

## 研究プロフィールシート（中間評価）

研究課題名：(T) 台風・顕著現象の機構解明と監視予測技術の開発に関する研究

（副課題1）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

（副課題2）顕著現象の実態解明と数値予報を用いた予測技術の研究

（副課題3）顕著現象の自動探知・直前予測技術のための研究開発

（副課題4）先端的気象レーダーの観測技術の研究

研究期間：令和元年度～令和5年度

研究費総額：175,369千円

研究代表者：鈴木 修（令和元年度）清野 直子（令和2年度-）（台風・災害気象研究部 部長）

研究担当者：

（副課題1）副課題代表者：和田 章義 担当研究者：柳瀬 亘、嶋田 宇大、小野 耕介（令和元年度-2年度）、林 昌宏、岡本 幸三（気象観測研究部）

（副課題2）副課題代表者：清野 直子（令和元年度）益子 渉（令和2年度-）担当研究者：廣川康隆、小野耕介（令和3年度-）、荒木健太郎、鈴木修（令和2年度-）、橋本明弘、林修吾（気象予報研究部）、加藤輝之（応用気象研究部）

（副課題3）副課題代表者：楠 研一 担当研究者：足立透、猪上華子（令和元年度-2年度）、鈴木修

（副課題4）副課題代表者：足立アホロ 担当研究者：梅原章仁、永井智広、足立透、益子渉、荒木健太郎、鈴木修、林修吾（気象予報研究部）、瀬古弘、石元裕史、吉田智（気象観測研究部）、佐藤英一（火山研究部）、小林隆久、石原正仁（客員研究員）

研究協力者：(氏名・機関)

小山 亮（気象庁大気海洋部気象リスク対策課アジア太平洋気象防災センター）

沢田 雅洋（気象庁情報基盤部数値予報開発センター数値予報技術開発室）

宮本 佳明（慶応義塾大学環境情報学部）

伊藤 享洋（気象大学校）（令和元年度）

金田 幸恵（名古屋大学宇宙地球環境研究所）（令和元年度）

中澤 哲夫（気象研究所客員研究員）（令和元年度）

筆保 弘徳（横浜国立大学 教育学部）（令和元年度）

田巻優子（気象庁大気海洋部気候情報課）

津口裕茂（気象庁大気海洋部予報課）

北畠尚子（気象大学校）

南雲信宏（気象庁大気海洋部業務課気象技術開発室）

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、台風および集中豪雨・大雪・竜巻等突風・局地的大雨(顕著現象)による気象災害が数多く発生しており(平成30年7月豪雨、台風21号など)、気象災害の「新たなステージ」(局地化・集中化・激甚化)に対応する実況監視・予測技術の高度化が求められている。さらにそれらの災害に対して国民の安全・安心を確保し、レジリエントな社会を構築するために、豪雨や竜巻等の実態を把握する気象レーダーや、災害を予測・察知してその実体を知る技術などの研究開発の推進が求められている。

#### (学術的背景・意義)

台風の構造変化は内部の力学・熱力学だけでなく、時空間スケールの大きな外部の大気海洋環境場の影響を受ける。また、顕著現象の詳細な構造や発生・発達プロセスの時空間スケールは非常に小さい。いずれの現象も、その機構は現在のところ未知な点が多く、その解明は自然現象の理解を深めることにより、気象学の発展に大きく寄与する。さらに風工学、災害科学など他分野との連携により、幅広い分野における学術の発展に貢献することが可能である。

顕著現象の自動探知・直前予測の膨大な観測データをリアルタイムで記録・転送・検索・可視化する技術、さらに深層学習を用いて災害をもたらすおそれのある範囲や現象の強さを抽出する技術の開発は、ビッグデータ高速処理技術や人工知能技術を気象学・防災減災技術への応用につなげる可能性がある。

最先端の気象レーダーである二重偏波レーダー、フェーズドアレイレーダーは、気象災害をもたらす多様な現象への研究利用が始まっている。しかしながら、特にフェーズドアレイレーダーについては学術研究の緒についたばかりであり、現象の理解と監視・予測技術の開発に向けた研究をより重層的に推進する必要がある。また、二重偏波レーダーによる降水強度の推定精度の向上や降水粒子の状態を正確に把握することは現象の理解と監視に不可欠であり、これに向けた研究が各国で精力的にすすめられている。

#### (気象業務での意義)

気象庁は産学官や国際的連携のもと、最新の科学技術に対応した観測や予測精度向上の技術開発が求められている。

台風の解析・予測技術の研究は、第4期国土交通省技術基本計画における技術開発事項の1つであり、台風予測精度向上のために必要である。さらに気象庁の地域特別気象中枢(RSMC)としての北西太平洋域における台風等の解析、予報改善に寄与する。

数値予報を用いた顕著現象予測技術の研究は、顕著現象の形成要因や環境条件からその発生可能性を予測する”診断的予測”技術の開発を通じて、気象庁が提供する半日前からの防災気象情報の高度化に資する。

顕著現象の自動探知・直前予測技術の研究開発、数分で起こる顕著現象の様相を気象レーダーにより正確かつ迅速に把握し、観測データに基づく新たな予測手法を構築することは、特に突風や竜巻の予測・観測能力の強化に貢献する。

また、高精度の降水強度推定や降水粒子の種別の分布の把握、時空間分解能の高い観測のためのレーダー観測技術の研究開発は、気象庁で平成31年度から現業利用を

予定している二重偏波レーダー、国土交通省交通政策審議会気象分科会の提言（2018年8月）において導入が望まれているフェーズドアレイレーダーの利用技術の基礎となり、台風・顕著現象の理解と監視・予測技術の高度化に貢献する。

## 2. 研究の目的

（全体）

台風および集中豪雨・大雪・竜巻等突風等の顕著現象がもたらす気象災害を防止・軽減するため、最先端の観測・解析手法や高精度の数値予報システムを用い、これらの現象の機構解明と高度な監視予測技術の開発を行う。

（副課題1）

台風の発生、急発達、成熟期及び温帯低気圧化へと至る構造変化を包括的に理解し、その予測可能性を評価する。国内外の研究者との連携の元、最先端の台風解析・予報技術を導入・検証する。これにより台風予報精度の改善につながる技術基盤を確立する。

（副課題2）

集中豪雨・大雪・竜巻等、災害をもたらす顕著現象について、事例解析・統計解析による実態把握と機構解明を推進し、それに基づく診断的予測技術の開発を通して顕著現象の監視・予測精度向上に貢献する。

（副課題3）

竜巻等突風・局地的大雨など甚大な災害に直結する顕著現象の自動探知・予測技術の開発により、国民の安心・安全への貢献を目指す。

（副課題4）

最先端の気象レーダーの観測技術に関する研究を行い、降水観測の精度向上と新たな物理量の推定手法の開発を行うことにより、台風や顕著現象の機構解明と監視予測技術の改善に資する。

## 3. 研究の目標

（全体）

（副課題1）

最先端技術による様々な観測結果の解析や数値予報システムによる事例解析を組み合わせる技術を開発し、これを基盤として台風の発生、急発達、成熟期及び温帯低気圧化へと至る構造変化機構を解明する。また数値予報システムによる台風進路・強度及び構造変化等の予測可能性研究を通じて、予報誤差の要因に関する知見を得ることにより、予報精度向上及び数値予報システムの改善に貢献する。

（副課題2）

集中豪雨や大雪、竜巻等、顕著現象の事例解析と統計解析から、災害をもたらす顕著現象の実態把握・機構解明を進める。さらに、最先端の数値予報システムを活用し、

予報現業での顕著現象に対する診断的予測技術向上に資する知見・手法を得る。

(副課題3)

高速3次元観測が可能な研究用フェーズドアレイレーダーを含む気象レーダー観測で得られるビッグデータを、人工知能技術等でリアルタイムに処理し、災害をもたらすおそれがある竜巻等突風・局地的大雨の範囲や強さを自動検出する技術を確立する。さらに利用者向けにカスタマイズされた情報を提供するためのシステムを開発する。

(副課題4)

二重偏波レーダーによる観測技術の研究開発を行い、二重偏波パラメータなどから降水強度や粒径分布など降水に関する微物理量を抽出するための手法を開発する。開発した手法を用いて粒子判別等を行い、顕著現象の機構解明を行う。また、水蒸気や液水量など従来のレーダーでは行われてこなかった新たな気象物理量を推定する手法の開発を行う。さらに、フェーズドアレイレーダーによる観測データの品質管理および高頻度立体解析に関する技術開発を行い、顕著現象の理解と監視・予測技術の活用に関連して機能評価を行う。

中間評価時の到達目標

(全体)

(副課題1)

(a) 発生から温帯低気圧化に至る台風構造変化プロセスに関する研究

最先端技術を含む衛星や気象レーダー等による観測や気象予報システム等により得られた大気海洋解析・再解析データに加えて、データ同化システムや数値予報モデルによる数値実験を通じ、台風の発生、急発達、成熟期、上陸及び温帯低気圧化へと至る構造変化プロセス及び統計的特徴を明らかにする。

(b) 診断的台風予測技術開発と予測可能性研究

台風発生、急発達の予測を可能とする技術を開発する。機械学習手法を用いた新しい台風強度予測技術を開発する。観測データ、数値予測システムやアンサンブルシステムによる予測等を用いて、発生から温帯低気圧に至るまでの台風の予測可能性を調査する。特に台風の予測誤差が際立った事例や社会に重大な影響を与えた事例について、予測誤差が生じたメカニズムを解明するとともに予測可能性を調査する。

(c) 新しい台風解析・予測技術の導入による台風研究の推進

気象研究所及び国内外の研究により得られた台風解析・予測技術を一元的に集約し、その精度を検証し、技術改良及び汎用化を図る。最先端技術を含む衛星や気象レーダー等による観測、気象予報システムにより得られた解析・再解析データを集約し、台風解析・予測技術を組み合わせ、効率的に事例解析を実施することができる技術を開発する。特に社会に影響のある台風については、科学的な情報を社会へ適宜発信する。

(副課題2)

(a) 顕著現象の実態把握と機構解明のための事例解析的研究

・過去に発生した顕著現象に対して、非静力学数値予報モデルでの再現実験や客観解

析データ、地上・高層・レーダーやシチズンサイエンスなどの各種観測データを駆使することにより事例解析を行い、これらの現象の実態把握や機構解明に取り組む。

・特に顕著な現象が発生した時は、速やかに各種観測データの解析・非静力学数値予報モデルの実行結果からその発生要因等を調査する。

(b) 数値予報を活用した顕著現象の診断的予測技術に関する研究

・大雨をもたらした降水系や発生環境場についての統計解析に基づき、「線状降水帯発生条件」の検証と改良を行い、大雨の予測精度向上を目指す。

・高解像度モデル（水平解像度 1km 程度）やアンサンブル予報等の数値予報モデルの結果を用い、竜巻等突風や降雪現象に伴う雪氷災害の予測手法の開発を行う。

（副課題 3）

(a) 竜巻等突風および局地的大雨のレーダーデータ解析

竜巻等突風、局地的大雨および台風環境下等の顕著現象についてフェーズドアレイレーダー、可搬型ドップラーレーダー、その他の各種気象レーダーによる観測から得られたデータを解析し、自動探知・予測技術に資する顕著現象の発生・発達メカニズムの解明を行う。

(b) 顕著現象の自動探知・追跡技術の開発

ビッグデータ高速処理技術、3次元図化技術等の観測基盤ツールを整備の上、当該副課題のコア技術となる竜巻渦・降水コア・対流システム等の即時自動解析、危険域早期検出・追跡技術を開発する。さらに深層学習の適用による高速化・高精度化を行う。

(c) 探知・予測に関する気象情報生成技術の開発

様々なニーズを持つ事業者（高速交通等）の位置情報やMAPデータを連携させ、検出情報に先読み情報（直前予測）を含めた配信情報の自動生成システムを開発する。

（副課題 4）

(a) 偏波情報を用いた降水強度高精度推定に関する研究

二重偏波レーダーの観測データを用い、激しい降雨であっても経験式を用いずに電波の減衰を補正し、雨の粒径分布と降水強度を理論的に高精度に推定する手法の開発とその検証を行う。合わせて観測を最適化する基礎技術についても研究を行う。

(b) 偏波情報を用いた粒子判別に関する研究

二重偏波情報を用いた、雨・雪・融解層・雹・あられ・凍雨・雨氷・竜巻飛散物・晴天エコー・シークラッタの自動判別アルゴリズムの開発を行う。またこれらの技術を用いて顕著現象の機構解明を行う。

(c) 偏波情報を用いた水蒸気、液水、雪水量推定に関する研究

二重偏波情報から液水・雪水量を推定する研究及び水蒸気量を推定する研究を行う。

(d) フェーズドアレイレーダーを用いた観測技術に関する研究

フェーズドアレイレーダーによる観測データの品質管理・3次元解析などの基盤技術の開発を進める。さらに、業務利用の観点から多角的な機能評価を行い、Cバンド二重偏波フェーズドアレイレーダーを含めた将来型レーダーの開発に必要な学術的・技

術的な研究を行う。

#### 4. 研究成果

##### (1) これまで得られた成果の概要

(全体)

(副課題 1)

##### (a) 発生から温帯低気圧化に至る台風構造変化プロセスに関する研究

・台風構造変化プロセスの解明のため、ひまわり 8 号台風機動観測を用いた AMV 算出環境、雲物理量推定手法及び対流圏下層 AMV の算出領域を拡大する手法を開発し、検証を行った。台風域における暖気核発達プロセスの解明のため、衛星サウンダデータや推定現場観測データを用いた、台風の眼の中における気温・水蒸気鉛直プロファイルの推定手法を開発した。

・中緯度起源の上層擾乱の影響下で比較的の高い緯度で発生した 2012 年台風第 12 号の数値シミュレーション及び流跡線解析を実施した結果、発生期の台風は前線形成により部分的に温帯低気圧に似た構造を有していた。また、総観場の安定度の指標である **Coupling Index** は上層の寒冷擾乱と下層の高相当温位による安定度の減少を示しており、低気圧位相空間の分類法は（典型的な台風の深い暖気核とは異なり）浅い暖気核の低気圧であることを示していた。これらの特徴は北大西洋域で盛んに研究されている亜熱帯低気圧という現象に類似している。

