

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：82102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04978

研究課題名(和文) レーダー降雪分類と雲物理過程に基づく新積雪物理量の時空間変化推定手法の開発

研究課題名(英文) Development of the methods estimating physical properties of new snow based on the radar classification of snowstorms and cloud microphysical process modeling.

研究代表者

中井 専人 (Nakai, Sento)

国立研究開発法人防災科学技術研究所・雪氷防災研究部門・総括主任研究員

研究者番号：20360365

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)：雪氷防災研究センターにおけるレーダーと新積雪物理量である比表面積(SSA)との同時観測に基づき、降雪起源の弱層となりうる雪の降水強度推定式を作成した。11冬季のレーダー降水分布について手作業と機械学習とを比較し、気象学的な前処理の必要性を指摘した。低気圧性の雲粒付着のない降雪粒子のSSAは小さく、濃密雲粒付き雪片及び霰ではSSAが大きいことを明らかにした。地上降雪粒子観測をもとにJMA-NHMの雲物理過程において雪粒子の凝集率を温度の関数として新たに与える処理を作成した。以上のように、新積雪特性の観測データをもとにしたレーダー解析及び気象モデル研究を進展させることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

降雪起源の弱層形成につながる雪についてレーダー降雪強度が過小評価となりうる点を指摘できたことは、レーダー気象学上、及び雪氷防災上の意義が大きい。地上降雪粒子観測データをもとにJMA-NHMの雲物理過程を最適化し雪粒子の凝集率を温度の関数として新たに与えたことは、気象学的に、また予報業務への効果が大きい。この改良が衛星リモートセンシングシミュレータの出力も改善できた点は、当初想定より進展したと言える。機械学習を用いた降水分布分類については、深層学習に関するWebサイトの開設により、気象学、雪氷学分野における深層学習の導入による研究加速の手段のひとつを提供できた。

研究成果の概要(英文)：Based on the simultaneous observations of the Snow and Ice Research Center radar and Specific Surface Area of the new snow at the Falling Snow Observatory (FSO), a precipitation intensity estimation equation for aggregates of unrimed cold-type snow crystals was formulated. A meteorology-based preprocessing was suggested to be necessary for snowstorm classification using deep learning technique. It was observationally clarified that SSA was small (large) for unrimed particles of low-pressure systems (heavily rimed snow aggregates and graupel during winter monsoon). New schemes were developed in which the ratio of aggregation in the cloud microphysical process of the JMA-NHM was given as a function of temperature based on surface hydrometeor observations. Thus, radar analyses and cloud microphysical modeling progressed based on the observations of physical properties of new snow.

研究分野：メソ気象学

キーワード：降雪 雲物理 数値気象モデル レーダー 機械学習 新積雪 比表面積 SSA

1. 研究開始当初の背景

2017年3月27日に那須町内の山岳地で発生した災害雪崩について、『雲粒付着の少ない板状等の降雪結晶』すなわち降雪粒子形状の特性が弱層につながったと現地調査により指摘された(科研費特別研究促進費：課題番号 17K18453)。現地調査は確かな fact であるが、その弱層が形成された時刻はわからない。一方、弱層を表す新積雪物理量について、地上気象要素の変化と広域の気象場と SSA との関係の統計的な対応付けはなされている(科研費基盤研究(C)：課題番号 16K01340)。しかし、これは間接的な関係を示したにすぎない。

本来、降雪特性は上空の降雪雲における雲物理過程によって決まるものであり、その雲物理過程を把握して新積雪物理量と対応付けなければならない。その対応付けができれば、弱層形成の時刻だけではなく、その降雪をもたらした降雪雲の特徴、雲内部で支配的であった雲物理過程が特定できるはずである。一方、SSA などの新積雪物理量は、積雪のアルベドに大きく影響したり(Aoki et al., 2011)、弱層の強度が関係する(例えば Fassnacht et al., 1999)ことから、近年着目されている。しかし、降雪雲によって降雪粒子の形状が異なる(石坂ら, 2015)ことはほとんど考慮されていない状況であった。

