

研究プロフィールシート（中間評価）

研究課題名：大気の物理過程の解明とモデル化に関する研究

（副課題1）高解像度非静力学モデルによる激しい気象現象の再現性向上

（副課題2）接地境界層における乱流輸送スキームの精緻化

（副課題3）雪氷圏の監視・変動要因解明とその基盤技術の開発

（副課題4）積雲対流スキームのグレーズン対応と雲・放射スキームの精緻化

（副課題5）エーロゾル・雲・降水微物理の素過程解明と微物理モデルの開発

研究期間：令和元年度～令和5年度（5年計画第3年度）

研究費総額：272,406千円（総額）

研究代表者：山田 雄二（気象予報研究部長）

研究担当者：

（副課題1）

副課題代表者（気象予報研究部 第一研究室長）：

山田 芳則（令和元年度）、藤田 匡（令和2～3年度）

担当研究者：

〔気象予報研究部〕林 修吾、橋本 明弘、渡邊 俊一

〔気象観測研究部〕山田 芳則（令和2年度）

〔台風・災害気象研究部〕和田 章義、小野 耕介（令和元～2年度）

（副課題2）

副課題代表者（気象予報研究部 第三研究室長）：毛利 英明

担当研究者：

〔気象予報研究部〕北村 祐二（令和元年度）、水野 吉規、守永 武史、
安齋 太朗（令和2～3年度）

「併任：数値予報課」米原 仁、草開 浩

（副課題3）

副課題代表者（気象予報研究部 第四研究室長）：大河原 望

担当研究者：

〔気象予報研究部〕庭野 匡思、谷川 朋範

〔気候・環境研究部〕保坂 征宏

（副課題4）

副課題代表者（気象予報研究部 第二研究室長）：中川 雅之

担当研究者：

〔気象予報研究部〕川合 秀明、長澤 亮二

〔全球大気海洋研究部〕吉村 裕正、新藤 永樹

〔台風・災害気象研究部〕和田 章義

（副課題5）

副課題代表者（気象予報研究部 第五研究室長）：

財前 祐二（令和元～2年度）、折笠 成宏（令和3年度）

担当研究者：

[気象予報研究部] 財前 祐二（令和3年度）、折笠 成宏（令和元～2年度）、
田尻 拓也、橋本 明弘

[全球大気海洋研究部] 足立 光司、梶野 瑞王

[応用気象研究部] 川端 康弘

研究協力者：(氏名・機関)

伊藤 純至・東北大学

大竹 秀明・産業技術総合研究所（令和元年度）

宇野 史睦・産業技術総合研究所（令和元年度）

萩野谷 成徳・元気象研究所

小野木 茂・元気象研究所（令和元年度）

西澤 誠也・理化学研究所（令和元年度）

青木 輝夫・国立極地研究所（令和元～2年度）

島田 利元・宇宙航空研究開発機構

村上 正隆・名古屋大学宇宙環境研究所

1. 研究の背景・意義 ※現状、問題点、研究の必要性及び緊急性についても記載 (社会的背景・意義)

近年、集中豪雨や台風等による被害が相次いで発生しており、また雨の降り方が局地化、集中化、激甚化していることから、国土交通省では平成27年1月、「新たなステージに対応した防災・減災のあり方」をとりまとめた。これを受けて、交通政策審議会気象分科会では、防災・減災のためにソフト面から気象庁が取り組むべき事項を審議し、平成27年7月に「新たなステージ」に対応した防災気象情報と観測・予測技術のあり方を、気象庁への提言としてとりまとめた。この中では、新たなステージに対応できるよう、おおむね10年先を見据えた観測・予測技術の高度化が求められている。

引き続いて同分科会では、上の提言のフォローアップとして、平成30年8月に「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」という、気象庁への提言をとりまとめた。ここでは「現在の気象状況から100年先まで、社会ニーズに応じた観測・予測の高精度化」が目標として掲げられており、「社会的ニーズに応じた観測・予測」の具体例として集中豪雨、台風、季節予報、温暖化予測があげられている。

これらの予測の基盤技術は数値予報モデルであり、予測精度の向上には数値予報モデルの改善が必要である。数値予報モデルは大気の運動や状態変化のシミュレーションであるから、大気の様々な物理プロセスの再現性がその予測精度を大きく左右する。

(学術的背景・意義)

集中豪雨や短時間強雨、突風などの激しい気象現象は一般的に時間空間スケール

が小さく、積乱雲が関与していることが多い。したがって、これらの現象の予測精度を向上させるためには、積乱雲を精度良く再現する高解像度の非静力学モデルを開発していくことが求められている。気象研究所では高解像度化が予測精度に与える影響を調べてきたが、必ずしも高解像度化が予測精度向上に結びつくわけではないことが分かっている。これは「グレーゾーン問題¹⁾」がその一因である。したがって、モデルの高解像度化に伴う問題点を精査し、それを解決するための新たな物理過程スキームを提案することは、今日のモデル開発における国際的な課題となっている。

エアロゾルは、降水に影響を与える雲形成プロセスにおいて、雲核 (CCN)、氷晶核 (IN) として作用し、また放射を直接的に散乱・吸収する。これらのエアロゾルのプロセスは現在の予報モデルでは考慮されていないが、雲の出現特性や降水、放射過程の予報精度を高めるためには、将来的に重要性が増すと考えられる。特に IN や光吸収性の粒子については未解明部分が多い。そのため、地上モニタリング観測による IN 数濃度の変動特性や、実際に大気中で IN として働くエアロゾル粒子、黒色炭素やブラウンカーボンなど光吸収性粒子の物理化学特性の把握は重要である。また現実のエアロゾルの多くは内部混合であり、その特性について基礎的な研究が必要である。これまで気象研究所では連続モニタリングや雲生成チェンバー実験、顕微鏡的手法による粒子解析で各種エアロゾルの IN 能、CCN 能、物理化学特性を調査し、それらを基にボックスモデルの構築を行ってきたが、これをさらに継続発展させ、数値予報モデルの中でエアロゾルの影響を考慮できるようにする必要がある。

台風は、広範な領域に局地的な豪雨や強風をもたらして甚大な災害を発生させる場合がある。このような被害を軽減するためには、単に台風の進路を予測するだけでなく、台風による雨や風の予測を改善することが重要となる。このためには、広域で運用できる高解像度モデルを開発し、その利用可能性を検討する必要がある。気象研究所では現業モデルのための境界層過程を作成し、さらに運動量や顕熱の地表面フラックス評価法を改良して実装してきた。世界的には、過去数年間で中立な接地境界層の相似則について理解が進展した結果、次の課題として安定・不安定成層における相似則や粗度の取り扱いを再検討し、その成果を Large Eddy Simulation (LES) や気象モデルに取り込む機運が高まっている。現在の気象庁のモデルによる地上気象予測は、特に強安定・強不安定で精度が高くないので、平成 30 年夏季のような災害的な猛暑を適切に予測するために接地境界層過程を精緻化する必要がある。

季節予報や地球温暖化予測に用いられる全球モデルの改善のために、これまで層積雲スキームや積雲対流スキームの改良に取り組んできた。長期の予測では放射収支が重要な役割を果たすことを踏まえると、さらに部分雲の表現や放射のアルゴリズムを精緻化する必要がある。また、雪氷圏はアイスアルベドフィードバックのもと、気候変動に対して脆弱であることを踏まえ、これまで測器の開発や継続的なモニタリング、および、積雪物理モデルの構築を行ってきた。モニタリングを継続す

¹⁾物理過程パラメタリゼーションを必要とする現象とそうでない現象が混在する解像度ではパラメタリゼーションの適用方法が難しく、予測精度が上がらない問題。

るとともに、数値予報モデルにおける雪氷面と大気との相互作用を精緻化することが重要である。

(気象業務での意義)

上記の提言を踏まえて、気象庁では「2030年に向けた数値予報技術開発重点計画」を策定し、平成30年10月に公開した。ここでも、主たるターゲットは集中豪雨、台風、2週間から半年程度先までの予測（社会経済活動への貢献）、温暖化への適応策である。上に述べたとおり、数値予報技術の改善の根幹には、個々の物理プロセスの再現性向上がある。

2. 研究の目的

(全体)

観測や実験と数値シミュレーションを組み合わせることで大気の種類物理過程を解明し、それを数値予報モデルに反映させることによって、集中豪雨、台風の予測、季節予報、地球温暖化予測に用いられる数値予報モデルの予測精度を向上させる。

(副課題1) 高解像度非静力学モデルによる激しい気象現象の再現性向上

高解像度非静力学モデルにより局地的な激しい現象の再現性を向上させる。このモデルを広領域で実行して、フィリピン域や北西太平洋域での降水量や風の予測精度を向上させる。

(副課題2) 接地境界層における乱流輸送スキームの精緻化

気象庁現業領域モデル (asuca) の接地境界層過程を精緻化して地上気象予測の精度を改善する。

(副課題3) 雪氷圏の監視・変動要因解明とその基盤技術の開発

放射伝達理論等の物理過程に基づき、雪氷面の観測を行い、雪氷圏変動の実態把握を行う。その状態変化に係るモデル化を進め、予測精度向上に寄与する。

(副課題4) 積雲対流スキームのグレーゾーン対応と雲・放射スキームの精緻化

数値予報モデルの積雲対流、部分雲、放射スキームを精緻化し、予測精度向上に寄与する。

(副課題5) エーロゾル・雲・降水微物理の素過程解明と微物理モデルの開発

エーロゾルの物理化学特性を解明し、また、雲の生成から降水に至る物理過程を精緻化することにより、降水や放射の予測精度向上に寄与する。

3. 研究の目標

(全体)

現業数値予報モデルで使用されている各種物理過程の問題点を明らかにし、有効な改善方法を提案する。あわせて、モデルの高解像度化と領域モデルの広域化について利用可能性を評価し、次世代の現業数値予報モデルの仕様に係る指針を得る。

(副課題1) 高解像度非静力学モデルによる激しい気象現象の再現性向上

高解像度モデルの予測精度の解像度依存性について評価して問題点を抽出し改善の方策を示すとともに、高解像度モデルに適した力学フレームを検討する。広領域で実行可能な高解像度領域モデルを開発し、台風による局地的な降水や風の予測精度を評価して問題点の抽出と改善のための方策を示す。また、他副課題で得られた物理過程改良の成果を現業数値予報モデルを用いて総合的に確認し、予報精度向上にかかる改善の提案を目指す。

(副課題2) 接地境界層における乱流輸送スキームの精緻化

接地境界層における運動量・熱などの乱流輸送の特性を①数値計算②風洞実験③野外観測から明らかにする。得られた知見を総合的に検討して気象庁領域モデル(asuca)に接地境界層過程として実装されている乱流輸送スキームを精緻化し、副課題1と連携して、数値予報におけるインパクトを確認する。

(副課題3) 雪氷圏の監視・変動要因解明とその基盤技術の開発

観測のための測器等を開発・整備しつつ、地上観測・試料分析を継続して高精度な長期監視を行うとともに、未だに十分な理解が進んでいない雪氷の物理過程の解明を行う。これを衛星リモートセンシングアルゴリズムの開発・改良に活かし、時空間的に連続的かつ広域にわたる、量的・質的な雪氷圏監視を行う。また、積雪モデルや海水モデルの開発・改良を進め、これらを大気モデルに結合させることで大気と雪氷面の相互作用を精緻化し、雪氷面の状態変化に係る予測精度を向上させる。

(副課題4) 積雲対流スキームのグレイゾーン対応と雲・放射スキームの精緻化

メソモデルによる顕著現象などの予測精度向上や、将来の全球モデルの水平高解像度化に向け、水平格子間隔約10kmからそれ以下のグレイゾーンに対応した積雲対流スキームを提案する。また、格子内の部分雲の表現を改善、および、雲が放射に及ぼす効果を改善するなど雲・放射全般の改善を図る。これらに関連する課題・副課題と連携し、研究成果を数値予報モデルに適用して、予測精度を向上させる。

(副課題5) エアロゾル・雲・降水微物理の素過程解明と微物理モデルの開発

電子顕微鏡による大気エアロゾル粒子の個々のレベルでの分析により、存在状態や物理化学特性などを明らかにする。また、雲生成チェンバー等の装置を用いた実験、各種大気エアロゾルのモニタリング観測、新たに開発する詳細微物理モデルによる数値実験の結果を用いて、CCN能、IN能の定量的なモデル化を進める。さらに航空機観測データ等も用いて、雲・降水プロセス全般について検討を行い、3次元モデル用の新たな雲物理モデリングの提案を行い、降水や放射予測精度向上に向けた改善点を明らかにする。

中間評価時の到達目標

(副課題1) 高解像度非静力学モデルによる激しい気象現象の再現性向上

- ・局地的大雨・大雪や風を中心として、高解像度非静力学モデルの予測精度や現象の再現性に関する解像度依存性に関する知見が得られていること。必要に応じて物理過程の新しいモデルの導入を図り、その効果の評価が可能になっていること。
- ・フィリピンやその周辺及び北太平洋を含む広い領域での高解像度領域モデルの実行が可能になっていること、及び降水の予測精度の評価に着手していること。

(副課題2) 接地境界層における乱流輸送スキームの精緻化

- ・接地境界層における乱流輸送の特性について見出した新たな知見に基づいて、乱流輸送スキーム改善の方向性が明らかになっていること。

(副課題3) 雪氷圏の監視・変動要因解明とその基盤技術の開発

- ・札幌等における冬期の地上観測・試料分析が着実に実施されていること。
- ・上記観測・分析結果等を活かし、雪氷の物理過程の解明が進捗していること。リモートセンシングアルゴリズムや積雪・海氷モデルに対して、雪氷の物理過程に係る得られた知見の導入が図られていること。
- ・日本周辺および極域での領域モデル計算を実施し、地球システムモデルの結果とともにその検証が行われていること。それを踏まえたモデルの改良が図られていること。

(副課題4) 積雲対流スキームのグレーゾーン対応と雲・放射スキームの精緻化

- ・積雲対流スキーム：グレーゾーンに対応した積雲対流スキームの概念モデルを構築し、実装して理想環境や鉛直1次元モデルにより挙動を確認する実験が行われていること。3次元モデルでの単発実験と事例調査、従来の積雲対流スキームとの比較が着手されていること。
- ・層積雲スキーム：様々な状況でのモデルの表現が確認されていること。浅い対流や境界層スキームの改良と組み合わせる必要があるかどうかの確認が行われていること。
- ・放射スキーム：雲の水平非一様性の効果とより精緻な雲オーバーラップ等を実現する仕組みを構築し、放射計算に実装して理想実験を行うことで、その挙動が確認されていること。3次元モデルでの動作確認が着手されていること。

(副課題5) エーロゾル・雲・降水微物理の素過程解明と微物理モデルの開発

- ・顕微鏡、バーチャルインパクト等を用いて実大気で有効な IN を調査する実験手法が確立されていること。
- ・内部混合粒子の発生方法を確立し、CCN 能・IN 能測定実験が実施されていること。主な大気エーロゾル粒子の CCN 能・IN 能を高精度に表現する、詳細雲降水微物理モデルを開発し、実験結果との比較が行われていること。
- ・透過型電子顕微鏡、走査型電子顕微鏡、温湿度制御チャンバー付光学顕微鏡を用いた、エーロゾルの大気反応や温度湿度変化時の物理化学特性分析に関する手法が確立されていること。
- ・エーロゾルの個別粒子解析の結果を参考にして、現実に近いエーロゾルパラメータの定式化及び妥当性確認が行われていること。様々な物理的パラメータについて従来法による計算結果との違いが明らかになっていること。

4. 研究成果

(1) これまで得られた成果の概要

(副課題1) 高解像度非静力学モデルによる激しい気象現象の再現性向上

① 系統的实验による予測精度のモデル解像度依存性の検証

- ・気象研究所スパコン更新に伴い、新スパコンでの NHM による実験環境を再構築し、

実行性能調査を行った。また、新たに気象庁の現業モデル asuca の実験環境整備を T 課題と連携して行い、実行性能を調査した。NHM、asuca について、研究用途での入力データへの対応機能の整備や、最近の事例での数値実験に必要な、現業数値予報システムの更新への対応（NHM 前処理ツールでの asuca-Var メソ解析の初期値・境界値利用への対応など）を行った。

