

平成 30 年 6 月 14 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01161

研究課題名(和文) 南岸低気圧による積雪分布の体系化とメソ気象モデルを用いたメッシュ積雪地図の作成

研究課題名(英文) Spatio-temporal fluctuations of snow depth distribution caused by the cyclone passage the south coast of Japan and development of snowmap by using the meso-scale model

研究代表者

伊豫部 勉 (IYOBE, TSUTOMU)

京都大学・工学研究科・特定准教授

研究者番号：50397155

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：太平洋側地域にもたらされる大雪は、南岸低気圧の進路によって降雪域と降雪強度が大きく変化するため、詳細な実態把握が難しい。本研究は、太平洋側地域645地点の積雪委託観測資料(気象庁：1977～2002年)を整理することにより、年最深積雪や日最大降雪深の空間分布を南岸低気圧の移動経路との関係から分析した。その結果、南岸低気圧による大雪の発現頻度の空間分布は、地域によって大きな差があること、また山地における積雪分布には標高依存性が認められるものの、標高に対する積雪深の変化率は日本海側地域で得られた値に比べて小さいことが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：Due to change the horizontal place of generation and intensity of snowfalls by passing route of cyclones, it is difficult to understand the actual status of extreme snowfall phenomenon in the areas of the Pacific Ocean. In this study, spatio-temporal fluctuations of snow depth distribution were analyzed in a climatological context to assess the regional characteristics of snowfall amount and intensity after the cyclone passage the south coast of Japan. The result demonstrate the annual frequency of heavy snowfall varies depending on the areas, and the gradient of snow depth distribution of on the mountain tends to be smaller than those of the area facing the Sea of Japan.

研究分野：自然災害科学(雪氷防災)

キーワード：南岸低気圧 降積雪分布 高度依存性 積雪水量

### 1. 研究開始当初の背景

冬季の気候を特徴付ける降雪は、時として、非雪国に甚大な被害をもたらす。2014年2月14日から15日にかけての南岸低気圧に伴う太平洋側地域の記録的大雪は、まさにその代表といえる。特に関東甲信地方は、2月8~9日にも南岸低気圧による大雪がもたらされ、2週連続の雪氷災害に見舞われた。2月14~15日の大雪では、各地で積雪深の記録を更新するなど、降積雪の特異性が際立った(伊豫部ら, 2014)。その結果、26人もの死者に加え、表層雪崩の多発と孤立集落、幹線道路の長期間にわたる交通障害、農業用ハウス等の倒壊、首都圏における大規模な屋根崩落被害、停電などが多発した。このように太平洋側地域は、出現頻度は低いものの、ひとたび大雪に見舞われると大災害になる点が特徴的である。しかし、南岸低気圧の移動経路により、降雪域や降雪強度が大きく変動するため詳細な実態把握が難しく、積雪分布を定量的に捉える研究は殆どない。

様々な空間スケールの積雪深分布を定量的に評価する上で、最深積雪の平年値が客観的指標となり得るが、それを得るためには多点における長期間(少なくとも30年以上)のデータ蓄積が必要である。一方、気象庁が作成した「メッシュ平年値2010」は、観測点の平年値を均質かつ一定レベルの精度を持ち、観測点のない地域の気候特性を抽出できるデータである。その一つに年最深積雪があるが、年毎に雪の降り方の違いは大きく、年に数回しか積雪にならない非雪国では、平年値から積雪分布の特徴を見出すことは困難となる。太平洋側地域における年最深積雪が、わずか数日間の降雪でもたらされるといふ特異性を踏まえると、最深積雪、或いは日最大降雪深等の極値や確率値が防災面で実用的である。さらに、雪害に対する防災対策を効果的に実施するためには、メッシュ化された降積雪量の発生確率を考慮して、防雪構造物(雪崩防護・予防施設など)や建築物・農業施設に対する設計積雪深を決定し、雪害に対する危険度評価に用いることが重要である。しかし、これら防災対策(投資)に有効な数値化されたメッシュデータは無く、積雪観測も各県1~2か所で行われているに過ぎない。一方、全国展開された気象庁アメダスとほぼ同位置において、1977~2002年に民間委託による積雪観測が全国931か所(太平洋側地域は407か所)で実施された。その観測記録は「地域気象観測委託積雪資料」として保存されているが、積雪分布の研究で利用されることはこれまで無く、太平洋側地域における積雪について様々なスケールでの分布特性を解明する上で極めて重要な資料である。さらに近年、地上観測網では実態把握が難しく、現地観測も非常に困難な山地積雪について、2~3県にまたがる領域を対象にメソ気象モデルを用いた降雪量分布の再現実験や積雪深の高度依存性に関する研究が行

