

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 8 月 14 日現在

機関番号：82109

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26242036

研究課題名(和文) 超高解像度観測と数値モデルによる大雪や突風をもたらす降雪雲の動態に関する研究

研究課題名(英文) Study on features of snow clouds producing heavy snowfalls and gusts of wind by high-resolution observations and numerical models

研究代表者

山田 芳則 (YAMADA, Yoshinori)

気象庁気象研究所・予報研究部・室長

研究者番号：80553164

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 30,900,000円

研究成果の概要(和文)：観測や数値モデルによる研究から、大雪や突風をもたらすような降雪雲に関して多くの知見が得られた。観測では、Kuバンドレーダーによって対流スケールでの降雪雲の3次元構造の時間変化を高解像度で捉えた。マルチドップラーレーダー解析から大雪時の降雪雲内のメソ～スケールの気流構造の特徴が明らかになり、山地の地表面での鉛直流を含む解析により札幌での大雪には雲と地形との相互作用の寄与が示唆された。数値モデルでは降雪予測を改善するバルク雲微物理モデルを開発した。大雪や突風を伴うことがあるメソスケールのポーラーローについて過去30年間の冬の領域モデル実験から、この低気圧の発生や発達に寄与する過程を解明した。

研究成果の概要(英文)：Studies based on observations and numerical models provided many findings on snow clouds producing heavy snowfalls and strong gust of wind. The analysis of Ku-band radar data revealed time changes in three-dimensional structures at convective scale of snow clouds at high spatial and temporal resolutions. Multi-Doppler radar analyses clarified characteristic airflow structures at meso- and -scales in snow clouds producing heavy snowfalls, and wind recovery taking into account the surface vertical wind on complex orography suggested the importance of interaction between snow clouds and the orography for heavy snowfalls in Sapporo. A newly developed bulk microphysical model had better performance in reproducing snowfall patterns. Various processes important to the occurrence and development of meso-scale polar lows, sometimes accompanying heavy snowfalls and strong gust, were found by numerical experiments for winter seasons over past 30 years, using a regional model.

研究分野：メソ気象学、レーダー気象学

キーワード：降雪雲 大雪 突風 数値モデル Kuバンドレーダー ドップラーレーダー X-MPLレーダー

## 1. 研究開始当初の背景

冬季の札幌(人口約190万人)やその周辺、及び石狩平野ではたびたび大雪が発生し、社会・経済活動に大きな障害となる。また、2013年3月2~3日に北海道東部で発生した暴風雪のように、積雪地域での降雪を伴う強風は視程や交通障害等を生じ、時に人命を奪う場合がある。したがって、大雪や吹雪・吹き溜まりを発生させるような突風発生の有無の予測精度を向上させることは札幌のような多雪の大都市にとってきわめて重要な課題である。

しかし、現在でも大雪や降雪雲下での突風の定量的予測は現時点でも困難である。これは、大雪をもたらすような降雪雲の動態が十分に解明されていないためである。大雪の予測精度を向上させるためには、大雪発生に関わる大気中の現象について異なる空間スケールごとに階層的に解明することが必要である。つまり、メソスケール：大雪をもたらすような降雪雲が発生する環境場；メソスケール：複数の降雪雲から構成される降雪システムの形成・維持・衰退過程；メソスケール：降雪雲同士の相互作用；対流スケール：個々の降雪雲の構造と対流セルの形成過程等を明らかにすることが重要である。

過去、石狩平野では1台のドップラーレーダーや複数台のドップラーレーダーを用いた豪雪集中観測が行われ、バンド雲の維持過程と相互作用 (Fujiyoshi et al. 1998; Yoshimoto et al. 2000) などが明らかになり、またメソ渦のエナジェティックスを世界で初めて観測データを用いて解明することにも成功した (Kawashima and Fujiyoshi 2005)。この他、日本海上に出現する降雪雲の発達要因と構造については、航空機観測や数値モデル、ドップラーレーダー観測に基づいて解明が進んできた (Yamada et al. 1994; Yamada et al. 1996; Yoshihara et al. 2004; Inoue et al. 2005; Ohtake et al. 2009; Yamada et al. 2010)。合わせて、本研究の代表者(山田)と分担者の一人(藤吉)は、風解析のためのソフトウェア群の開発を行い、解析手法のノウハウを蓄積してきた。MUSCAT法 (Bousquet and Chong 1998; Yamada 2013) による風解析の方法は、基線上やその周辺であっても精度良い3次元気流構造が解析できるため、この方法を用いることで札幌市を含む石狩平野から石狩湾上までの広い範囲の風場を算出することが可能になる。