- ・実験環境を整備した NHM、asuca による系統的实验を行い、予測精度のモデル解像度依存性の調査に取り組んだ。本実験システムでは、副課題 2 により asuca に実装された大気境界層のグレーゾーンに対応した乱流スキームを導入している。令和 2 年 7 月豪雨事例について、現業数値予報で運用されている水平解像度 2km と、より高解像度の 1km, 500m, 250m 格子での再現実験を行い、解析雨量による検証を実施した。総降水量でみたモデル間の差は小さいが、asuca はやや強雨を過剰に表現する傾向がみられた。1 時間降水量の再現性は 1km 解像度で向上したが、500m、250m 解像度では 1km 解像度とほぼ同等であった。

② 激しい気象現象の再現性の検証および予測精度の評価

- ・バルク法雲物理モデルをベースに、粒子クラス（雲粒・雨滴・氷晶・雪・霰）それぞれの生成量を雲物理素過程別に大気中から地上まで追跡する素過程追跡スキームを開発した。日本海側の大雪事例における水平格子間隔 1km の数値実験を行い、素過程追跡スキームにより雪、霰生成への各過程の寄与率を調べ、JPCZ 内外での傾向の違いが観測結果と一致していることを確認した。また、JPCZ の動きと降雪粒子の分布特性の対応を調査し、観測結果と整合していることを確認した。一方、粒径と落下速度の関係については、予報モデルに地上観測データからの乖離が見られ、落下速度関数の検討、数濃度の検証が必要であることが分かった。
- ・大雪事例について、雲核、氷晶核の効果を想定して、雲物理過程の降水粒子生成率を変えた感度実験を行い、降雪量への影響を調査した。雲核の効果（雲粒からの雨滴生成）が、降雪量、霰寄与率に影響を及ぼすことが分かった。
- ・二重偏波レーダーの粒子判別による積乱雲内の水物質の分布構造と、発雷観測との関係について統計的に分析した。霰や雹をはじめとする氷粒子や反射強度の体積指標が発雷頻度と高い相関を持つことが分かり、さらに霰の存在高度を考慮することにより発雷頻度との相関関係の向上が見られることが分かった。
- ・水平格子間隔 1km のモデルによる水物質の予測と発雷観測の対応について、平成 29 年 7 月九州北部豪雨事例と平成 30 年 7 月豪雨事例による調査を進めた。両事例についてモデルによる霰の体積と発雷観測の増減の時間推移に対応が見られた。
- ・2km 以下、LES としての計算が可能な 125m までの水平格子間隔での線状降水帯の理想化実験を行った。高解像度でより強い上昇流、下降流が表現されたほか、低解像度では上昇流のピークの高度が低い傾向が見られた。各解像度での格子間隔の 4-8 倍以上の空間スケールを持つ対流雲の個数は高解像度の結果と一致し、十分解像されていることが分かった。
- ・水平格子間隔 5km, 1km でヒマラヤ域における降水種別の標高特性の調査、衛星降水プロダクトとの比較を行った。特に夏季と秋季に、1km の 5km に対する優位

性が見られた。

- ・三陸沿岸における冬季日中の強風について、水平格子間隔 100m とした再現実験を行い、1km との比較を行った。この現象は、上空の季節風の対流混合と北上山地のおろし風の寄与によるものである。地上付近の風速強化について、水平格子間隔 100m では、1km で表現されないような対流混合による運動量輸送が表現され、強風が出現した。
- ・デュアル・フェーズドレイレーダー解析によって、活発な対流活動を伴う降水システム内の 3 次元構造の時間発展を時間解像度 30 秒で解析した。強い上昇流を持つセル内には強い下降流が存在していた（共に 10m/s 以上）。上昇流、下降流の時間変化は速く、対流雲の実態解明には、少なくとも 1~2 分より短い時間解像度が望ましいことが分かった。また、降水粒子が雲の上部や中層部で成長して地表付近に落下している様子が解析された。

③ 広領域の高解像度モデルによる台風予測の精度検証

- ・2019 年にフィリピンに上陸した台風第 28 号及び第 29 号について、NHM を元にした大気波浪海洋結合モデルを用いて数値シミュレーション及び雨・雪・あられの蒸発率に関する感度実験を実施し、得られた結果をマイクロ波衛星によるプロダクトと比較した。1 時間降水分布を比較した結果、蒸発を考慮しない場合は台風域内に降水が集中、考慮した場合はレインバンドがより明瞭となり、非対称的な分布が顕在化することがわかった。
- ・asuca の広領域高解像度での実験環境を整備した上で、2018 年にフィリピンに上陸した台風第 22 号について数値シミュレーションを実施し、同領域同水平解像度の NHM の結果と比較することにより今後の台風予測の分析に向けた設定を検討した。asuca の実験設定において、鉛直層を増強 (76 層→96 層) することにより、NHM と同程度の台風強度・強度変化の再現性が得られた。

(副課題 2) 接地境界層における乱流輸送スキームの精緻化

①数値計算・②風洞実験・③野外観測の各分野において研究は順調に進捗している。とくに②風洞実験の結果に基づく①数値計算から、気象モデルの地表面フラックス診断について、物理量を時間について平滑化することで、従来は診断誤差が大きかった高解像度においても現行の Monin-Obukhov 普遍関数を用いた手法で十分に高い精度が達成できることを示した。ここで平滑化時間は境界層内で最大の渦構造が通過するのに要する時間程度である (Ito et al. 準備中)。さらに平均値まわりの変動成分についての診断式を②風洞実験に基づいて見出した (Mouri and Ito 投稿中)。

また本研究課題からは大気境界層に関する知見とくに気象モデル境界層過程の検証に資する乱流法則に関する知見や都市・森林・水田など個別事例に関する成果が得られ、以下のとおり論文として発表している。

- ①差分誤差に起因する乱流エネルギーの散逸について、評価法を提案し、不安定な境界層における影響を調べた (Kitamura and Nishizawa 2019)。
- ②日射による壁面過熱が都市街区内の流れや気温に及ぼす影響を風洞における模型実験から明らかにした (Lin et al. 2020)。

- ②大気汚染物質が森林のキャノピー内に侵入する過程を風洞における模型実験から明らかにした(市川ほか 2020: 大気環境学会誌最優秀論文賞)。
- ②風速変動の高次統計量について中立時に平均風速と同様な対数則が成立することを風洞実験から明らかにした(Mouri et al. 2020)。
- ②風速変動の2次統計量である分散について不安定時に中立時と同様な対数則が成立することを風洞実験から明らかにした(守永ほか 2020)。
- ②中立時の運動量フラックス瞬時値を同一高度における水平風速だけで評価する場合の限界精度を機械学習から明らかにした(Ito and Mouri 2021)。
- ③監視カメラの画像からアメダス露場の積雪深を推定するため画像補正のアルゴリズムを開発しCGによる性能評価を行った(水野 2020)。
- ③気象官署における地温・積雪深の日原簿をデジタルアーカイブ化して公開した(Saito et al. 2020: 関東・中部・西日本支部賞)。
- ③水田におけるエネルギー収支を数値モデル化し二酸化炭素濃度の上昇に対する潜熱フラックスの応答を調べた(Ikawa et al. 2021)。

(副課題3) 雪氷圏の監視・変動要因解明とその基盤技術の開発

- ①雪氷物理量を測定するための技術開発、連続観測
 - ・札幌・北見・長岡における放射・気象・積雪観測および現地で取得した積雪サンプルからの光吸収性不純物濃度測定を計画通り実施した。
 - ・札幌で取得している気象・雪氷データを国際積雪モデル相互比較プロジェクトESM-SnowMIPに提供し(同時に、オープンデータレポジトリにおいて公開された)、その成果が論文発表された。アジアからの貢献が我々のデータのみであることは特筆に値する。
 - ・当研究室で構築してきた積雪アルベド測定手法によって取得されたデータが、欧州宇宙機関ESAで運用されているSentinel-3 OLCI雪氷プロダクトの検証に活用された。
 - ・札幌等に設置した地上全天分光日射計データから、積雪粒径、積雪不純物濃度の導出に最適な光散乱粒子モデルを提案した。また、積雪粒径、積雪不純物濃度の長期モニタリングを実施し、その結果が論文発表された。この光散乱粒子モデルは後述する衛星観測用の光学テーブル(ルックアップテーブル)の作成に用いられた。
 - ・様々な雪氷面を対象とした分光反射測定装置の開発を行い、積雪や海氷表面の分光反射特性・偏光特性を取得した。また、積雪の偏光特性について、特に積雪粒径や形状等に依存しない、測定幾何条件で決まる普遍的な性質に関する新たな知見を得て、その結果を論文発表した。
 - ・サロマ湖海氷上で取得した気象・放射観測データが、結氷初期の海氷凍結過程における積雪の影響評価に関する研究に、また、海氷に含まれるアイスアルジー(海氷藻類)のバイオマス推定に関する研究に活用された。
- ②リモートセンシングによる雪氷物理量の監視、アルゴリズム開発・改良
 - ・ひまわり8号による積雪・海氷プロダクトを開発し、東アジア域の積雪、オホーツク海海氷面積監視のため定常的な作成を開始した。また、アルゴリズム解説書

を作成し、気象衛星センター技術報告書にまとめた。

- ・ひまわり雪氷・海氷プロダクトの短期数値予報への活用をはかることを目指し、数値予報課で積雪解析への活用を試みているマイクロ波衛星データに基づく積雪被覆情報との比較を行なった。
- ・積雪物理量のリモートセンシングの高度化を目的に、①で開発した光散乱積雪粒子モデルを MODIS、ひまわり 8 号イメージャに適用し、衛星リモートセンシングアルゴリズムの改良を行った。
- ・上記手法を SGLI にも応用し、JAXA GCOM-C/SGLI の公式プロダクトに定義されている粒径物理量の高度化を行った。
- ・偏光リモートセンシングの可能性を調査すること目的に、新たに大気-積雪系放射伝達モデルを開発した。

③雪氷物理過程モデルの高度化と活用

- ・領域気候モデル NHM-SMAP を用いて、北半球最大の氷床であるグリーンランド氷床の表面質量収支変動の数値シミュレーションを実現した。NHM-SMAP は、世界的に見ても非常に先端的な雪氷物理過程を組み込んだ気候モデルであるとして、IPCC AR6 WG I 報告書にて評価された。
- ・グリーンランド氷床における雲放射効果の定性的・定量的影響を NHM-SMAP を用いて調べた。その結果、雲量が増加するほど雪氷表面融解面積は拡大するものの、雪氷質量損失は雲量の減少によって加速されることを世界で初めて明らかにした。本成果は、IPCC AR6 WG I 報告書にて引用された。
- ・日本周辺および極域での領域気候モデル計算を実施し、上記観測データなども利用してモデル精度評価を随時実施した。
- ・積雪変質モデル SMAP の国内面的計算版を開発し、本庁システムに導入した。現在、本庁システム内での最適化が行われ、精度評価を行っている。

(副課題 4) 積雲対流スキームのグレイゾーン対応と雲・放射スキームの精緻化

①積雲対流スキームの開発

- ・積雲対流スキームにおいて、まず積雲から格子平均場へのフィードバックをグレイゾーンに対応させるため、積雲の上昇流・対流性下降流と補償下降流が一カラム内で閉じるという仮定を排除する Malardel and Bechtold (2019)、松林 (私信) に基づく手法を GSM (気象庁全球モデル) に導入し、動作を従来手法と比較した。超低解像度や現業と同じ水平解像度の 3 次元モデルの単発実験を行い、補償下降流に伴う気温や比湿の時間変化が、従来手法では積雲対流スキームの中で表現されるのに対し、新しい手法では力学過程の中で表現されていることを確認した。

②層積雲スキームの開発

- ・GSM に Kawai (2017) の層積雲スキームを導入すると放射フラックスのバイアスが減少するとともに、亜熱帯大陸西岸沖の層積雲に見られる不自然に不連続な鉛直構造が解消される。さらに小森 (2009) に基づく浅い積雲対流スキームを導入することで、冬型時の日本海や南大洋において境界層の構造が現実大気に近づき放射フラックスのバイアスが減少することを示した。また浅い積雲対流スキーム

について、層積雲スキームを従来そのままとして導入すると東太平洋赤道付近で境界層内に生じる不自然な層積雲が増加するが、Kawai (2017) の層積雲スキームを同時に導入することでこの不自然な層積雲は生じなくなるため、両スキームは組み合わせて導入するべきであることを示した。一方で両スキームを導入した GSM による予報・データ同化サイクル実験では対流圏下層の気温の予測精度には悪化が見られ、これは浅い積雲対流スキームの効果が十分でないことが原因と考えられることがわかった。

③ 全球モデルにおける雲微物理過程の改良

- MRI-ESM2 (気象研地球システムモデルバージョン 2) の雲関係の改良に関する論文を出版 (*Geosci. Model Dev.*) した。MRI-ESM2 の放射収支の改善は著しいが、本論文では、雲関連の多岐にわたる変更を on/off して実験することでそれぞれの変更のインパクトを明らかにした。また、雲氷落下スキームや CTE (雲頂エントレインメント) 層積雲スキームについて記述した。
- 全球気候モデル、全球数値予報モデルの下層雲のパラメタリゼーションに関する招待レビュー論文 (*J. Meteor. Soc. Jpn.*) を出版した。下層雲の特徴や性質、そのパラメタリゼーションのコンセプトや困難さも丁寧に記述しており、学生等も含め、初心の研究者らが下層雲のパラメタリゼーションに関わる際の導入となる文献を目指した。
- MRI-ESM2 における南大洋などの放射バイアスと熱帯降水帯の関係を調査した。南大洋の放射バイアスが大きいほど南半球の熱帯降水帯の表現が悪化していくという明瞭な関係が示されると共に、MRI-CGCM3 (気象研全球大気・海洋結合モデルバージョン 3) から MRI-ESM2 の熱帯降水帯表現の改善は、ESM2 における南大洋の放射バイアスの大幅な軽減によるものであることが示され、*Atmos. Sci. Let.* で出版した。
- GSM (2020 年 3 月までの現業版)、MRI-ESM2 の上層雲を比較調査した。放射収支、雲放射効果、雲氷量、雲量などの比較を行い、どのような違いがあるかを明らかにした。

④ 全球モデルにおけるエアロゾル雲相互作用の高度化

- MRI-CGCM3、及び MRI-ESM2 の雲の改善を詳細に把握するため、雲関係の要素 (層別雲量・雲水量・雲氷量・雲粒数密度・雲氷数密度) を調査し、その違いを明らかにした。
- MRI-ESM2 におけるエアロゾルの雲への影響を、産業革命前・及び現在のエアロゾル放出量を与えた実験の違いを元に調査した。このモデルにおいて、エアロゾルは、雲量・雲水量・雲氷量にはほとんど影響しない (雲寿命効果は小さい) が、雲粒数密度・雲氷数密度には大きく影響する (Twomey 効果は大きい) ことが示された。この結果は、Oshima et al. (2020, *Prog. Earth Planet. Sci.*) に記述した。
- MRI-ESM2 では、MRI-CGCM3 で考慮していない微小な海洋性エアロゾルを簡易的に考慮するため、観測的知見に基づき雲凝結核数を 2 倍するという扱いを採用したが、これにより海上の雲の数密度がどの程度増加し、その結果雲の光学的厚さが

増えることでどの程度南大洋の放射バイアスが軽減するかを定量的に示した。また南大洋における放射バイアスの軽減を通じ、これが熱帯降水帯の表現の改善に寄与していることを示した。これらについては上記③の MRI-ESM2 に関する 2 本の論文に記述した。