われている(本田ら, 2014)。低~中標高域で展開される積雪観測網と、メソ気象モデルを統合した新たなメッシュ化手法を確立することによって、山地を含む広域的な積雪深の空間分布・時間的変化を詳細に明らかにできる可能性がある。

### 2. 研究の目的

本研究は、太平洋側地域における積雪について、北海道から九州にかけての太平洋側沿岸、日本列島の南岸から脊梁山脈にかけての年最深積雪や日最大降雪深の空間分布特性を南岸低気圧の移動経路との関係から明らかにし、その分布特性を気候学的に体系づけることを第一の目的とする。さらに、メソ気象モデル、気象庁 AMeDAS をはじめ複数機関で行われている高空間分解能の積雪深情報を取り入れた降積雪深のメッシュ化手法により、平地だけでなく山地における広域積雪地図を作成することを第二の目的とする。またそのために、観測が困難な山地において気象・積雪観測を行い、南岸低気圧通過による山地の降積雪分布特性を評価する。

### 3. 研究の方法

積雪分布を詳細に把握するためには、平野部から山間部までを広く網羅した積雪観測データが必要である。本研究では、区内観測ならびに積雪委託観測資料による長期間(30冬季:1972~2002年)の日積雪深データの収集、およびデータベース化を行う。この長期積雪資料に基づき、太平洋側地域の各観測点の日最大降雪深、年最深積雪とその極値を抽出する。このデータを基に、日本列島の南岸から脊梁山脈に至る地域と北海道から九州に至る太平洋沿岸について、各年の年最深積雪、日最大降雪深の空間分布を地形条件や南岸低気圧の移動経路との関係から明らかにする。

一方、メソ気象モデル(WRF)に加え、複数観測機関の観測データを入力データとして、山地を含めた降積雪分布の再現実験を行い、推定精度の評価、その結果を踏まえた改良を行う。モデルによって積雪深の高度依存性が正確に再現できるかを評価するため、著者等が東北・中部山岳地に展開する山岳気象積雪観測ステーションにインターバルカメラを設置して積雪深変化の記録を行い、モデルの改良にフィードバックする。なお、気象庁の AMeDAS 等のデータがあまりない山地積雪の解析には、AMeDASに加え、国土交通省、自治体、大学、研究機関が公開する観測データを用いて、伊豫部ら(2014)のメッシュ化手法を展開する。

### 4. 研究成果

(1)南岸低気圧による太平洋側地域での大雪の発現特性

日本は広い緯度圏にまたがり、しかも地形が複雑なので、降雪分布が著しく複雑である。

本研究は降雪分布を日本全域にまたがる大スケールの問題と 2~3 県にまたがる程度の領域での精細な分布を対象とする中スケールの問題とに分けた。前者の太平洋側全域にわたる大スケールの分布を考察するに当たっては、「気象庁地域気象委託積雪資料」に収録されている太平洋側 645 地点について、降雪頻度や降雪量平均値を算出し、大雪の出現回数の地理的分布を検討することとした。各観測地点の統計値を計算する際に、当初は 1972~2002 年 (30 冬季) を対象期間として、計算を行うことを考えていた。しかし 1989 年 11 月以降、観測を休止する所が多いことが分かった。そこで、データの欠測期間が少ない 1981/82 年~1988/89 年 (8 冬季) を分析対象とした。

太平洋側地域の観測地点について北海道から中四国地方に至る降雪量の発生頻度を求めると、南岸低気圧により多降雪となる地域は、北海道・東北の大部分の地域や関東・甲信の内陸部に広がっていた (図 1 上)。これに対し、静岡以東の太平洋側沿岸部を中心では 8 冬季に 1 度も発生しない地点が多く分布していた。一方、降雪深 20cm 以上の大雪 (図 1 下) は、8 冬季に計 3391 回発生している。単純平均すると 1 地点あたり 0.7 回/年となるが、3 回以上の地点は全体の 27% に過ぎず、多発する地点は限られる。出現回数が多い地域は、中部北東部から関東北部にかけた地域、福島県、岩手県、青森県、北海道十勝