・台風急発達時の環境場条件の多様性と、発達阻害条件があった場合にどのような条件が阻害の回避に寄与しているか調査した。台風雲パターンのクラスター解析から急発達事例を 6 通りに分類すると、環境場の特徴はクラスター毎に大きく異なっていた。発達阻害要因である中程度の鉛直シアーまたは乾燥した環境場で急発達が起きた 3 つのクラスターを詳しく調べた結果、台風サイズに依存し、それぞれ次の特徴が見られた。中程度の鉛直シアー下にあった大型事例では、その構造自体が鉛直シアーに対し力学的に抵抗可能であり、また総観スケールで存在する対流圏下層の収束と湿潤環境が鉛直シアーによる熱力学的な阻害の影響回避に好都合であった。中程度の鉛直シアー下にあった中型事例では、比較的高い海面水温と湿潤な環境場、さらに鉛直シアーが小さくかつ高相当温位の存在する領域に台風が移動する傾向にあることが特徴だった。小型事例では、大気環境場における鉛直シアーが小さいため、台風周辺の乾燥空気が台風内部に影響を及ぼしにくい状況となっていた。

・台風急発達事例数の長期変化傾向について、歴代にわたる気象庁ドボラック解析データ及びベストトラックデータを使用して調査した。ベストトラックにみられる 2000 年代中頃以降の急発達事例数の増加は、実際の気候学的な変化に起因するものではなく、ベストトラックの解析に利用される衛星観測データ数が 2000 年代に飛躍的に増加したことによる品質の変化によるものと考えられる。

・ハリケーン発達・定常事例に関する観測研究において、なぜ発達事例は定常事例より強い上昇流をアップシアー（鉛直シアーベクトルの後方側）左象限(USL)に持つのかについて、航空機搭載レーダーデータを用いて調査した。ハリケーン発達事例のうち半数以上で、高度 12 km の USL に波数 1 の上昇流ピークが存在していた。

発達事例では、定常事例より強い対流圏下層におけるハリケーン中心に向かう流れと、眼の内部領域からダウンシア側側の眼の壁雲へ高相当温位気塊を供給可能にする下層の流れが特徴的だった。これらは眼の壁雲の対流活動の強化に好都合であった。実際にダウンシア側側の眼の壁雲では 2-6m/s の上昇流の頻度が定常事例より多く、これらが対流活動の最終段階として USL での上層上昇流につながっていたと考えられる。渦度解析の結果、USL の上昇流はアップシア側の中上層の渦度増加に寄与していた。従って USL での強い上昇流は、それ自体が発達要因ではないものの、ハリケーンが深い渦に発達する過程で重要な役割を果たしていると考えられる。

- ・2019 年台風第 9 号についてレーダー解析を即時的に実施した結果、台風移動時にトロコイダル運動が見られたこと、レーダーデータによる強度推定結果では中心気圧が 900hPa を下回っていたこと、また二重壁雲等の構造的特徴等の知見を得た。

- ・2018 年台風第 21 号について入手可能な観測データ等を用いて解析し、台風上陸前後における最大風速の維持、風分布にみられる構造の収縮、眼の壁雲内側でのメソ渦の形成・発達、暖かい雨が支配的な降水プロセス) 等の結果が得られた。

- ・令和元年東日本台風 (2019 年台風第 19 号) の北側で降水が集中した非対称化メカニズムを解明するため、水平解像度 2km の気象庁非静力学モデルによる数値シミュレーションを実施した。温帯低気圧化における降水に関する先行研究と整合的な特徴である温暖前線形成や準地衡的な強制上昇による降水が、台風が傾圧場に近づいた時に支配的であった。一方で、台風が傾圧場に近づく前、前線形成が弱い状況にもかかわらず降水の非対称化が生じていた。流跡線及び渦位解析から、湿潤対称不安定を示唆する外向きに傾いた上昇流が台風の北側で強化していたことが明らかとなった。

- ・台風の温帯低気圧化後の再発達に関して、1979 年～2018 年の気象庁ベストトラックと JRA-55 再解析データを用いて統計的な解析を行った。コンポジット解析と複数の指標の統計により、再発達する事例は衰弱する事例よりも高い緯度で起きやすいこと、またそれらが上層の渦位場と関係していることを明らかにした。再発達した事例は、典型的な台風とは異なり、比較的高緯度の海面水温が低い環境場に多く、また典型的な温帯低気圧とも異なり、下層傾圧場との対応が不明瞭であった。時間スケールを分離することにより、非断熱加熱による上層東側でのリッジ形成が温帯低気圧化後の再発達に重要であることを明らかにした。

- ・2016 年 8 月の特異な日本上陸及び高頻度の温帯低気圧化をもたらした台風経路の特徴を明らかにするため、k 平均法及び低気圧位相空間解析を 2001 年から 2016 年の 8 月の台風について行い、また台風周辺の大気環境場の特徴を明らかにするためコンポジット解析及び事例解析も実施した。k 平均法から、2016 年 8 月の台風経路は 2001 年から 2015 年までの 8 月における経路や 2016 年 9 月の経路より北向きの特徴をもつ。CPS 解析結果から、2016 年 8 月の温帯低気圧化は 2001 年から 2015 年 8 月のものと比べて、暖気核から寒気核構造へ短い期間で小さい構造変化をとるといった特徴をもつ。2016 年 8 月の総観場は、対流圏上層のジェット気流の蛇行の強化、対流圏中層の強いトラフ、対流圏下層の台風付近での暖かい空気により特徴

づけられる。2016年8月の北向きの経路をもつことによる特異な台風の日本上陸、高頻度な温帯低気圧化及び温帯低気圧化における小さい構造変化は、これらの総観場の特徴により説明することができた。

- ・1982年1月から2020年6月にかけて、 $26^{\circ}\text{C}$ を超える上層海洋貯熱量 (TCHP) の増加傾向及び内部変動及びこれらが2019年台風第15号及び第19号の台風強度に及ぼす影響を調査した。台風下におけるTCHPは、台風第19号による海水温低下の影響が見られたものの、台風第19号成熟期の一部期間を除き、気候学的平均値よりも高かった。TCHPは2つの台風が強化または維持された2つの海域、亜熱帯海域 ( $15\text{-}20^{\circ}\text{N}$ 、 $140\text{-}150^{\circ}\text{E}$ ) および中緯度海域 ( $30\text{-}35^{\circ}\text{N}$ 、 $130\text{-}140^{\circ}\text{E}$ ) 地域において、経年変動変動を伴いつつ大幅に増加した。TCHPの経験的直交関数 (EOF) 解析結果から、主要な3つのEOFモードでTCHP変動全体の約76.8%を説明する。台風第19号発達初期におけるTCHPの増加は海洋内部変動では説明できず、地球温暖化の寄与が考えられる。

- ・沖縄南方海域を北西進し台湾に上陸した2015年台風第21号について非静力学大気波浪海洋結合モデルによる数値シミュレーションを実施し、海面ブラックステータセット (J-OFURO3) の日別値と比較した。大気再解析データ (JRA-55) と比較して、J-OFURO3の海上風速場は数値シミュレーションで再現される台風域内の風速場を良好に表現した。またJ-OFURO3海面水温プロダクトは台風通過時の海面水温低下を良好に表現していた。一方でJ-OFURO3は気温、比湿、潜熱に関して、台風域内で欠損が見られ、これは台風域内の降水域に対応していた。

#### (b) 診断的台風予測技術開発と予測可能性研究

- ・気象庁現業メソアンサンブル予報システムを用いて、2018年台風第7号による大雨を対象に既存の手法に対するメソ特異ベクトル法の効果について解析した結果、降水確率予測精度の改善におけるメソ特異ベクトル法の寄与は大きいことが示された。

- ・メソ特異ベクトル法で使用される特異ベクトル計算に関して、複数領域の特異ベクトルを一度に算出する手法を開発した。2017年台風第18号に伴う降水についてこの手法を適用した結果、その予測可能性は向上した。

- ・強雨の確率的予測の精度向上を目的として、全球アンサンブル摂動をメソ特異ベクトル (MSV) 法に適用し、特定擾乱のMSV算出を試みた。2018年の台風事例及び2020年7月期の実験結果から、台風・梅雨前線周辺の強雨域近傍にて南洋上に偏在したMSV分布が優先的に算出され、これによりアンサンブル予報の降水確率予測精度が向上した。

- ・台風等顕著現象の1日先以上の確率的予測精度の改善を狙い、メソ特異ベクトル (MSV) の解像度及び評価時間依存性を調査した。その結果、気象庁現業で利用されているMSVの設定において、評価時間を30時間程度まで延長できることを確認した。これにより予測後半に適したアンサンブル初期摂動にMSVを利用できることが示唆された。

- ・台風等顕著現象に対する複数の気象予測シナリオを作成するために、メソアンサンブル予報 (MEPS) の予測値に対してファジークラスター解析を行った。得られ

たクラスター平均を複数のシナリオとして評価した結果、摂動を与えないコントロールランより一定の予測期間で精度の良いシナリオが得られることを確認した。またクラスター平均降水予報に対して確率マッチング (Probability Matching) 手法を適用し、平均処理によって平滑化された予想降水量のキャリブレーションを行った結果、強雨予測に効果があることを確認した。

- ・2018年台風第24号と台風第25号について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を実施し、1週間スケールでの異なる日付の海洋初期値を用いたアンサンブルシミュレーションでは成熟期に台風は過発達を示した。海洋解析及び数値シミュレーションでは再現が困難である程度の規模をもつ冷水渦を海洋初期値に組み込んだ結果、この冷水渦の効果により台風の過発達は抑制される可能性があることを示した。一方で台風第25号は台風第24号によって強化された冷水渦を組み込んで過発達傾向を示した。大気初期値アンサンブルシミュレーション結果から、この台風の場合はむしろ台風進路の誤差により、より暖かい海域を移動することで過発達が生じていたことが明らかとなった。

- ・2018年台風第12号について、2018年7月25日12UTCから28日12UTCまで6時間毎の大気海洋初期値を用いて、大気モデルと大気波浪海洋結合モデル、それぞれ13のアンサンブルシミュレーションを実施し、台風と寒冷渦の相互作用を調査した。寒冷渦域における地衡風は台風に対する指向流として働いた結果、台風は反時計回りに移動し、一方で寒冷渦は南西方向に移動しつつ、対流圏上層の加湿によりその勢力を弱めた。結合モデルにおいても台風強度過発達傾向であった結果、寒冷渦は解析よりも弱まり、台風進路の再現性に影響を与えた。台風進路の再現性は海洋結合の有無よりもむしろ大気初期値の違いによる影響が大きかった。

- ・2019年東日本台風(第19号)の最大強度について、海洋温暖化の影響を調べるため、水平解像度2kmの大気波浪海洋結合モデルにより、10月6日00UTCを初期時刻とし、大気初期値に全球アンサンブルの摂動を与えた26メンバーのアンサンブルシミュレーションを、解析場及び気候場の海洋初期値それぞれについて実施した。アンサンブル平均において、気候場よりも海洋解析場を用いたシミュレーション結果の台風中心気圧が10hPa程度深まった。この結果は海洋表層貯熱量の解析値と気候値の差で説明することができた。

- ・台風強度予測ガイダンスモデルに新たな説明変数として台風内部構造に関連するパラメータを追加し、その上でランダムフォレストアルゴリズムを新規導入した。この台風強度予測ガイダンスモデルを気象庁に納品した。

- ・台風ビックデータとAI技術を用いた新しい台風急発達予測モデルの開発において、統計的にサンプル数の少ない急発達事例に関する予測手法の検討を理研AIP研究者とともに行った。

- ・ランダムフォレストに基づいた台風強度予測技術の精度検証を実施し、その結果に基づき、急発達・急衰弱事例の多い2019年の予測に対する改善方法を検討した。

- ・米国静止気象衛星搭載の雷センサ(GLM)で観測されたデータを用いて、熱帯低気圧における雷の活動と強度変化の関係性について調査した。強度75kt以上の熱帯低気圧では雷の数と強度に正の相関があること、強度75kt以上の発達事例は内

部領域で雷の数が多きこと、24時間後の強度変化量と雷の数は現在強度が90-110ktの事例で正の相関があること、雷の発生数は熱帯低気圧の急発達予測モデルに寄与する可能性があることがわかった。

・発達事例がアップシア（鉛直シアベクトルの後方側）左象限の対流圏上層に活発な対流を持つ傾向について、赤外衛星データからも見られることがわかった。また、強度が70kt以下の事例では、鉛直シアベクトルの後方右側における平均輝度温度について、発達事例と定常事例で有意な差があることがわかった。さらに中心から半径30km以内で最大の輝度温度値が最大風速の変化量と負の相関を持つこともわかった。これら3つの特徴を、新しく開発した急発達予測モデルの説明変数として使用した結果、従来のモデルに比べ、急発達の予測精度をブライアスキルスコア(BSS)で約3スコア改善し、特に75kt以上の強度事例においてはBSSで約6スコア改善した。

#### (c) 新しい台風解析・予測技術の導入による台風研究の推進

・気象庁で大学・研究機関と情報共有するために運用している顕著台風事例解析ウェブを本課題で整備した解析サーバーから参照できるように環境を整備し、2020年台風第10号の発表資料を掲載した。ひまわり8号台風機動観測モニター（2.5分及び30秒観測）、海洋貯熱量、海面水温モニター、鉛直シア及び渦位のモニターページを整備した。2020年台風第12号・第14号の概要をまとめた資料も作成し、気象庁内関係者に共有した。

・クロストラック走査マイクロ波放射計(ATMS)などのマイクロ波サウンダ、ひまわり8号/可視赤外放射計(AHI)などの赤外イメージャ、フーリエ変換スペクトロメータ(CrIS)などの赤外ハイパースペクトラルサウンダ(HSS)から得られた晴天輝度温度データに基づき、気温・比湿プロファイルを解析サーバー上で解析するソフトウェアのプロトタイプを開発した。