上述の解析技術の進展によって、当時に比べて格段に精度の良い時間・空間的に高分解能データが作成できるようになった。また、計算機の進歩に伴って、高解像度の数値モデルの実行とモデルの高度化・精緻化が行えるようになってきている。気象庁の札幌レーダーや新千歳空港レーダー、2台のX-MPレーダー(石狩と北広島に設置)によって観測されるドップラー速度を用いることで、石狩平

野に出現する降雪雲内の3次元気流構造が空間解像度 0.5 km - 1 km 程度、時間解像度が数分から 10 分間隔で常時解析できる環境が整う。さらに、本研究で新たに導入する Ku バンドレーダー(波長約 2 cm)は、ビーム幅が 3° と比較的広いものの、動径方向には最大で 8 m 程度のきわめて高い分解能で反射強度とドップラー速度とを取得可能である。しかも、仰角 0 度から 90 度までの 3 次元走査をわずか 1 分で完了できる。このような高速の Ku バンドレーダーを用いることで降雪雲内の微細構造の時間変化を約 1 分間隔で、しかも数十メートル程度の超高解像度で探知可能となる。このような最新鋭の観測機器は、これまで探知できなかった対流スケールまでの降雪雲の構造の解析を可能にしている。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、個々の降雪雲の構造(対流スケール)から降雪雲間の相互作用(メソスケール)降雪システムの構造(メソスケール)及び大雪をもたらす環境場の特徴(メソスケール)を連携させて総合的に解析することで、数日から数分の時間スケールの降雪雲の動態を明らかにし、かつ吹雪をもたらすスノーバーストなどの地上強風の発生過程や時には竜巻に似た旋風の発生機構の解明も行うことを目的とする。

## 3. 研究の方法

大雪や突風について、さまざまなスケールの観点から解析を行う。大雪発生時のメソスケールの解析は、客観解析や現業的データと雲解像度のモデルなどを用いて解析を行う。メソ～スケールでの降雪雲内の3次元気流構造はマルチドップラーレーダー解析によって算出する。Ku バンドレーダー観測によって、時間空間的に超高解像度で降雪雲の時間発展を解析し、降雪雲内での降雪過程やスノーバーストなどの突風形成過程を解析する(対流スケール)。雲解像数値モデルを用いて、大雪時の降雪雲のシミュレーションを実施し、観測結果と相互に補完しつつ、大雪をもたらす降雪の動態や突風形成機構を考察する。さらに、X バンド MP レーダーから降雪量の面的な分布を精度よく見積もるための方法を検討する。また、沿岸部と内陸部での雲の特性の違いを明らかにするために、降雪粒子や気象場の地上移動観測を実施する。この他、北海道大学低温科学研究所において、通常の気象測器に加えて、船舶レーダーと降水粒子計、大気電場計、イオンカウンタによる観測を実施した。

## 4. 研究成果

降雪雲についてメソ～及び対流スケールでの解析を行い、下記の(1)～(5)にまとめられたように降雪雲の動態に関する多くの成果が得られた。特に、本研究では複雑地形上

でのマルチドップラーレーダー風解析システムを日本で初めて開発した。この開発によって、現在のマルチドップラーレーダー解析システムは、世界のトップレベルと比較しても遜色のないものとなっている。今後、この解析システムは、降雪雲や降水雲の構造の研究だけでなく、国土面積の約 70%を山地が占める日本において降雪雲・降水雲と地形との相互作用の解明に大きく貢献することが期待できる。