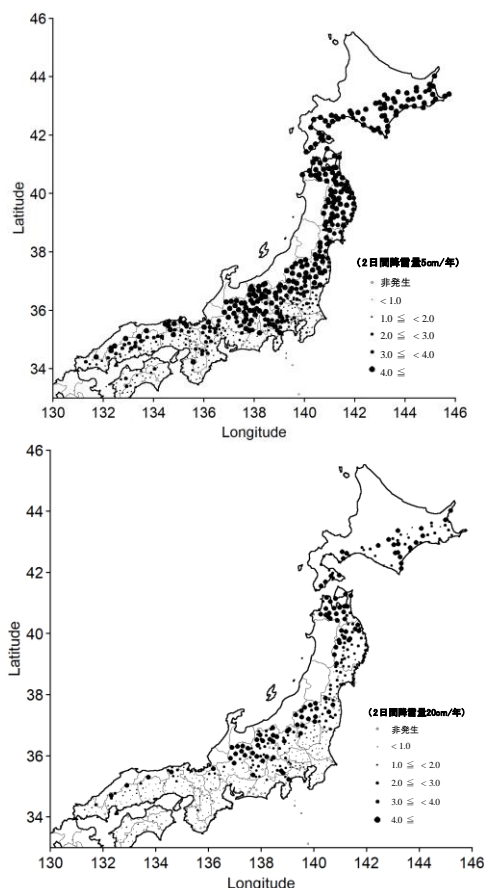


図1 南岸低気圧の通過に伴う降雪量の年平均発生頻度。

地方に分布している。このうち中部・関東地方の多発地点分布域は、その背後に高い脊梁山脈が控えており、標高が高く、気温が低い内陸地域となっている。一方、福島県や岩手県の東部では大雪の発現頻度が局所的に高い所が見られ、数百メートル程度の高さの山地が海に臨んでいる特徴がある。また、関東以西では必ずしも太平洋側の海岸地方にのみ多いとは限らず、四国や紀伊半島ではその中心域は山地に多いことが分かった。

## (2)中スケールの降雪分布特性 (福島県の解析事例)

本研究では、「気象庁地域気象委託積雪資料」を用いて多地点の日降雪深を推定することで、福島県における南岸低気圧による大雪の詳細な降雪特性、とくにその降雪頻度や低気圧の経路と降雪分布との関係を明らかにすることを目的とした。

研究対象地域は、主に南岸低気圧によって降雪がもたらされる中通り、阿武隈山系、浜通りとし、同地域に位置する 22 地点のデータを使用した。本研究では、各観測地点の当日 9 時と翌日 9 時の積雪深差を当日の日降雪深と定義した。さらに、気象庁地上天気図を用いて南岸低気圧による降雪と判断された日を抽出し、その中から、1 地点でも 20cm 以上の日降雪深が認められた日を大雪日と定義した。

データの欠測が無い 1981/82 年~1988/89 年 (8 冬季) について統計解析を行ったところ、計 18 回の大雪日が認められた。さらに、地点毎にみると、相馬 (浜通り北部) では 20cm 以上の日降雪深が 6 回、飯館 (阿武隈山系北部) では最多の 11 回であったのに対して、小名浜 (浜通り南部) と上遠野 (阿武隈山系南部) では 1 回もなく、中通り、阿武隈山系および浜通り南部ほど値が小さくなる。一方、大雪日の日降雪深を平均した日降雪深分布には阿武隈山系を最大として東西方向に少なる特徴が認められたが、個別の大雪事例は必ずしも阿武隈山系が最大となるわけではなく、浜通り中部や中通り南部を最大とする分布もみられた。

図 2 に大雪をもたらした南岸低気圧の経路を示す。この図から、南岸低気圧は関東沖において北緯 32.5 度~35 度を通過しており、大雪発生に南岸低気圧の経路が大きく関係していると言える。また、大雪日の降雪は低気圧の中心が主に四国沖に位置した時に始まり、東北地方太平洋沖南部付近に位置した時に終わることが分かった。