・2019年に日本に上陸した令和元年房総半島台風（2019年台風第15号）について、水平解像度1kmの非静力学大気モデルを用いて数値シミュレーションを実施し、その構造と強度変化について解析を行った。千葉上陸12時間前に台風の強度は潜在最大強度を超えており、超傾度風構造が中緯度における台風の軸対称の維持に貢献していることがわかった。また、この強度は弱い鉛直シアと高い海面水温、それによる海洋から大気へ供給される潜熱の増加といった好都合な大気海洋環境場により実現した。

・2020年に日本に接近した台風第10号について、非静力学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を実施した。台風発達期における台風第10号による海面水温低下が台風第10号の発達を抑制する効果は、初期値における海面水温プロダクトの差による効果よりも大きかった。気象レーダー観測から見られた多重眼構造に関して、水平解像度2kmのモデルによる数値シミュレーション結果では、最内部の壁雲からの外出流に起因する下降流による乾燥域形成がある程度再現された。

#### （副課題2）

##### (a) 顕著現象の実態把握と機構解明のための事例解析的研究

・特に顕著な現象が発生した時、速やかに各種観測データの解析・非静力学数値予報モデルの実行結果からその発生要因等を調査した。本研究期内では、令和元年房総半島台風に伴う暴風・突風、令和元年東日本台風に伴う大雨、令和元年10月25日の関東での大雨、令和2年7月豪雨、令和3年7月・8月に発生した豪雨について対応し、本庁への協力を含め6件の報道発表を行った。

・令和2年7月豪雨において、九州で多発した線状降水帯の構造や発生環境場の特徴、降水の特徴等の解析を行った。球磨川流域で生じた線状降水帯は、長さが約280kmで13時間停滞するなど、2009年以降に九州で発生した線状降水帯のうち、規模が最も大きく、持続時間も最長であったこと、この線状降水帯による最大3時間降水量は280mm、総降水量は約650mmで、降水の強さも過去最大級であったことがわかった。また、線状降水帯の発生環境場を調査し、近年の豪雨事例と比較した。豪雨期間中に発生した9個の線状降水帯について、線状降水帯によって1時間100mm以上の短時間の大雨が合計20回発生していた。2020年7月3～4日の熊本県・鹿児島県（2020KK）の環境場は、平成30年7月豪雨以上の中層の湿潤な暖気が見られたが、平成29年7月九州北部豪雨と同様に上層寒気の影響を受けていたため、深い対流の発達に好都合な環境だった。このため、線状降水帯の雷活動が活発で、近年の豪雨と比較して最も雲頂が高かった。また、2020KKと7月6～7日の九州北部の線状降水帯は梅雨前線上に発生したメソ低気圧南側の下層収束域上に位置しており、極めて大きな下層水蒸気フラックスを伴うインフローの影響を受けていた。令和2年7月豪雨のほぼ全ての線状降水帯の環境場にメソ低気圧が存在しており、水平風を強めることで極めて大きな下層水蒸気フラックスをもたらし、短時間の大雨を発生させたと考えられる。これらの成果について2020年12月24日に報道発表を行った。

・房総半島を中心に甚大な風害をもたらした令和元年房総半島台風は、関東上陸時でも軸対称に近い構造をもち、収縮した台風の眼や壁雲を伴い発達した成熟期の構造を有していた。このような構造を有して東京湾付近を通過する台風は稀で、T0115号以来であったことが地上の風速分布やレーダーの解析から明らかになった。また、内房を中心に観測された突風率が高く極端に大きな最大瞬間風速は、発達した台風のコア構造によるものだけでなく、下層のストリーク構造や地形の影響を受けていたことが、ドップラーレーダーによる観測や高解像度数値シミュレーションの結果から明らかになった。

・令和元年東日本台風（台風第19号）に伴う大雨における降水強化メカニズムについて調査した。水平解像度2kmの気象庁非静力学モデル（JMA-NHM）による数値シミュレーションを行い、地形を除去する感度実験も実施した。その結果、地形の影響を受けて総降水量が極めて大きくなっていった地域があったが、台風の温帯低気圧化に伴う前線の影響で台風進路の西側で降水が強化されていた。これらの降水強化メカニズムとしては、地形性上昇流により形成された下層雲に雨が降ることで雲粒の捕捉による雨の成長が見られたほか、前線面の上昇流に対応する下層～中層の雲にも雨が降り、雲粒の捕捉で雨が成長していた。このような地形と前線での下層雲に対する Seeder-Feeder メカニズムで降水が強化されたと考えられる。

・2021年7月3日を中心とした静岡県での大雨について、気象庁局地客観解析などのデータをもとに発生環境場の解析を行った。その結果、本事例における大雨の環境場の特徴として、梅雨前線近傍での下層水蒸気流入と上層寒気流入による大気の状態の不安定化、上層トラフによる力学的影響が大きいことがわかった。また、地形の影響を確認するために気象庁非静力学モデルによる数値シミュレーションを行って大雨を再現し、標高を0mにする感度実験を行った。その結果、総雨量は減ったものの大雨は再現されたことから、大雨の背景場として梅雨前線の存在が重要であり、地形は山岳域での降水を強化する役割を果たしていたことが示唆された。

・先島諸島に暴風・突風をもたらした2015年台風第15号のコア域の風構造について、高密度・高頻度の地上観測とドップラーレーダーのデータを用いて解析を行った。その結果、突風率2.0以上で最大瞬間風速が50m/sに達する顕著な突風が、台風の眼の壁雲内側から延びる微小なフィラメント状のエコー域の通過に伴い発生していたことが明らかになった。

・水平解像度5kmに変換した解析雨量3時間積算値を用いて、強雨域の形状の特徴や持続性を考慮することで、線状降水帯を客観的に抽出する手法を令和元年度に開発した。この手法では、典型的な線状降水帯の約8割を抽出することができる。この手法により、線状降水帯は南西諸島や九州、近畿や四国の太平洋側で発生しやすい特徴があることが分かった。

・2018年1月22日の関東地方の大雪事例について、「#関東雪結晶 プロジェクト」で得られたシチズンサイエンスデータ等を用いて降雪結晶特性を調査した。その結果、まず関東南部中心に沿岸前線上で発生した対流性の降雪雲から濃密雲粒付結晶の降雪が見られ、その後に南岸低気圧に伴う降雪に変化した。低気圧に伴う降雪では、一貫して交差角板状や砲弾状の低温型結晶に加え、角柱状や樹枝状の降雪結晶が混ざって降っていた。22日夜にはこれに加えて針状結晶も見られ、高層気象観測の結果から高度2~5kmの暖気流入に対応するものであると考えられる。

#### (b) 数値予報を活用した顕著現象の診断的予測技術に関する研究

・令和元年度に開発した解析雨量を用いた線状降水帯の客観的な検出手法を改良し、従来は見逃していた強雨域事例の多くをよりの確に「線状降水帯」として検出できるようになった。この線状降水帯検出手法は、気象庁が令和3年6月17日から運用を開始した「顕著な大雨に関する情報」発表の基盤技術として活用されている。

・九州の線状降水帯発生時の気象条件の空間分布の特徴を明らかにする目的で11年間のメソ解析データのコンポジット解析を行った。降水量と降水域の形状・広さに基準を設け、線状の強雨域発生時と、空間的により小規模な強雨発生時にあたる時刻を抽出し、事例数の多い6,7月について、それぞれのグループの気象条件を比較したところ、線状の強雨域発生時には小規模な強雨発生時に比べ、6月では500m高度の水蒸気量が有意に大きく、7月には下層の水蒸気フラックスと風速が九州風上海上の広範囲で有意に大きかった。また、線状の強雨域発生時は、可降水量が、下層の水蒸気フラックスよりもやや北側で有意に大きいことがわかった。線状降水帯の発生可能性の指標として提案された、大気環境場における線状降水帯6条件の各指標;500m高度における水平水蒸気フラックス・平衡高度、自由対流高度、500hPa

の相対湿度、700hPa の相対湿度、700hPa の空間平均上昇速度、ストームに相対的なヘリシティ (SReH) について、2 つのグループでの空間分布の違いを調べたところ、500m 高度の水平水蒸気フラックスは風上の海上を中心に、700hPa の相対湿度や SReH は九州付近で違いが大きい傾向が見られた。今後、そのほかの指標の違いについても調べる予定である。

- ・アンサンブル予報を利用した顕著現象の確率論的予測技術向上を目的として、確率予測を作成するベイズモデル平均法の高度化を行った。ベイズモデル平均法では地点・予報時間ごとに独立して最適化が行われるが、時間相関を導入できるように定式化を拡張し、時系列予測に対して予測精度が向上することを確認した。

- ・アンサンブル予報を利用した顕著現象の決定論的予測技術向上を目的として、クラスター解析を利用したメソアンサンブル予報システムによる複数の気象予測シナリオから、決定論予測より実況に近いシナリオをクラスターから選択する技術の開発を行った。本手法は古い初期値の予測結果及び直近の解析値を利用してシナリオ選択を行う新しい手法であり、台風及び梅雨前線といった顕著現象に対して適用した結果、決定論予測より精度の良いシナリオの選択が可能であることを確認した。

- ・突風予測のための検証用データとしての利用を目的に、2009 年から 2020 年までの全国のアメダスの 1 分値データを用いて突風の抽出を行った。この統計解析によって、突風は全国的に発生しているが、沿岸部や島嶼部で多く、平均すると沿岸部は内陸より発生頻度が 2 倍以上大きくなっていることが明らかになった。また、令和元年東日本台風に伴う市原市で発生した竜巻の事例について、水平解像度 1km の数値実験を行い高解像度モデル用の突風予測指数を適用したところ、ある程度突風をもたらすスーパーセル型の積乱雲を抽出できることが分かった。

- ・2014 年 2 月 14~15 日に関東甲信地方で発生した大雪について、JMA-NHM 及び局所アンサンブル変換カルマンフィルタを用いた数値実験システム (NHM-LETKF) により水平解像度 5km のアンサンブルシミュレーションを行った。その結果、関東甲信地方で大雪となったメンバーでは降雪前の下層気温がそもそも低い傾向があり、南岸低気圧の発達度合い・中心位置に伴う下層風向の違いによって特に内陸で地形の影響により降雪量の多くなる地域に違いが見られた。これらのことから、総観スケールの下層気温場や低気圧に応じた下層風向に着目することで、首都圏の大雪の診断的予測技術の向上が示唆された。

- ・南岸低気圧による首都圏での降雪時の降雪結晶特性とその環境場を気象研究所「#関東雪結晶 プロジェクト」で得られたシチズンサイエンスデータを用いて調査した。2016 年からの 3 冬季 9 事例における降雪結晶観測から、砲弾状や交差角板状を伴う低気圧 A と、ほとんどが樹枝状や雲粒付である低気圧 B の 2 種類に分類できた。低気圧 A は前線を伴う温帯低気圧であり、低気圧 B はほとんどが前線を伴わない低気圧だった。また、低気圧 A では低気圧 B に比べて降雪雲の背が有意に高く、下層から上層にかけて高温・湿潤な環境だった。これは前線を伴う温帯低気圧の Warm Conveyor Belt の構造を反映しているものと考えられ、このような環境場の違いが降雪結晶特性の違いを生んだと考えられる。砲弾状や交差角板状は表層雪崩の要因となるため、実況資料や数値予報モデルの結果を用いて低気圧の構造などに着目す

ることで、首都圏の山岳域における表層雪崩発生危険度を診断できる可能性があることがわかった。

#### (副課題3)

##### (a) 竜巻等突風および局地的大雨のレーダーデータ解析

・2010年以降に発生した突風被害に関連するレーダー観測データの収集と、シミュレーションによる模擬的なレーダーデータを作成するとともに、事例解析を通じて発生・発達メカニズムを明らかにし、竜巻の時間的推移を利用するモデル、さらに地形等に起因する異常パターン検出のための教師データを整備した。

・夏季太平洋岸で比較的高頻度で竜巻が発生する災害リスクエリアにおいて、2019年度に鉄道事故を発生させた竜巻のシミュレーション結果を用いた自動探知を行い、疑似的な鉄道へのアラート情報実験に成功した。

##### (b) 顕著現象の自動探知・追跡技術の開発

・夏季竜巻の探知について複数の深層学習モデルによる、適中率の精度向上を確認した。

・日本の竜巻モデルを用い、竜巻の様相もレーダーの仕様も異なる米国レーダーデータによる探知実験を行い良好な結果を得た。

・局地的大雨の探知・追跡・予測アルゴリズムの開発を完了した。

・フェーズドアレイレーダーによる竜巻の3次元自動探知技術の開発を進め、令和元年10月12日に発生した市原竜巻に関して探知実験を実施し、良好な結果を得た。さらに、被害報告を伴わない近隣の積乱雲との比較実験を行ったところ、同技術が、竜巻発生の有無を明瞭に区別して探知するための有効な手段であることが示唆された。

##### (c) 探知・予測に関する気象情報生成技術の開発

・局地的大雨の探知・追跡・予測に対し、自動アラートを出すための情報生成と携帯情報端末等への配信を行うシステムを開発し、初期実験を完了した。

・深層学習モデルを用いたアルゴリズムを鉄道用ドップラーレーダーへ2020年11月に世界で初めて実装した。事業者範囲拡大を図るため、精度の数値目標等についてのニーズ検討を行った。

#### (副課題4)

##### (a) 偏波情報を用いた降水強度高精度推定に関する研究

・雨滴のサイズや温度や波長別の散乱特性の計算を行う偏波レーダーシミュレーターを開発し、その結果を用いて雨滴の粒径分布を二重偏波レーダーで観測した偏波パラメータから直接推定する手法のプロトタイプを世界で初めて開発した。

・シミュレーションの結果、C-bandレーダーでは偏波パラメータが粒径分布だけでなく雨滴の温度によっても変化することが判明した。そこで本手法で推定した降水強度の雨滴温度に対する感度について調査した。