#### (1)Ku バンドレーダーデータによる対流スケール構造の解析

対流スケールでの降雪雲の構造を明らかにするために、Ku バンドレーダーを北海道電力総合研究所（北海道江別市）の屋上に設置して、観測を実施した。時間的空間的に高解像度の Ku バンドレーダー解析の結果、下記のこと明らかになった。

降雪雲の 3 次元構造の時間変化は非常に速く、比較的強い降雪を地表にもたらしてから、約 10 分以内に衰退してしまうこと。

降雪雲による降雪域の幅はおよそ 100 m ~ 1 km であること。対流活動が活発な降雪雲内では降雪強度の強い領域の水平スケールが大きくなる傾向があり、約 1km であった。一方、対流が弱いと考えられる降雪雲では、比較的強い降雪強度の領域の水平スケールは、ほとんどが数百 m 以下であった。

雲の上部に強い反射強度が出現して、短時間に下層に落下してくること。反射強度の強い領域が約 1 分間の間に数百 m 落下しているように見える場合が多く解析された。あられや雪の落下速度からは落下が早すぎるように見える。

上空に存在する比較的強い反射強度が、降雪粒子の落下速度よりも速く地表に到達しているように見えるのは、雲内の下降流による可能性がある。この点については、今後さらに解析を進めることが必要である。

降雪雲の鉛直断面内の反射強度の構造から、降雪強度の強い領域の水平スケールは 1 km 以下であることが多かった。このため、水平解像度が 1 km 程度のマルチドップラー解析では、降雪雲内の鉛直流がある程度平滑化されて算出されている可能性がある。事実、下記(2)に述べるように、マルチドップラー解析（水平解像度 1 km）において、大雪時とそうでない時の降雪雲内の上昇流の大きさには顕著な違いが見られなかった。

Ku バンドレーダー観測の結果は、数値モデルで降雪雲を表現しようとする場合に、水平解像度は 100 m 程度まで高解像度化する必要があることを示唆している。降雪の予測精度を向上させるためには、微物理モデルの高度化と合わせて数値モデルの解像度の向上が必要であろう。

降雪雲内の反射強度の構造だけでなく、Ku バンドレーダーのドップラー速度データから、VAD 法によって水平風の鉛直分布を鉛直解像度およそ 1 m で算出して詳細に解析し、

大雪や地上での強風との対応を調べた。下層風と地上での強風との対応には明瞭な対応はみられず、地表から約 300 m 上空に強いジェットのような風が吹いている場合でも、地上では強い風は吹いていないことがあった。

#### (2)マルチドップラーレーダー解析による降雪雲のメソ ～ スケール構造

札幌レーダーと新千歳空港レーダーを用いた MUSCAT 法によるデュアルドップラーレーダー解析によって、札幌に大雪をもたらすような降雪雲内のメソ ～ スケールでの気流構造の特徴を調べた（水平解像度 1 km）。この解析手法によって算出される風速 3 成分を精度よく算出するためには、適切に品質管理されたドップラー速度データを用いることが必須である。このために、効率良く品質を行うことができる高性能の新たな手法を開発した。

水平解像度 1 km では、大雪時とそうでない時の降雪雲内での上昇流の大きさには顕著な違いが見られず、いずれの場合でも最大で数  $\text{m s}^{-1}$  の大きさであった。また、反射強度の大小は、大雪時とそうでない時にあまり関係が無いように見えた。しかし、大雪時（札幌での 24 時間降雪量が 20 cm 以上の場合）には下層（高度 1 km 以下）では北寄りの水平成分が比較的強く、上空では北西の風が卓越しており、鉛直シアが比較的強いことがわかった。これに対して、大雪ではない時には鉛直シアは弱く、下層から上層までほぼ北西の風となっていた。

以上の結果は、下層の北風が札幌の南に位置する山地に衝突することで降雪雲に影響していることが示唆される。このため、複雑地形上での鉛直流を考慮するデュアルドップラーレーダー解析を行った。札幌に大雪をもたらした L-mode のバンド状降雪雲の場合、海上や石狩平野上ではロール状循環と同様の軸対象な気流構造が解析されていたが、南側の山地に近い平野上や風上斜面上では、軸対象な循環が崩れて、地形による強制上昇流の存在が確認できた。また、地形性上昇流に伴って、反射強度の強い領域が風上斜面上に