本研究参加者のグループは、以下のような実績を重ねてきた。

- ・降雪の形状を記述するという観点から比表面積(SSA)を詳細に観測している。
- ・地上気象要素の変化と広域の気象場と SSA との関係を統計的に対応づけた。
- ・降雪粒子の粒径・落下速度代表値の算出法(質量フラックス中心(CMF)法: Ishizaka et al., 2013)やその新積雪特性との関係を調査した実績がある(Ishizaka et al., 2016)
- ・降雪種起源の弱層が原因の雪崩事故に関するデータや知見の蓄積もなされている(防災科学技術研究所, 2016)。
- ・降雪分布分類として「降雪モード」を提唱し(Nakai et al., 2005a)、降雪雲によって降雪粒子の形状が異なることも指摘した(石坂ら, 2015)。
- ・画像解析手法を偏波レーダーによる降雪強度、風速分布、降雪粒子分布に適用し、雪崩災害事例において弱層形成時の降雪(降雪雲の特徴、及び時刻)の特定の可能性を示した(中井ら, 2017, 2018)。
- ・科研費基盤 C 「氷粒子の多様性を考慮したバルク法雲微物理モデルの設計と構築」(代表：橋本明弘, 期間：2016-2018 年度)において、降雪粒子の多様な粒子特性を予測するための雲微物理モデルの開発に取り組んでいる(橋本ら, 2018a)。
- ・科研費基盤 C 「気象モデルからの雲物理過程を考慮した新積雪物理量推定手法の開発」(代表：中井専人, 期間：2016-2018 年度)において、気象モデルから出力される気温・降雪量・降雪種等を用いて、新積雪物理量を推定するための手法の開発に取り組んでいる(橋本ら, 2018b)。
- ・科研費特別研究促進費「2017年3月27日に栃木県那須町で発生した雪崩災害に関する調査研究」(代表：上石勲, 期間：2017 年度)においては、雲粒付着の少ない降雪粒子によって積雪内部に弱層が形成され雪崩の強い背景要因となったことを気象モデルを用いて再現した。

これらに基づき、レーダー降雪分類と気象モデルからの雲物理過程情報を結びつけ、SSA など新積雪物理量の時空間変化を推定できれば、表層雪崩危険度の検知や予測、気象庁業務への反映に向けた知見が得られるという展望が、本研究の動機である。

2. 研究の目的

本研究では、レーダー観測に基づき降雪分布特性を算出するアルゴリズムを開発し、改良した気象モデルから雲物理過程を反映した降雪・新積雪物理量を出力し、実測した新積雪物理量とレーダー降雪分布特性と気象モデルの雲物理過程との対応を検証する。これらによりレーダーや気象モデルによる上空の気象データから、降雪起源の弱層形成の有無を時空間的变化を追って推定できるようにすることを目的とする。

3. 研究の方法

気象レーダー観測に基づいて粒子形状の情報を分布として解析する手法、及び、気象モデルを改良して雲物理過程(上空の雲の中で降雪粒子が形状を変えながら成長する過程)を反映した降雪・新積雪物理量の時空間変化を予測する手法を開発する。新積雪物理量の測定を1時間間隔で行うとともに、偏波レーダー及び気象モデルから得られた降雪形状情報の時空間変化と対応さ

せる。それにより、レーダーや気象モデルによる上空の降雪データから、降雪起源の弱層形成について時空間的变化を追った検知、予測に利用できる技術を開発する。

4. 研究成果

(1) レーダー降水強度分布パターンに基づく降雪分類について、気象庁全国合成レーダーデータを用いた深層学習(機械学習の一種)による分類を行った。学習用画像に対しては正解率94%で再現することに成功した。さらに、11冬季合計234326枚の手作業分類データを整備し、深層学習分類結果を冬季毎に比較したところ、冬季毎にあまり差が見いだせなかった。正解率は30~60%にとどまり、学習用データに対する「過学習(合わせすぎ)」と判断された一方、手作業分類では降雪系の連続的变化を主観的に考慮していたため、分類基準の整合性における課題も指摘された。

(2) 本研究の成果のうち深層学習に関する技術的事項をまとめたWebサイト開設した(図1)。このサイトにはテストデータ等も含まれており、気象学、雪氷学分野において深層学習の導入におけるハードルを下げ、これら分野の専門的手法に深層学習を補助的に加えることを容易にすることを意図している。