- ・エアロゾル雲相互作用の不確実性については、上記③の招待レビュー論文に、近年の動向のレビューを記述した。

⑤放射スキームの改良

- ・大気モデルの放射計算で多重散乱計算を行う際に必要となる「各鉛直サブカラムでの雲の有無とその雲水量を格子点（格子平均）の雲量と雲水量の値から決定する部分（Cloud Generator）」のコーディングと動作確認を行った。曇天域のみをサブカラムに分割する高速で効率的な Cloud Generator のコーディングと動作確認を行い、この方法では曇天域内のみがサブカラムに分割され全雲量の再現性がよいことを確認した。また雲オーバーラップの仮定をサブグリッドにまで適用するかしないかで診断された全雲量の値に大きな差が生じることも確認した。
- ・全球モデルの放射計算における氷雲光学特性診断式と氷雲有効サイズ診断式について文献調査の上より信頼性の高い方法へと見直し、鉛直 1 次元モデルによる理想実験と 3 次元全球大気モデルによる 1 年積分実験、データ同化サイクル実験でその影響を調査した。前者（後者）により氷雲の放射強制力が弱まり（強まり）対流圏が冷える（温まる）こと、両者を組み合わせることで前者の効果が後者の効果により緩和されることが確認された。これらの調査結果を WGNE Blue Book で出版した。

（副課題 5） エーロゾル・雲・降水微物理の素過程解明と微物理モデルの開発

① 地上モニタリング観測及び有効な IN の解明

- ・2012 年度より継続中のつくばでの地上モニタリング観測に関する解析結果をとりまとめ、大気エアロゾル(AP)の CCN 能・IN 能の季節変動に関する特徴等を明らかにした。
- ・氷晶核計等を用いた AP の地上モニタリング観測において、IN 能の指標である INAS（AP 総表面積当たりの IN 活性表面サイト数）密度を用いて、種々のダスト標準粒子と比較した。観測された中央値は 1~4 桁低く、緩やかな温度依存性を示すことが分かった。
- ・黄砂飛来時やローカルダスト発生時のようなイベント時と、それ以外の非イベント時に採取された AP を用いて、雲生成チェンバーによる氷晶発生実験を行い、それぞれの IN 能を評価した。黄砂事例の INAS は、ダスト標準粒子に匹敵するほど高く、ローカルダスト事例は概ねモニタリング観測における AP の変動幅に収まるものの明瞭な温度依存性を示し、 -25°C 以下ではモニタリング観測における AP 最大値に近い値を示した。一方、非ダスト日の INAS は、モニタリング観測における AP 月平均値と重なる範囲に収まるものの、AP の混合状態によって INAS の温度依存性に多様性があることが推測された。
- ・冷却ステージを用いたつくばにおける調査で、有効な IN は、春季については鉱物粒子が主だが、他の季節は生物粒子も貢献していることが分かった。

- 有効な IN 調査のための別手法である、バーチャルインパクトを用いた雲残渣粒子を採取する予備実験を実施し、粒子データを取得できることを確認した。
- 北極の観測サイトで雲（水及び氷雲）の残渣粒子の組成分析を行うために試料採取を行った。得られた試料は電子顕微鏡で分析を行い、エアロゾル種の特定制を行った。
- 森林火災から排出される灰成分を含んだエアロゾル粒子の IN 活性を検討し、鉱物粒子に次ぐ IN 能を持つことを明らかにした。
- 森林から放出されるエアロゾル中の IN 特性を解析し、バイオエアロゾルが強い IN 活性を持つことを明らかにした。
- UAE での夏季対流雲を対象とした航空機観測の事例解析をとりまとめ、上昇流コア内とその周辺で氷晶数濃度の値に顕著な差があることが分かり、IN 観測値との比較から、周辺部での二次氷晶の可能性を議論し、数値モデル検証用にも貢献した。

② 内部混合粒子の CCN 特性に関する室内実験

- 実大気中にて低過飽和度で CCN 活性するエアロゾルはサブミクロンサイズであり、その吸湿度を高精度に計測するための測定技術の向上を図った。
- その吸湿度同定手法をサブミクロンサイズの内部混合粒子に拡張できることを確認するため、NaCl 粒子やダスト標準粒子を用いて、CCN 計の OPC で計測された微水滴粒径情報と詳細雲微物理モデルによる CCN 計内部における水滴成長に関する計算結果を比較検証した。NaCl 粒子のような純物質について数値モデルによる水滴成長の再現を確認した。
- ダスト粒子の硫酸コーティングのためのセットアップ及び予備実験を実施中である。
- 森林火災から排出される灰成分を含んだエアロゾル粒子の CCN 特性を検討し、相対湿度 80–89%で潮解する性質を明らかにした。

③ 詳細雲微物理モデルの開発・改良

- NHM-Chem にエアロゾルから雲微物理・大気放射過程を介した気象へのフィードバック効果を組み込んだ詳細微物理モデルを実装し、大気汚染が深刻なインド北西部、平成 27 年 9 月関東東北豪雨、平成 30 年西日本豪雨、首都圏短時間豪雨などの事例に適用し、観測値や既往モデルである NHM や WRF、WRF-Chem との比較を実施した。短波放射に対するエアロゾルフィードバックの効果はモデル間で顕著な差があることが分かり、詳細な評価検証について取り組んでいる。
- NHM において CCN 活性化スペクトルに対する依存性を平成 30 年 7 月豪雨などの事例で調べた結果、CCN が少ない場合、雲粒サイズは大きくなり、霰生成が促進されることが分かった。

④ 雲スキームの開発・改良

- NHM-Chem が予報するエアロゾルの粒径分布、化学組成、混合状態（内部・外部混合）から CCN 数濃度を算出し、NHM の雲スキームに受け渡すスキームを開発した。
- NHM-Chem が予報するエアロゾル情報と、実験から得られる INAS から IN 数濃度を算出し、NHM の雲スキームに受け渡すスキームを開発した。

⑤エアロゾル物理化学特性の解明

- ・北極上空の航空機観測で得られたエアロゾル試料の物理化学特性を電子顕微鏡分析し、エアロゾルの混合状態がその起源や輸送過程によって異なることを明らかにした。
- ・アマゾンの森林で採取されたエアロゾル試料を電子顕微鏡で解析し、アフリカ大陸からのダスト輸送や、森林からの放出現象等によってその物理化学特性が大きく異なることを明らかにした。
- ・森林火災から放出された煙（エアロゾル）を電子顕微鏡で分析し、微小な灰粒子が他のエアロゾルに混合し、また長距離輸送されていることを明らかにした。
- ・北西太平洋上空で採取したエアロゾル粒子を解析し、成層圏から低気圧によって対流圏に運ばれた粒子に鉄とマグネシウムを含む隕石由来と考えられるエアロゾル粒子が多く含まれることを明らかにした。

(2) 当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）

概ね当初計画のとおり進捗している。新型コロナウイルス感染防止のため、フィールド観測の実施予定等に変更が生じたが、これまでのところ軽微な影響に留まっており、全体計画には大きな変更は生じていない。

(3) 成果の他の研究への波及状況

(副課題1) 高解像度非静力学モデルによる激しい気象現象の再現性向上

この取り組みにおいて気象研スパコンに整備した、NHM、asucaの実験環境、及び、前処理ツールは、気象研究所におけるこれらのモデルを用いた研究（T, A, V 課題）での基盤システムとなっている。実験環境構築によって得られた知見の共有により、「富岳」成果創出加速プログラム「防災・減災に資する新時代の大アンサンブル気象・大気環境予測」での「富岳」への asuca 移植に協力した。

(副課題2) 接地境界層における乱流輸送スキームの精緻化

③野外観測において得られたデータは課題D4(GPSによる土壌水分観測)にも提供した。

(副課題3) 雪氷圏の監視・変動要因解明とその基盤技術の開発

本課題で開発・改良したリモートセンシング手法および積雪変質モデル SMAP や領域気候モデル NHM-SMAP は地球環境保全試験研究費（地球一括計上）による研究「光吸収性エアロゾルの監視と大気・雪氷系の放射収支への影響評価」等にも活用している。

(副課題4) 積雲対流スキームのグレーゾーン対応と雲・放射スキームの精緻化

- ・ Kawai et al. (2019, *Geosci. Model Dev.*)は、CMIP6（第6期結合モデル相互比較プロジェクト）の参加モデルMRI-ESM2の雲関連過程の改良について記述している。このモデルの結果は、2021年に発表される気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第6次評価報告書(AR6)で活用され、地球温暖化問題に関する科学的知見の深化と予測の不確実性の低減に貢献するが、本論文は気候モデルにとって重要な雲関連過程の記述論文として位置づけられる。また、改善の著しい雲関連過程

の詳細な記述は、MRI-ESM2 の優位性を CMIP コミュニティに周知することにも貢献する。

- MRI-ESM2 に導入され、また数値予報課の次期季節予報システムでも現業利用されることとなっている層積雲スキームに関する論文である Kawai et al. (2017) が IPCC の AR6 WG1 報告書の第 7 章（地球のエネルギー収支・雲フィードバック・気候感度の章）において引用された。気候感度にとって重要な下層雲の将来変化のメカニズムについて記述されている部分において引用されている。

（４）事前評価の結果の研究への反映状況

事前評価において、「衛星データを活用した領域スケールの現象解明が重要」というご指摘をいただいた。当課題において衛星データの活用は不可欠であり、副課題 3 においては、様々な衛星のデータを活用した雪氷圏の物理量推定技術の研究を行うが大きな研究課題の一つとしているとともに、副課題 1、4 において、領域数値モデルの精度検証等のために衛星データを利用している。

「積雪を精密に扱えるモデルの開発を期待する」というご意見を受け、気象研で開発されてきた積雪変質モデル SMAP の高度化に継続的に取り組んでいる。また、「領域モデルにおけるエアロゾルのパラメタリゼーション開発を」、というご意見については、観測や実験を通じて得られたエアロゾルの特性を数値モデルの精度向上に活用する研究を着実に進めているところである。

なお事前評価において「大学等の研究を鼓舞するような対外的なリーダーシップが必要」というご指摘もいただいた。当課題において、国の内外で高く評価される研究成果が得られつつあるところであるが、内外の研究をけん引できる人材の育成に向けて今後も着実に歩みを進めてまいりたい。

5. 今後の研究の進め方

（副課題 1）高解像度非静力学モデルによる激しい気象現象の再現性向上

① 系統的实验による予測精度のモデル解像度依存性の検証

実施した夏季豪雨事例の数値実験の結果から、解像度およびモデルの違いによる現象の表現や物理量の違いの分析、観測データとの比較をさらに進める。また冬季の豪雪など他の季節の顕著現象にも対象事例を広げ、より一般的な予測特性の調査に取り組む。

② 激しい気象現象の再現性の検証および予測精度の評価

以下に挙げる課題をはじめとする、観測データとの比較、観測データによる現象機構の解析、LES 実験などを用いた再現性の検証を継続して実施し、高解像度数値予報モデルの課題の抽出やその改良の検討に取り組む。副課題 2 で開発された境界層スキームを実装した実験も行い動作を確認する。雲物理過程に着目した再現実験では、大雪事例について落下速度関数のモデリングの高度化や、粒径分布に影響する数濃度の検証を試みるほか、夏季の豪雨事例にも対象を広げ衛星シミュレータを活用した検証に取り組む。また、積乱雲構造と発雷の研究では、積乱雲内の氷物質

の分布と発雷についてさらに多数の事例での検証を進めるとともに、雷放電三次元観測データとの比較による電荷極性分布と氷物質分布との関係の調査を進める。線状降水帯の理想化実験では、高解像度実験を粗視化して得られるグリッドスケールの寄与とサブグリッドスケールの寄与、また、その低解像度の実験における表現との関連などについて分析を進める。

③ 広領域の高解像度モデルによる台風予測の精度検証

検討した設定で台風急発達事例を中心に数値実験及び感度実験を実施し、熱帯域の降水や風など観測データによる検証を通じて予報モデルの課題、改良につながる知見の抽出に取り組むとともに、T 課題との連携により台風急発達等の予測精度向上に関わるメカニズムの調査を行う。

(副課題 2) 接地境界層における乱流輸送スキームの精緻化

新たに導いた運動量フラックス診断式を asuca に搭載されている乱流輸送スキームに適用して予測精度へのインパクトを調査することを主たる目標とする。また前半期までは中立状態での運動量フラックス診断に関する研究が主体であったが、後半期はこれらの成果に基づいて不安定・安定状態における各種フラックス診断へ対象を拡張していく。

(副課題 3) 雪氷圏の監視・変動要因解明とその基盤技術の開発

① 雪氷物理量を測定するための技術開発、連続観測

札幌・北見・長岡における放射・気象・積雪連続観測を継続すると同時に、現地で取得する積雪サンプルから光吸収性不純物濃度を測定する。上記 3 地点を含む国内外の様々な場所における気象・雪氷現地観測を実施して、積雪・海水等の物理・放射過程の理解の深化を進める。

② リモートセンシングによる雪氷物理量の監視、アルゴリズム開発・改良

多バンドで時空間分解能の優れたひまわり、長期観測中の MODIS を搭載する Tera/Aqua、SGLI を搭載する GCOM-C 等の極軌道衛星、マイクロ波衛星等の衛星データについて、雪氷物理量の監視のためのアルゴリズムの改良・高度化を行う。また、極域、日本周辺域の雪氷物理量の長期的変動を効率的に分析するため、これらの衛星データから推定した雪氷物理量の広域・長期データセットを作成する。

③ 雪氷物理過程モデルの高度化と活用

積雪変質モデル SMAP の高度化・日本周辺および極域での領域気候モデル (NHM-SMAP) 計算を実施し、地球システムモデルの結果とともにその検証を行い、修正すべき課題を明らかにするとともに、改良を図る。また、海水モデルの開発・改良を進め、大気モデルへの実装を行う。

(副課題 4) 積雲対流スキームのグレイゾーン対応と雲・放射スキームの精緻化

① 積雲対流スキームの開発

- ・グレイゾーンに対応した積雲対流スキームの構築に向け、台風や積雲の組織化の表現などに着目してフィードバック部分の詳細な評価や改良を進める。また雲モデルやコントロールの部分を開発する。観測や湿潤 LES による参照値の収集・作成を行う。構築した積雲対流スキームを GSM に適用して予報実験を行い、現業 GSM での利用を目指して開発を進める。

②層積雲スキームの開発

- ・浅い積雲対流スキームの改良を行い、Kawai (2017) の層積雲スキームと組み合わせることで導入することによって、GSM の更なるバイアスの軽減と予測精度向上を目指す。

③全球モデルにおける雲微物理過程の改良

- ・全球モデルの雲微物理過程の見直しを引き続き行うと共に、詳細な物理過程感度実験も行う。
- ・衛星データ等の観測データによる検証を行い、CMIP6 や CFMIP (雲フィードバックに関するモデル相互比較プロジェクト) などの枠組みで行われるモデル間比較に参加する。

④全球モデルにおけるエアロゾル雲相互作用の高度化

- ・地球システムモデルのエアロゾル雲相互作用の部分の見直しを引き続き行う。
- ・各種観測データによる検証を行い、CFMIP などの枠組みで行われるモデル間比較に参加する。

⑤放射スキームの改良

- ・大気モデルの放射計算で多重散乱計算を行う際に必要となる「各鉛直サブカラムでの雲の有無とその雲水量を格子点 (格子平均) の雲量と雲水量の値から決定する部分 (Cloud Generator)」の構築を引き続き行う。Cloud Generator の大気モデルへの組み込み方、乱数の seed の設定方法、計算コストと計算精度を考慮したサブカラムの本数の検討を行い、3 次元大気モデルによる動作確認を行う。また Cloud Generator による雲量と雲水量の検証のため、観測データ・再解析データによる検証・参照利用を行うとともに、GSM に適用して予報実験を行い、現業利用を目指して開発を進める。

(副課題 5) エアロゾル・雲・降水微物理の素過程解明と微物理モデルの開発

雲生成チェンバー等を用いた内部混合粒子の CCN 特性に関する調査を、これまで予備実験から得られた粒子発生・混合方法と計測技術を基に行う。電子顕微鏡等を用いた実大気で有効な IN となる粒子の調査を、バーチャルインパクトによる残渣粒子の採取による方法や冷却ステージを用いた方法を用いて引き続き行う。大気エアロゾル粒子に関する氷晶発生実験については、その手順の改善を図りつつ引き続き実施し、得られた混合状態・化学組成・粒径等から CCN・IN 特性の解明を目指す。室内実験結果と詳細微物理モデルによる数値実験結果の比較を通して、モデルの検証改良を継続する。その改良を踏まえつつ、3 次元モデル用の微物理パラメタリゼーションの高精度化や改良を進め、降水や放射予測へのインパクトを調査する。