さらに、大雪日の降雪分布パターンについて主成分分析を行い、福島県における降雪分布パターンの示す地域性と出現に関する解析を行った。その結果、3 つの卓越した降雪分布パターンが抽出された。各主成分の値と符合の分布を調べたところ、第 1 主成分の固有ベクトルは、領域全体で正の値を示し、相対的には阿武隈山系中部から浜通り中部で

極大値をとり，南西部ほど値が小さくなる．一方，第2主成分の固有ベクトル（図3）は浜通り北部と阿武隈山系中部を結ぶ線を境に東側で正，西側で負の値をとった．それに対して，第3主成分は，浜通り中部から中通り中部を結ぶ線を境に北側で正，南側で負の値をとり，降雪量分布の南北振動を示していた．各主成分がどのような気象条件で決定されているのか調べた結果，第1主成分は広域で降雪量の増減を示すモード，第2および第3主成分は降水量や気温の分布に規定される降雪分布で説明可能であることがわかった．

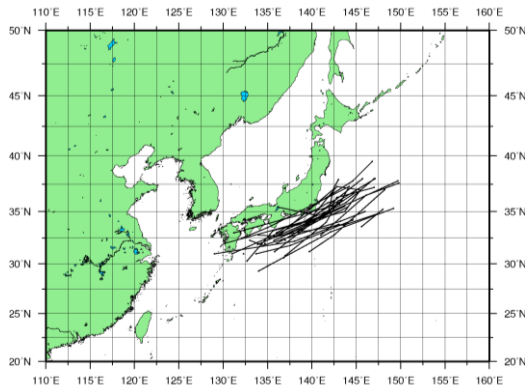


図2 大雪日の降雪時間帯における南岸低気圧の経路。

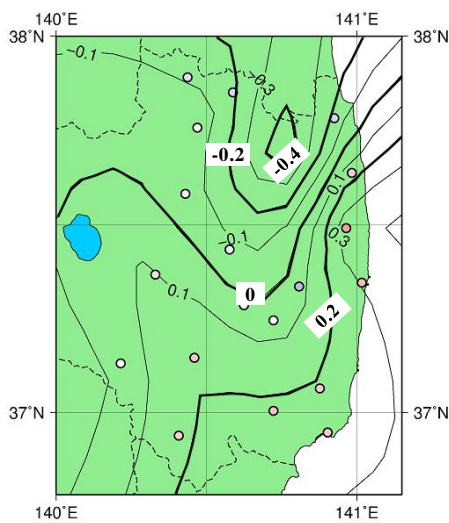


図3 第2主成分の固有ベクトルの分布。

### (3) 山地積雪水量の高度分布特性

山地の積雪水量の実態については，主に山地や流域における水資源評価や融雪洪水予測を目的として，スノーサーベイが古くから実施されてきた．その結果，本州日本海側や北日本のような季節風に伴う冬型降水が多く，降雪の割合が大きい地域では，積雪水量は高度と共に直線的に増加することが明らかにされている．一般的に山地の積雪水量は標高の一次関数で近似でき(村上・山野井，

2003)，高度に対する積雪水量の増加率は流域や山城，さらに年によって異なることが明らかにされている．従来日本における山地積雪の地域特性は，冬型の気圧配置による降雪が卓越する地域を中心に調査研究が進められてきた．また準裏日本気候区～表日本気候区に位置する太平洋側地域の山地積雪を考える上でも，日本海側地域で得られた知見をそのまま適用してよいか疑問が残る．

そこで本研究は，山地における積雪水量の高度分布に南岸低気圧による降雪がどの程度寄与しているのかを明らかにするため，長野・岐阜県境に位置する御嶽山（標高3,067m），および福島県中部の安達太良山（標高1,728m）において，山腹斜面でのスノーサーベイと気象積雪観測を実施した．図4は斜面方位別にみた積雪水量と標高との関係を示している．この図から，これまでの研究で指摘されていたように，積雪水量は標高と共に線形に増加することが御嶽山でも確認された．御嶽山で得られた3月中旬および4月上旬の積雪深増加率（係数a）は標高1mにつき0.64，0.72mmであり，新潟・群馬県境域で得られた値の30%程度であった．すなわち，山麓～山腹にかけた山地斜面の積雪水量の差が小さいことがわかった．御嶽山は準裏日本気候区に位置することから，係数aには降雪をもたらす気象擾乱の違いに起因する地域性が存在するのではないかと考えた．

