ化して表示することによる雪害の予測法を提案されています。

筆者が佐藤先生と初めてお会いしたのは、筆者が弘前大学医療短期大学部の非常勤講師の職を得た時(1988年4月)でした。佐藤先生は小柄な体格でしたが、地ふぶきの津軽平野や岩木山、八甲田等のフィールドワークに精力的に出かけてられていたことを思い出します。

ここ数年は、体調を崩されていましたが、共同発表者として、データや文章についてのチェックならびにご指摘をしてくださいました。また、季節毎に興味の一つである絵手紙を書いて送ってくださるなどの細やかな気遣いを多々いただきました。ここに、これまでのご厚情に深く感謝するとともに、謹んでご冥福をお祈り申し上げます。



旅先にて。佐藤先生のご家族様提供



公益社団法人日本雪氷学会 2018 年度東北支部理事会 議事録

日 時：2018(平成 30)年 5 月 11 日(金)

9：15～10：50

場 所：弘前大学創立 50 周年記念会館  
第 3 会議室

出席者：10 名

配付資料：公益社団法人日本雪氷学会東北  
支部 2018 年度理事会資料

資料 1：2017 年度事業報告について

資料 2：2017 年度会計報告について

資料 3：2017 年度東北支部監査報告書

資料 4：2018 年度事業計画について

資料 5：2018 年度収支予算案

資料 6：2018 年度東北雪氷賞受賞者の選  
考について

資料 7：東北地方における雪氷学会全国  
大会/雪氷研究大会の開催実績

資料 8：研修会等の積み立て基金につ  
いて

議 事：支部長挨拶の後、支部長が議長と  
なり議事に入った。なお、支部長及び理事  
の 11 名の内、委任状提出者を含めた出席者  
は 7 名であり過半数に達していることが確  
認されている。

議題 1. 2017 年度事業報告・会計報告につ  
いて

資料 1 及び 2 に基づき若林幹事長から説  
明があり、承認された。

議題 2. 2017 年度東北支部監査報告につ  
いて

資料 3 に基づき赤田監事および沼澤監事  
から監査結果が報告された。

・監査は 2017 年度の東北支部事業内容  
について実施された。

議題 3. 2018 年度事業計画について

資料 4 および 5 に基づき若林幹事長から  
説明があり、承認された。主な内容は以下

の通り。

- ・東北支部講習会の開催において、新規に  
講師の旅費交通費を計上している。
- ・東北支部特別講演会の講師(非会員)に対  
する謝金を計上している。

議題 4. 2018 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  
会委員(渡邊委員長代理)から、1 件の推薦が  
あり選考委員会でメール審議の結果、承認  
された旨の報告があり、了承された。

議題 5. 雪氷研究大会 2019 の開催場所につ  
いて

資料 7 に基づき 1986 年以降の開催実績  
が示され、小杉支部長が未開催地である岩  
手県および福島県について打診をしたが、  
いずれも開催不可能という回答であり、山  
形県での開催可能性に関する検討状況が説  
明された。

- ・山形県開催については、今後情報を整理  
して検討を継続する。
- ・いずれの開催であっても、他県の会員が  
バックアップ体制をとることが望ましい。

議題 6. 研修会等積み立て基金について

資料 8 に基づき小杉支部長から、研修会  
等積み立て基金について説明があった。基  
金の使途について継続審議とすることとな  
った。

- ・本基金は支部活動活性化のために使用さ  
れるのが望ましい。
- ・支部雪氷講習会の講師料として使用でき  
る可能性がある。
- ・事業委員会で議論してもらう。
- ・総会においても意見をつのる。

以上

公益社団法人日本雪氷学会 2018 年度東北支部総会 議事録

日 時：2018(平成 30)年 5 月 11 日(金)  
11：00～12：00  
場 所：青森県弘前市文教町 1 番地  
弘前大学創立 50 周年記念会館  
岩木ホール  
出席者：29 名  
配付資料：公益社団法人日本雪氷学会東北  
支部 2018 年度総会資料  
資料 1：2017 年度事業報告  
資料 2：2017 年度会計報告  
資料 3：2017 年度監査報告  
資料 4：2018 年度事業計画  
資料 5：2018 年度予算計画  
資料 6：東北地方における雪氷学会全国大  
会/雪氷研究大会の開催実績  
資料 7：研修会等の積み立て基金について  
資料 8：2018 年度東北雪氷賞受賞者の選  
考結果

議 事：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. 2017 年度事業報告・会計報告につ  
いて