・粒径分布の高精度な推定に必要な気温の鉛直プロファイルを都市域で観測する手法を開発した (Adachi and Hashiguchi, 2019)。

・偏波情報を用いた降水強度高精度推定手法に関連し、短パルス領域と長パルス領域

間のギャップを抑制する手法を開発し、偏波パラメータ観測の高精度化を行った。

- ・観測精度の高精度化の後、関東を通過した台風の事例について雨の粒径分布の水平分布を推定し、これから電波の減衰補正と降水強度推定を行った。
- ・融解層の検出や電波減衰の推定を二重周波レーダーから行う手法を開発した (Kobayashi et al. 2021)。

#### (b) 偏波情報を用いた粒子判別に関する研究

- ・二重偏波レーダーの粒子判別手法のプロトタイプを開発・改良し、一定の評価を行った結果を、国際学会、国内学会で発表した。
- ・二重偏波レーダーの粒子判別結果を用いて、ダウンバーストの発生前兆を示す指標（対象降水粒子の鉛直存在率及び鉛直存在率比）を試作。“雹”と“0°C高度以上の雨滴”の鉛直存在率、鉛直存在率比の面分布値の増減から、ダウンバースト発生前後の降水粒子の時空間分布特性を考察した。結果、“雹”だけでなく、“0°C高度以上の雨滴”の鉛直存在率を用いることで、ダウンバースト発生前後の特徴を捉えられる可能性を示した。
- ・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。その結果、我々の粒子判別手法による霰や雹が支配する空間の体積は発雷頻度と高い相関を示し、先行研究と整合的な結果が得られた。さらに氷粒子の存在と反射強度を組み合わせた体積指標を新たに作成することで、従来提案されてきた雷指標よりも高い相関を示すことを明らかにした (Hayashi et. al 2021, Hayashi et. al 2021)。
- ・2016年7月14日に発生した典型的な熱雷事例に対して、羽田空港の二重偏波レーダーデータから推定した粒子判別結果と、雷三次元標定装置で得られた雷雲内電荷構造の比較を行った。雷雲の負電荷領域に最も多く観測されたのが霰である一方、雷雲上部の正電荷領域に乾いた雪が多く推定されていた。Takahashi [1978] で実施された地上実験によると、霰は負電荷、雷雲上部の雪は正電荷に帯電することが知られており、今回の電荷構造と偏波パラメータを用いた降水粒子種別と整合する結果となった。即ち、今回の比較結果は偏波パラメータを用いた霰粒子の判別の正当性の一端を示すこととなった。
- ・令和元年東日本台風に伴い発生した市原竜巻について、羽田空港、成田空港の二重偏波レーダーを用いて、竜巻飛散物の検出を行い、フェーズドアレイレーダーによる竜巻の親渦の時空間構造と合わせて、世界で初めて台風に伴う竜巻の飛散物について詳細な解析を行った。その結果を Scientific Online Letters on the Atmosphere に投稿した。

#### (c) 偏波情報を用いた水蒸気、液水、雪水量推定に関する研究

- ・気象研究所レーダーに加えて、羽田・成田の空港レーダーの位相データを用いて、数か月の長期間にわたる屈折率の時間変化を求めた。得られたレーダーによる屈折率の時間変化とスカイツリーで観測された気象データから算出した屈折率の時間変化を比べ、それらの対応が良いことを示した。

- ・レーダー位相から屈折率（水蒸気量）を求めるための、メディアンフィルタを用いた手法を開発・改良した。

- ・霰粒子のマイクロ CT 画像を利用して充填率・液水率をパラメータとした霰粒子モデルのデータセットを作成し、DDA 法を用いたマイクロ波散乱特性の理論計算により霰の C バンド偏波特性データベースを作成した

(d) フェーズドアレイレーダーを用いた観測技術に関する研究

- ・当該レーダーを用いた観測技術に関する研究として、降水エコー・グラントクラッタ等を用いた品質調査および同レーダーに固有の問題の抽出を行った。

- ・これらの調査・問題抽出で得られた結果に基づいて、鉛直に幅広いビームを放射する当該レーダーに特有の低品質領域の除去や、隣接仰角データの参照による補正などの手法を開発した。

- ・さらに、上記を通して得られた高品質データについて、高頻度に立体解析を行うための技術開発を進め、台風中心部の動径・接線風の高度プロファイルや微細なストリーク構造の解析、また積乱雲の急発達過程や竜巻等突風の発生過程に係る解析を実施した。

- ・令和元年東日本台風に伴って発生した千葉県市原市における竜巻について、フェーズドアレイレーダーのデータ解析を行った。その結果、積乱雲内に存在していたメソサイクロンと、その後方の下降気流に伴って新たに地上付近で発生した径の小さな渦が上下に結合し、強化され、被害域に強い竜巻渦をもたらす原因となったことが明らかになった。この知見をまとめた論文 (Adachi and Mashiko, 2020) が Geophysical Research Letters 誌のハイライト論文となり、報道発表・お知らせを実施した。

- ・さらに、二重偏波機能を有する空港気象ドップラーレーダーとフェーズドアレイレーダーによるデータの統合解析を実施し、市原竜巻の渦およびデブリの開始時刻およびその物理過程を明らかにし、この知見を学術論文に取りまとめて投稿した。

(2) 当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）

特になし

(3) 成果の他の研究への波及状況

(副課題 1)

- ・ひまわり 8 号台風機動観測 (2.5 分時間分解能) を用いた AMV 算出環境および雲物理量推定手法は科学研究費補助金基盤研究 A 「新世代気象衛星の台風高頻度観測による高精度風プロダクト開発と台風の変動過程の解明」 (研究代表者 堀之内准教授、北海道大学) 及び富山大安永教授との共同研究「ひまわり 8 号大気追跡風を用いた台風強化プロセスに関する研究」において、構造変化プロセス及び台風内部の変動過程に関する解析研究に利用されている。ひまわり 8 号領域観測 (30 秒時間分解能) を 2019 年以降、研究対象となり得る台風について、気象庁及び気象衛星センターの協力の元で実施した。

- ・新しいアルゴリズムを導入した台風強度予測ガイダンスモデルは、気象庁において試験運用するための環境構築が行われているとこととであり、将来現業化となる予定で

ある。

・2019年度の甚大な台風災害を受け、気象研究所研究部横断型研究課題として、緊急研究課題「災害をもたらした令和元年度台風の実態解明とそれに伴う暴風、豪雨、高波等の発生に関する研究」を実施した。また科学研究費補助金特別研究促進費「令和元年台風15号による停電の長期化に伴う影響と風水害に関する総合調査」及び「令和元年台風19号及び低気圧による広域災害に関する総合研究」に参加した。機動的に研究を実施する上で、本課題で開発された技術、データが活用された。

(副課題2)

・線状降水帯の客観的な検出手法やその解析結果は、2021年6月17日から現業運用された「顕著な大雨に関する情報」に活用された。また、線状降水帯の解析結果は、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期「国家レジリエンス(防災・減災)の強化」における線状降水帯の発生予測技術の開発に活用されている。

・令和元年房総半島台風(2019年台風第15号)や近畿地方に暴風をもたらした2018年台風第21号の高解像度シミュレーション結果と解析結果は、東京工芸大学風工学研究拠点の共同利用・共同研究「日本版竜巻スケールおよびその評価手法に関する研究」において風工学分野の研究グループに提供され、被害分布推定等への利用されている。

(副課題3)

本副課題は内閣府の官民研究開発投資拡大プログラム「AIを用いた竜巻等突風・局地的大雨の自動予測・情報提供システムの開発(2018-2022年度)」と有機的に強い繋がりを持ちながら進めている。本副課題で開発された深層学習モデルは世界初の冬季の山形県庄内地域を対象とした鉄道のための運転規制への実用化につながり、その成果を用いて、JR東日本との共同研究「高精度センシング技術を用いた列車運行判断のための災害気象の監視・予測手法開発(2020-2022年度)」における鉄道のための突風探知システムの検証改良・適用地域拡大の研究に波及している。

さらに、当該課題で開発中のフェーズドアレイレーダーを用いた竜巻の3次元自動探知技術については、科学研究費補助金・若手研究(B)17K13007「フェーズドアレイレーダーを用いた台風環境下における竜巻発生メカニズムの解明」(2017-2021年度)及び同・基盤研究(C)21K03666「フェーズドアレイ気象レーダーを用いた竜巻の機構解明と三次元検出技術の開発」(2021-2024年度)で活用されている。

(副課題4)

・(a)課題で開発中の手法は科学研究費補助金基盤研究(A)17H00852「水蒸気稠密観測システムの構築により首都圏シビアストームの機構解明」(2017-2019年度)及び同・基盤研究(C)20K04092「二重偏波レーダーによる豪雨形成過程の観測手法の開発一大粒の雨はどこで生成するか」(2020-2022年度)で利用している。

・(b)課題で開発中のアルゴリズムは科学研究費補助金・研究スタート支援JP19K23466「二重偏波レーダーを用いた新たな降水粒子判別手法の開発と突風・雷の前兆把握への適用」(2019-2021年度)で利用している他、気象研究所令和元年度緊急研究「緊急研究課題:災害をもたらした令和元年度台風の実態解明とそれに伴う暴風、豪雨、高波等の発生に関する研究」、交通運輸技術開発推進制度「関東圏の航空機の効率的な

運航のための極端気象予測の高度化」(令和2年度～4年度)のデータ解析において活用された。

さらに、本課題で得られた雷と降水粒子種別との研究成果に着想を得て、防災科学技術研究所との共同研究「雷放電経路3次元観測システムとC-Band二重偏波気象レーダーを用いた帯電した降水粒子の分布の実態把握及び発雷危険度の推定手法に関する共同研究」を締結するなど、幅広く、他の研究課題に波及している。

・(a)-(c)課題について気象庁大気海洋部が取り組んでいる次の技術開発に対して、得られた知見を提供することで、その推進に寄与した。

(i) 二重偏波パラメータ等の新たなレーダーデータの利活用に向けた技術開発(高精度降水強度推定、降水粒子判別、品質管理など)

(ii) 各種ナウキャスト・数値予報の改善に寄与する技術開発(発雷指標の開発、水蒸気の時間変動の推定、竜巻等顕著現象の詳細な解析手法など)

・(d) 該課題で開発中のデータ品質管理技術について、科学研究費補助金・若手研究

(B) 17K13007「フェーズドアレイレーダーを用いた台風環境下における竜巻発生メカニズムの解明」(2017-2021年度)及び同・基盤研究(C) 21K03666「フェーズドアレイ気象レーダーを用いた竜巻の機構解明と三次元検出技術の開発」(2021-2024年度)で利用しているほか、気象研究所令和元年度緊急研究「緊急研究課題:災害をもたらした令和元年度台風の実態解明とそれに伴う暴風、豪雨、高波等の発生に関する研究」のデータ解析において活用した。

(4) 事前評価の結果の研究への反映状況

○スピード感を持って、成果を社会に還元することに関しては、以下の通り取り組んだ。

・気象研究所の令和元年度緊急研究「災害をもたらした令和元年度台風の実態解明とそれに伴う暴風、豪雨、高波等の発生に関する研究」や科学研究費補助金特別研究促進費研究課題において、本課題の経験をもとに顕著な台風に関わる研究を実施、ホームページやメディアを通じた成果の迅速な発信に貢献した。

・令和2年7月豪雨において、九州で多発した線状降水帯の構造や発生環境場の特徴、降水の特徴等について、解析結果を速やかにとりまとめ、同年7月と8月の気象庁報道発表資料に反映されている。

・令和元年東日本台風に伴う市原竜巻について、二重偏波レーダーにより台風環境下における竜巻飛散物の詳細を世界で初めて明らかにし、速やかに「お知らせ」にて成果を公表しその後、論文にまとめ投稿した。

○顕著現象発生時の即時分析ができる体制の構築について

・日本に影響のある台風発現時には台風会報を実施し、概況を共有する体制を構築した。メーリングリストの活用に加え、令和2年度以降はウェブ会議システムを積極的に活用し、比較的少人数での打ち合わせを多数実施している。

・線状降水帯の速報解析に向け、線状降水帯頻発地域における気象庁現業用レーダーの二重偏波化更新に合わせて、これらの二重偏波データを気象研にてオンラインで集信・保存するシステムを構築した。今後の解析に活用する予定である。

○アンサンブル手法の活用について

- ・全球大気アンサンブルデータを活用した領域非静力学大気モデル等を用いたアンサンブル実験、海洋初期値に関しては異なる日付、データプロダクトを用いたアンサンブル実験に新たに取り組み、新たな切り口により台風構造変化プロセス・台風内部変動過程・予測可能性に関する研究を実施している。

- ・メソアンサンブル予報システムによる複数の気象予測シナリオから、決定論予測より実況に近いシナリオをクラスターから選択する技術の開発や、関東甲信地方で発生した大雪事例のアンサンブルシミュレーションに基づく降雪強化要因の分析を行った。

○事前評価で期待された最先端の二重偏波レーダーなどを用いた台風の構造解析やメカニズム解明については気象研究所令和元年度緊急研究「緊急研究課題:災害をもたらした令和元年度台風の実態解明とそれに伴う暴風、豪雨、高波等の発生に関する研究」の一環として解析を行った。

○フェーズドアレイレーダーについては、事前評価において指摘のあった、課題設定とスケジューリング管理およびスピード感をもった成果の社会還元について留意しながら、研究を効率的に推進している。このことを通して、令和元年東日本台風に伴う市原竜巻の発生から僅か1年未満で、Geophysical Research Letters 誌においてメカニズム解明に係る論文を公表し、気象研究所の報道発表を実施したほか、当該論文の Editor' s Highlight 受賞について「お知らせ」を公表するに至った。これらは、事前評価の指摘事項を適切に反映することによって得られた成果である。

## 5. 今後の研究の進め方

### (副課題1)

- ・構造変化プロセス及び台風内部の変動過程に関する解析研究及び予測可能性研究において、急発達・急衰弱等の台風の急激な変化、より高解像度な台風域の降水、地表風分布の解析に問題意識をもっており、こうした課題を現在進行中の課題とともに推進していく。