6. 自己点検

(1) 到達目標に対する進捗度

事前に設定した中間評価時の目標に対し、現時点で概ね十分な進捗度であると考える。

(副課題 1) 高解像度非静力学モデルによる激しい気象現象の再現性向上

NHM や気象庁現業モデル asuca の実験環境を整備し、予測精度のモデル解像度依存

性を調査して初期的な成果が得られた。激しい気象現象に関して、数値実験による雲物理モデルの特性を調べた。また、顕著事例に対して高解像度数値モデルの結果や観測事実について調べるとともに、両者の一致点・相違点を分析することでモデルの課題を抽出し、改善策の検討を始めている。広領域高解像度モデルに向けて、大気波浪海洋結合モデルを用いた台風事例の数値シミュレーションと、衛星観測データによる検証を実施し、モデルの課題の抽出を進めている。

(副課題2) 接地境界層における乱流輸送スキームの精緻化

風洞実験と数値シミュレーションの結果の比較に基づいて、気象モデルの地表面フラックス診断手法の課題を抽出でき、これによってモデルの改善の方向性を明らかにすることができた。またこれらの成果に関する論文の投稿が準備されている。

(副課題3) 雪氷圏の監視・変動要因解明とその基盤技術の開発

積雪域における各種の地上観測を計画通り実施するとともに、雪氷面で用いる分光反射測定装置の開発を行い、観測結果から得られた積雪の偏光特性の知見を論文発表した。海氷上で気象・放射観測を行い、海氷凍結過程における積雪の影響等に関する知見を得た。地上観測データから、光散乱粒子モデルの構築を行うとともに、それを活用して衛星リモートセンシングアルゴリズムの改良を行った。領域気候モデルNHM-SMAPを用いて、グリーンランド氷床の表面質量収支変動や、雲放射効果の定性的・定量的影響を明らかにした。

(副課題4) 積雲対流スキームのグレーゾーン対応と雲・放射スキームの精緻化

グレーゾーンに対応する積雲対流スキームをGSMに導入し、従来手法との比較実験を行って、基本的な動作の確認を行っている。また、層積雲スキーム(Kawai, 2017)や、浅い積雲対流スキームをGSMに導入したときの、放射、雲表現の特性の変化を明らかにした。またこれまでに行われたMRI-ESM2の多岐にわたる雲関係の改良のインパクト、南大洋などの放射バイアスと熱帯降水帯の関係を調査した。Cloud Generatorについては、動作確認を行いながら効率的な計算手法に関する調査を行っている。全球モデルの放射計算における氷雲光学特性診断式と氷雲有効サイズ診断式を、より信頼性の高い方法へ変更した実験を行って、効果を確認できた。

(副課題5) エーロゾル・雲・降水微物理の素過程解明と微物理モデルの開発

つくばにおける大気エーロゾルの地上モニタリング観測を継続して、CCN能、IN能の特徴を明らかにした。またバーチャルインパクトを用いた粒子採取方法を確認できた。北極等でエーロゾル試料採取と電子顕微鏡による分析を行って、エーロゾル種の特定やIN特性の調査を実施したほか、過去に実施されたUAEでの航空機観測の事例解析をとりまとめ論文化した。CCN特性に関する室内実験に関しては、エーロゾル吸湿度の高精度測定技術を開発して検証を行うとともに、予備的な内部混合粒子の実験を実施中である。また森林火災から排出されるエーロゾル粒子のCCN特性を明らかにした。数値モデルの改善調査として、NHM-Chemに詳細微物理モデルを実装し、豪雨事例等での既存モデルとの比較実験を実施している。またNHM-ChemとNHM雲スキームとの間で計算結果を受け渡すスキームを開発した。エーロゾルの物理化学特性に関しては、各地で得られたエーロゾル試料の電子顕微鏡分析によって、混合状態がその起源や輸送過程によって異なることを明らかにできた。

(2) 到達目標の設定の妥当性

上述のとおり、現状で計画に沿って進捗していると考えられることから、設定されている到達目標は妥当であり、変更の必要はないものとする。

(3) 研究の効率性（実施体制、研究手法等）について

当所の研究環境（計算機資源、実験施設、観測装置）を十分に活用するとともに、副課題間、及び他研究課題とも連携して研究を実施している。気象庁業務の改善に密接する研究に関しては、関連する本庁内の技術開発部門とも密に連携している。また科研費等、外部資金による研究や他機関と連携した研究によって得られた成果の活用によって、より効果的に研究を遂行することに努めている。以上のことから効率的な研究が実施できているものとする。なお副課題についてその他に特記すべきことは以下のとおり。

（副課題1）高解像度非静力学モデルによる激しい気象現象の再現性向上

副課題2において開発された、グレーゾーン対応のために改良された境界層スキームを気象庁現業モデルに組み込み、連携して動作性能に係る調査を実施しているほか、雲微物理モデルに係る実験は、副課題5と連携して行っている。また熱帯域での台風予測精度向上に向けた物理過程改善の検討は、T1課題（台風の発生、発達から温帯低気圧化に至る解析・予測技術の研究）と知見を共有しつつ進めている。

（副課題2）接地境界層における乱流輸送スキームの精緻化

上記の副課題1との連携の他、関連する研究機関と共同で風洞実験施設や気象研露場での地上気象観測データを活用して、地表面の状態（都市、森林、水田）が境界層に与える影響の研究を実施している。

（副課題4）積雲対流スキームのグレーゾーン対応と雲・放射スキームの精緻化

雲微物理過程、放射スキームについてはM課題・C課題と知見を共有し連携して研究を進めてきた。また放射スキーム、層積雲スキームについては、数値予報課と同様の実験システムを用いて開発を行う、適時の情報交換を行うなど、研究成果の現業システムへの効率的な反映に向けて連携を強めてきた。

（副課題5）エアロゾル・雲・降水微物理の素過程解明と微物理モデルの開発

科研費やアラブ首長国連邦(UAE)助成金など外部資金の活用や他機関との協力により先進的な研究を遂行している。実験や観測の結果をもとにした、数値予報モデルにおけるパラメタリゼーションの改善に関しては、M5課題（化学輸送モデル、大気微量成分同化に関する研究）で開発された実験環境を活用している。

(4) 成果の施策への活用・学術的意義

本課題への取り組みを通じて明らかになった数値予報モデルの各種物理過程についての問題点、解決策については、適時、気象庁本庁の関係部門と共有し、現業業務の改善に貢献している。各副課題における貢献は以下のとおりである。

（副課題2）接地境界層における乱流輸送スキームの精緻化

①数値計算については、大気境界層のグレーゾーンに対応した乱流スキームを数値

予報課の気象モデル asuca に実装した(令和元年度)。③野外観測については、本庁気象技術開発室と共同で監視カメラの画像からアメダス露場の積雪深を推定するため画像補正のアルゴリズムを開発した(水野 2020)。

(副課題3) 雪氷圏の監視・変動要因解明とその基盤技術の開発

本課題で開発したひまわり 8 号積雪・海氷プロダクトが令和元年に気象衛星センターにおいて定常作成が開始された。

本課題で開発した積雪変質モデル SMAP を令和 2 年に予報業務(解析積雪深等)の精度向上のため本庁への提供を行った。

(副課題4) 積雲対流スキームのグレーゾーン対応と雲・放射スキームの精緻化

全球モデルにおける氷雲光学特性診断式と氷雲有効サイズ診断式の見直しについては、数値予報課に調査結果の情報共有を行いソースコードの提供も行った。氷雲有効サイズ診断式の見直しについては、2022 年 3 月頃現業化予定の GSM に導入され、現在、業務化試験が行われている。

Kawai (2017) の層積雲スキームは数値予報課にソースの移植等の協力を行った。数値予報課で 2022 年 1 月頃現業化予定の次期季節予報システム CPS3 に導入され、業務化試験が終了し現業化が承認された。

(副課題5) エーロゾル・雲・降水微物理の素過程解明と微物理モデルの開発

エーロゾル・雲の航空機観測解析および数値シミュレーションによる再現実験は、UAE 乾燥地域における夏季対流雲の雲微物理構造に関する多くの知見を得て、所内の数値モデル NHM の評価のみならず、名古屋大学等が所有する数値モデルの検証改良にも貢献している。また、つくばにおけるエーロゾル・CCN・IN の地上モニタリング連続観測によるデータは、東アジア域の一地点でエーロゾルの時空間分布を計算するモデル検証用の基盤として有用なものである。また、電子顕微鏡を用いたエーロゾル研究結果は、気候変動の鍵となる地域(北極、アマゾン、森林火災)のエーロゾル粒子の実態を明らかにする世界的に貴重な成果である。

(5) 総合評価

集中豪雨、台風、温暖化等の気象現象予測に用いられる数値予報モデルの予測精度を向上させることは大きな社会的ニーズがある。そのための技術改善の根幹には、個々の物理プロセスの再現性向上が必要とされており、本研究課題に取り組むことは国民が求める安全・安心な社会の実現への貢献となる。また、研究対象となる物理プロセスには未解明の分野が多く残されており、その実態を解明することは学術的にも重要性が高く、成果を積み重ねることを通じて地球科学の発展にも寄与できる。これらのことから、本研究課題を今後も着実に進捗させていく必要がある。

7. 参考資料

7.1 研究成果リスト

(1) 査読論文:

1. Adachi, K., Oshima, N., Gong, Z., de Sá, S., Bateman, A. P., Martin, S. T., de Brito, J. F.,

- Artaxo, P., Cirino, G. G., Sedlacek III, A. J., and Buseck, P. R., 2020: Mixing states of Amazon basin aerosol particles transported over long distances using transmission electron microscopy. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **20**, 11923–11939.
- Adachi, K., Oshima, N., Ohata, S., Yoshida, A., Moteki, N., and Koike, M., 2021:
2. Compositions and mixing states of aerosol particles by aircraft observations in the Arctic springtime, 2018. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **21**, 3607–3626.
- Adachi, Kouji, Arthur J. Sedlacek, Lawrence Kleinman, Stephen R. Springston, Jian Wang, Duli Chand, John M. Hubbe, John E. Shilling, Timothy B. Onasch, Takeshi Kinase, Kohei Sakata, Yoshio Takahashi, Peter R. Buseck, 2019: Spherical tarball particles form through rapid chemical and physical changes of organic matter in biomass-burning smoke. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America*, **116**.
- Joseph Ching and Mizuo Kajino, 2020: Rethinking Air Quality and Climate Change after COVID-19. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **2020**, **17(14)**, 5167.
- Dhaka, S. K., Chetna, V. Kumar, V. Panwar, A. P. Dimri, N. Singh, P. K. Patra, Y. Matsumi, M. Takigawa, T. Nakayama, K. Yamaji, M. Kajino, P. Misra, and S. Hayashida, 2020:
5. PM_{2.5} diminution and haze events over Delhi during the COVID-19 lockdown period: an interplay between the baseline pollution and meteorology. *Scientific Reports*, **10**, 13442.
- Dragović, S., M. Yamauchi, M. Aoyama, M. Kajino, J. Petrović, M. Čujić, R. Dragović, M. Đorđević, J. Bór., 2020: Synthesis of studies on significant atmospheric electrical effects of major nuclear accidents in Chrnobyl and Fukushima. *Science of Total Environment*, **733**, 139271.
- Fettweis, X. et al. , 2020: GrSMBMIP: intercomparison of the modelled 1980–2012 surface mass balance over the Greenland Ice Sheet. *The Cryosphere*, **14**, 3935–3958.
- Ge, B., S. Itahashi, K. Sato, D. Xu, J. Wang, F. Fan, Q. Tan, J. S. Fu, X. Wang, K. Yamaji, T. Nagashima, J. Li, M. Kajino, H. Liao, M. Zhang, Z. Wang, M. Li, J.-H. Woo, J. Kurokawa, Y. Pan, Q. Wu, X. Liu, and Z. Wang, 2020: Model Inter-Comparison Study for Asia (MICS-Asia) phase III: Multi-model comparison of reactive nitrogen deposition over China. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **20**, 10587–10610.
- Hartmann, M., K. Adachi, O. Eppers, C. Haas, A. Herber, R. Holzinger, A. Hunerbein, E. Jakel, C. Jentzsch, M. van Pinxteren, H. Wex, S. Willmes, and F. Stratmann, 2020:
9. Wintertime airborne measurements of ice nucleating particles in the high Arctic. *Geophysical Research Letters*, **47**.
- Hashimoto, A., H. Motoyoshi, N. Orikasa, and R. Misumi, 2020: Process-tracking scheme based on bulk microphysics to diagnose the features of snow particles. *SOLA*, **16**,
- 10.

- Hayashi, S., Nakaike, C. & Fujibe, F, 2021: Radar characteristics of summer thunderstorms in the Kanto Plain of Japan with and without cloud-to-ground lightning.. *Meteorology and Atmospheric Physics*, **133**, 233–244.
- Hayashi, S., A. Umehara, N. Nagumo, and T. Ushio, 2021: The relationship between lightning flash rate and ice-related volume derived from dual-polarization radar. *Atmospheric Research*, **248**, 105166.
- Hiranuma, H., K. Adachi, D. M. Bell, F. Belosi, H. Beydoun, B. Bhaduri, H. Bingemer, C. Budke, H. -C. Clemen, F. Conen, K. M. Cory, J. Curtius, P. J. DeMott, O. Eppers, S. Grawe, S. Hartmann, N. Hoffmann, K. Höhler, E. Jantsch, A. Kiselev, T. Koop, G. Kul, 2019: A comprehensive characterization of ice nucleation by three different types of cellulose particles immersed in water . *Atmospheric Chemistry and Physics*, **19**, 4823–4846.
- Ikawa, H., T. Kuwagata, S. Haginoya, Y. Ishigooka, K. Ono, A. Maruyama, H. Sakai, M. Fukuoka, M. Yoshimoto, S. Ishida, C. P. Chen, T. Hasegawa, and T. Watanabe , 2021: Heat-Mitigation Effects of Irrigated Rice-Paddy Fields Under Changing Atmospheric Carbon Dioxide Based on a Coupled Atmosphere and Crop Energy-Balance Model. *Boundary-Layer Meteorology*, **179**, 447–476.
- Itahashi, S., B. Ge, K. Sato, J. S. Fu, X. Wang, K. Yamaji, T. Nagashima, J. Li, M. Kajino, H. Liao, M. Zhang, Z. Wang, M. Li, J. Kurokawa, G. R. Carmichael, and Z. Wang., 2020: MICS-Asia III: Overview of model inter-comparison and evaluation for acid deposition over Asia. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **20(5)**, 2667–2693.
- Ito, Junshi, Hiroshige Tsuguchi, Syugo Hayashi, and Hiroshi Niino, 2021: Idealized High-Resolution Simulations of a Back-Building Convective System that Causes Torrential Rain. *Journal of the Atmospheric Sciences*, **78**, 117–132.
- Kajino, M., S. Hayashida, T. T. Sekiyama, M. Deushi, K. Ito, and X. Liu., 2019: Detectability assessment of a satellite sensor for lower tropospheric ozone responses to its precursors emission changes in East Asian summer., *Scientific Reports*, **9**, 19629.
- Katata G., K. Matsuda, A. Sorimachi, M. Kajino, K. Takagi., 2020: Effects of aerosol dynamics and gas-particle conversion on dry deposition of inorganic reactive nitrogen in a temperate forest. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **20**, 4933–4949.
- Kawai, H., T. Koshiro, and S. Yukimoto, 2021: Relationship between shortwave radiation bias over the Southern Ocean and the double-intertropical convergence zone problem in MRI-ESM2. *Atmospheric Science Letters*. (in press)
- Kawai, H., and S. Shige, 2020: Marine low clouds and their parameterization in climate models. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **98**, 1097–1127.
- Kawai, H., S. Yukimoto, T. Koshiro, N. Oshima, T. Tanaka, H. Yoshimura, and R. Nagasawa, 2019: Significant Improvement of Cloud Representation in Global Climate Model

MRI-ESM2. *Geoscientific Model Development*, **12**, 2875–2897.