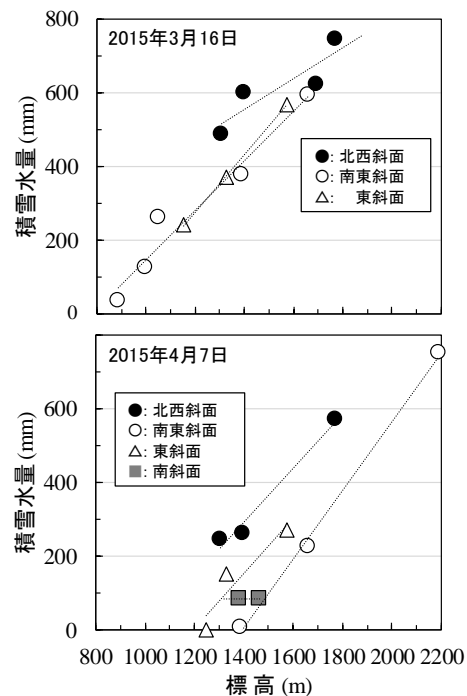


図4 御嶽山周辺における標高と積雪水量との関係（図中の記号は斜面方位を表す）。

そこで，南東斜面の田ノ原（標高）で得られた気象観測データを用いて，降雪原因（擾乱）ごとに降雪水量を検討した結果，総降雪水量(889mm)の約85%が低気圧性の降雪水量であり，冬型の気圧配置が総降雪水量に占める割合は10% (89mm)に過ぎないことが明らか

かとなった。すなわち、御嶽山では低気圧性の降水が第一要因となり、広域的に降雪をもたらした結果、山麓～山腹での積雪水量の差が小さくなり、御嶽山の係数  $a$  は日本海側地域に近い群馬・新潟県境の山城の値よりも小さくなったと考えられる。本研究で得られた積雪水量の標高依存性は、太平洋側の標高の高い山岳域の積雪水量の評価などにも重要になってくる可能性がある。

#### (4) 準リアルタイム積雪分布監視システムの開発

短期集中的な雪氷防災対策には大雪注意報・警報等を起点とした除雪活動等の予防対策に始まり、大雪中～直後には被害情報の収集や二次災害防止等の応急対策が進められる。これら一連の対策は、時々刻々と変化する積雪量に左右され、対応を誤ると被害を拡大させるが、その起点となる降雪予測や推移予測の技術は研究・開発途上にある。一方、IT化推進によって、数々の観測情報が準リアルタイムに取得できるようになってきた。これらは自治体のみならず地域住民における冬期の防滅災対応において、未確立な予測技術を補完する有用な情報になりえる。

本研究では、インターネットを通して入手可能な気象庁や国土交通省、地方自治体、大学や研究機関等の積雪深データの準リアルタイムな収集と分布図化(可視化)を通して、現況を迅速に把握し、的確な防災対応を行うための支援システムを構築した。その結果、全国 2300 カ所の観測データを 1 時間単位で集約し、観測データを基に分布図の作成を自動的に行うことが可能となった。さらにその結果は、専用の web サイトで逐次公開する仕組みとなっている。図 5 は本システムで解析された南岸低気圧による大雪時の積雪深分布図(2018 年 1 月 23 日 9 時)である。富士山周辺や伊豆半島、関東北部で大雪となったほか、関東地方の平野部でも広い範囲で積雪となった。