資料 1 及び 2 に基づき若林幹事長から説  
明があり、承認された。

議題 2. 2017 年度東北支部監査報告につ  
いて

資料 3 に基づき赤田監事および沼澤監事  
から監査結果が報告された。

議題 3. 2018 年度事業計画・収支予算につ  
いて

資料 4 及び 5 に基づき若林幹事長から説  
明があり、承認された。

議題 4. 雪氷研究大会 2019 について

資料 6 に基づき小杉支部長から雪氷研  
究大会 2019 の開催場所の検討状況につい

て説明があり、開催場所は決定してい  
ないが、今後継続して検討することにな  
った。

- ・岩手県および福島県については会場確保の点から開催が困難である。
- ・山形県内開催について、今後検討を続ける。
- ・何処で開催になっても他県会員の協力体制をお願いしたい。

議題 5. 研修会等積み立て基金について

資料 7 に基づき小杉支部長から研修会等  
積み立て基金についての検討状況の説明  
があり、以下の用途案等が提示された。基  
金の用途について継続審議とすることとな  
った。また、会員からの提案を依頼した。

- ・過去に実施していた研修会や講習会を開催する。
- ・積雪講習会での講師の旅費等に使用する。

議題 6. 2018 年度東北雪氷賞受賞者の選考  
結果について

資料 8 に基づき山崎東北雪氷賞選考委員  
(渡邊委員長代理)から、1 件の推薦(技術賞)  
があり理事会において承認された旨の報告  
があった。

その他。

- ・小杉支部長より、今年度の東北支部大会では、理事とメールで相談の上学生の聴講を無料化したことの説明があった。今後、学生が学会に入らない問題や会員の減少等の課題を検討する必要がある。
- ・外部講師の謝金としての基金活用について意見が出た。
- ・「東北の雪と生活」のバックナンバー公開への基金の一部使用が提案され、バックナンバー公開についての検討状況が説明された。

以上

## 2017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) 特別講演会の開催

日付:2017年5月12日(金), 場所:岩手県立大学アイーナキャンパス

講演者 佐々木幹夫氏(八戸工業大学大学院社会基盤工学専攻 教授)

タイトル:「八甲田山の雪と雪のめぐみ」

#### (2) 2017年度支部研究発表会の開催

日付:2017年5月12日(金)~5月13日(土), 場所:岩手県立大学アイーナキャンパス

発表:26件, 参加者:35名

#### (3) 積雪観測講習会の開催

日付:2018年3月1日, 場所:ホテルオニコウベ(宮城県大崎市鳴子温泉鬼首字大清水)

参加者9名

### 2. 表彰、普及・啓発事業

#### (1) 東北雪氷賞授賞式の開催

日付:2017年5月12日(金), 場所:岩手県立大学アイーナキャンパス

東北雪氷賞(学術賞) 根本征樹 殿「吹雪の発達と風速分布に及ぼす降雪の影響に関する研究」

東北雪氷賞(功績賞) 佐々木幹夫 殿 「八甲田山の積雪特性の研究並びに(公社)日本雪氷学会東北支部の発展に寄与した功績」

#### (2) 2018年度東北雪氷賞選考委員会の開催(メール審議) 日付:2018年3月13日~30日

### 3. 出版事業

#### (1) 機関誌「東北の雪と生活」32号の刊行(2017年12月18日)

#### (2) ニュースレターの刊行

No. 67(2018年3月26日)

### 4. その他

#### (1) 2017年度支部理事会の開催

日付:2017年5月12日, 場所:岩手県立大学アイーナキャンパス

#### (2) 2017年度支部総会の開催

日付:2017年5月12日, 場所:岩手県立大学アイーナキャンパス

#### (3) 支部ホームページの運営(随時)

#### (4) 支部メーリングリストの管理

2017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（盛岡市，2017年5月12，13日実施）

経常収益の部	科 目	金 額	備 考
	事業収益		
	研究大会事業収益	35000	一般・学生参加費（1,000円×35人）
	経常収益合計	35000	
経常費用の部	科 目	金 額	備 考
	事業費		
	消耗品費	1555	賞状用紙・丸筒代
	褒章記念品	11539	
	臨時雇賃金	16000	アルバイト代（2名分）
	経常費用合計	29094	
	当期経常増減額	5906	

事業名：東北支部 積雪観測講習会の開催（大崎市，2018年3月1日実施）

経常収益の部	科 目	金 額	備 考
	事業収益		
	研修会事業収益	7500	参加費（学会員6名、学生3名）
	書籍代	6000	積雪観測ハンドブック（2000円×3冊）
	経常収益合計	13500	
経常費用の部	科 目	金 額	備 考
	事業費		
	郵送料	360	
	会場費	10000	会場使用料
	消耗品費	828	修了証書，領収書用紙
	手数料	500	振込手数料
	経常費用合計	11688	
	当期経常増減額	1812	