22. Kinase, T., K. Adachi, N. Oshima, K. Goto-Azuma, Y. Ogawa-Tsukagawa, Y. Kondo, N. Moteki, S. Ohata, T. Mori, M. Hayashi, K. Hara, H. Kawashima, and K. Kita, 2020: Concentrations and Size Distributions of Black Carbon in the Surface Snow of Eastern Antarctica in 2011. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, **125**.
23. Kitamura, Y. and S. Nishizawa, 2019: Estimation of energy dissipation caused by odd order difference schemes for an unstable planetary boundary layer. *Atmospheric Science Letters*, **20**, e905.
24. Kleinman L. I., Sedlacek III A. J., Adachi K., Buseck P. R., Collier S., Dubey M. K., Hodshire A. L., Lewis E., Onasch T. B., Pierce J. R., Shilling J., Springston S. R., Wang J., Zhang Q., Zhou S., and Yokelson R. J., 2020: Rapid evolution of aerosol particles and their optical properties downwind of wildfires in the western US. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **20**, 13319.
25. Kokhanovsky, A., Lamare, M., Danne, O., Brockmann, C., Dumont, M., Picard, G., Arnaud, L., Favier, V., Jourdain, B., Le Meur, E., Di Mauro, B., Aoki, T., Niwano, M., Rozanov, V., Korkin, S., Kipfstuhl, S., Freitag, J., Hoerhold, M., Zuhr, A., Vladimirov, 2019: Retrieval of snow properties from the Sentinel-3 Ocean and Land Colour Instrument. *Remote Sensing*, **11**, 2280.
26. Kong, L., X. Tang, J. Zhu, Z. Wang, J. S. Fu, X. Wang, S. Itahashi, K. Yamaji, T. Nagashima, H.-J. Lee, C.-H. Kim, C.-Y. Lin, L. Chen, M. Zhang, Z. Tao, J. Li, M. Kajino, H. Liao, K. Sudo, Y. Wang, Y. Pan, G. Tang, M. Li, Q. Wu, B. Ge, G. R. Carmichael., 2020: Evaluation and uncertainty investigation of the NO₂, CO and NH₃ modeling over China under the framework of MICS-Asia III. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **20**, 181–202.
27. Kubota, T., H. Kuroda, M. Watanabe, A. Takahashi, R. Nakazato, M. Tarui, S. Matsumoto, K. Nakagawa, Y. Numata, T. Ouchi, H. Hosoi, M. Nakagawa, R. Shinohara, M. Kajino, K. Fukushima, Y. Igarashi, N. Imamura, G. Katata, 2020: Role of advection in atmospheric ammonia: A case study at a Japanese lake basin influenced by agricultural ammonia sources. *Atmospheric Environment*, **243**, 117856.
28. Kuo, T.-H., M. Murakami, T. Tajiri, and N. Orikasa, 2019: Cloud Condensation Nuclei and Immersion Freezing Abilities of Al₂O₃ and Fe₂O₃ Particles Measured with the Meteorological Research Institute's Cloud Simulation Chamber. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **97**, 597–614.
29. Kurosaki, Yutaka., Sumito Matoba, Yoshinori Iizuka, Masashi Niwano, Tomonori Tanikawa, Takuto Ando, Akira Hori, Atsushi Miyamoto, Shuji Fujita, and Teruo Aoki, 2020: Reconstruction of sea ice concentration in northern Baffin Bay using deuterium excess in a coastal ice core from the northwestern Greenland Ice Sheet. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, **125**.

- Lin, Y., T. Ichinose, Y. Yamao, and H. Mouri, 2020: Wind velocity and temperature fields under different surface heating conditions in a street canyon in wind tunnel experiments. *Building and Environment*, **168**, 106500.
- Ménard, C. B., Essery, R., Barr, A., Bartlett, P., Derry, J., Dumont, M., Fierz, C., Kim, H., Kontu, A., Lejeune, Y., Marks, D., Niwano, M., Raleigh, M., Wang, L., and Wever, N., 2019: Meteorological and evaluation datasets for snow modelling at ten reference sites: description of in situ and bias-corrected reanalysis data. *Earth System Science Data*, **11**, 865–880.
- Menard, C. B. et al., 2021: Scientific and human errors in a snow model intercomparison. *Bulletin of the American Meteorological Society*, E61–E79.
- Mizuno, Y., T. Yagi, and K. Mori, 2020: Momentum flux in turbulent boundary layers with weakly unstable stratification. *Fluid Dynamics Reserch*. (submitted)
- Mouri, H., T. Morinaga, T. Yagi, and K. Mori, 2020: Logarithmic and nonlogarithmic scaling laws of two-point statistics in wall turbulence. *Physical Review E*, **101**, 053103.
- Niwano, M., Box, J. E., Wehrlé, A., Vandecrux, B., Colgan, W. T., and Cappelen, J., 2021: Rainfall on the Greenland ice sheet: present-day climatology from a high-resolution non-hydrostatic polar regional climate model. *Geophysical Research Letters*. (in press)
- Niwano, Masashi, Akihiro Hashimoto, and Teruo Aoki, 2019: Cloud-driven modulations of Greenland ice sheet surface melt. *Scientific Reports*, **9**, 10380.
- Niwano, M., M. Kajino, T. Kajikawa, T. Aoki, Y. Kodama, T. Tanikawa, and S. Matoba, 2021: Quantifying Relative Contributions of Light-Absorbing Particles from Domestic and Foreign Sources on Snow Melt at Sapporo, Japan during the 2011–2012 Winter. *Geophysical Research Letters*. (in press)
- Niwano, M., Yamaguchi, S., Yamasaki, T., and Aoki, T., 2020: Near-surface snow physics data from a dog-sledge traverse expedition in the northwest Greenland ice sheet during 2018 spring. *Polar Data Journal*, **4**, 133–144.
- Nomura, D., P. Wongpan, T. Toyota, T. Tanikawa, Y. Kawaguchi, T. Ono, T. Ishino, M. Tozawa, T. Tamura, I. Yabe, E. Y. Son, F. Vivier, A. Lourenco, M. Lebrun, Y. Nosaka, T. Hirawake, A. Ooki, S. Aoki, B. Else, F. Fripiat, J. Inoue, and M. Vancoppenolle, 2020: Saroma-ko Lagoon Observations for sea ice Physico-chemistry and Ecosystems 2019 (SLOPE2019). *Bulletin of Glaciological Research*, **38**, 1–12.
- Onuma, Y., Takeuchi, N., Tanaka, S., Nagatsuka, N., Niwano, M., and Aoki, T., 2020: Physically based model of the contribution of red snow algal cells to temporal changes in albedo in northwest Greenland. *The Cryosphere*, **14**, 2087–2101.
- Orikasa, N., M. Murakami, T. Tajiri, Y. Zaizen, and T. Shinoda, 2020: In Situ Measurements of Cloud and Aerosol Microphysical Properties in Summertime Convective Clouds over Eastern United Arab Emirates. *SOLA*, **16**, 185–191.

42. Orikasa, N., A. Saito, K. Yamashita, T. Tajiri, Y. Zaizen, T.-H. Kuo, W.-C. Kuo, and M. Murakami, 2020: Seasonal Variations of Atmospheric Aerosol Particles Focused on Cloud Condensation Nuclei and Ice Nucleating Particles from Ground-Based Observations in Tsukuba, Japan. *SOLA*, **16**, 212–219.
43. Oshima, N., S. Yukimoto, M. Deushi, T. Koshiro, H. Kawai, Y. Tanaka, and K. Yoshida, 2020: Global and Arctic effective radiative forcing of anthropogenic gases and aerosols in MRI-ESM2.0. *Prog. Earth Planet. Sci.*, **7**, 38.
44. Yousuke Sato, Syugo Hayashi, Akihiro Hashimoto, 2021: Difference in the lightning frequency between the July 2018 heavy rainfall event over central Japan and the 2017 northern Kyushu heavy rainfall event in Japan. *Atmospheric Science Letters*. (in press)
45. Sekiyama, T. and M. Kajino., 2020: Reproducibility of surface wind and tracer transport simulations over complex terrain using 5-, 3-, and 1-km grid models. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, **59(5)**, 937–952.
46. Sugiyama, S. et al. , 2021: Rapidly changing glaciers, ocean and coastal environments, and their impact on human society in the Qaanaaq region, northwestern Greenland. *Polar Science*.
47. Cuizhi Sun, Kouji Adachi, Kentaro Misawa, Hing Cho Cheung, Charles C.-K. Chou, Nobuyuki Takegawa, 2020: Mixing State of Black Carbon Particles in Asian Outflow Observed at a Remote Site in Taiwan in the Spring of 2017. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, **125**.
48. Takigawa, M., P. K. Patra, Y. Matsumi, S. K. Dhaka, T. Nakayama, K. Yamaji, M. Kajino, and S. Hayashida, 2020: Can Delhi's pollution be affected by crop fires in the Punjab region?. *SOLA*, **16**, 86–91.
49. Tan, J., J. S. Fu, G. R. Carmichael, S. Itahashi, Z. Tao, K. Huang, X. Dong, K. Yamaji, T. Nagashima, X. Wang, Y. Liu, H.-J. Lee, C.-Y. Lin, B. Ge, M. Kajino, J. Zhu, M. Zhang, L. Hong, and Z. Wang., 2020: Why do models perform differently on particulate matter over East Asia? A multi-model intercomparison study for MICS-Asia III. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **20(12)**, 7393–7410.
50. Tanikawa, T., K. Kuchiki, T. Aoki, H. Ishimoto, A. Hachikubo, M. Niwano, M. Hosaka, S. Matoba, Y. Kodama, Y. Iwata, and K. Stamnes, 2020: Effects of snow grain shape and mixing state of snow impurity on retrieval of snow physical parameters from ground-based optical instrument. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, **125**, e2019JD031858.
51. Tanikawa, T., K. Masuda, H. Ishimoto, T. Aoki, M. Hori, M. Niwano, A. Hachikubo, S. Matoba, K. Sugiura, T. Toyota, N. Ohkawara, and K. Stamnes, 2021: Spectral degree of linear polarization and neutral points of polarization in snow and ice surfaces. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, **273**. (in press)

52. Toyota, T., T. Ono, T. Tanikawa, P. Wongpan, and D. Nomura, 2020: Solidification effects of snowfall on sea-ice freeze-up: results from an onsite experimental study. *Annals of Glaciology*, 1–10.
53. Vandecrux, B. et al. , 2020: The firn meltwater Retention Model Intercomparison Project (RetMIP): evaluation of nine firn models at four weather station sites on the Greenland ice sheet. *The Cryosphere*, **14**, 3785–3810.
54. Vandecrux, B., Fausto, R. S., van As, D., Colgan, W., Langen, P. L., Haubner, K., Ingeman-Nielsen, T., Heilig, A., Stevens, C. M., MacFerrin, M., Niwano, M., Steffen, K., Box, J. E., 2020: Firn cold content evolution at nine sites on the Greenland ice sheet between 1998 and 2017. *Journal of Glaciology*.
55. Yamaguchi S., M. Ishizaka, H. Motoyoshi, S. Nakai, V. Vionnet, T. Aoki, K. Yamashita, A. Hashimoto, and A. Hachikubo, 2019: Measurement of specific surface area of fresh solid precipitation particles in heavy snowfall regions of Japan. *The Cryosphere*, **13**, 2713–2732.
56. Yoshizue M, Taketani F, Adachi K, Iwamoto Y, Tohjima Y, Mori T, Miura K, 2020: Detection of Aerosol Particles from Siberian Biomass Burning over the Western North Pacific. *Atmosphere*, **11**, 1175.
57. Wehrlé, A., Box, J. E., Niwano, M., Anesio, A. M., Fausto, R. S., 2021: Greenland bare ice albedo from PROMICE automatic weather station measurements and Sentinel-3 satellite observations. *GEUS Bulletin*, **47**, 5284.
58. Wingspan, P., Nomura. D, T. Toyota, T. Tanikawa, K. M. Meiners, T. Ishino, T. P. Tamura, M. Tozawa, Y. Nosaka, T. Hiratake, A. Ooki, and S. Aoki, 2020: Using under-ice hyperspectral transmittance to determine land-fast sea-ice algal biomass in Saroma-ko Lagoon, Hokkaido, Japan. *Annals of Glaciology*, 1–10.
59. 青木輝夫, 的場澄人, 庭野匡思, 朽木勝幸, 谷川朋範, 竹内望, 山口悟, 本山秀明, 藤田耕史, 山崎哲秀, 飯塚芳徳, 堀雅裕, 島田利元, 植竹淳, 永塚尚子, 大沼友貴彦, 橋本明弘, 石元裕史, 田中泰宙, 大島長, 梶野瑞王, 足立光司, 黒崎豊, 杉山慎, 津滝俊, 東久美子, 八久保晶弘, 川上薫, 木名瀬健, 2021: SIGMA 及び関連プロジェクトによるグリーンランド氷床上の大気・雪氷・雪氷微生物研究—ArCS II プロジェクトへのつながり—. *雪氷*, **83(2)**.
60. 廣瀬聡, 青木輝夫, 庭野匡思, 的場澄人, 谷川朋範, 山口悟, 山崎哲秀, 2021: 北西グリーンランド氷床上 SIGMA-A サイトで観測された雪面熱収支の特徴. *雪氷*, **83(2)**, 143–154.
61. 猪股弥生, 梶野瑞王, 植田洋匡, 2020: 2001–2015 年における大気中有害大気汚染物質濃度のトレンド解析. *大気環境学会誌*, **55(2)**, 78–91.
62. 川端康弘, 梶野瑞王, 財前祐二, 足立光司, 田中泰宙, 清野直子, 2021: 東京都心における視程の変化. *天気(論文・短報)*, **68**, 5–12.
63. 木村宏海, 八久保晶弘, 舘山一孝, 谷川朋範, 小嶋真輔, 2021: 塩を含む積雪の含水

率測定法. *雪氷*. (submitted)

64. 庭野匡思, 青木輝夫, 2021: 気象研究所における積雪モデリング研究. *大気化学研究*. (in press)
65. 庭野匡思, 青木輝夫, 橋本明弘, 大島 長, 梶野瑞王, 大沼友貴彦, 藤田耕史, 山口 悟, 島田利元, 竹内 望, 津滝 俊, 本山秀明, 石井正好, 杉山 慎, 平沢尚彦, 阿部彩子, 2021: 氷床表面質量収支の実態とそのモデリングの試み: 2020 年夏最新版. *雪氷*, **83**, 27–50.
66. 小野崎 晴佳, 阿部 善也, 中井 泉, 足立 光司, 五十嵐 康人, 大浦 泰嗣, 海老原 充, 宮坂 貴文, 中村 尚, 末木 啓介, 鶴田 治雄, 森口 祐一, 2019: 福島第一原子力発電所事故により 1 号機から放出された放射性エアロゾルの物理・化学的性状の解明. *分析化学*, **68**, 757–768.
67. 高橋麗, 梶野瑞王, 津口裕茂, 林修吾, 橋本明弘, 2021: 雲凝結核が降水に与える影響—平成 27 年 9 月関東・東北豪雨を対象として—. *エアロゾル研究*, **36**, 55–64.

(2) 査読論文以外の著作物 (翻訳、著書、解説等) :

1. Chiba, J., and H. Kawai, 2021: Improved SST–shortwave radiation feedback using an updated stratocumulus parameterization. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Earth System Modelling/WMO*, **51**, 403–404.
2. Hashimoto, A., and S. Hayashi, 2020: Numerical simulations of the cloud and precipitation processes during the heavy rainfall events of early July 2017 and 2018 in Japan. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **50**, 5–05.
3. Hashimoto, A., T. Mori, T. Shimbori and A. Takagi, 2019: An experiment in numerical prediction of volcanic gas transportation. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **49**, 5–07.
4. Hashimoto, A., M. Niwano, H. Fujinami, A. Sakai, and K. Fujita, 2020: Numerical simulation of the seasonal precipitation amount over the Himalayan mountain region using the JMA–NHM. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **50**, 5–07.
5. Ioka, Y., Y. Yogo, T. Tanikawa, M. Hosaka, H. Ishida, and T. Aoki, 2019: Algorithm Theoretical Basis for the Himawari–8, –9/AHI Cryosphere Product Part 2: Sea Ice Distribution. *Meteorological Satellite Center Technical Note*, **64**, 13–21.
6. Ito, J., H. Mouri, 2021: Estimating instantaneous surface momentum fluxes in boundary layers using a deep neural network. *AIP Advances*, **11**, 045021.
7. Kajino, M., H. Hagino, Y. Fujitani, T. Morikawa, T. Fukui, K. Onishi, T. Okuda, T. Kajikawa, and Y. Igarashi., 2020: Modeling transition metals in East Asia and Japan and its emission sources. *GeoHealth*, **4(9)** .
8. Kawai, H., and T. Koshiro, 2020: Does Radiative Cooling of Stratocumulus Strengthen

Summertime Subtropical Highs?. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Earth System Modelling/WMO*, **50**, 711–712.