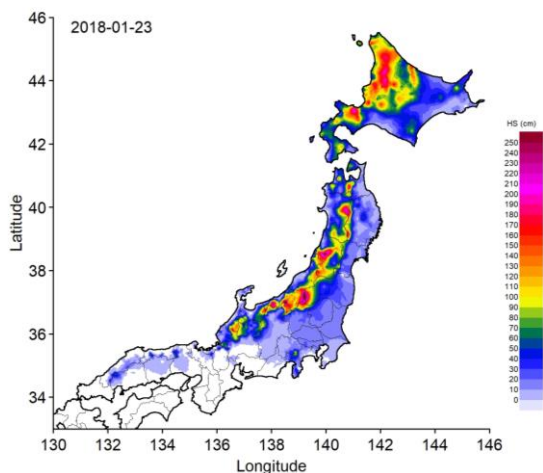


図 5 準リアルタイム積雪分布監視システムで解析された 2018 年 1 月 23 日 9 時の積雪深分布図。

本システムで解析された積雪深の精度評価を行うため、2018 年 1 月 23 日に茨城県北部において積雪深の広域調査を実施した。その結果、標高が異なっても実際の積雪深を比較的精度よく再現することがわかった(図 6)。このことは、本システムを用いて面的に積雪深を計算する妥当性を示すものである。推定精度の検討については、高度の範囲を広げて観測データを取得し、今後さらに検討する予定である。

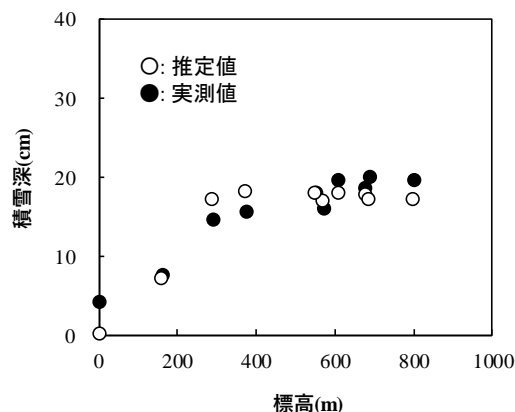


図 6 積雪深の推定値と実測値との比較(2018 年 1 月 23 日)。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 13 件)

- ① 河島 克久, 松元 高峰, 伊豫部 勉, 和泉薫, 2014 年 2 月 14-15 日の関東甲信地方の大雪における降水形態と雪氷災害の地域性との関連, 雪氷, 77(4), 査読有, 2015, 313-326.
- ② 松元 高峰, 河島 克久, 伊豫部 勉, 栃木県南東部のスギ林に冠雪害をもたらした 2014 年 2 月の気象条件, 雪氷, 77(4), 査読有, 2015, 327-338.
- ③ 伊豫部 勉, 松元 高峰, 河島 克久, 和泉薫, 2014 年 2 月関東甲信大雪における詳細な積雪深分布の特徴, 雪氷, 77(5), 査読有, 2015, 411-419.
- ④ 平井 柔, 河島 克久, 松元 高峰, 伊豫部 勉, 新潟地域における融雪災害をもたらす降雨イベント (ROS イベント) の発生特性, 第 30 回北陸雪氷シンポジウム論文集, 30, 査読無, 2015, 49-54.
- ⑤ 河島 克久, 伊豫部 勉, 本田 明治, 小千谷市積雪期地域防災情報プラットフォームの構築, 日本雪工学会誌, 32(1), 査読無, 2015, 26-30.
- ⑥ Yamazaki, A., M. Honda, and A. Kuwano-Yoshida, Heavy snowfall in Kanto and on the Pacific Ocean side of northern Japan associated with western Pacific blocking, Sci. Online Lett. Atmos, 11, 査読有, 2015, <https://doi.org/10.2151/sola.2015-013>.