(3) 雪氷防災研究センターレーダー観測に基づき、降雪起源の弱層となりうる雪の降水強度を推定する式を作成した(図2の実線)。弱層となりうる雪であるかどうかは、雪氷防災研究センター降雪粒子観測施設(FSO)における同時観測によるSSAの値から判定された。

(4) SSA観測については観測結果を整理し、論文として刊行することができた。BET法を用いた100回を超えるSSA測定の結果、新積雪のSSAは40から140 $\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$ であること、低気圧性の雲粒付着のない降雪粒子のSSAは小さく、季節風時に一般的な濃密雲粒付き雪片及び霰ではSSAが大きいことが明らかとなった(図3)。

(5) 気象庁の数値気象モデルJMA-NHMを改良したモデルを使用し、地上及び上空の雲・降水粒子の量に加えて、降水粒子の成長を表す雲物理過程の変数を出力できるようにした。そのパフォーマンスを調べた結果、JPCZの降雪粒子の成長に対して、下層での雲粒捕捉成長の他、雲頂付近での昇華成長が主な成長機構として介在していたという結果が得られた。また、JPCZの外側の領域では、降雪粒子の成長に対して雲粒捕捉過程の比重が大きいことを示唆する結果が得られた。

(6) JMA-NHMの出力値を用いて、冬季季節風時の降雪粒子の特徴(落下速度・粒径の代表値)を抽出し、観測データと比較した。シミュレーション結果では、観測値に対して、降雪粒子の粒径がやや過小評価、落下速度にはあきらかな過小評価がみとめられた。

(7) JMA-NHMの雪粒子の落下速度と雪粒子の凝集率を最適化したモデル改良の結果、

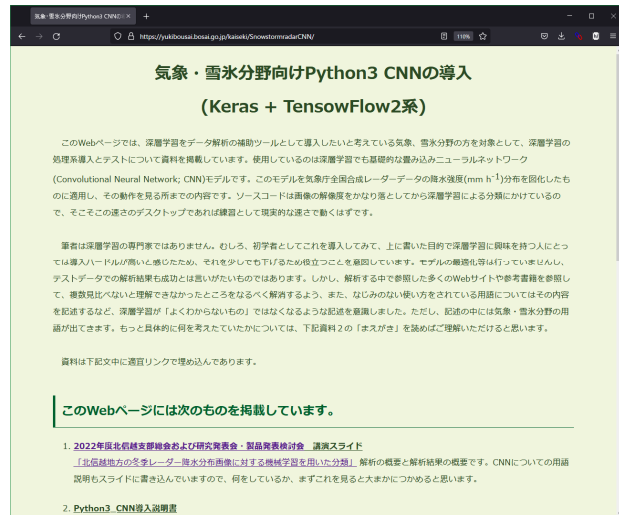


図1 開設したWebサイトのトップページ

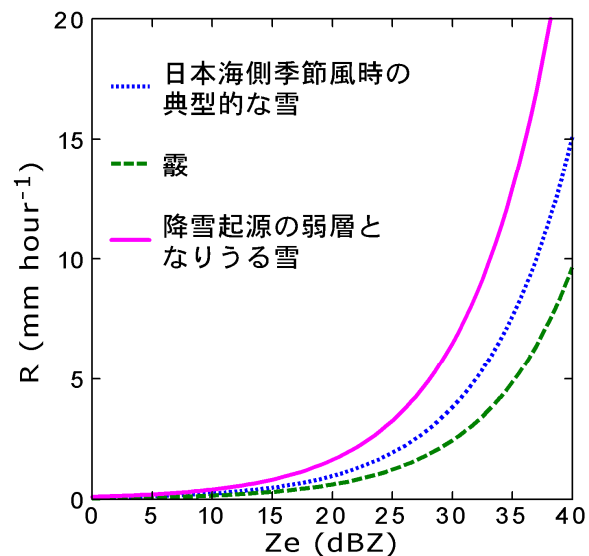


図2 レーダー観測値(反射強度, dBZ)から降雪起源の弱層となりうる雪の降水強度(降雪の水相当量, mm h^{-1})を推定する関数(実線)。他の種類の雪より変換係数が大きい(Nakai et al. (2022)のFig. 6を簡略化)。