事業名：東北支部機関誌「東北の雪と生活」32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	54000	30冊作成
	郵送費	2130	発送経費
	経常費用合計	56130	
	当期経常増減額	-56130	

その他

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		
	郵送費	1100	委嘱状の送付
	経常費用合計	1100	
	当期経常増減額	-1100	

2017年度 収支報告書

<b>収入 (a)</b>	<b>48,500</b>
事業収入	35,000
研究発表会収入	
研修会収入	13,500
出版収入	0
<b>支出 (b)</b>	<b>98,012</b>
事業費用	29,094
研究発表会事業費	
講習会事業費	11,688
出版事業費	56,130
東北支部機関誌	
郵送費	1,100
その他	
<b>収支差額 (a-b)</b>	<b>-49,512</b>

## 2018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) 2018年度支部研究発表会の開催

日付:2018年5月11日～12日, 場所:弘前大学創立50周年記念会館

- (2) 特別講演会の開催(弘前大学創立50周年記念会館)

- (3) 見学会または雪に関する講習会の開催(1ヶ所)

- (4) 支部ホームページの維持・運営

- (5) 2018年度東北雪氷賞の表彰

日付:2018年5月11日, 場所:弘前大学創立50周年記念会館

### 2. 出版事業

- (1) 機関誌「東北の雪と生活」33号の編集・発行・発送(6～9月)

- (2) ニュースレターの刊行(2～3回)

メーリングリスト登録者には添付ファイルにて送信. 未登録者には郵送

### 3. その他

- (1) 2018年度支部理事会の開催

日付:2018年5月11日, 場所:弘前大学創立50周年記念会館

- (2) 2018年度支部総会の開催

日付:2018年5月11日, 場所:弘前大学創立50周年記念会館

- (3) 会員名簿の整理(5～7月)

- (4) 支部メーリングリストの管理

- (5) 2019年度「東北雪氷賞」受賞候補者の募集(締切:2019年2月末日)

- (6) 東北雪氷賞受賞候補者選考委員会の開催

2018年度 東北支部 収支予算案

事業名：東北支部 研究発表会の開催（弘前市）

2018年4月1日から2019年3月31日まで（単位：円）

	科 目	金 額	備 考
経常収益の部	事業収益 研究大会事業収益	32000	参加費（1,000円×32人）
	経常収益合計	32000	
	科 目	金 額	備 考
経常費用の部	事業費		
	消耗品費	6500	コピー用紙代等
	会場費	9000	会場・備品使用料
	臨時雇賃金	16000	アルバイト代（2名分）
	褒賞記念品	12000	褒賞記念品（2名分）
	手数料	500	振込手数料
	経常費用合計	44000	
	当期経常増減額	-12000	

2018年度 東北支部 収支予算案

事業名：東北支部 講習会の開催

2018年4月1日から2019年3月31日まで（単位：円）

	科 目	金 額	備 考
経常収益の部	事業収益 研修会事業収益	10000	参加費（一般3名、学会員3名、学生2名）
	経常収益合計	10000	
	科 目	金 額	備 考
経常費用の部	事業費		
	旅費交通費	40000	旅費交通費、宿泊費（2万円×2人）
	資料代	2000	当日配布資料
	会場費	6000	会場使用料
	消耗品費	1500	コピー用紙（終了証書）等
	手数料	500	振込手数料
	経常費用合計	50000	
	当期経常増減額	-40000	

2018年度 東北支部 収支予算案

事業名：東北支部機関誌「東北の雪と生活」33号の刊行

2018年4月1日から2019年3月31日まで（単位：円）

	科 目	金 額	備 考
経常収益の部	事業収益 出版事業収益	30000	冊子代（2000×15冊：会員）
	経常収益合計	30000	
	科 目	金 額	備 考
経常費用の部	事業費 印刷製本費	60000	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	60000	
	当期経常増減額	-30000	

2018年度 東北支部 収支予算案

事業名：東北支部 ニュースレターの刊行

2018年4月1日から2019年3月31日まで（単位：円）

	科 目	金 額	備 考
経常収益の部	事業収益		
	経常収益合計	0	
	科 目	金 額	備 考
経常費用の部	事業費 消耗品費 郵送費	1000 10000	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	11000	
	当期経常増減額	-11000	

2018年度 東北支部 収支予算案

事業名：東北支部 特別講演会

2018年4月1日から2019年3月31日まで（単位：円）

	科 目	金 額	備 考
経常収益の部	事業収益		
	経常収益合計	0	
	科 目	金 額	備 考
経常費用の部	事業費 諸謝金	10000	講師（非学会員1名）謝礼金
	経常費用合計	10000	
	当期経常増減額	-10000	

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

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、支部会員の中から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、支部長が会員の中からこれを委嘱する。
3. 支部長は、毎年、支部会員に下記の項目に該当する候補者の推薦を求める。推薦は会員の自薦も含み、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. 候補者を推薦する会員は、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.