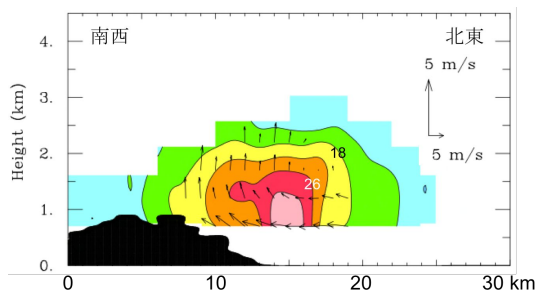


図 1 2014 年 12 月 15 日に札幌に大雪をもたらしたバンド状降雪雲の 1725 JST での鉛直断面内の構造。矢印は、降雪雲の動きに相対的な水平風と鉛直流のベクトル表示。陰影は反射強度(dBZ)である(4-dBZ ごと)、黒塗りの部分は地形。

現れているように見える構造が解析された(図1)。札幌に大雪を降らせた T-mode 降雪雲の場合にも、小樽市の北に位置し海に突き出ている地形によって迂回させられた下層の季節風が札幌付近で北寄りの風と収束を生じたり、石狩湾から吹きつける下層の北風が石狩平野の南の山地と衝突して地形性上昇流を生じたりすることで、背の低い降雪雲が比較的長い時間維持されていたことが札幌に大雪をもたらした一因と考えられる。以上の結果は、札幌での大雪には地形が大きく影響している可能性を示唆している。

石狩湾小低気圧を対象としたデュアルドップラーレーダー解析から、小低気圧による豪雪が始まる時間帯に札幌と小樽の間の海岸付近において北西風と北風の収束が存在していた。この収束域を中心に反射強度の強い地域が札幌から南東方向の地域に広がっていたことが解析された。

石狩湾小低気圧が通過したことで発生した札幌での突風現象を石狩や北広島で運用されている X-MP レーダーのドップラー速度を用いて解析した結果、高度 0.5 km での風をモニターすることで、突風域の監視が可能であることが示された。

以上のような気流構造の解析の他に、石狩と北広島での X-MP レーダーを利用して、降雪量を精度よく見積もるための基礎調査の一環として、降雪粒子の水平移動や雪片とあられ混在時の反射強度(Z)と反射因子差(Zdr)の高度別頻度分布などの解析を行った。

本研究期間内では、石狩と北広島で運用されている X-MP レーダーのドップラー速度は空間的な平滑化処理が行われているようで、降雪雲の対流に伴う速度情報がほとんど消失していることがわかった。このような速度データの状況が改善されれば、これらのレーダーと札幌・新千歳レーダーを組み合わせたマルチドップラーレーダー解析によって、より高い空間解像度で降雪雲のメソ～スケール構造を明らかにすることが可能になり、降雪雲や降雪雲に伴う突風の実態の解明に大きく貢献するであろう。

(3) 降雪雲の再現性の向上と降雪予測の改善に向けた微物理モデルの開発

氷相(雲氷、雪、あられの3種類)の混合比と数濃度を予測するバルク微物理モデルを新規に開発して、気象庁非静力学モデル(JMA-NHM)のオプションの一つとして組み込み、現行モデルとの比較実験を行い、新しいモデルの性能を評価した。新モデルでは、現行モデル内の多くの過程をより精緻化・高度化した。主な改良点は下記のとおりである。