- ⑦ Nakamura, T., K. Yamazaki, K. Iwamoto, M. Honda, J. Ukita, Y. Miyoshi, and Y. Ogawa, negative phase shift of the winter AO/NAO due to the recent Arctic sea-ice reduction in late autumn, *J. Geophys. Res.*, 120, 査読有, 2015, 3209-3227, doi:10.1002/2014JD022848.
- ⑧ Honda, M., A. Yamazaki, A. Kuwano-Yoshida, Y. Kimura, and K. Iwamoto, Synoptic conditions causing an extreme snowfall event in the Kanto-Koshin district of Japan on 14-15 February 2014, *Sci. Online Lett. Atmos.*, 12, 査読有, 2016, 259-264, doi:10.2151/sola.2016-051.
- ⑨ 柴田 有貴, 河島 克久, 鈴木博人, 新潟県における年最大積雪深および積雪期間の長期変動傾向, *雪氷*, 78, 2016, 291-306.
- ⑩ 伊豫部 勉, 松元 高峰, 河島 克久, 佐々木 明彦, 鈴木 啓助, 冠雪火山における積雪水量の時間的・空間的変動特性に関する研究: 御嶽火山での観測事例, 第32回寒地技術論文・報告集, 査読有, 2016, 27-32.
- ⑪ 小花和 宏之, 河島 克久, 松元 高峰, 伊豫部 勉, 大前 宏和, 小型 UAV を用いた積雪分布の3次元計測, *雪氷*, 78, 査読有, 2016, 317-328.
- ⑫ 平島 寛行, 伊豫部 勉, 河島 克久, 積雪荷重推定にむけた積雪変質モデルの応用(2), 第33回寒地技術論文・報告集, 査読有, 2017, 47-50.
- ⑬ 飯倉 茂弘, 佐藤 亮太, 高橋 大介, 鎌田 滋, 宍戸 真也, 河島 克久, 松元 高峰, 伊豫部 勉, アメダス観測値を用いた任意地点の積雪底面流出量の推定, 第33回寒地技術論文・報告集, 査読有, 2017, 51-54.
- [学会発表] (計8件)
- ① 伊豫部 勉, 河島 克久, 松元 高峰, 和泉 薫, 片岡 香子, 佐々木 明彦, 鈴木 啓助, 齋藤 武士, 御嶽山における積雪水量分布に関する研究, 雪氷研究大会 (2015・松本), 2015.
- ② 河島 克久, 伊豫部 勉, 松元 高峰, 片岡 香子, 和泉 薫, 佐々木 明彦, 鈴木 啓助, 齋藤 武士: 御嶽山 2014 年噴火に対する雪氷・火山複合災害の視点からの調査活動. 雪氷研究大会 (2015・松本), 2015.
- ③ 本田 明治, 山崎 哲, 吉田 聡, 藤田 彬, 木村 祐輔, 岩本 勉之, 関東甲信地方に長時間降雪をもたらした総観場の特徴, 雪氷研究大会 (2015・松本), 2015.
- ④ 松元 高峰, 伊豫部 勉, 河島 克久, 南岸低気圧の通過に伴う冠雪害の発生域, 2016 年度日本雪氷学会北信越支部 研究発表会・製品発表検討会, 2016.
- ⑤ 伊豫部 勉, 河島 克久, 日本国内を対象とした準リアルタイム積雪分布監視システムの構築, 雪氷研究大会 (2016・名古屋), 2016.

- ⑥ 大越 庄一郎, 河島 克久, 松元 高峰, 伊豫部 勉, 春日 悟, 福島県における南岸低気圧による大雪の降雪特性, 2017 年度日本雪氷学会北信越支部 研究発表・製品発表検討会, 2017.
- ⑦ 松元 高峰, 河島 克久, 伊豫部 勉, 片岡 香子, 吾妻・安達太良火山周辺における降雪・積雪・融雪の特性, 2017 年度日本雪氷学会北信越支部 研究発表・製品発表検討会, 2017.
- ⑧ 吉川 知里, 松元 高峰, 河島 克久, 伊豫部 勉, 那須岳周辺地域における降雪深の時空間特性, 雪氷研究大会 (2017・十日町), 2017.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計0件)
- 取得状況 (計0件)

[その他]

準リアルタイム積雪深分布

<http://platform.nhdr.niigata-u.ac.jp/~snow-map/index.php?FrontPage>

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

伊豫部 勉 (IYOBE, Tsutomu)  
京都大学・大学院工学研究科・特定准教授  
研究者番号: 50397155

### (2)研究分担者

河島 克久 (KAWASHIMA, Katsuhisa)  
新潟大学・災害・復興科学研究所・教授  
研究者番号: 40377205

本田 明治 (HONDA, Akiharu)

新潟大学・自然科学系・准教授  
研究者番号: 20371742

### (3)連携研究者

松元 高峰 (MATSUMOTO, Takane)  
新潟大学・災害・復興科学研究所・特任准教授  
研究者番号: 20374209

### (4)研究協力者