#### 東北雪氷賞推薦書(例)

平成 年 月 日
(公社) 日本雪氷学会 東北支部長
所属・職名 推薦者氏名(捺印) 推薦者連絡先住所 Tel, Fax & E-mail
(1) 対象となる賞:(学術賞, 奨励賞, 技術賞, 功績賞, 特別功績賞を明記する)
(2) 候補者氏名:(所属, 職名, 学位)
(3) 推薦標題(件名):
(4) 推薦理由:(500字程度)
(5) 参考となる資料:文献等ある場合各1部提出,(1)~(4)の書類は1部提出する.

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 鉦一郎 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

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)

**Please write the English title here. (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下さい。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)。

### 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。)

## 2017・2018年度 公益社団法人 日本雪氷学会東北支部役員

2017.10.22 現在

支部長	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)
副支部長	柳澤 文孝	(山形大学学術研究院教授)
	山谷 睦	(日本地下水開発(株)営業本部企画開発部次長)
理事	石田 祐宣	(弘前大学大学院理工学研究科助教)
	梅村 順	(日本大学工学部専任講師)
	熊谷 浩二	(八戸工業大学工学部教授)
	後藤 博	(秋田雪の会世話人)
	鈴木 利孝	(山形大学学術研究院教授)
	根本 征樹	(防災科学技術研究所雪氷防災研究センター主任研究員)
	原田 鉦一郎	(宮城大学食産業学部准教授)
	本谷 研	(秋田大学教育文化学部准教授)
	柳澤 文孝	(山形大学学術研究院教授)
	山谷 睦	(日本地下水開発(株)営業本部企画開発部次長)
監事	赤田 尚史	(大学共同利用機関法人自然科学研究機構 核融合科学研究所)
	沼澤 喜一	(日本地下水開発(株)取締役営業本部企画開発部長)
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	(ノースアジア大学教養部教授)
	三崎 安則	(アルゴス技術顧問)
	阿部 修	(防災科学技術研究所客員研究員)
幹事長	若林 裕之	(日本大学工学部教授)
総務幹事	若林 裕之	(日本大学工学部教授)
会計幹事	朝岡 良浩	(日本大学工学部准教授)
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	(大館郷土博物館)
岩手県	武藤 由子	(岩手大学農学部准教授)
宮城県	佐藤 裕一	(日本気象協会東北支局事業サービス課長)
山形県	堀 和彦	((株)寒河江測量設計事務所森林環境部部長)
福島県	菊地 卓郎	(福島工業高等専門学校)

事業委員会

委員長	金 高義	(福島工業高等専門学校)
委員	朝岡 良浩	(日本大学工学部准教授)
	安達 聖	(防災科学技術研究所雪氷防災研究センター研究員)

「東北の雪と生活」編集委員会

委員長	山谷 睦	(日本地下水開発(株)営業本部企画開発部次長)
委員	朝岡 良浩	(日本大学工学部准教授)
	本谷 研	(秋田大学教育文化学部准教授)

東北雪氷賞選考委員会

委員長	渡邊 明	(福島大学共生システム理工学類特任教授)
委員	後藤 博	(秋田雪の会世話人)
	堀井 雅史	(日本大学工学部教授)
	山崎 剛	(東北大学大学院理学研究科准教授)
	力石 國男	(ノースアジア大学教養部教授)

公益社団法人 日本雪氷学会東北支部事務局

〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1

日本大学工学部情報工学科 若林裕之 気付

TEL : 024-956-8836 FAX : 024-956-8836

## (公社)日本雪氷学会東北支部 特別・賛助会員名簿

(2018.9.26 現在)

## 特別会員

機関名	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
金山町	〒999-5402 山形県最上郡金山町大字金山324-1	0233-52-2111	3級
鮭川村	〒999-5202 山形県最上郡鮭川村大字佐渡2003-7	0233-55-2111	3級
新庄市 雪の里情報館	〒996-0023 新庄市石川町4番15号	0233-22-7891	3級
西和賀町	〒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
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

機 関 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 (株)	〒980-8550	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 花京院プラザ13F	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33号

平成30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：山谷 睦

事務局 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1

日本大学工学部情報工学科

幹事長：若林 裕之

TEL 024-956-8836

FAX 024-956-8836

---

©2018 (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。