地上降雪粒子の落下速度と粒径の代表値を概ね良く再現するレベルまで改良できた。

(8) 当初予定には無かった、レーダー降水分布のトラッキングによる降雪系の移動ベクトル解析を行った。

(9) 当初予定には無かった、モデルの出力値と衛星リモートセンシングシミュレータを用いて、Ka, Ku 帯のレーダー反射強度因子を計算した。GPM/DPR による観測値との比較を行った。その結果、モデル内で高度 5km 付近に反射強度因子の過大評価を指摘し、モデル改良の検討につなげた。

(10) レーダー、気象モデル、観測の比較検討を進めるため、国内会議ではあるが『降雪・積雪系オンラインワークショップ 2020』を主催した。総合討論においては、観測とデータ共有の重要性、モデルからの観測者へのフィードバックなどについて議論が交わされ、本研究と他研究を比較する機会としても有用であった。

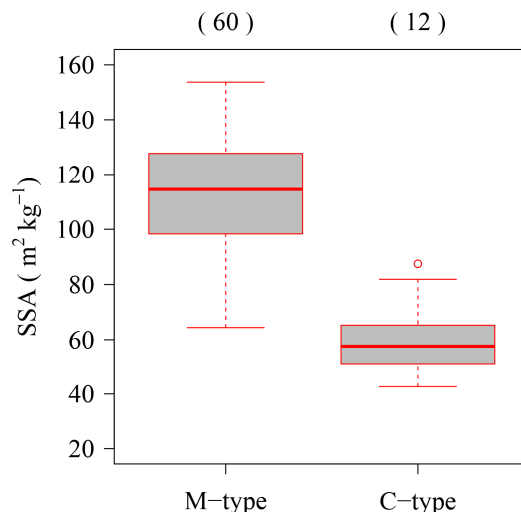


図3 観測された季節風時(左)と低気圧性の雲粒付着のない降雪粒子(右)の SSA の値の範囲(Yamaguchi et al. (2019)の Fig. 6)。

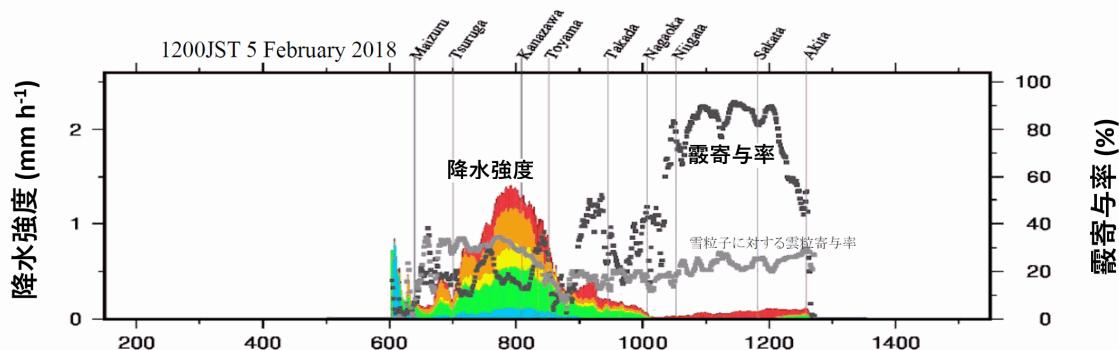


図4 JMA-NHM を改良したモデルによる、JPCZ(色塗りで示した降水強度が強くなっている範囲)とその北側における霰寄与率(黒四角)の差。2018年2月5日の大雪時のもので、JPCZでは霰の比率が小さく、その北側では大きかったことが示された(色分けと灰色四角については省略)。

以上のように、本研究では、新積雪特性観測データに基づき、気象モデルの雲物理過程、レーダー降水分布推定に改良を行うことができ、降雪起源の弱層形成の推定を行うための技術的基盤を整えることができ、衛星リモートセンシングに関する予定以上の成果も得られた。これら成果の改良と応用により、気象業務、雪氷防災の高度化が期待される。

引用文献

Aoki, T., K. Kuchiki, M. Niwano, Y. Kodama, M. Hosaka and T. Tanaka, 2011: Physically based snow albedo model for calculating broadband albedos and the solar heating profile in snowpack for general circulation models, *J. Geophys. Res.*, 116, D11114, doi:10.1029/2010JD015507.

防災科学技術研究所, 2016: 2014年2月の南岸低気圧による広域雪氷災害及び2014-15年の雪氷災害に関する調査報告. 主要災害調査(46), 122pp.