- ・ガイダンス及び機械学習を用いた台風予報技術の開発に関しては、現在の取り組みを今後も継続する。

- ・気象庁・気象衛星センター等関係官との意見交換を通じて、必要に応じてプロダクトの開発・解析を実施し、解析サーバーに導入する。解析サーバー内のプロダクトに関しては、日本に影響を及ぼす可能性のある台風の即時解析に活用する。

- ・令和元年度の緊急研究実施により多くの成果が得られた反面、継続して実施していた研究のうち中断しなければならない部分があった。いかにして研究の連続性を維持するかは、良い研究成果を得る上で考慮すべき課題である。個々の研究者の専門分野は限定的である一方、外部からは異なる時空間スケールを俯瞰する形での解説を求められることがある。台風に関する総合的な知見をもつ人材を育成していくことが必要である。

### (副課題2)

- ・2020年度までに開発した客観的な線状降水帯検出手法は、台風の壁雲やアウターバンド、地形性降水等の典型的な線状降水帯とは言えない事例も検出してしまう課題を

含む。このような誤検出事例をできる限り除外する客観的手法の開発に現在取り組んでいる。また線状降水帯検出に用いる解析雨量は年代によりその特性が変化するため、長期統計に適用できる有効な利用方法の開発にも取り組んでいる。これらの手法を確立した上で、過去 30 年の線状降水帯の発生環境場の統計解析やアンサンブル実験の結果を利用して「線状降水帯発生条件」の改良を行い、大雨の予測精度向上を目指していく。

- ・アンサンブル予報を利用した決定論予測より良いシナリオを選択する技術について、これまで少数事例でしか試しておらず、手法そのものも洗練する余地がある。今後は多数の顕著現象事例で試していくとともに本手法の改善点を見出し、より精度の高い顕著現象の予測に向けた開発を進める予定である。

- ・これまでに作成した突風データベースを利用し、特に顕著な突風事例を中心に米国で用いられ始めている高解像度モデル用の突風予測手法の適用を試み、新たな竜巻等突風予測手法の開発を進める。

- ・首都圏の降雪現象の実態解明のために過去の顕著な大雪事例の事例解析を行っているが、その発生環境場の特異性については事例が少ないため明らかになっていない。そのため、顕著ではない降雪事例についても発生環境場や降雪結晶特性についての事例解析を進めるとともに、顕著事例のアンサンブルシミュレーション結果を用いて大雪の発生環境場の特徴を詳細に解析し、雪氷災害の診断的予測手法の開発を進める。

- ・甚大な被害をもたらす顕著現象が多発したため、実態解明のための即時的な解析を多事例で行いその成果を気象庁報道発表等を通してアピールすることができたが、多くの労力が割かれることになった（令和元年房総半島台風に伴う暴風・突風、令和元年東日本台風に伴う大雨、令和元年 10 月 25 日の関東での大雨、令和 2 年 7 月豪雨、令和 3 年 7 月に発生した豪雨）。

本研究課題では今後数値予報を活用した顕著現象の予測技術に関する研究も力を入れて行う計画としており、これに十分なエフォートをとれるか危惧され、今後気象庁内や大学、外部研究機関との連携をより一層図っていく必要がある。

### （副課題 3）

#### （a）竜巻等突風および局地的大雨のレーダーデータ解析

- ・国内外の各種気象レーダー・竜巻シミュレーション結果を利用したデータベースを構築し、データ標準化・ビッグデータ化を図るとともにメカニズムの解明を行い、データベースの継続的な利活用について考察を行う。

#### （b）顕著現象の自動探知・追跡技術の開発

- ・夏季の竜巻探知を中心に、深層学習を利用した(a)様々な季節・地域の竜巻、(b)多様なレーダーに対応可能な汎用型モデルを開発する。

- ・開発した深層学習モデルについて最終成果を取りまとめ、深層学習パイプラインを用いた効率的な運用の概念を提示する。

- ・竜巻等突風を含めた様々な顕著現象のナウキャストの高度化の手段としての深層学習の応用性を考察する。

### (c) 探知・予測に関する気象情報生成技術の開発

- ・令和2年に世界初の実用化を達成し、11月から一部の鉄道路線で運用を始めた深層学習による突風探知について検証手法の開発を行い、高い探知精度と輸送安定性を両立させるための改善を行う。
- ・多様なレーダーに対応する汎用型深層学習技術に世界初の運用で得られた情報を活用し、実装範囲を拡大するための本格的な準リアルタイム実験を様々なエリアで行う。
- ・準リアルタイム実験を行い、特に様々な地域における鉄道への実装のための課題やアクションプランを取りまとめる。
- ・有識者からなるシンポジウムを開催し、鉄道のみならず様々な事業者への普及に関する官民連携の進め方・中長期的なロードマップについて考察を行う。
- ・深層学習は人工知能の急速な発展を支える技術として多くの分野への実用化が進む中、気象業務への応用の検討を積極的に進めていくべきと思われる。そのためには今後も産学官連携を積極的に進めることと並行して、データサイエンスの知見をもつ人材の確保・育成をしていくことが必要である。

#### (副課題4)

##### (a) 偏波情報を用いた降水強度高精度推定に関する研究

- ・地上観測などと比較し、降水強度や雨の粒径分布パラメータの推定精度の検証を進めていく。ただし新型コロナの動向によっては地上観測データの取得が限定的となる可能性もある。

##### (b) 偏波情報を用いた粒子判別に関する研究

- ・地上観測データを用いて、現行の粒子判別手法を詳細に評価し、改良を継続する。またレーダーが実際に観測している上空についてもゾンデ等による直接観測と比較する必要がある。
- ・二重偏波レーダーによる粒子判別手法を利用したダウンバースト発生指標について、引き続きダウンバースト事例の適用を増やし解析行うとともに改良を進める。
- ・二重偏波レーダーによる粒子判別手法を利用した雷指標について、引き続き雷事例の適用を増やし解析行うとともに改良を進める。
- ・二重偏波レーダーによる粒子判別手法と雷放電三次元標定結果で得られた電荷分布情報の比較事例を増やし、二重偏波情報による粒子判別手法の改善を進める。
- ・竜巻飛散物の検出手法をより高度化し、粒子判別手法に導入する。

##### (c) 偏波情報を用いた水蒸気、液水、雪水量推定に関する研究

- ・レーダー位相情報から、大気下層の気温や水蒸気量の変動が得られることが確認できたことから、今後は夏季の積雲の発生や境界層の研究への利用を進める。
- ・理論計算により構築した霰のCバンド偏波特性データベースを粒子判別アルゴリズムなどに利用する。

##### (d) フェーズドアレイレーダーを用いた観測技術に関する研究

- ・フェーズドアレイレーダーによる観測データの3次元解析について、引き続き基盤技術の開発・高度化を進めるとともに、顕著な事例における現象解析を実施する。
- ・業務利用の観点から開発技術を多角的に評価することを通して、Cバンド二重偏波

フェーズドアレイレーダーを含めた将来型気象レーダーの開発に必要な学術的・技術的な知見の獲得を目指す。

## 6. 自己点検

### (1) 到達目標に対する進捗度

各副課題とも順調に進捗している。

### (2) 到達目標の設定の妥当性

(副課題1) 台風の発生、急発達、成熟期、上陸及び温帯低気圧化へと至る構造変化プロセス及び統計的特徴の解明に向け、研究環境・技術の開発を実施し、それが本課題の基盤となりつつあることを考慮すると、中間時の目標として妥当であったと判断する。

(副課題2) 研究が概ね計画通り進捗していること、研究成果が本庁業務に貢献していること、気象庁として今後線状降水帯への取り組みを強化することなどから、妥当であると判断される。

(副課題3) 最新型フェーズドアレイレーダーの利用法を含め、深層学習を用いた先進的な検出技術の開発とその応用は時宜にかなったもので妥当と考える。

(副課題4) 降水強度高精度推定や粒子判別手法の開発など研究が概ね計画通り進捗し、中間目標に到達していることから、研究計画開始時に設定した到達目標は妥当と考える。

### (3) 研究の効率性（実施体制、研究手法等）について

(副課題1) 研究遂行時、特に論文執筆時において複数の研究実施者が研究課題に関わることにより、それぞれがもつ技術及び専門性を副課題内で発展的に活用することができるようになった。またウェブ会議を活用した議論の場を増やすことにより、効率的に研究活動が実施できるようになっただけでなく、気象庁関係官との意見交換も容易にできるようになり、本課題の研究に適宜反映できるようになった。

(副課題2) 研究室内だけでなく本庁や外部研究機関との打ち合わせをオンライン会議を利用して行い、頻繁に意見交換を行うようにした。

(副課題3) 産学官連携体を構築し、事業者とのニーズ・評価・実装に向けた議論を行いつつ、大学関係者との学術的連携により研究を推進している。

(副課題4) 当課題のレーダー観測では、詳細な観測設定の調整・変更を要する。この作業は電波の質の変化を伴うため、電波法の規定により操作免許（資格）が必要となる。このため当課題では操作範囲が最大の資格（第1級陸上無線技術士）を持つ研究者を2名配置し、効率的な観測体制を採っている。また、気象庁の一般気象レーダーの二重偏波化更新に合わせ、当該データの収録・解析サーバを整備し、オンラインにてデータを集信・所内公開することで、研究の効率性を向上させている。

### (4) 成果の施策への活用・学術的意義

・台風の発生、急発達、成熟期、上陸及び温帯低気圧化を俯瞰的に取り上げた研究課題は他に類をみない取り組みであり、気象庁における台風解析及び予報作業を改善する上で基盤となり得る知見を与える。また台風内部構造変化と台風を取り巻く大気海

洋環境場は異なる時空間スケール間に見られる相互作用の解釈が異なることがあるため、その違いを系統的に整理する試みは学術的に意義がある。

・線状降水帯の客観的な検出手法やその解析結果は、本庁の線状降水帯予測精度向上タスクフォースのプロジェクト「B-3 線状降水帯解析・検出」と「C-1 線状降水帯となる可能性のある降水域を検知し、気象情報で注意喚起」で利用され、2021年6月17日から現業運用された「顕著な大雨に関する情報」に活用された。

・線状降水帯の解析結果は、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期「国家レジリエンス(防災・減災)の強化」テーマV(線状降水帯早期発生及び発達予測情報の高度化と利活用に関する研究)における線状降水帯の発生予測技術の開発に引き続き活用された。

その他、台風のコア域における突風の実態についてははじめて明らかにし、学術論文として出版しており、学術的意義がある。

(副課題3) 開発した突風探知のための深層学習モデルが、世界初の冬季の山形県庄内地域を対象とした鉄道のための運転規制への実用化につながった。また探知技術の開発の一環で突風をもたらす竜巻について、3次元的な構造とその時間発展等の学術的知見が得られた。さらに開発した深層学習モデルを用いることで、竜巻の発生頻度や地域性、季節、環境場、メカニズム等、日本の竜巻の多様性についての知見につながることを期待される。

(副課題4)

(a) - (c) 課題

本課題で開発する手法は、交通政策審議会気象分科会「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」(平成30年8月20日)において観測・予測精度向上のための技術開発として段階的な導入を進めることを提言された、「降水粒子の判別や降水強度の観測精度の向上が可能となる二重偏波レーダー」に対応したものである。二重偏波レーダーの導入だけで粒子判別や精度向上が可能となるわけではなくデータを利用するための技術が必要であり(a)、(b)はその開発を行なっている。また(a)の粒径分布は雨滴の成長過程など雲物理学とも密接に関係し、(b)の降水粒子の種別判別は(c)の雪水量と合わせて氷粒子を対象としている。一般に氷粒子は雨滴に比べて形状が複雑なため判別や物理量の抽出は難しく、これらは世界的にも最先端の研究であるだけでなく利用範囲も大きいことから学術的な意義は大きい。また、霰や雹が雷と密接に関係することからレーダーから雷が予測できる可能性も本課題で示せた(Hayashi et. al 2021, Hayashi et. al 2021)など、学術だけでなく社会的にも重要な成果が得られつつある。

(d) フェーズドアレイレーダーを用いた観測技術に関する研究

本研究で開発するフェーズドアレイレーダーは、交通政策審議会気象分科会提言(平成27年7月29日)『『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』および同(平成30年8月20日)「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」において提言のあった、先端的気象レーダーを用いた研究開発に対応したものである。30秒ごとの3次元観測を可能とする当該レーダーを用いた観測研究は、これまで未解明であった激しい風雨をもたらす顕著現象の物理過程を詳細に明らかに

するものであり、学術的に極めて意義深い。

#### (5) 総合評価

到達目標に対する進捗度は順調であり、当初計画で予定していた以上の成果も得られている。また、事前評価に留意した研究が実施されている。顕著現象に関わる課題解決の必要性は高く、研究の一層の推進を図る必要がある。

### 7. 参考資料

#### 7.1 研究成果リスト

##### (1) 査読論文：35件

1. Wada, A., 2021: Roles of oceanic mesoscale eddy in rapid weakening of Typhoons Trami and Kong-Rey in 2018 simulated with a 2-km-mesh atmosphere-wave-ocean coupled model. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 99. (in press)
2. Kosuke Ono, 2021: Bayesian Model Averaging with Temporal Correlation for Time Series Forecasts. *Weather and Forecasting*, 36, 1681-1692. (in press)
3. 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)
4. Mashiko, W., and U. Shimada, 2021: Observed near-surface wind structure in the inner core of Typhoon Goni (2015). *Monthly Weather Review*, 149, 1785-1800.
5. Yanase, W., K. Araki, A. Wada, U. Shimada, M. Hayashi, and T. Horinouchi, 2021: Multiple dynamics of asymmetric precipitation in Typhoon Hagibis (2019) during extratropical transition. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. (submitted)
6. Takahisa KOBAYASHI, Mitsuharu NOMURA, Ahoro ADACHI, Soichiro SUGIMOTO, Nobuhiro TAKAHASHI, Hiromaru HIRAKUCHI, 2021: Retrieval of Attenuation Profiles from the GPM Dual-frequency Radar Observations. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 99, 603-620.
7. Wada, A., and J. C. L. Chan, 2021: Increasing TCHP in the western North Pacific and its influence on the intensity of FAXAI and HAGIBIS in 2019. *SOLA*, 17A, 29-32.
8. Ono, K., M. Kunii, and Y. Honda, 2021: The regional model - based Mesoscale Ensemble Prediction System, MEPS, at the Japan Meteorological Agency. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 147, 465-484.
9. Araki, K., T. Kato, Y. Hirockawa, and W. Mashiko, 2021: Characteristics of Atmospheric Environments of Quasi-Stationary Convective Bands in Kyushu, Japan during the July 2020 Heavy Rainfall Event. *SOLA*, 17, 8-15.
10. 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.