9. Kawai, H., T. Koshiro, and S. Yukimoto, 2020: Relationship between shortwave radiation bias over the Southern Ocean and the ITCZ in MRI-ESM2. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Earth System Modelling/WMO*, **50**, 709–710.
10. Nagasawa, Ryoji, 2021: Impact of ice cloud treatment on the OLR in the radiation calculation of JMA global NWP model. *CAS/JSC WGNE WGNE Research Activities in Earth System Modelling*, **51**, 4–13–14.
11. Sato, Y., T. T. Sekiyama, S. Fang, M. Kajino, A. Quérel, D. Quélo, H. Kondo, H. Terada, M. Kadowaki, M. Takigawa, Y. Morino, J. Uchida, D. Goto, and H. Yamazawa., 2020: A Model intercomparison of atmospheric ¹³⁷Cs concentrations from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident, Phase III: Simulation with an identical source term and meteorological field at 1 km resolution. *Atmospheric Environment: X*, **7**.
12. Saito, K., K. Watanabe, S. Haginoya, K. Takeda, T. Sueyoshi, T. Hirota, M. Mizoguchi, K. Harada, H. Hosaka, M. Kimura, H. Yabuki., 2020: Database for ground temperature and freezing depth in Japan.. *Polar Data Journal*, **4**, 83–96.
13. Shima, S., Y. Sato, A. Hashimoto, and R. Misumi, 2020: Predicting the morphology of ice particles in deep convection using the super-droplet method: development and evaluation of SCALE-SDM 0.2.5–2.2.0, –2.2.1, and –2.2.2. *Geoscientific Model Development*, **13**, 4107–4157.
14. Wada, A., 2020: Rainfall simulations of Typhoons Kammuri and Phanfone landfalling in the Philippines. *Research Activities in Earth System Modelling*, **50**, 9–11.
15. A.Wada, 2021: Rainfall simulations of Typhoon Mangkhut (2018) landfalling in the Philippines. *Research activities in Earth system modelling. Working Group on Numerical Experimentation*, **51**, 9–11.
16. Wada, A., R. P. Gile, 2019: Roles of ocean coupling and cumulus parameterization in predicting rainfall amounts caused by landfalling typhoons in the Philippines. *Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, **49**, 9–09.
17. Wada, A., H. Yoshimura, and M. Nakagawa, 2020: The effect of the cloud–water conversion rate in the cumulus parameterization on the simulation of Typhoon Lionrock (2016). *Research Activities in Earth System Modelling*, **50**, 9–09.
18. Yogo, Y., Y. Ioka, T. Tanikawa, M. Hosaka, H. Ishida, and T. Aoki, 2019: Algorithm Theoretical Basis for the Himawari-8, –9/AHI Cryosphere Product Part 1: Snow Cover. *Meteorological Satellite Center Technical Note*, **64**, 1–12.
19. YONEHARA Hitoshi, MATSUKAWA Chihiro, NABETANI Takashi, KANEHAMA Takafumi, TOKUHIRO Takayuki, YAMADA Kazutaka, NAGASAWA Ryoji, ADACHI Yukimasa, and SEKIGUCHI Ryouhei, 2020: Upgrade of JMA’s Operational Global Model. *CAS/JSC WGNE WGNE Research Activities in Earth System Modelling*, **50**,

6-11-12.

20. 橋本明弘, 林修吾, 佐藤陽祐, 2020: 第3回雲・降水研究会報告. *天気*, **67**, 713-714.
21. 橋本明弘, 中井専入, 山口 悟, 本吉弘岐, 2021: 降雪・積雪系オンラインワークショップ 2020 報告. *天気*, **68**.
22. 橋本 明弘, 山崎 哲秀, 青木 輝夫, 庭野 匡思, 山口 悟, 2019: グリーンランド北西部シオラパルク・カナックにおける 強風の出現特性. *北海道の雪氷*, **38**, 81-84.
23. 市川陽一, 露木敬允, 薦田直人, 宮元健太, 廣畑智也, 中園真衣, 関光一, 毛利英明, 守永武史, 2020: 森林における大気汚染物質の輸送におよぼす遮蔽による流体力学的効果の解析. *大気環境学会誌*, **55**, 50-59.
24. 川合秀明, 北村祐二, 柴田清孝, 2020: 下位層気楼の光路計算 —マダガスカルで見た層気楼—. *天気*, **67** 巻 2 号, 129-137.
25. 木村宏海, 八久保晶弘, 谷川 朋範, 2020: 塩濃度測定と融点降下から求める積雪含水率測定法. *北海道の雪氷*, **39**, 9-12.
26. 水野吉規, 八木俊正, 森一安, 2019: 弱い不安定成層を伴う乱流境界層における運動量輸送のスケール. *数理解析研究所講究録*, **2117**, 16.
27. 守永武史, 毛利英明, 八木俊政, 森一安, 萩野谷成徳, 2020: 境界層乱流における不安定成層時の平均風速と風速変動. *風工学研究論文集*, **26**, 25.
28. 中井専入, 橋本明弘, 山口 悟, 本吉弘岐, 2020: 降雪・積雪系オンラインワークショップ 2020 開催報告. *雪氷*, **82**, 280-281.
29. 庭野匡思, 2021: 新刊紹介「サイエンス・パレット 037 南極と北極—地球温暖化の視点から」. *雪氷*, **83**, 211-212.
30. 佐藤陽祐, 當房豊, 山下克也, 荒木健太郎, 橋本明弘, 梶野瑞王, 中島孝, 三隅良平, 小池真, 岩崎杉紀, 川合秀明, 飯塚芳徳, 高橋麗, 山内晃, 折笠成宏, 齋藤泉, 藤田啓恵, 酒井健人, 郭威鎮, 田尻拓也, 島伸一郎, 岩本洋子, 2019: 「2018 年度エアロゾル・雲・降水の相互作用に関する研究集会」報告. *天気*, **66**, 479-484.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等：

1. K. Adachi, and T. Kinase, Single-particle analyses of aerosol particles using transmission electron microscopy and cold stages with an optical and scanning electron microscopes, American Geophysical Union 2019 Fall meeting, 2019 年 12 月, アメリカ, サンフランシスコ
2. Kawai, H., and T. Koshiro, Do Low-level Clouds Strengthen Summertime Subtropical Highs?, International workshop for mid-latitude air-sea interaction, 2021 年 6 月, オンライン
3. Kawai, H., S. Yukimoto, T. Koshiro, N. Oshima, T. Tanaka, H. Yoshimura, and R. Nagasawa,

Significant Improvement of Cloud Representation in MRI-ESM2, AGU Fall Meeting 2020, 2020 年 12 月, 米国, virtual

4. Kawai, H., S. Yukimoto, T. Koshiro, N. Oshima, T. Tanaka, H. Yoshimura, and R. Nagasawa, Realities of Developing and Improving Parameterizations Related to Clouds in GCMs, モデルにおける雲の改良と較正に関するワークショップ, 2021 年 4 月, オンライン
5. Li, W., N. Chen, C. Gatebe, T. Tanikawa, M. Hori, T. Aoki, R. Shimada, and K. Stamnes, The effect of surface roughness and polarization on snow bi-directional reflectance: Model simulations and validation using NASA Cloud Absorption Radiometer measurements, European Geosciences Union (EGU) General assembly, 2019 年 4 月, オーストリア, ウィーン
6. Niwano, M., Recent advances in the polar RCM NHM-SMAP, HOPE (High Elevation Precipitation in High Mountain Asia) KICKOFF MEETING, 2020 年 2 月, スイス, チューリッヒ
7. Niwano, M., Application of the polar regional climate model NHM-SMAP in the Antarctic ice sheet, Polar CORDEX Workshop, 2020 年 10 月, オンライン, オンライン
8. Niwano, M. and A. Hashimoto, Detailed description, capabilities, and modelling strategy (domain, years, resolution) for NHM, HOPE (High Elevation Precipitation in High Mountain Asia) KICKOFF MEETING, 2020 年 2 月, スイス, チューリッヒ
9. Orikasa, N., M. Murakami, T. Tajiri, Y. Zaizen, and T. Shinoda, In Situ Measurements of Aerosol and Cloud Microphysical Properties and Cloud Seeding Experiments over the UAE, 22nd Conference on Planned and Inadvertent Weather Modification, 2020 年 1 月, アメリカ, ボストン
10. Tajiri, T., N. Orikasa, Y. Zaizen, T.-H. Kuo, W.-C. Kuo, and M. Murakami, CCN and INP Abilities of Hybrid Flare Particles Measured with MRI Continuous Flow Diffusion Chamber-type IN Counter and MRI Cloud Simulation Chamber, 22nd Conference on Planned and Inadvertent Weather Modification, 2020 年 1 月, アメリカ, ボストン
11. Vandecrux, B., R. Fausto, D. van As, W. Colgan, P. Langen, K. Sampson, K. Steffen, K. Haubner, T. Ingemann-Nielsen, M. Niwano, and J. Box, Heat budget of Greenland firn: observed and simulated changes from 1998-2015, European Geosciences Union (EGU) General assembly, 2019 年 4 月, オーストリア, ウィーン
12. Wehrlé, A., Box, J., Niwano, M., Anesio, A. M. B., and Fausto, R. S., Greenland surface processes from PROMICE automatic weather station measurements and Sentinel-3 satellite observations, AGU Fall Meeting 2020, 2020 年 12 月, 米国, virtual
13. Wongpan, P., T. Toyota, T. Tanikawa, D. Nomura, T. Hirawake, A. Ooki, and S. Aoki, Using under-ice spectra to determine land-fast ice algal biomass in Lake Saroma, Japan, SOLAS Open Science Conference, 2019 年 4 月, 北海道札幌市

- Yamada, Y., Damaging wind fields associated with Typhoon Jebi in the Kansai region in Japan on the 4th September 2018 derived from multiple-Doppler wind synthesis over complex terrain, 39th International Conference on Radar Meteorology, 2019 年 9 月, Japan, Nara
14. 青木輝夫, 庭野匡思, 末吉哲雄, Towards the understanding of mass balance variation of Arctic and Antarctic ice sheets, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市
15. 青木輝夫, 庭野匡思, 山口 悟, 的場澄人, 谷川朋範, 堀 雅裕, 島田利元, 八久保晶 弘, Preliminary analysis result of the Handheld Integrating Sphere Snow Grain Sizer (HISSGraS), 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市
16. 青木輝夫, 島田利元, 堀雅裕, 庭野匡思, 谷川朋範, 的場澄人, 飯塚芳徳, 藤田耕史, Interannual trend of satellite-derived snow grain size over the Greenland Ice Sheet, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, オンライン
17. 花土弘, 川村誠治, 岩井宏徳, 佐藤晋介, 中川勝広, 田尻拓也, 折笠成宏, 小司禎教, 荒木健太郎, 瀬古弘, 地デジ放送波を用いた水蒸気量推定手法の研究開発 - マイクロ波放射計との同時観測-, JpGU meeting 2019, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市
18. 広沢陽一郎, 青木輝夫, 庭野匡思, 的場澄人, 兒玉裕二, 谷川朋範, Effect of snow impurities on the radiation budget and snow melting observed at Sapporo during 10 winter seasons, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市
19. 伊藤純至, 毛利英明, 瞬時的な風速に適用可能な接地境界層モデルの深層学習による構築, JpGU meeting 2019, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市
20. 庭野匡思, 橋本明弘, Meteorological and snow/ice data around the Greenland ice sheet (1980-2019) calculated by the high-resolution polar regional climate model NHM-SMAP, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, オンライン
21. 庭野匡思, 橋本明弘, 青木輝夫, Impacts of clouds on the Greenland ice sheet surface melt and mass balance, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市
22. 庭野匡思, 橋本明弘, 津滝俊, 本山秀明, 平沢尚彦, 阿部彩子, Estimation of the Antarctic ice sheet surface mass balance using the polar regional climate model NHM-SMAP, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, オンライン
23. 折笠成宏, 村上正隆, 田尻拓也, 財前祐二, 篠田太郎, In situ measurements of aerosol and cloud microphysical properties and cloud seeding experiments over the UAE: Part 2, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, オンライン
24. 對馬あかね, 庭野匡思, 青木輝夫, 大河原望, 谷川朋範, 的場澄人, 足立光司, 木名瀬健, 藤田耕史, Annual and seasonal variation trend of light-absorbing snow impurities components at Sapporo, Japan, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, オンライン
- 25.

・国内の会議・学会等：

1. Kuo, W-C., M. Murakami, T. Tajiri, and N. Orikasa, Using Parcel Model to Simulate the Particle Distribution of Hygroscopic Flares in CCNC., 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都渋谷区
2. Kuo, W-C., M. Murakami, T. Tajiri, N. Orikasa, and K. Yamashita, Droplet Size Distribution Activated and Grown from Hygroscopic Particles in CCNC, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
3. Kuo, W-C., M. Murakami, T. Tajiri, N. Orikasa, and K. Yamashita, Droplet Size Distribution Activated and Grown from Hygroscopic Particles in CCNC, 日本気象学会 2020 年度春季大会, 2020 年 5 月, 神奈川県川崎市
4. Kuo, W-C., M. Murakami, T. Tajiri, N. Orikasa, and K. Yamashita, 雲核計内における吸湿性フレーア粒子の雲核活性と雲粒粒径分布に関する数値計算, 2020 年度エアロゾル・雲・降水の相互作用に関する研究集会, 2021 年 2 月, オンライン
5. 青木輝夫, 庭野匡思, 谷川朋範, 的場澄人, 気温上昇に伴う積雪粒径の増加と近赤外アルベド低下効果の普遍性, 日本気象学会 2019 年秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡
6. 千葉丈太郎, 川合秀明, 層積雲スキーム改良による SST-SW フィードバックの改善, 日本気象学会 2020 年度春季大会, 2020 年 5 月, 神奈川県川崎市
7. 千葉丈太郎, 川合秀明, 層積雲スキーム改良による SST-SW フィードバックの改善, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, オンライン
8. 橋本明弘, 2018 年北陸大雪時の雲・降水機構に関する数値実験, 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, 2019 年 8 月, 長岡市
9. 橋本明弘, 現地観測と数値実験をもとに捉えられた気象現象, グリーンランド南東ドームアイスコアに関する研究集会, 2019 年 11 月, 北海道札幌市
10. 橋本明弘, 雲・降水の数値シミュレーション, 日本気象学会 2020 年度夏季大会, 2020 年 8 月, オンライン
11. 橋本明弘, 第 3 部 雲微物理モデリングと数値シミュレーション, 第 7 回メソ気象セミナー, 2021 年 7 月, オンライン
12. 橋本明弘, 石坂雅昭, 山下克也, 本吉弘岐, 中井専人, 山口悟, 2018 年冬季大雪事例の降雪粒子特性に関する数値実験, 降雪・積雪系オンラインワークショップ 2020, 2020 年 7 月, オンライン
13. 橋本明弘, 本吉弘岐, 山下克也, 石坂雅昭, 中井専人, 山口悟, 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, 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(第 18 回)」, 2019 年 11 月, 新潟県長岡市
14. 橋本明弘, 折笠成宏, 田尻拓也, 林修吾, 平成 30 年 7 月豪雨の雲微物理特性に関する数値実験, 2019 年度エアロゾル・雲・降水の相互作用に関する研究集会, 2020 年 2 月, 東京都立川市
15. 林 修吾, 南雲信宏, 梅原章仁, 2018 年 5 月 10 日に発生した背の低い雷雲の偏波レー