Fassnacht, S. R., J. Innes, N. Kouwen and E. D. Soulis, 1999: The specific surface area of fresh dendritic snow crystals. *Hydrol. Process.*, 13: 2945-2962. doi:10.1002/(SICI)1099-1085(19991230)13:18<2945::AID-HYP16>3.0.CO;2-Z

橋本明弘・本吉弘岐・三隅良平・折笠成宏, 2018: 数値気象モデルによる降雪粒子予測の高度化

2018. 北海道の雪氷, 37, 63-66.

橋本明弘・本吉弘岐・山口悟・中井専人, 2018b: 降雪による弱層形成に関する数値気象モデルを用いた再現実験. 平成 29 年度科学研究費補助金(特別研究促進費)「2017 年 3 月 27 日に栃木県那須町で発生した雪崩災害に関する調査研究(課題番号 17K18453, 研究代表者: 上石勲)」研究成果報告書, 64-69.

Ishizaka, M., H. Motoyoshi, S. Nakai, T. Shiina, T. Kumakura, and K. Muramoto, 2013: A New Method for Identifying the Main Type of Solid Hydrometeors Contributing to Snowfall from Measured Size-Fall Speed Relationship. *J. Meteorol. Soc. Japan. Ser. II*, 91, 747-762, doi:10.2151/jmsj.2013-602.

石坂雅昭・藤野丈志・本吉弘岐・中井専人・中村一樹・椎名徹・村本健一郎, 2015: 2014 年 2 月の南岸低気圧時の新潟県下における降雪粒子の特徴 - 関東甲信地方の雪崩の多発に関連して -. *雪氷*, 77, 285-302.

Ishizaka, M., H. Motoyoshi, S. Yamaguchi, S. Nakai, T. Shiina and K.-I Muramoto: Relationships between snowfall density and solid hydrometeors, based on measured size and fall speed, for snowpack modeling applications, *The Cryosphere*, 10, 2831-2845, <https://doi.org/10.5194/tc-10-2831-2016>, 2016.

Nakai, S., K. Iwanami, R. Misumi, S.-G. Park and T. Kobayashi, 2005: A classification of snow clouds by Doppler radar observations at Nagaoka, Japan. *SOLA*, 1, 161-164.

中井専人・清水慎吾・前坂剛・岩波越・木枝香織, 2017: レーダー解析による 2017 年 3 月 26-27 日那須近辺における降水量と風の分布. 日本気象学会 2017 年度秋季大会, 2017 年 10 月 30 日-11 月 2 日, 札幌, A210.

中井専人・清水慎吾・前坂剛・岩波越・木枝香織, 2018: MP レーダー解析による 2017 年 3 月 26-27 日那須近辺における降水と風の分布. 平成 29 年度科学研究費補助金(特別研究促進費)「2017 年 3 月 27 日に栃木県那須町で発生した雪崩災害に関する調査研究(課題番号 17K18453, 研究代表者: 上石勲)」研究成果報告書, 58-63.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 NAKAI Sento, YAMASHITA Katsuya, MOTOYOSHI Hiroki, KUMAKURA Toshiro, MURAKAMI Shigeki, KATSUSHIMA Takafumi	4. 巻 100
2. 論文標題 Relationships between Radar Reflectivity Factor and Liquid-Equivalent Snowfall Rate Derived by Direct Comparison of X-Band Radar and Disdrometer Observations in Niigata Prefecture, Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II	6. 最初と最後の頁 45～56
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2151/jmsj.2022-002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 橋本明弘・中井専人・山口悟・本吉弘岐	4. 巻 68
2. 論文標題 降雪・積雪系オンラインワークショップ2020報告	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 天気	6. 最初と最後の頁 13-15
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 中井専人・橋本明弘・山口悟・本吉弘岐	4. 巻 82
2. 論文標題 降雪・積雪系オンラインワークショップ2020 開催報告	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 雪氷	6. 最初と最後の頁 280-282
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Hashimoto Akihiro, Motoyoshi Hiroki, Orikasa Narihiro, Misumi Ryohei	4. 巻 16
2. 論文標題 Process-Tracking Scheme Based on Bulk Microphysics to Diagnose the Features of Snow Particles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 SOLA	6. 最初と最後の頁 51～56
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2151/sola.2020-009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Yamaguchi Satoru, Ishizaka Masaaki, Motoyoshi Hiroki, Nakai Sent, Vionnet Vincent, Aoki Teruo, Yamashita Katsuya, Hashimoto Akihiro, Hachikubo Akihiro	4. 巻 13
2. 論文標題 Measurement of specific surface area of fresh solid precipitation particles in heavy snowfall regions of Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Cryosphere	6. 最初と最後の頁 2713 ~ 2732
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/tc-13-2713-2019	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