11. Hirockawa Y., T. Kato, K. Araki, and W Mashiko, 2020: Characteristics of an Extreme Rainfall Event in Kyushu District, Southwestern Japan in Early July 2020. *SOLA*, 16, 265-270.

12. Yanase, W., U. Shimada and N. Takamura, 2020: Large-scale conditions for reintensification after the extratropical transition of tropical cyclones in the western North Pacific Ocean. *Journal of Climate*, 33, 10039-10053.

13. Bandholnopparat, K., M. Sato, T. Adachi, T. Ushio, and Y. Takahashi, 2020: Estimation of the IC to CG Ratio Using JEM-GLIMS and Ground-based Lightning Network Data. *Journal of Geophysical Research Atmosphere*, 125.

14. Adachi, T., and W. Mashiko, 2020: High Temporal - Spatial Resolution Observation of Tornadogenesis in a Shallow Supercell Associated With Typhoon Hagibis (2019) Using Phased Array Weather Radar. *Geophysical Research Letters*.

15. Kawaguchi, M., T. Tamura, and W. Mashiko, 2020: A numerical investigation of building damage during the 6 May 2012 Tsukuba tornado using hybrid meteorological model/engineering LES method. *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics*, 204, 104254.

16. Hirockawa, Y., T. Kato, H. Tsuguti, and N. Seino, 2020: Identification and classification of heavy rainfall areas and their characteristic features in Japan. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 98, 835-857.

17. Takamura, N., and A. Wada, 2020: Unusual Characteristics of Extratropical Transition of Typhoons in August 2016. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 98, 691-706.

18. Fukuda K., K. Yasunaga, R. Oyama, A. Wada, A. Hamada, and H. Fudeyasu, 2020: The diurnal cycle of clouds in tropical cyclones over the western North Pacific Basin. *SOLA*, 16, 109-114.

19. Wada, A, H. Tomita, S. Kako, 2020: Comparison of the third-generation Japanese ocean flux data set J-OFURO3 with numerical simulations of Typhoon Dujan (2015) traveling south of Okinawa. *Journal of Oceanography*.

20. Horinouchi, T., U. Shimada, and A. Wada, 2020: Convective Bursts With Gravity Waves in Tropical Cyclones: Case Study With the Himawari - 8 Satellite and Idealized Numerical Study. *Geophysical Research Letters*, 47.

21. T. Yamada, T.O. Sato, T. Adachi, H. Winkler, K. Kuribayashi, R. Larsson, N. Yoshida, Y. Takahashi, M. Sato, A.B. Chen, R.R. Hsu, Y. Nakano, T. Fujinawa, S. Nara, Y. Uchiyama, Y. Kasai, 2020: HO<sub>2</sub> generation above sprite-producing thunderstorms derived from low-noise SMILES observation spectra. *Geophysical Research Letters*, 47, 3.

22. Shimada, U., M. Yamaguchi, and S. Nishimura, 2020: Is the Number of Tropical Cyclone Rapid Intensification Events in the Western North Pacific

Increasing?. SOLA, 16, 1-5.

23. K. Ono, 2020: Extension of the Lanczos Algorithm for Simultaneous Computation of Multiple Targeted Singular Vector Sets. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146, 454-467.

24. Courtney, J. B., S. Langlade, S. Barlow, T. Birchard, J. A. Knaff, S.D. Kotal, T. Kriat, W. Lee, R. Pasch, C. R. Sampson, U. Shimada, and A. Singh, 2019: Operational perspectives on tropical cyclone intensity change Part 2: Forecasts by operational agencies.. *Tropical Cyclone Research and Review*, 8, 226-239.

25. Kusunoki K., K. Arai, H. Y. Inoue, and C. Fujiwara, 2019: Doppler radar observations of a wintertime anticyclonic mesocyclone associated with surface wind gust on the coast of the Sea of Japan.. SOLA, 15, 234-237.

26. Miglietta, M. M., K. Arai, K. Kusunoki, H. Inoue, T. Adachi, H. Niino, 2019: Observational analysis of two waterspouts in northwestern Italy using an OPERA Doppler radar.. *Atmospheric Research*, 234.

27. Ahoro Adachi and Hiroyuki Hashiguchi, 2019: Application of parametric speakers to radio acoustic sounding system. *Atmospheric Measurement Techniques*, 12, 5699-5715.

28. H. Y. Inoue, K. Kusunoki, T. Adachi, C. Fujiwara, N. Ishitsu, K. Arai, 2019: Single- and Dual-Doppler Radar Analysis of Mesovortices within Snowband in Japan Sea Coastal Region on 17 January 2017. SOLA, 15, 228-233.

29. Courtney, J. B., S. Langlade, C. R. Sampson, J. A. Knaff, T. Birchard, S. Barlow, S.D. Kotal, T. Kriat, W. Lee, R. Pasch, and U. Shimada, 2019: Operational Perspectives on Tropical Cyclone Intensity Change Part 1: recent advances in intensity guidance.. *Tropical Cyclone Research and Review*, 8, 123-133.

30. Yanase, W. and H. Niino, 2019: Parameter sweep experiments on a spectrum of cyclones with diabatic and baroclinic processes. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 76, 1917-1935.

31. Wada, A., H. Tsuguti, K. Okamoto, and N. Seino, 2019: Air-Sea Coupled Data Assimilation Experiment for Typhoons Kilo, Etau and the September 2015 Kanto-Tohoku Heavy Rainfall with the Advanced Microwave Scanning Radiometer 2 Sea Surface Temperature. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 97, 553-575.

32. Oyama, R., and A. Wada, 2019: The Relationship between Convective Bursts and Warm-Core Intensification in a Nonhydrostatic Simulation of Typhoon Lionrock (2016) . *Monthly Weather Review*, 147, 1557-1579.

33. K. Bandholnopparat, M. Sato, T. Adachi, T. Ushio, Y. Takahashi, 2019: Optical Properties of Intracloud and Cloud-to-Ground Discharges Derived from JEM-GLIMS Lightning Observations. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 189, 87-97.

34. 北畠尚子, 津口裕茂, 2020: 2016年8月末の日本海の低気圧の発達と時間発展: 中緯度の流れと台風1610号(Lionrock)の相互作用. 気象研究所研究報告, 68, 1-19.
35. 北畠尚子, 黒良龍太, 長田栄治, 杉原良, 2020: 2018年7月5~8日の梅雨前線豪雨におけるメソ $\alpha$ スケールの変化. 天気(論文・短報), 63, 431-443.

(2) 査読論文以外の著作物(翻訳、著書、解説等): 74件

1. 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.
2. A. Wada, 2021: Atmosphere-wave-ocean coupled-model ensemble simulation on rapid intensification of Typhoon Hagibis (2019). Research activities in Earth system modelling. Working Group on Numerical Experimentation, 51, 9-07.
3. A. Wada, W. Yanase, 2021: Numerical simulations of Typhoon Haishen by a coupled atmosphere-wave ocean model with two different oceanic initial conditions. Research activities in Earth system modelling. Working Group on Numerical Experimentation, 51, 9-09.
4. A. Wada, W. Yanase, 2021: Numerical simulations of the rapid weakening of Typhoon Haishen (2020) by a coupled atmosphere-wave ocean model. Research activities in Earth system modelling. Working Group on Numerical Experimentation, 51, 9-05.
5. Araki, K., 2020: Numerical simulation of heavy rainfall event associated with typhoon Hagibis (2019) with different horizontal resolutions. CAS/JSC WGNE Research Activities in Earth System Modelling, 51, 303-304.
6. Araki, K., 2020: Numerical simulation of potential impact of aerosols on heavy rainfall event associated with typhoon Hagibis (2019). CAS/JSC WGNE Research Activities in Earth System Modelling, 51, 403-404.
7. Wada, A., 2020: Atmosphere-wave-ocean coupled-model simulation on rapid intensification of Typhoon Hagibis (2019). Research Activities in Earth System Modelling, 50, 9-15.
8. Wada, A., 2020: Sensitivity experiments on axisymmetrization of Typhoon Faxai (2019) just before landfalling in Japan simulated by atmosphere-ocean coupled model. Research Activities in Earth System Modelling, 50, 9-13.
9. Wada, A., 2020: Atmosphere-wave-ocean coupled-model simulation on Typhoon Bualoi (2019) and formation of quasi-linear convective system around Boso Peninsula. Research Activities in Earth System Modelling, 50, 9-07.
10. Wada, A., and K. Okamoto, 2020: Atmosphere-wave-ocean coupled-model simulation on the effect of Himawari-8 all-sky infrared radiances assimilation on the track simulation of Typhoon Jongdari (2018). Research Activities in Earth System Modelling, 50, 9-17.

11. Wada, A., 2020: Rainfall simulations of Typhoons Kammuri and Phanfone landfalling in the Philippines. *Research Activities in Earth System Modelling*, 50, 9–11.
12. 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.
13. Wada, A., H. Tomita, 2019: Comparison of J-OFURO remote-sensing based ocean flux data with numerical simulations by a coupled atmosphere–wave–ocean model in Typhoon Dujan (2015) case. *Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, 49, 9–13.
14. Wada, A., 2019: The impacts of preexisting oceanic cold eddies on the intensity forecast of Typhoon Trami (2018) during the mature phase. *Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, 49, 9–11.
15. 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.
16. Wada, A., 2019: The impacts of a cold eddy induced by Typhoon Trami (2018) on the intensity forecast of Typhoon Kong-Rey (2018). *Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, 49, 9–07.
17. Wada, A., H. Yoshimura, M. Nakagawa, 2019: Preliminary numerical experiments on the prediction of Typhoon Lionrock (2016) using the global atmosphere–ocean coupled model. *Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, 49, 9–05.
18. Araki, K., 2019: Numerical simulation of potential impact of aerosols on heavy snowfall events associated with Japan–sea Polar–airmass Convergence Zone. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, 49, 403–404.
19. Araki, K., 2019: Application of 1DVAR technique using ground-based microwave radiometer data to estimating thermodynamic environments in winter convective clouds. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, 49, 103–104.
20. 鴨川仁、吉田智、森本健志, 2021: みんなの知りたい雷の疑問 56. みんなの知りたい雷の疑問 56, 成山堂書店, 216pp, ISBN: 978-4-425-98391-9.
21. 石田純一, 和田章義, 栃本英伍, 杉本志織, 三好建正, 澤田謙, 佐藤陽祐, 太田行哉, 2021: 第22回非静力学モデルに関するワークショップ開催報告. *天気*, 68, 59–74.
22. 廣川康隆, 加藤輝之, 2021: 集中豪雨をもたらす線状降水帯. *ながれ*, 40, 3–8.

23. 足立透, 益子渉, 2021: 令和元年台風第 19 号に伴って発生した市原竜巻の 3 次元レーダー解析. 台風研究会「台風災害の実態解明と台風防災・減災に資する方策」, 2020K-10, 15-18.
24. 和田章義, 2021: 2018-2019 年の台風における海洋の役割. 台風研究会「台風災害の実態解明と台風防災・減災に資する方策」, 2020K-10, 97-102.
25. 足立透, 2021: 最新レーダー技術を用いた台風に伴う竜巻の新しい研究. 日本風工学会誌, Vol. 46, No. 1 (No. 166), 19-28.
26. 荒木健太郎, 2020: 本だな「激甚気象はなぜ起こる」坪木和久 著. 天気, 67, 719.
27. 佐藤陽祐, 當房豊, 山下克也, 荒木健太郎, 岩崎杉紀, 三隅良平, 大竹秀明, 茂木信宏, 齋藤泉, 川合秀明, 中島孝, 中野諭, 森樹大, 橋本明弘, 郭威鎮, 勝山祐太, 瀬戸里枝, 古藤慎之, 山田怜史, 折笠成宏, 田尻拓也, 遠藤幸生, 近藤誠, 大畑祥, 松嶋俊樹, 2020: 2019 年度「エアロゾル・雲・降水の相互作用に関する研究会」報告. 天気, 67, 665-670.
28. 荒木健太郎, 2020: 魔法のような空の風景. 魔法のような空の風景, インプレス, 28pp, ISBN: 978-4295009313.
29. 楠 研一, 2020: 冬季日本海側の竜巻等突風の観測. 気象研究ノート, 243, 77-98.
30. 益子 渉, 2020: 2012 年 5 月 6 日に発生したつくば竜巻. 気象研究ノート, 243, 157-165.
31. 益子 渉, 2020: 2006 年台風第 13 号に伴って発生した延岡竜巻. 気象研究ノート, 243, 148-156.
32. 松井正宏, 林泰一, 鈴木修, 村井博一, 2020: 竜巻のスケール. 気象研究ノート「竜巻を識る」, 第 243 号, 227-234.
33. 鈴木修, 佐々浩司, 宮城弘守, 2020: 写真測量による竜巻の大きさ, 強度の評価. 気象研究ノート, 第 243 号, 246-250.
34. 鈴木修, 2020: 日本の竜巻. 気象研究ノート, 第 243 号, 33-41.
35. 山内洋, 佐藤英一, 鈴木修, 2020: 竜巻観測技術の展望. 気象研究ノート「竜巻を識る」, 243, 123-128.
36. 佐藤英一, 2020: 台風. 強風被害の変遷と教訓 第 3 版. (submitted)
37. 荒木健太郎, 柳瀬亘, 北畠尚子, 黒良龍太, 2020: 大雨に対する地形の影響の評価. 令和元年度科学研究費助成事業・特別研究促進費「令和元年台風 19 号及び台風 21 号による広域災害に関する総合研究」報告書, 49-50.
38. 荒木健太郎, 北畠尚子, 2020: 2019 年 10 月 25 日関東大雨をもたらした降水システムとその発生環境場. 令和元年度科学研究費助成事業・特別研究促進費「令和元年台風 19 号及び台風 21 号による広域災害に関する総合研究」報告書, 42-45.
39. 荒木健太郎, 柳瀬亘, 北畠尚子, 黒良龍太, 2020: 令和元年台風第 19 号による大雨の発生環境場. 令和元年度科学研究費助成事業・特別研究促進費「令和元年台風 19 号及び台風 21 号による広域災害に関する総合研究」報告書, 41-42.
40. 足立透, 坪木 和久, 牛尾 知雄, 高橋暢宏, 川口航平, 瀬瀬丈晴, 岩波越,