- ダーによる観測, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都
16. 林 修吾, 梅原章仁, 南雲信宏, 二重偏波レーダーによる降水粒子判別結果と雷活動の関係, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
 17. 林 修吾, 梅原章仁, 南雲信宏, 二重偏波レーダーによる降水粒子判別を用いた雷雲の特徴, 第 14 回航空気象研究会, 2020 年 2 月, 東京都
 18. 林 修吾, 梅原章仁, 南雲信宏, 二重偏波レーダによる粒子判別を用いた雷雲内の粒子分布と雷活動の関係, 雲・降水研究会(第三回), 2020 年 5 月, Web 開催
 19. 石坂雅昭, 本吉弘岐, 山下克也, 中井専入, 山口悟, 橋本明弘, 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-, 雪氷研究大会(2019・山形), 2019 年 9 月, 山形市
 20. 石坂雅昭, 本吉弘岐, 山下克也, 中井専入, 山口悟, 橋本明弘, 北陸平野部の大雪時の降雪粒子の特徴と雲物理過程, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
 21. 石坂雅昭, 本吉弘岐, 山下克也, 中井専入, 山口悟, 橋本明弘, 日本海上に形成される各種降雪雲(JPCZ、Tmode、L mode)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, 日本気象学会中部支部研究発表会, 2019 年 11 月, 富山市
 22. 石坂雅昭, 本吉弘岐, 山下克也, 中井専入, 山口悟, 橋本明弘, 北陸平野部の大雪と降雪粒子の特徴 -2018 年と 2021 年の大雪から-, 日本雪氷学会北信越支部研究発表会, 2021 年 6 月, オンライン
 23. 川端康弘, 梶野瑞王, 財前祐二, 足立光司, 田中泰宙, 清野直子, 東京および東京国際空港における視程の変化, 日本気象学会 2021 年度春季大会, 2021 年 5 月, オンライン
 24. 川端康弘, 田中泰宙, 財前祐二, 梶野瑞王, 足立光司, 東京と熊谷における視程の経年変化, 日本気象学会 2020 年度春季大会, 2020 年 5 月, オンライン
 25. 川合秀明, 神代剛, 吉村裕正, 遠藤洋和, 中川雅之, 積雲対流スキームの役割の実際, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都
 26. 川合秀明, 行本誠史, 神代剛, 大島長, 田中泰宙, 吉村裕正, 長澤亮二, MRI-ESM2 の雲表現の改良における様々な苦労, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
 27. 川合秀明, エアロゾルの雲への影響についての認識は適切か?, エアロゾル・雲・降水の相互作用に関する研究集会, 2020 年 2 月, 東京都立川市
 28. 川合秀明, 地球温暖化によって将来の気候はどう変わるのか?, 船橋市・オンライン市民公開講座, 2020 年 12 月, オンライン
 29. 川合秀明, 何が地球の将来の温度を決めるのか?, 地球環境講演会, 2021 年 1 月, オンライン
 30. 川合秀明, 総説:海上の下層雲の概要、気候モデルにおけるそのパラメタリゼーション, エアロゾル・雲・降水の相互作用に関する研究集会, 2021 年 2 月, オンライン

31. 川合秀明, 気候モデルにおける南大洋の雲, 国立極地研究所気水圏コロキウム, 2021年5月, オンライン
32. 川合秀明, 神代剛, 亜熱帯下層雲の放射冷却は夏季の亜熱帯高気圧を強化するか?, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, オンライン
33. 川合秀明, 神代剛, 行本誠史, MRI-ESM2における南大洋の短波放射バイアスとダブル ITCZ 問題の関係, 日本気象学会 2021 年度春季大会, 2021 年 5 月, オンライン
34. 北村智文, 小林健二, 水野吉規, 森将人, 宮武真一, 渋谷和孝, アメダス観測環境監視カメラから積雪深を推定するアルゴリズムの開発, 電子情報通信学会 人工知能と知識処理(AI)研究会, 2019 年 9 月, 鹿児島市
35. 北村 祐二, 西澤 誠也, 西本 秀祐, MYNN モデルにおける接地境界層での特徴的長さの検討, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
36. 黒崎豊, 的場澄人, 飯塚芳徳, 庭野匡思, 谷川朋範, 安藤卓人, 青木輝夫, グリーンランド北西部 SIGMA-A アイスコアによる海水変動の復元, 雪氷研究大会(2019・山形), 2019 年 9 月, 山形市
37. 水野吉規, 八木俊政, 森一安, 乱流境界層における大規模構造の運動量輸送への寄与の評価, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
38. 守永武史, 毛利英明, 萩野谷成徳, 八木俊政, 森一安, 境界層乱流における安定成層時の風速変動と温度変動, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都
39. 守永武史, 毛利英明, 萩野谷成徳, 八木俊政, 森一安, 境界層乱流における不安定成層時の風速・温度変動, 日本気象学会 2020 年度春季大会, 2020 年 5 月, オンライン
40. 守永武史, 毛利英明, 八木俊政, 森一安, 萩野谷成徳, 境界層乱流における不安定成層時の平均風速と風速変動, 第 26 回風工学シンポジウム, 2020 年 11 月, オンライン
41. 本吉 弘岐, 橋本 明弘, 第 2 部 地上降雪粒子観測とメソ降水系への洞察, 第 7 回メソ気象セミナー, 2021 年 7 月, オンライン
42. 毛利英明, 守永武史, 萩野谷成徳, 壁乱流の $1/k$ スペクトル則は実在するのだろうか, 研究会「乱流基礎相似則の再検討」, 2019 年 7 月, 京都府京都市
43. 村上正隆, 篠田太郎, 高橋暢宏, 坪木和久, 増永浩彦, 堀江宏昭, 山田広幸, 折笠成宏, Walter Strapp, Lyle Lilie, Tom Bond, 航空機観測計画 一高濃度氷晶雲の実態把握と検出法・予測法開発に関する基礎的研究一, 「航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進」研究集会, 2019 年 12 月, 東京都文京区
44. 村上正隆, 篠田太郎, 高橋暢宏, 坪木和久, 増永浩彦, 堀江宏昭, 山田広幸, 折笠成宏, 田尻拓也, 財前祐二, 川合秀明, 松木篤, 牧輝弥, 竹村俊彦, Walter Strapp, Lyle Lilie, Thomas Ratvasky, Kris Bedka, 高濃度氷晶雲の実態把握と検出法・予測法開発に関する基礎的研究 一 航空機観測実施時期の検討 一, 「航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進」研究集会, 2020 年 12 月, オンライン

- 村上正隆, 辻野智紀, 吉住蓉子, 橋本明弘, 加藤雅也, ダブルモーメント雲微物理パラ
45. メタリゼーションにおける CCN 活性化スキーム, 日本気象学会 2019 年度秋季大
会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
46. 中川雅之, 川合秀明, 気象庁全球モデルにおける下層雲の表現の改善(第四報), 日
本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都
47. 中川雅之, 川合秀明, 気象庁全球モデルへの浅い積雲対流スキームの導入, 日本気
象学会 2020 年度春季大会, 2020 年 5 月, オンライン
48. 中山雅茂, 直木和弘, 谷川朋範, 長幸平, 海氷のマイクロ波放射計観測を目的とした
実験用プールの製作と運用, 雪氷研究大会(2019・山形), 2019 年 9 月, 山形市
49. 中川雅之, 吉村裕正, 和田章義, 全球 7km 非静力学および 20km 静力学モデルによる
台風進路予測誤差の要因の調査, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10
月, 福岡県福岡市
50. 中山雅茂, 直木和弘, 谷川朋範, 長幸平, 野外プールを使った海氷成長過程観測シス
テムの開発, 雪氷研究大会(2020・オンライン), 2020 年 11 月, オンライン
51. 直木和弘, 中山雅茂, 谷川朋範, 長幸平, 海氷の厚さとマイクロ波輝度温度の関係 2,
雪氷研究大会(2019・山形), 2019 年 9 月, 山形市
52. 直木和弘, 中山雅茂, 谷川朋範, 長幸平, 海氷の厚さと3周波数帯のマイクロ波輝度
温度の関係, 雪氷研究大会(2020・オンライン), 2020 年 11 月, オンライン
53. 西村基志, 青木輝夫, 庭野匡思, 的場澄人, 谷川朋範, 山口悟, 山崎哲秀, グリーンラ
ンド・カナック氷帽上 SIGMA-B における熱収支解析に基づく表面融解メカニズムの
考察, 雪氷研究大会(2020・オンライン), 2020 年 11 月, オンライン
54. 庭野匡思, 積雪変質モデルを組み込んだ領域気候モデルの高度化と有効活用の方向
性, 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, 2019 年
6 月, 長岡
55. 庭野匡思, 極域気候モデル NHM-SMAP の紹介, ヒマラヤ研究会合, 2019 年 7 月, 名古
屋
56. 庭野匡思, 札幌における気象・雪氷観測からグリーンランド氷床雪氷質量変動研究へ,
低温科学研究所 共同研究集会シンポジウム「変化する環オホーツク陸域・海域環
境と今後の展望」, 2019 年 7 月, 札幌
57. 庭野匡思, 極域気候モデリング, 第 3 期ドームふじ計画対応 WG 観測小委員会, 2019
年 11 月, 立川
58. 庭野匡思, 極域気候モデル NHM-SMAP v1.0 で計算されたグリーンランド氷床表面質量
収支 1978-2019, SE-Dome アイスコアに関する研究集会, 2019 年 11 月, 札幌
59. 庭野匡思, NHM-SMAP の現状と将来展望, 近年のグリーンランド氷床表面の暗色化と
急激な表面融解に関する研究会, 2020 年 3 月, オンライン
60. 庭野匡思, 南極に適用した極域気候モデル NHM-SMAP の設定と初期評価結果, 南極
新学術 SMB オンラインミーティング, 2020 年 6 月, オンライン

61. 庭野匡思, 南極新学術公募研究成果報告, 科研費新学術領域研究「南極の海と氷床」
2020 年度全体会議, 2020 年 8 月, オンライン
62. 庭野匡思, 極域・雪氷研究への誘い, 気象大学校オンラインコロキウム, 2020 年 11 月,
オンライン
63. 庭野匡思, 北極域の急速な温暖化, 2020 年気象庁気象研究所成果発表会, 2020 年 12
月, オンライン
64. 庭野匡思, 最新の積雪モデルで拓く次世代雪関連防災情報確立への道, 令和 2 年度
関東甲信地区調査研究会, 2021 年 1 月, オンライン
65. 庭野匡思, グリーンランド氷床表面融解と表面質量収支に対する雲放射の影響, ArCS
II 気候予測課題連携グループ: 雲放射-雪氷相互作用 オンライン会議, 2021 年 2
月, オンライン
66. 庭野匡思, 積雪モデル SMAP の日本全国運用, 科研費基盤 B「積雪が稀な地域での大
雪発生状況の把握と現在及び将来の大雪発生ポテンシャルの評価」(代表: 川瀬
宏明)オンライン全体会合, 2021 年 3 月, オンライン
67. 庭野匡思, 公募研究第 2 期:「過去 40 年間の南極氷床表面質量収支高精度計算」進捗
状況, 第 2 回南極新学術 SMB ミーティング, 2021 年 3 月, オンライン
68. 庭野匡思, Antarctic ice sheet surface mass balance 1980-2020 from the polar regional
climate model NHM-SMAP, 新学術『南極の海と氷床』2020 年度年次報告会, 2021
年 3 月, virtual
69. 庭野匡思, 橋本明弘, 青木輝夫, グリーンランド氷床表面融解に対する雲の影響, 日
本気象学会 2019 年秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡
70. 庭野匡思, 橋本明弘, 青木輝夫, 廣瀬聡, 島田利元, 西村基志, 堀雅裕, 2019 年にグ
リーンランド氷床で引き起こされた顕著な表面融解域拡大に対する雲放射の影響,
JpGU Meeting 2021: Virtual, 2021 年 6 月, オンライン
71. 庭野匡思, 酢谷真巳, 長屋幸一, 中里真久, 石井恭介, 大河原望, 山口悟, 平島寛行,
本吉弘岐, 積雪変質モデルを用いた日本全域における積雪域推定, 日本気象学
会 2021 年度春季大会, 2021 年 5 月, オンライン
72. 大河原望, 南極昭和基地における地表面放射の長期変化傾向, 日本気象学会 2019 年
度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都
73. 折笠成宏, 観測・実験に基づく雲物理学的知見, 第 7 回メソ気象セミナー, 2021 年 7 月,
オンライン
74. 折笠成宏, 村上正隆, 田尻拓也, 財前祐二, 篠田太郎, UAE 上空におけるエアロゾル・
雲の直接観測(その1), 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県
福岡市
75. 折笠成宏, 村上正隆, 田尻拓也, 財前祐二, 篠田太郎, UAE 上空におけるエアロゾル・
雲の直接観測, 2019 年度エアロゾル・雲・降水の相互作用に関する研究集会, 2020
年 2 月, 東京都立川市

- 折笠成宏, 村上正隆, 田尻拓也, 財前祐二, 篠田太郎, UAE 上空におけるエアロゾル・雲の直接観測, 「航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進」研究集会, 2020 年 12 月, オンライン
- 76.
- 折笠成宏, 斎藤篤思, 山下克也, 田尻拓也, 財前祐二, Tzu-Hsien Kuo, Wei-Chen Kuo, 村上正隆, つくば地上モニタリング観測による実大気エアロゾルの雲核能・氷晶核能の変動(その2), エアロゾル・雲・降水の相互作用に関する研究集会, 2021 年 2 月, オンライン
- 77.
- 田尻拓也, 郭威鎮, 折笠成宏, 財前祐二, 村上正隆, 内部混合したサブミクロン粒子の吸湿度, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都渋谷区
- 78.
- 田尻拓也, 郭威鎮, 折笠成宏, 財前祐二, 村上正隆, 内部混合したサブミクロン粒子の吸湿度と雲粒生成, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
- 79.
- 田尻拓也, 折笠成宏, 郭威鎮, 財前祐二, 村上正隆, 混合核の形態的特性と雲粒子生成に関する考察, 2019 年度エアロゾル・雲・降水の相互作用に関する研究集会, 2020 年 2 月, 東京都立川市
- 80.
- 田尻拓也, 折笠成宏, 財前祐二, 郭威鎮, 村上正隆, つくばで計測された大気エアロゾル粒子の氷晶核能, 日本気象学会 2020 年度春季大会, 2020 年 5 月, オンライン
- 81.
- 田尻拓也, 折笠成宏, 郭威鎮, 財前祐二, 村上正隆, 大気エアロゾル粒子の氷晶核能(つくばの事例), 2020 年度エアロゾル・雲・降水の相互作用に関する研究集会, 2021 年 2 月, オンライン
- 82.
- 谷川朋範, 青木輝夫, 石元裕史, 増田一彦, 庭野匡思, 堀雅裕, 八久保晶弘, 的場澄人, 杉浦幸之助, 島田利元, 大河原望, 積雪と海水の波長別偏光特性, 雪氷研究大会(2020・オンライン), 2020 年 11 月, オンライン
- 83.
- 谷川朋範, 庭野匡思, 大河原望, 石元裕史, 青木輝夫, ニーオルスンにおける全天分光日射計を用いた積雪粒径・積雪不純物濃度の推定, 日本気象学会 2020 年度春季大会, 2020 年 5 月, オンライン
- 84.
- 對馬あかね, 庭野匡思, 青木輝夫, 谷川朋範, 的場澄人, 大河原望, 2007-2018 年冬季の札幌の表面積雪中の EC、OC および dust 濃度の変動傾向, 雪氷研究大会(2019・山形), 2019 年 9 月, 山形市
- 85.
- 山口悟, 石坂雅昭, 本吉弘岐, 中井專人, 山下克也, 橋本明弘, Vionnet V., 八久保晶弘, 青木輝夫, 新雪の比表面積の測定, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
- 86.
- 吉住蓉子, 村上正隆, 長谷川晃一, 榊原篤志, 橋本明弘, 篠田太郎, 加藤雅也, 簡易型吸湿性シーディングスキームを導入した雲解像モデル CReSS によるシーディング実験, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
- 87.
- 吉住蓉子, 村上正隆, 折笠成宏, 田尻拓也, 篠田太郎, 加藤雅也, アラブ首長国連邦の低地における日周対流雲の発達要因と微物理構造, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都渋谷区
- 88.