雲氷や雪、あられは、ガンマ分布に従うものと仮定した。現行は、逆指数分布しか扱えない。

非球形の雲氷や雪、あられを扱えるようにモデル化した。

雲氷から雪への変換では、雲氷の中の粒径の大きな部分が雪に変換されるとした。これ

に対して現行モデルでは、雲氷の混合比があらかじめ定められたしきい値を越えた部分に比例して雪に変換されるモデルが採用されている。

雲氷どうし及び雪どうしの併合計算では、厳密式を用いるように変更した。

あられ発生過程では、雲氷や雪のライミングによって、これらの密度が変化することに基づくモデルを採用した。

水平解像度が 5 km と 1 km のモデルによって、新しいモデルと現行モデルの比較実験を行った。比較の結果、ほとんどの場合に新モデルの方が降雪分布をよりよく表現していることが確認できた。特に、新しいモデルによって、現行モデルでは再現性が不十分であった事例のほとんどで、予測が明瞭に改善された。また、この改善には、上記の効果の寄与が比較的大きいことがわかった。しかし、ある事例では微物理モデルの違いが降雪域の予測に大きな違いを生じることがなく、モデルの水平解像度を 0.25 km まで向上させると、レーダー観測と同様な降雪域が再現されるようになった。したがって、降雪予測の改善には微物理モデルの高度化とモデルの高解像度化の両方が必要であることが明らかになった。

地上降雪に占める雪とあられの割合を適切に表現することは現在でも非常に難しい課題である。石狩平野上の筋状降雪雲について、光学式降水粒子計(2DVD)によって観測された地上でのあられと雪片の数濃度を解析し、水平解像度 250 m の JMA-NHM によるモデル実験結果と比較を行った。微物理モデルは現行のものを用いている。モデルによる降水量の再現性は良好であったにもかかわらず、モデルでは雪片が卓越しており、あられ数濃度が観測の 10~100 分の 1 程度とかなり少なかった。雪とあられの割合は、雲の微物理モデルの妥当性を示す重要な指標の一つであるので、今後も微物理モデルの開発と高度化を進めていくことが重要である。

(4) メソ スケールのポーラーローに関する数値実験

メソ スケールの低気圧であるポーラーローは大雪や突風を伴うことがあるため、北海道周辺の領域に着目して、領域大気モデル WRF を用いて 1982/83 年から 2011/12 年の冬季(12月~3月)30年分について 20 km メッシュの数値実験(現実再現実験)及び海氷や地形の条件を変えた各種感度実験を行った。それらの実験出力データからポーラーローの位置と経路を抽出することで、ポーラーローのデータセットを作成し、実験結果を詳細に解析した。

海氷面積を広げた実験や極東の山脈を除去した感度実験では、南進するポーラーローで発生数が減少したのに対し、東進するポーラーローには大きな変化が見られなかった。総観場の解析から、南進するポーラーローは東進するポーラーローに比べて中心気圧が

高く低気圧の勢力が弱いことが分かった。このため、南進するポーラーローは海水面積や地形などの下部境界条件に敏感であることが示唆される。

海水面積は、背の低い構造を持つ南進するポーラーローに対して強い影響を与えており、海水面積が小さいほど中程度の強度を持つポーラーローが増加することが分かった。極東のシホテアリニ山脈の存在も同様に中程度の強度のポーラーローの発生数を増加させることが分かった。しかし、山脈がなかったとしても、南進するポーラーローは半減程度にとどまることから、山脈は発生と発達を促進する効果はあるものの、すべての事例に対しての十分条件ではないことが分かった。このように同一海域で発生するメソスケール低気圧であっても、その発生や発達には多様な過程が異なる強さで寄与していることが明らかとなった。

#### (5) 降雪雲に関するその他の成果

地上での降雪粒子の移動観測を用いた解析によるバンド状降雪雲の解析

石狩平野を横切り、岩見沢市に到達して大雪をもたらすようなバンド状降雪雲(4例)について、これらのバンドを横断する方向に移動しながら降雪粒子の粒径分布(観測機器名:パーシベル)や降雪粒子、熱力学的構造などを観測した結果、日本海から内陸に進入した降雪雲が内陸で再発達することで内陸部に豪雪をもたらしていることが新規に解明された。