- 楠研一, 松田知也, 新野宏, 中川勝広, 2020: 気象災害委員会・第 52 回メソ気象研究会合同研究会の報告. 天気, 67(6), 31-35.
41. 和田章義, 2020: 特集 近年の台風の特徴と将来予測. 気象年鑑, 3-29.
42. 荒木健太郎, 2020: 局地的大雨と集中豪雨の予測. スクエア最新図説地学(八訂版), 196-197.
43. 吉田智, 2020: 雷放電三次元標定装置の開発と観測. 日本大気電気学会誌, Vol. 14, No. 1, 3-10.
44. 小林 文明, 佐藤 英一, 高館 祐貴, 松井 正宏, 木村 吉郎, ガヴァンスキ 江梨, 2020: 【速報】台風 1919 号(HAGIBIS)がもたらした強風災害について. 日本風工学会誌, 45-2, 126-130.
45. 日本風工学会風災害研究会, 2020: 風災害研究会 2019 年次報告. 日本風工学会誌, 45-2, 149-152.
46. 黒良峻平, 八谷大岳, 嶋田宇大, 上田修功, 2020: マルチクロスヒンジ損失を用いた不均衡多クラス分類. 信学技報, 119, 79-84.
47. 荒木健太郎, 2020: 研究を志す若い人へ. 科学の最前線を切りひらく!, 117.
48. 黒良峻平, 八谷大岳, 嶋田宇大, 上田修功, 2020: マルチクロスヒンジ損失を用いた不均衡多クラス分類. 信学技報, 79-84.
49. 小林 文明, 佐藤 英一, 友清 衣利子, 野田 稔, ガヴァンスキ 江梨, 高館 祐貴, 高森 浩治, 木村 吉郎, 中藤 誠二, 森山 英樹, 鈴木 覚, 重永 永年, 服部 力, 松井 正宏, 岩下 久人, 2020: 【速報】台風 1915 号 (FAXAI) がもたらした強風災害について. 日本風工学会誌, 45-1, 30-39.
50. 中澤哲夫, 2020: 地球温暖化で台風はどうなる?. 茨城保険医新聞, 498 号, 2-3.
51. 田口仁, 荒木健太郎, 上石勲, 臼田裕一郎, 2019: WebGIS による複合要素の可視化システムの関東大雪事例への適用. 気象研究ノート, 241, 日本気象学会, 513-522pp, ISBN: 987-4904129241.
52. 山下克也, 中井専人, 石坂雅昭, 本吉弘岐, 荒木健太郎, 村上正隆, 斎藤篤思, 田尻拓也, 2019: 2014 年 2 月大雪時の東京西部と山梨東部の降雪粒子種の特徴. 気象研究ノート, 240, 日本気象学会, 365-382pp, ISBN: 987-4904129234.
53. 加藤輝之, 荒木健太郎, 2019: 2014 年 2 月の大雪発生要因と過去事例との比較. 気象研究ノート, 240, 日本気象学会, 256-267pp, ISBN: 987-4904129234.
54. 荒木健太郎, 2019: 南岸低気圧による大雪研究の現状と課題. 気象研究ノート, 241, 日本気象学会, 605-614pp, ISBN: 987-4904129241.
55. 荒木健太郎, 2019: 南岸低気圧とそれに伴う降水現象の予測可能性. 気象研究ノート, 241, 日本気象学会, 557-565pp, ISBN: 987-4904129241.
56. 荒木健太郎, 2019: シチズンサイエンスによる高密度雪結晶観測. 気象研究ノート, 241, 日本気象学会, 551-555pp, ISBN: 987-4904129241.
57. 荒木健太郎, 村上正隆, 2019: 南岸低気圧に伴う関東甲信地方大雪時の降雪・雲物理特性. 気象研究ノート, 240, 日本気象学会, 323-338pp, ISBN:

987-4904129234.

58. 荒木健太郎, 2019: 2014年2月の関東甲信地方大雪事例における総観・メソスケール環境場. 気象研究ノート, 240, 日本気象学会, 299-321pp, ISBN: 987-4904129234.

59. 荒木健太郎, 2019: 高密度地上観測網による2014年2月関東甲信地方大雪の観測研究. 気象研究ノート, 240, 日本気象学会, 285-298pp, ISBN: 987-4904129234.

60. 荒木健太郎, 2019: Cold-Air Dammingと沿岸前線を伴う関東大雪のメソスケール環境場. 気象研究ノート, 240, 日本気象学会, 235-255pp, ISBN: 987-4904129234.

61. 荒木健太郎, 北畠尚子, 加藤輝之, 2019: 南岸低気圧による関東大雪における総観・メソ環境場と雲の相互作用. 気象研究ノート, 240, 日本気象学会, 189-199pp, ISBN: 987-4904129234.

62. 荒木健太郎, 吉田聡, 北畠尚子, 加藤輝之, 2019: 関東平野に大雪・大雨をもたらす南岸低気圧の特徴. 気象研究ノート, 240, 日本気象学会, 174-188pp, ISBN: 987-4904129234.

63. 荒木健太郎, 2019: 南岸低気圧に伴う関東平野の雪と雨の総観スケール環境場. 気象研究ノート, 240, 日本気象学会, 163-173pp, ISBN: 987-4904129234.

64. 荒木健太郎, 2019: 関東甲信地方における大雪の気候学的特徴. 気象研究ノート, 239, 日本気象学会, 83-93pp, ISBN: 987-4904129227.

65. 荒木健太郎, 2019: アメリカ北東部における大雪“Northeast Snowstorm”. 気象研究ノート, 239, 日本気象学会, 46-82pp, ISBN: 987-4904129227.

66. 荒木健太郎, 2019: 南岸低気圧による大雪研究のこれまで. 気象研究ノート, 239, 日本気象学会, 1-45pp, ISBN: 987-4904129227.

67. 足立透, 2019: フェーズドアレイレーダーを用いた顕著な大気現象の観測. 日本風工学会誌, 44, 4, 371-380.

68. 荒木健太郎, 2019: 積乱雲を体験するということ. 気象キャスターネットワーク会報「空色レポート」, 17, 1-2.

69. 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.

70. 益子渉, 2019: 高解像度モデルを用いたスーパーセル竜巻の数値シミュレーション. 月刊海洋号外「大気・海洋の渦・対流・シア流とその相互作用 —新野宏教授退職記念号—」, 62, 海洋出版, 6pp, ISBN: .

71. 柳瀬亘, 2019: 低気圧の多様性 —熱帯低気圧・温帯低気圧・ハイブリッド低気圧—. 月刊海洋号外「新野宏教授退職記念号」, 62, 34-38.

72. 和田章義, 2019: 台風通過時の海洋応答から台風予測研究へ. 号外海洋 —大気・海洋の渦・対流・シア流とその相互作用—, 62, 81-86.

73. 荒木健太郎, 2019: 雲の声に耳を傾けてみよう. 道徳と特別活動, 36, 58-59.

74. 日本風工学会風災害研究会, 2019: 風災害研究会 2018 年次報告. 日本風工学会誌, 44-2, 230-234.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等 : 18 件

1. Adachi, T., W. Mashiko, and A. Umehara, Fine-Scale Observation of TC Tornado Using Phased Array Weather Radar in Japan, Virtual Workshop on Atmospheric Science Applications of Ground-Based Phased Array Radars, 2021 年 5 月, 米国, オンライン
2. Shimada, U., Different Environmental Conditions of Tropical Cyclone Rapid Intensification in the Western North Pacific, 34th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, 2021 年 5 月, アメリカ, オンライン
3. Ichikawa, R., H. Ujihara, S. Satoh, J. Amagai, Y. Ohta, B. Miyahara, H. Munekane, T. Nagasaki, O. Tajima, K. Araki, T. Tajiri, H. Takiguchi, T. Matsushima, N. Matsushima, T. Momotani, and K. Utsunomiya, Development of novel ground-based microwave radiometer for earth science -results of the first measurements-, EGU General Assembly 2020, 2020 年 5 月, オーストリア, ウイーン
4. Kawaguchi, M., T. Tamura, W. Mashiko, and H. Kawai, Assessment of Tornado-Induced Building Damage Using a Hybrid Meteorological Model/Engineering LES Method: In Case of Tsukuba Tornado in 2012, 10th European Conference on Severe Storms, 2019 年 11 月, ポーランド, クラクフ
5. Mashiko, W., Wind gusts associated with mesovortices in the inner core of Typhoon GONI (2015), 10th European Conference on Severe Storms, 2019 年 11 月, ポーランド, クラクフ
6. Akihito UMEHARA, TC Analysis with Dual Polarization Weather Radar, 2nd Meeting of the Working Group on Meteorology, 2019 年 10 月, 東京都千代田区
7. Shimada, U., R. Oyama, and S. Shimizu, Dramatic changes in the inner-core structure of Typhoon Jebi (2018) at landfall and relationship between a mesovortex, heavy rainfall, and strong wind gusts, 39th International Conference on Radar Meteorology, 2019 年 9 月, 奈良市
8. Okamoto, K, Assimilation of Passive and Active Sensors on Satellite to Improve Tropical Cyclone Forecasts. , Asia Oceania Geosciences Society 16th Annual Meeting (AOGS2019), 2019 年 7 月, シンガポール, シンガポール
9. Adachi, T., N. Ishitsu, K. Kusunoki, H. Inoue, K. Arai, C. Fujiwara,

and H. Suzuki, Analysis of Tornado-like Vortices Using Phased Array Weather Radar and Deep Learning, Asia Oceania Geosciences Society 16th Annual Meeting (AOGS2019), 2019年7月, シンガポール, シンガポール

10. Oyama, R., K. Okamoto, T. Iriguchi, H. Murata, H. Fudeyasu, K. Cheung, and K. Tsuboki, Analysis of atmospheric profiles within tropical cyclones using the new-generation satellite observations, Asia Oceania Geosciences Society 16th Annual Meeting (AOGS2019), 2019年7月, シンガポール, シンガポール

11. Ishimoto, H., S. Adachi, K. Masuda, X-ray micro-CT imagery of deposited snow in optical modeling of atmospheric ice particles, 第18回電磁気と光散乱会議 (ELS-XVIII), 2019年6月, 中国, 杭州

12. Toru Adachi, Naoki Ishitsu, Kenichi Kusunoki, Hanako Inoue, Ken-ichiro Arai, Chusei Fujiwara, Hiroto Suzuki, Volumetric Detection of Tornadic Vortices Associated with Typhoon Nanmadol (2017) Using PAWR and Deep Learning, JpGU meeting 2019, 2019年5月, 千葉県千葉市

13. Shimada, U., R. Oyama, and S. Shimizu, Dramatic changes in the inner-core structure of Typhoon Jebi (2018) at landfall and relationship between a mesovortex and strong wind gusts, JpGU meeting 2019, 2019年5月, 千葉県千葉市

14. Nagasaki, T., O. Tajima, R. Ichikawa, H. Takiguchi, K. Araki, and H. Ishimoto, Comparison of a water vapor observation with GPS and high sensitivity microwave radiometer, KUMODES, JpGU meeting 2019, 2019年5月, 千葉県千葉市

15. Araki, K, S. Satoh, T. Tajiri, Case study of environmental conditions and cloud microphysical properties of winter convective clouds developed in the Kanto plain, JpGU meeting 2019, 2019年5月, 千葉県千葉市

16. Araki, K, Innovative progress in ground observation of snow crystals and weather conditions by citizen science, JpGU meeting 2019, 2019年5月, 千葉県千葉市

17. Ahoro ADACHI, Hiroyuki HASHIGUCHI, Application of Parametric Speaker to Wind Profiler/RASS, 11th International Symposium on Tropospheric Profiling, 2019年5月, France, Toulouse

18. Shoji, Y., T. Sakai, A. Adachi, S. Yoshida, and T. Nagai, High Space-time Resolution Analysis of Atmospheric Fields using GNSS and Other Observations to Study the Mechanisms of Local Heavy Rainfall in Tokyo Metropolitan Area, Living Planet Symposium 2019, 2019年5月, イタリア, ミラノ

・国内の会議・学会等 : 114 件

1. 石津尚喜, 楠研一, 足立 透, 猪上華子, 藤原忠誠, 新井健一郎, 鈴

木博人, CNN を利用した突風探知システムの改良, 2021 年度 人工知能学会全国大会 (第 35 回), 2021 年 6 月, 東京

2. 楠研一, 石津尚喜, 足立透, 猪上華子, 鈴木修, 新井健一郎, 藤原忠誠, 鈴木博人, 深層学習を用いた鉄道のための突風探知システム, 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, 2021 年 6 月, オンライン, オンライン

3. 楠 研一 石津 尚喜 足立透 猪上 華子 鈴木修 新井健一郎 藤原 忠誠 鈴木博人, 深層学習を用いたドップラーレーダーデータによる竜巻渦の自動識別: 進捗と課題, 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, 2021 年 6 月, 千葉市