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等：

1. Ando, T., Y. Iizuka, M. Shibata, S. Matoba, S. Sugiyama, S. Adachi, S. Yamaguchi, K. Fujita, A. Hori, M. Niwano, T. Aoki, and S. Fujita, History of snow grain modification evaluated by specific surface area (SSA) and density using two ice cores from Greenland, European Geosciences Union (EGU) General assembly, 2019 年 4 月, オーストリア, ウィーン
2. Hashimoto, A., H. Motoyoshi, N. Orikasa, R. Misumi, and M. Niwano, Development and applications of the process-tracking scheme based on bulk microphysics to determine the properties of snow particles, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, 千葉市幕張
3. Hashimoto, A., M. Niwano, H. Fujinami, A. Sakai, and K. Fujita, Numerical simulations of precipitation in high altitude Himalaya mountainous area by using JMA-NHM, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, 千葉市幕張
4. Hori, M., T. Aoki, T. Tanikawa, M. Niwano, and R. Shimada, Retrieving temperature and specularly of sea-ice surface from remotely sensed thermal infrared brightness temperatures, European Geosciences Union (EGU) General assembly, 2019 年 4 月, オーストリア, ウィーン
5. Kawai, H., and T. Koshiro, Stability Index for Marine Low Cloud Cover over the Mid-latitudes, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, オンライン
6. Kawai, H., T. Koshiro, H. Yoshimura, R. Oyama, H. Endo, and M. Nakagawa, Convective and large-scale precipitation in models, CFMIP Meeting on Clouds, Precipitation, Circulation, and Climate Sensitivity, 2019 年 10 月, ギリシャ, ミコノス
7. Niwano, M., A. Hashimoto, and T. Aoki, Cloud-driven modulations of Greenland ice sheet surface melt, from 2012 to 2014, 2019 AGU Fall Meeting, 2019 年 12 月, アメリカ, サンフランシスコ
8. Orikasa, N., M. Murakami, A. Saito, T. Tajiri, Y. Zaizen, and T. Shinoda, Cloud seeding experiment for precipitation augmentation with aircraft in-situ measurements, JpGU Meeting 2021: Virtual, 2021 年 6 月, オンライン
9. Orikasa, N., M. Murakami, T. Tajiri, Y. Zaizen, and T. Shinoda, In Situ Measurements of Aerosol and Cloud Microphysical Properties and Cloud Seeding Experiments over the UAE, 18th International Conference on Clouds and Precipitation (ICCP 2021), 2021 年 8 月, インド, プネ
10. Orikasa, N., A. Saito, K. Yamashita, T. Tajiri, Y. Zaizen, T.-H. Kuo, W.-C. Kuo, and M. Murakami, Seasonal variations of aerosols focused on IN and CCN abilities from ground-based observations at Tsukuba, Japan, 3rd Atmospheric Ice Nucleation Conference, 2020 年 1 月, アメリカ, ボストン

11. Orikasa, N., A. Saito, K. Yamashita, T. Tajiri, Y. Zaizen, T.-H. Kuo, W.-C. Kuo, and M. Murakami, Seasonal variations of aerosols focused on IN and CCN abilities from ground-based observations at Tsukuba, Japan, 18th International Conference on Clouds and Precipitation (ICCP 2021), 2021 年 8 月, インド, プネ
12. Shimada, R., M. Hori, T. Aoki, T. Tanikawa, S. Matoba, M. Niwano, K. Stamnes, W. Li, and N. Chen, Introduction of the GCOM-C/SGLI Cryosphere product and validation result, European Geosciences Union (EGU) General assembly, 2019 年 4 月, オーストリア, ウィーン
13. Tajiri, T., N. Orikasa, Y. Zaizen, W.-C. Kuo, and M. Murakami, Internal structure and INP ability of AgI flare particles mixed with hygroscopic materials, 3rd Atmospheric Ice Nucleation Conference, 2020 年 1 月, アメリカ, ボストン
14. Yogo, Y., Y. Ioka, T. Tanikawa, M. Hosaka, and T. Aoki, New Snow & Sea Ice Detection Algorithm Using The New Geostationary Meteorological Satellites Himawari-8 and 9/AHI, AGU Fall Meeting 2019, 2019 年 12 月, 米国, San Francisco
15. 橋本 明弘、山下 克也、石坂 雅昭、本吉 弘岐、中井 専人、山口 悟, 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, 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, 2021 年 6 月, オンライン
16. 橋本明弘、佐々木織江、坂井亜規子、藤田耕史, ヒマラヤ高山域の降水再現実験における地形平滑化に対する依存性, 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, 2021 年 6 月, オンライン
17. 廣瀬聡, 青木輝夫, 庭野匡思, 的場澄人, 谷川朋範, 山口悟, 山崎哲秀, 北西グリーンランド氷床上 SIGMA-A サイトで観測された雪面熱収支の特徴, JpGU Meeting 2021: Virtual, 2021 年 6 月, オンライン
18. 堀雅裕, 庭野匡思, 青木輝夫, 島田利元, 複数の衛星搭載光学センサデータから抽出された北半球積雪域分布の比較, JpGU Meeting 2021: Virtual, 2021 年 6 月, オンライン
19. 西村基志, 青木輝夫, 庭野匡思, 的場澄人, 山口悟, 山崎哲秀, グリーンランド・カナック氷帽上 SIGMA-B における熱収支解析に基づく表面融解メカニズムの考察, JpGU Meeting 2021: Virtual, 2021 年 6 月, オンライン
20. 折笠成宏, 村上正隆, 田尻拓也, 財前祐二, 篠田太郎, UAE 上空におけるエアロゾル・雲の直接観測及びシーディング実験, JpGU meeting 2019, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市

・国内の会議・学会等：

1. Kuo, W.-C., M. Murakami, T. Tajiri, N. Orikasa, and K. Yamashita, Droplet Size Distribution Activated and Grown from Hygroscopic Particles in CCNC, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, オンライン
2. 橋本明弘, 石坂雅昭, 山下克也, 本吉弘岐, 中井専人, 山口悟, 2018 年冬季大雪事

例の降雪粒子特性に関する数値実験, 日本気象学会 2020 年度春季大会, 2020 年 5 月, 川崎市

3. 橋本明弘, 石坂雅昭, 山下克也, 本吉弘岐, 中井専人, 山口悟, 2018 年冬季 JPCZ に関連した降雪形成機構に関する数値実験, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, オンライン
4. 橋本明弘, 本吉弘岐, 山下克也, 石坂雅昭, 中井専人, 山口悟, 2018 年冬季大雪事例の雲・降水機構に関する数値実験, 雪氷研究大会(2019・山形), 2019 年 9 月, 山形市
5. 橋本明弘, 森健彦, 新堀敏基, 気象予測モデルを併用した新しい二酸化硫黄放出率推定手法の開発: その 2, 日本火山学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, 日本
6. 橋本明弘, 庭野匡思, 藤波初木, 坂井亜規子, 藤田耕史, ヒマラヤ山岳域の降水再現実験における格子解像度依存性, 雪氷研究大会(2019・山形), 2019 年 9 月, 山形市
7. 橋本明弘, 折笠成宏, 田尻拓也, 林修吾, 平成 30 年 7 月豪雨の雲・降水形成機構に関する数値実験, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
8. 橋本明弘, 山下克也, 石坂雅昭, 本吉弘岐, 中井専人, 山口悟, 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, 日本気象学会 2021 年度春季大会, 2021 年 5 月, オンライン
9. 木村宏海, 八久保晶弘, 舘山一孝, 谷川朋範, サロマ湖海水上の積雪含水率の測定, 雪氷研究大会(2020・オンライン), 2020 年 11 月, オンライン
10. 村上正隆, 篠田太郎, 高橋暢宏, 坪木和久, 増永浩彦, 堀江宏昭, 山田広幸, 折笠成宏, 田尻拓也, 財前祐二, 川合秀明, 松木篤, 牧輝弥, 竹村俊彦, Walter Strapp, Lyle Lilie, Thomas Ratvasky, Kris Bedka, 高濃度氷晶雲の実態把握と検出法・予測法開発に関する基礎的研究 — 航空機観測実施時期の検討 —, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, オンライン
11. 長澤亮二, 気象庁全球モデルの放射計算で利用する水雲有効半径の見直し, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
12. 長澤亮二, 放射計算における氷雲の扱いが大気モデルの OLR に与える影響, 日本気象学会 2021 年度春季大会, 2021 年 5 月, オンライン
13. 中川雅之, 川合秀明, 気象庁全球モデルへの浅い積雲対流スキームの導入(2), 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, オンライン
14. 西澤誠也, 北村祐二, 有限体積モデルにおける地表面フラックススキーム, 第 6 回メソ気象セミナー, 2019 年 7 月, 三重県伊勢市
15. 折笠成宏, 村上正隆, 田尻拓也, 財前祐二, 篠田太郎, UAE 上空におけるエアロゾル・雲の直接観測(その 2), 日本気象学会 2020 年度春季大会, 2020 年 5 月, オンライン

- 折笠成宏, 村上正隆, 田尻拓也, 財前祐二, 篠田太郎, UAE 上空におけるエアロゾル・雲の直接観測(その3), 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, オンライン
- 16.
- 折笠成宏, 斎藤篤思, 山下克也, 田尻拓也, 財前祐二, Tzu-Hsien Kuo, Wei-Chen Kuo, 村上正隆, つくば地上モニタリング観測による実大気エアロゾルの雲核能・氷晶核能の変動(その2), 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都渋谷区
- 17.
- 鈴木賢士, 杉立卓治, 清水健作, 森 修一, 勝俣昌己, 中川勝広, 大石 哲, 川野哲也, 橋本明弘, 大東忠保, 齊藤靖博, 篠田太郎, 山田広幸, 降水粒子帯電電荷測定のための 400MHz 帯ラジオゾンデ搭載新型センサー開発, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
- 18.
- 谷川朋範, 青木輝夫, 石元裕史, 庭野匡思, 堀雅裕, 的場澄人, 積雪の波長別偏光測定装置の高度化, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都
- 19.
- 田尻拓也, 郭威鎮, 折笠成宏, 財前祐二, 村上正隆, 内部混合粒子の吸湿度と氷晶形成に関する研究(その2), 第 36 回エアロゾル科学・技術研究討論会, 2019 年 9 月, 広島県東広島市
- 20.
- 田尻拓也, 折笠成宏, 財前祐二, 郭威鎮, 村上正隆, つくばで計測された大気エアロゾル粒子の氷晶核能, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, オンライン
- 21.
- 田村多佳基, 青木輝夫, 庭野匡思, 的場澄人, 兒玉裕二, 谷川朋範, 札幌における雲が積雪面上の熱収支に与える効果, 日本気象学会 2019 年秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡
- 22.
- 豊田威信, 小野貴司, 谷川朋範, Pat Wongpan, 野村大樹, 雪が結氷初期の海水成長に及ぼす影響について, 雪氷研究大会(2019・山形), 2020 年 9 月, 山形市
- 23.
- 豊田威信, 小野貴司, 谷川朋範, Pat Wongpan, 野村大樹, 降雪が結氷初期の海水凍結過程に及ぼす影響について, 日本海洋学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 11 月, オンライン
- 24.

(4) 投稿予定論文

1. Kouji Adachi, Jack E. Dibb, Eric Scheuer, Joseph M. Katich, Joshua P. Schwarz, Anne E. Perring, Brady Mediavilla, Hongyu Guo, Pedro Campuzano-Jost, Jose L. Jimenez, James Crawford, Amber J. Soja, Naga Oshima, Mizuo Kajino, Takeshi Kinase, Lawrence Kleinman, Arthur J. Sedlacek III, Robert J. Yokelson, Peter R. Buseck, Fine ash particles as a major aerosol component in biomass burning smoke, Submitted to Journal of Geophysical Research
2. Mouri, H., Ito, J., Momentum flux fluctuations in wall turbulence: formula beyond the law of the wall, To be submitted to Physical Reviews E.
3. Nakanishi, M., Niino, H., Anzai, T., Stability Functions in the Stable Surface Layer Derived from the MYNN Scheme, Submitted to J. Meteor. Soc.

4. Ohata, S., Koike, M., Yoshida, A., Moteki, N., Adachi, K., Oshima, N., Matsui, H., Eppers, O., Bozem, H., Zanatta, M., and Herber, A. B.: Arctic black carbon during PAMARCMiP 2018 and previous aircraft experiments in spring, Atmos. Chem. Phys. Discuss. <https://doi.org/10.5194/acp-2021-349>, in review, 2021.

7.2 報道・記事

1. 気象研究所お知らせ「近年のグリーンランド氷床の融解量評価に関する国際共同研究に貢献しました」(令和2年11月13日)
https://www.mri-jma.go.jp/Topics/R02/021113a/021113_oshirase.html
2. 気象研究所報道発表「近年のグリーンランド氷床で増加している降雨の変動の実態を詳細に定量化することに成功」(令和3年8月23日)
https://www.mri-jma.go.jp/Topics/R03/030823/press_030823.html
3. 読売新聞記事「グリーンランド雨量増 氷床解ける原因 温暖化影響か」(令和3年8月24日)
4. 環境展望台, 国内ニュース「気象研、「氷床に降る雨」の時空間変動を詳細解析」(令和3年8月23日)
<https://tenbou.nies.go.jp/news/jnews/detail.php?i=32379>

7.3 その他(4.(4)「成果の他の研究への波及状況」関連)

・講演・アウトリーチ

1. 毛利 英明 「大気乱流入門」神戸大学理学研究科 集中講義 惑星学詳論 II (令和元年6月18日・令和2年6月23日・令和3年6月8日)
2. 谷川 朋範 体験学習会「雪の重さってどれくらい?雪はどのように変化する?」JST 主催サイエンスアゴラ 2019 (令和元年11月16日)
3. 橋本明弘「雲・降水の数値シミュレーション」日本気象学会第54回夏季大学 (令和2年8月22日)
4. 谷川 朋範 講演会「変わりつつある日本の雪と雪崩災害」 JST 主催サイエンスアゴラ 2020 (令和2年11月22日)
5. 川合 秀明 「地球温暖化によって将来の気候はどう変わるのか?」アースドクターふなばし主催オンライン市民公開講座 (令和2年12月11日)
6. 庭野 匡思 「北極域の急速な温暖化」令和2年度 気象研究所 研究成果発表会 (令和2年12月16日-3年1月27日)
7. 川合 秀明 「何が地球の将来の温度を決めるのか?」アースドクターふなばし主催オンライン地球環境講演会 (令和3年1月27日)

・受賞等

1. 日本気象学会 2019 年気象集誌論文賞
Yukimoto, S., H. Kawai, T. Koshiro, N. Oshima, K. Yoshida, S. Urakawa, H. Tsujino, M. Deushi, T. Tanaka, M. Hosaka, S. Yabu, H. Yoshimura, E. Shindo,

R. Mizuta, A. Obata, Y. Adachi, and M. Ishii, 2019: The Meteorological Research Institute Earth System Model version 2.0, MRI-ESM2.0: Description and basic evaluation of the physical component. *J. Meteor. Soc. Japan*, 97, 931–965.

2. 日本雪氷学会 2019 年度論文賞

黒崎豊，的場澄人，飯塚芳徳，庭野匡思，谷川朋範，青木輝夫、「バフィン湾周辺の環境がグリーンランド北西部の降雪中の d-excess と化学成分に与える影響」，*雪氷*，80，515–529.

3. 大気環境学会 令和 2 年度 最優秀論文賞

市川陽一，露木敬允，薦田直人，宮元健太，廣畑智也，中園真衣，関光一，毛利英明，守永武史「森林における大気汚染物質の輸送におよぼす遮蔽による流体力学的効果の解析」*大気環境学会誌*，55，50–59

4. 日本雪氷学会 2020 年度 関東・中部・西日本支部賞（活動賞）

斎藤和之および日本国内地温・凍結深データベース 作成委員会（萩野谷成徳ほか）「日本国内の地温・凍結深観測値のデータレスキューによる雪氷研究推進と教育・普及に対する貢献」