時間空間的に高解像度レーダーで捉えた陸風時と季節風時における札幌での雪の降り方の違い

時間空間的に高解像度の船舶レーダー観測から、陸風時と季節風時では札幌での雪の降り方が全く異なることが明らかになった。季節風時は、風上の石狩湾上の降雪雲で形成された雪が下層ジェットによって風下側に新たに雪雲を発生させながら、海岸から札幌市街まで地面に積もった雪を巻き上げて侵入する。その結果、厚さ500mにも達する吹雪となり悪視程をもたらす。一方、陸風時には札幌市内の冷氣流の上を、相対的に暖かく湿った空気が上昇することによって雪雲が発生するため、地表では静穏で大きな雪片が静かに降り積もる。

レーダーと地上観測データを用いた降雪形成過程と電氣的活動度の関係の解明

どのような降雪雲や降雪粒子が形成された時に電氣的に活発であるかを明らかにすることを目的として、近年の落雷データを用いて北海道および札幌周辺の冬季の落雷頻度(回数)を調べ直した。

レーダーエコー頂高度と-10高度の関係を道本(1989)の結果と比較したところ、札幌で冬季雷が少ない理由は、-10高度が1.8km以下の低い位置にあり、電荷分離が十分に行われないことが原因であったと考えられる。一方、エコー頂高度と-10高度の差(す

なわち電荷発生領域の厚さ)と地上電場の振幅の大きさの関係を調べたところ、高度差が1km以上になると電場は急激に正負に大きく振れ始め、それ以下では負電場が発生しないことも分かった。-10高度の上空1kmは気温では-15℃に対応し、従来使われていた-10℃よりも-15の方が雲内の電荷発生により良い指標である可能性が示された。さらに降雪強度が大きいほど電界強度も大きい傾向が見られ、またシングルセル型よりもマルチセル型の方が電氣的に活発な傾向があった。これらのことは、単に気温と上昇流の強さという以外に、雲の中でいかに効率良く降雪形成(粒子同士の相互作用)が行われるかということも雲の電氣的活動度に重要であることが分かった。

#### (6) おわりに

本研究によって、札幌やその周辺での降雪雲に関してメソ～、対流スケールの現象について多くの新しい知見が得られた。しかし、札幌やその周辺での大雪や突風をもたらすような降雪雲については解明されていない点はまだ数多く残っている。Kuバンドレーダー観測から明らかになったように、降雪雲の空間スケールは100m程度と小さく、時間変化も数分と速い。このような特性の降雪雲による大雪発生や突風を解明し、これらの定量的な予測を向上させるためには、少なくとも高解像度の観測と数値モデルの両方が不可欠である。数値モデルによって降雪雲を適切に表現するためには、微物理モデルの高度化と高解像度化が要求される。この他、降雪強度の実況監視や数値モデルによる降雪予測の検証にとって重要な、X-MPレーダーデータから降雪強度を精度よく見積もる方法の開発も途上である。今後も引き続いて降雪雲についてさまざまな空間スケールの視点から研究を継続していくことが是非とも必要である。

#### 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5件)

Yamada, Y., Development of a two-moment three-ice bulk microphysical model for ice, The 2016 WGNE Blue Book. 査読無し, Vol. 4, 2016, 11-12, [http://www.wcrp-climate.org/WGNE/BlueBook/2016/documents/Sections/BB\\_16\\_S4.pdf](http://www.wcrp-climate.org/WGNE/BlueBook/2016/documents/Sections/BB_16_S4.pdf)

大屋 祐太、北野 滋和、山田 朋人、ドップラーレーダを用いた降雪の水平移流に関する検討、平成28年度土木学会北海道支部論文報告集、査読無し、73巻、2016、B-09。

Mori, K. and T. Sato, Evaluating the role of snow cover in urban canopy layer on the urban heat island in Sapporo, Japan with

a regional climate model. J. Meteor. Soc. Japan, 査読有り、2015, pp.581-592, <http://dx.doi.org/10.2151/jmsj.2015-039>

鈴木 章弘、山田 朋人、XバンドMPレーダと地上雨量計の降雨検知時間差を利用した降水量の再推定、土木学会論文集G(環境) 査読有り、2015、pp. 257-262

〔学会発表〕(計 25 件)