[学会発表] 計28件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 橋本 明弘・山下 克也・石坂 雅昭・本吉 弘岐・中井 専人・山口 悟
2. 発表標題 素過程追跡雲微物理スキームを用いた2018年冬季大雪事例の再現実験
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本明弘・山下克也・石坂雅昭・本吉弘岐・中井専人・山口悟
2. 発表標題 2018年冬季降雪シミュレーションから得られた降雪粒子特性に関する検討 その2.
3. 学会等名 日本気象学会2021年度春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hashimoto, A., H. Motoyoshi, N. Orikasa, and R. Misumi
2. 発表標題 Development of a process-tracking scheme based on bulk microphysics to diagnose the features of snow particles.
3. 学会等名 18th International Conference on Clouds and Precipitation (ICCP 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hashimoto, A., M. Ishizaka, K. Yamashita, H. Motoyoshi, S. Nakai, and S. Yamaguchi
2. 発表標題 Numerical simulation of microphysical feature in the heavy snowfall event on February 5, 2018.
3. 学会等名 The Fifth Convection-Permitting Modeling Workshop 2021 (CPM2021) High-Resolution Climate Modeling and Hazards (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本明弘・石坂雅昭・山下克也・本吉弘岐・中井専人・山口悟・林修吾
2. 発表標題 2018年冬季降雪シミュレーションから得られた 降雪粒子特性の時空間分布.
3. 学会等名 日本気象学会2021年度秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本明弘・山下克也・石坂雅昭・本吉弘岐・中井専人・山口悟
2. 発表標題 2018 年冬季大雪における降雪粒子特性の JMA-NHM による再現性の検証.
3. 学会等名 雪氷研究大会 (2021・オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本明弘
2. 発表標題 雲微物理モデリングと数値シミュレーション.
3. 学会等名 第7回メソ気象セミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中井専人・熊倉俊郎・上石勲
2. 発表標題 北信越地方の冬季レーダー降水分布画像に対する機械学習を用いた分類
3. 学会等名 2022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
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 橋本明弘・石坂雅昭・山下克也・本吉弘岐・中井専人・山口悟
2. 発表標題 2018年冬季大雪事例の降雪粒子特性に関する数値実験
3. 学会等名 日本気象学会2020年度春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋本明弘・石坂雅昭・山下克也・本吉弘岐・中井専人・山口悟
2. 発表標題 2018年冬季大雪事例の降雪粒子特性に関する数値実験
3. 学会等名 降雪・積雪系オンラインワークショップ2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中井専人
2. 発表標題 地上レーダーZhとGPM DPR Zeの比較：2018年1-2月の事例
3. 学会等名 降雪・積雪系オンラインワークショップ2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hashimoto, A., H. Motoyoshi, N. Oriksa, R. Misumi, and M. Niwano
2. 発表標題 Development and applications of the process-tracking scheme based on bulk microphysics to determine the properties of snow particles.
3. 学会等名 JpGU-AMS2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋本明弘・石坂雅昭・山下克也・本吉弘岐・中井専人・山口悟
2. 発表標題 2018年冬季JPCZに関連した降雪形成機構に関する数値実験
3. 学会等名 日本気象学会2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中井専人・山下克也・本吉弘岐・熊倉俊郎・石坂雅昭・勝島隆史
2. 発表標題 大雪時における地上レーダーZhとGPM DPR Zeの比較(2)
3. 学会等名 日本気象学会2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山下克也・本吉弘岐・中井専人
2. 発表標題 落下中の降雪粒子の併合成長事例解析
3. 学会等名 日本気象学会2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋本明弘・本吉弘岐・山下克也・石坂雅昭・中井専人・山口悟
2. 発表標題 2018年北陸に大雪をもたらした降雪雲の雲物理特性に関する数値実験
3. 学会等名 ワークショップ『降雪に関するレーダーと数値モデルによる研究in長岡(第18回)』
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石坂雅昭・本吉弘岐・山下克也・中井専人・山口悟・橋本明弘
2. 発表標題 日本海上に形成される各種降雪雲（JPCZ、Tmode、Lmode）が北陸平野部にもたらす降雪粒子の特徴と強い降雪の雲物理
3. 学会等名 令和元年(2019年度)日本気象学会中部支部研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山下克也・本吉弘岐・中井専人
2. 発表標題 JPCZ時の新潟県中部の降雪粒子種分布
3. 学会等名 ワークショップ『降雪に関するレーダーと数値モデルによる研究in長岡(第18回)』
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中井専人・山下克也・本吉弘岐・熊倉俊郎・村上茂樹・勝島隆史
2. 発表標題 JPCZの関係する近年の大雪災害
3. 学会等名 ワークショップ『降雪に関するレーダーと数値モデルによる研究in長岡(第18回)』
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 畠山周愉・陸旻皎・中井専人
2. 発表標題 深層学習の水文・気象学への応用研究の立ち上げ
3. 学会等名 第37回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石坂雅昭・本吉弘岐・山下克也・中井専人・山口悟・橋本明弘
2. 発表標題 北陸平野部の大雪時の降雪粒子の特徴と雲物理過程
3. 学会等名 日本気象学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口悟・石坂雅昭・本吉弘岐・中井専人・山下克也・橋本明弘・VionnetV.・八久保晶弘・青木輝夫
2. 発表標題 新雪の比表面積の測定
3. 学会等名 日本気象学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石坂雅昭・本吉弘岐・山下克也・中井専人・山口悟・橋本明弘
2. 発表標題 北陸平野部に強い降雪をもたらす条件 - 2018年冬季の降雪粒子観測から -
3. 学会等名 雪氷研究大会(2019・山形)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本明弘・本吉弘岐・山下克也・石坂雅昭・中井専人・山口悟
2. 発表標題 2018年冬季大雪事例の雲・降水機構に関する数値実験
3. 学会等名 雪氷研究大会(2019・山形)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本明弘
2. 発表標題 2018年北陸大雪時の雲・降水機構に関する数値実験
3. 学会等名 雪氷圏変動把握にむけた積雪表面近傍の現象理解に関する研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本明弘
2. 発表標題 領域気象モデルを用いた地上降雪粒子の再現性の現状と展望
3. 学会等名 「日本海寒帯気団収束帯による豪雪対策のための研究開発」研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本明弘・山口悟・本吉弘岐・中井専人・山下克也
2. 発表標題 降雪メカニズムと新雪比表面積との関係に関する数値実験
3. 学会等名 2020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
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本明弘・山口悟・本吉弘岐・中井専人
2. 発表標題 数値気象モデルによる雲粒寄与率予測値を用いた新雪比表面積の推定
3. 学会等名 日本気象学会2019年度春季大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