山田 芳則、ドップラーレーダーによる複雑地形上での風解析、日本気象学会 2017 年度春季大会、2017 年 5 月 25 日、国立オリンピック記念青少年総合センター(東京都・渋谷区)

Sato, T., and K. Tamura, How strongly is polar low genesis around north Japan influenced by earth surface forcing?, AGU Fall Meeting, 2016 年 12 月 13 日、San Francisco (USA)

南雲 信宏、NHM の筋状降雪雲の雪片・あられの再現性について、平成 28 年度日本気象学会東北支部気象研究会、2016 年 12 月 5 日、仙台第 3 合同庁舎(宮城県・仙台市)

Yamada, Y., Development of a two-moment three-ice bulk microphysical model for ice, Nonhydrostatic Modeling Workshop (NHM) 2016、2016 年 12 月 2 日、ザ・プリンス箱根芦ノ湖(神奈川県・箱根町)

山田 芳則、石狩平野における大雪発生時の降雪雲や気流の特徴、日本気象学会 2016 年度秋季大会、2016 年 10 月 28 日、名古屋大学(愛知県・名古屋市)

田村 健太、佐藤 友徳、領域気象モデルを用いた海面水温操作実験における冬季北海道西岸沖に発生するポーラーローの応答、日本気象学会 2015 年度秋季大会、2015 年 10 月 30 日、京都テルサ(京都府・京都市)

山田 芳則、藤吉 康志、超高解像度レーダーで観測された季節風時と陸風時の降雪の違いに関する数値実験、日本気象学会 2015 年度秋季大会、2015 年 10 月 28 日、京都テルサ(京都府・京都市)

佐藤 友徳、田村 健太、北海道西岸沖におけるポーラーローの発生メカニズムに関する感度実験、雪氷研究大会、2016 年 10 月 1 日、名古屋大学(愛知県・名古屋市)

山田 芳則、牛尾 知雄、藤吉 康志、Kuバンドレーダーによる降雪雲の観測、日本気象学会 2016 年度春季大会、2016 年 5 月 18 日、国立オリンピック記念青少年総合センター(東京都・渋谷区)

山田 芳則、dual-PRF 速度データの効率良い効果的な品質管理方法、日本気象学会 2015 年度春季大会、2015 年 5 月 23 日、つくば国際会議場(茨城県・つくば市)

Sato, T., Regional precipitation variability associated with mesoscale topography and SST patterns. - Case studies in south Asia and north Japan -, Asian monsoon hydroclimate - Review of MAHASRI and beyond -, 2015 年 3 月 4 日、名古屋大学(愛知県・名古屋市)

〔図書〕(計 1 件)

藤吉 康志(分担執筆) 低温科学便覧、2015、pp.218、丸善出版

〔その他〕

ホームページ等

[http://earth-fe.eng.hokudai.ac.jp/tomohito/Kaken\\_Snow/Kaken\\_Snow.htm](http://earth-fe.eng.hokudai.ac.jp/tomohito/Kaken_Snow/Kaken_Snow.htm)

出版済みの本研究の成果報告書はこのホームページで公開している。報告書の印刷用原稿ファイル(PDF形式)はダウンロードできるようにになっている。

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

山田 芳則(YAMADA, Yoshinori)  
気象庁気象研究所予報研究部・室長  
研究者番号：80553164

### (2) 研究分担者

佐藤 友徳(SATO, Tomonori)  
北海道大学工学部・准教授  
研究者番号：10512270

山田 朋人(YAMADA, Tomohito)  
北海道大学工学研究院・准教授  
研究者番号：10554959

南雲 信宏(NAGUMO, Nobuhiro)  
気象庁気象研究所気象衛星・観測システム研究部・研究官  
研究者番号：30624960

藤吉 康志(FUJIYOSHI, Yasushi)  
北海道大学低温科学研究所・名誉教授  
研究者番号：40142749

牛尾 知雄(USHIO, Tomoo)  
大阪大学工学研究科・准教授  
研究者番号：50332961

### (3) 研究協力者

原 旅人(HARA, Tabito)  
気象庁 予報部 数値予報課