アウトリーチとして『サイエンスアゴラ2021 温暖化時代の雪と私達の暮らし～雪氷研究の最前線から』における「降雪と積雪」の講演(橋本明弘、庭野匡思)、『(公社)日本気象学会中部支部第24回公開気象講座(2021) 豪雪』における「日本海側の”集中”豪雪」の講演(中井専人)を行った。

本研究の成果のうち深層学習に関する技術的事項をまとめたWebサイト開設した。このサイトにはテストデータ等も含まれており、気象学、雪氷学分野において深層学習の導入におけるハードルを下げ、これら分野の専門的手法に深層学習を補助的に加えることを容易にすることを意図している。URLは <https://yukibousai.bosai.go.jp/kaiseki/SnowstormradarCNN/> である。

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	橋本 明弘 (Hashimoto Akihiro) (20462525)	気象庁気象研究所・気象予報研究部・主任研究官 (82109)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協 力 者	山口 悟 (Yamaguchi Satoru)	防災科学技術研究所・雪氷防災研究部門 (82102)	
研究 協 力 者	本吉 弘岐 (Motoyoshi Hiroki)	防災科学技術研究所・雪氷防災研究部門 (82102)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	山下 克也 (Yamashita katsuya)	防災科学技術研究所・雪氷防災研究部門 (82102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関