4. 楠 研一, 足立透, 猪上華子, 鈴木修, 石津尚喜, 新井健一郎, 藤原忠誠, 鈴木博人, 深層学習を用いた鉄道のための突風探知システム, 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, 2021 年 6 月, 千葉市

5. 廣川康隆, 豪雨の正体に迫る 大気の川×線状降水帯, 気象サイエンスカフェ, 2021 年 5 月, オンライン

6. 尾田春雄, 益子渉, 友清衣利子, 野田稔, 平成 30 年台風 21 号における強風被害発生確率モデルの提案, 2021 年日本風工学会年次大会, 2021 年 5 月, オンライン

7. 加藤輝之, 線状降水帯のレビューと今後の課題, 日本気象学会 2021 年度春季大会, 2021 年 5 月, つくば市

8. 廣川康隆, 加藤輝之, 強雨域の統計解析に適した 5km 分解能解析雨量の変換手法, 日本気象学会 2021 年度春季大会, 2021 年 5 月, つくば市

9. 清野直子, 津口裕茂, 廣川康隆, 瀬古弘, 清水慎吾, 線状降水帯発生環境の気象庁メソ解析によるコンポジット解析 (第二報), 日本気象学会 2021 年度春季大会, 2021 年 5 月, オンライン

10. 荒木健太郎, 2018 年 1 月 22 日の関東大雪事例の降雪結晶特性, 日本気象学会 2021 年度春季大会, 2021 年 5 月, オンライン

11. 柳瀬亘, 嶋田宇大, 北畠尚子, 栃本英伍, 台風 Kirogi (2012) の傾圧的な発生過程, 日本気象学会 2021 年度春季大会, 2021 年 5 月, オンライン

12. 小野耕介, メソアンサンブル予報による複数気象シナリオの作成, 日本気象学会 2021 年度春季大会, 2021 年 5 月, オンライン

13. 足立透, 石津尚喜, 楠研一, 猪上華子, 新井健一郎, 藤原忠誠, 鈴木博人, PAWR および CNN を用いた市原竜巻の 3 次元渦探知実験, 日本気象学会 2021 年度春季大会, 2021 年 5 月, オンライン

14. 足立透, 石津尚喜, 楠研一, 猪上華子, 新井健一郎, 藤原忠誠, 鈴木博人, PAWR および CNN を用いた市原竜巻の 3 次元渦探知実験, 日本気象学会 2021 年度春季大会, 2021 年 5 月, オンライン

15. 益子 渉, 台風第 15 号に伴う暴風・突風の特徴, 第 53 回メソ気象研究会・気象災害委員会合同研究会, 2021 年 5 月, オンライン

16. 荒木健太郎, 柳瀬亘, 北畠尚子, 林修吾, 黒良龍太, 台風第 19 号による大雨の降水強化メカニズムの数値シミュレーション, 第 53 回メソ気象研

究会・気象災害委員会合同研究会，2021年5月，オンライン

17. 柳瀬亘，荒木健太郎，和田章義，嶋田宇大，林昌宏，堀之内武，台風第19号の非対称な降水分布：中緯度プロセスの影響，第53回メソ気象研究会・気象災害委員会合同研究会，2021年5月，オンライン

18. 荒木健太郎，風水害をもたらす気象，ジャパン SDGs アクションシンポジウム，2021年3月，オンライン

19. 益子 渉，数値シミュレーションによるスーパーセル竜巻の発生機構に関する研究，竜巻シンポジウムー藤田哲也博士生誕100年を記念してー，2021年3月，日本

20. 楠 研一，足立透，猪上華子，鈴木修，新井健一郎，石津尚喜，藤原忠誠，鈴木博人，冬季日本海側の竜巻等突風の観測と災害軽減に向けた研究開発，東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会「竜巻シンポジウム」，2021年3月，オンライン

21. 梅原章仁，足立透，益子渉，山内洋，二重偏波レーダーによる竜巻観測，竜巻シンポジウムー藤田哲也博士生誕100年を記念してー，2021年3月，日本

22. 足立 透，益子 渉，梅原章仁，フェーズドアレイレーダーを用いた竜巻研究，竜巻シンポジウムー藤田哲也博士生誕100年を記念してー，2021年3月，日本

23. 楠 研一，足立透，猪上華子，鈴木修，新井健一郎，石津尚喜，藤原忠誠，鈴木博人，PRISM 成果紹介「竜巻自動予測・情報提供システムの開発」，AI 研究会「激しい大気現象の研究・防災における人工知能の利活用と今後の展望」，2021年3月，つくば市

24. 廣川康隆，加藤輝之，荒木健太郎，益子渉，令和2年7月豪雨の九州における降水の特徴，第54回メソ気象研究会，2021年3月，オンライン

25. 荒木健太郎，加藤輝之，廣川康隆，益子渉，令和2年7月豪雨で九州に大雨をもたらした線状降水帯の大気環境場の特徴，第54回メソ気象研究会，2021年3月，オンライン

26. 荒木健太郎，柳瀬亘，北畠尚子，林修吾，黒良龍太，令和元年東日本台風に伴う大雨時の降水強化メカニズムのシミュレーション，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

27. 楠 研一，足立透，猪上華子，鈴木修，新井健一郎，石津尚喜，藤原忠誠，鈴木博人，深層学習を用いた竜巻自動探知システムの開発，気象庁施設等機関研究報告会，2021年2月，東京都

28. 梅原章仁，足立透，益子渉，山内洋，二重偏波レーダーで捉えた竜巻飛散物の時空間分布～2019年10月12日千葉県市原市に生じた竜巻を対象として～，東京工芸大学・風工学共同研究拠点・研究集会「日本版改良藤田スケールにおけるDI、DOD と被害風速の評価」，2021年2月，日本

29. 足立透、益子渉，フェーズドアレイ気象レーダーによる市原竜巻の詳細解析，東京工芸大学・風工学共同研究拠点・研究集会「日本版改良藤田スケ

ールにおける DI、DOD と被害風速の評価」, 2021 年 2 月, 日本

30. 荒木健太郎, 雪結晶で読み解く雲の心, 2020 年度積雪観測&雪結晶撮影講習会, 2021 年 2 月, オンライン
31. 梅原章仁, 南雲信宏, 山内洋, 二重偏波レーダーの降水粒子判別結果から考察するダウンバースト発生前兆, 第 15 回航空気象研究会, 2021 年 2 月, 日本
32. 益子渉, 廣川康隆, 荒木健太郎, 令和 2 年 7 月豪雨の特徴 一球磨川流域に記録的大雨をもたらした線状降水帯の構造と発生過程一, 令和 2 年度気象研究所研究成果発表会, 2020 年 12 月, オンライン
33. 足立透, フェーズドアレイレーダーを用いた研究の最前線, 気象キャスターネットワークオンライン勉強会, 2020 年 11 月, オンライン
34. 和田章義, 柳瀬亘, 林昌宏, 2020 年台風第 10 号(Haishen)の数値シミュレーション, 第 22 回非静力学モデルに関するワークショップ, 2020 年 11 月, オンライン, オンライン
35. 荒木健太郎, 雲を愛する技術, 江丹別熱中小学校, 2020 年 11 月, 旭川市
36. 荒木健太郎, 加藤輝之, 廣川康隆, 益子渉, 令和 2 年 7 月豪雨をもたらした線状降水帯の発生環境場, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, オンライン
37. 柳瀬亘, 荒木健太郎, 和田章義, 嶋田宇大, 林昌宏, 令和元年台風第 19 号の降水の非対称化メカニズム~その 2, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, オンライン
38. 荒木健太郎, 柳瀬亘, 北島尚子, 林修吾, 黒良龍太, 令和元年台風第 19 号における降水強化メカニズム, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, オンライン
39. 廣川康隆, 益子渉, 荒木健太郎, 令和 2 年 7 月豪雨により九州地方で生じた線状降水帯の特徴, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, オンライン
40. 楠 研一 鈴木博人, 岸保・立平賞受賞記念講演「ドップラーレーダーを用いた突風災害の軽減に向けた研究開発と鉄道の安全運行のための社会実装」, 日本気象学会 2020 年度秋季大会, 2020 年 10 月, オンライン
41. 荒木健太郎, 岩永哲, 雲でわかる!空のきもち, 2020 年度広島市江波山気象館講演会, 2020 年 10 月, オンライン
42. 荒木健太郎, 沖大幹, 今こそ知りたい、気象と災害:空と雲の”気持ち”から考えてみよう, 国連大学オンライントークイベント, 2020 年 9 月, オンライン
43. 柳瀬亘, 荒木健太郎, 和田章義, 嶋田宇大, 林昌宏, 堀之内武, 令和元年東日本台風の降水非対称化メカニズム, 台風研究会「台風災害の実態解明と台風防災・減災に資する方策」, 2020 年 9 月, オンライン
44. 和田章義, 2018-2019 年の台風における海洋の役割, 台風研究会「台

風災害の実態解明と台風防災・減災に資する方策」, 2020年9月, 京都府宇治市

45. 足立透、益子渉、梅原章仁, 令和元年台風第19号に伴って発生した市原竜巻の3次元レーダー観測, 台風研究会, 2020年9月, 京都府宇治市
46. 和田章義, 2020年夏の大規模場の解析、今後の台風予想, 台風診断ミーティング 2020, 2020年8月, 千葉県柏市
47. 荒木健太郎, 雲科学入門, 日本気象学会第54回夏季大会, 2020年8月, オンライン
48. 柳瀬亘, 荒木健太郎, 和田章義, 嶋田宇大, 林昌宏, 台風第19号に関する数値シミュレーション, 「令和元年台風19号及び台風21号による広域災害に関する総合研究」成果報告会, 2020年7月, オンライン
49. 北畠尚子、荒木健太郎, 2019年10月25日の東日本の大雨に対する総観場の影響, 日本気象学会2020年度春季大会, 2020年5月, オンライン
50. 荒木健太郎, 柳瀬亘, 北畠尚子, 黒良龍太, 令和元年台風第19号による大雨の環境場と地形の影響, 日本気象学会2020年度春季大会, 2020年5月, オンライン
51. 荒木健太郎, 北畠尚子, 2019年10月25日関東大雨のメソスケール環境場, 日本気象学会2020年度春季大会, 2020年5月, オンライン
52. 梅原章仁, 嶋田宇大, 2019年台風第19号の降水過程に関する二重偏波レーダーを用いた解析, 日本気象学会2020年度春季大会, 2020年5月, オンライン
53. 柳瀬亘, 荒木健太郎, 和田章義, 嶋田宇大, 林昌宏, 令和元年台風第19号の降水の非対称化メカニズム, 日本気象学会2020年度春季大会, 2020年5月, オンライン
54. 和田章義, 2019年台風シーズンにおける大気海洋環境場の特徴, 日本気象学会2020年度春季大会, 2020年5月, オンライン
55. 足立アホロ, 小林隆久, 山内洋, 南雲信宏, 二重偏波レーダーによる雨滴粒径分布の形状パラメータの推定(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
56. 益子 渉, 2019年日本に暴風・竜巻等突風をもたらした台風の特徴, 日本気象学会2020年度春季大会, 2020年5月, オンライン
57. 楠研一, 足立透, 石津尚喜, 猪上華子, 新井健一郎, 川又幸, 藤原忠誠, 鈴木博人, AIを用いた竜巻等突風の自動予測・情報提供システムの開発-開発の現状-, 日本気象学会2020年度春季大会, 2020年5月, オンライン
58. 足立透、益子渉, フェーズドアレイ気象レーダーで観測された2019年10月12日市原竜巻の発生メカニズムについて, 日本気象学会2020年度春季大会, 2020年5月, オンライン
59. 猪上華子、新井健一郎、楠研一、足立透、石津尚喜、藤原忠誠、鈴木博人, 庄内平野に突風をもたらす渦のIQデータを用いた超解像の試み, 日本気象学会2020年度春季大会, 2020年5月, オンライン

60. 荒木健太郎, 首都圏における降雪結晶特性, 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, 立川市
61. 荒木健太郎, 雲と雪のかたちの科学, シンポジウム「つくればわかる、かたちの科学」, 2020 年 2 月, つくば市
62. 荒木健太郎, シチズンサイエンスによる降雪研究と科学コミュニケーション, 第 17 回天気予報研究会, 2020 年 2 月, 東京都
63. 和田章義, 2019 年台風を振り返って一気象研究所における事例 解析結果の紹介, NPO 法人気象キャスターネットワーク 2020 年定期総会, 2020 年 2 月, 東京
64. 荒木健太郎, 雪結晶で読み解く雲の心, 2019 年度日本雪氷学会積雪観測&雪結晶撮影講習会, 2020 年 2 月, 長岡市
65. 和田章義, 気象研究所における緊急研究, 令和元年度台風事例検討会, 2020 年 2 月, 東京
66. 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
67. 益子渉, 2019 年日本に暴風・突風をもたらした台風の特徴, 風工学研究拠点・研究集会「日本版竜巻スケールおよびその評価手法に関する研究」, 2020 年 2 月, 東京都
68. 足立アホロ, 二重偏波レーダーによる粒径分布の形状パラメータの推定, 科研基盤 S 研究会「ストームジェネシスを捉えるための先端フィールド観測と豪雨災害軽減に向けた総合研究, 2020 年 1 月, 京都
69. 柳瀬亘, 荒木健太郎, 中緯度プロセスの影響を受けた台風の構造, 第 2 回 高・低気圧ワークショップ, 2019 年 12 月, 和歌山県白浜町
70. 荒木健太郎, SNS を通じた気象研究と防災, FUKKO STUDY #1, 2019 年 12 月, 東京都
71. 和田章義, 災害をもたらした 2019 年台風とそれに伴う暴風、豪雨に関する数値シミュレーション研究, 台風研究会, 2019 年 11 月, 名古屋
72. 和田章義, 岡本幸三, データ同化などによる観測の時空間拡張 台風モデリング, 2019 年度 名古屋大学宇宙地球環境研究所研究集会 小型飛翔体による海象観測 (その 4), 2019 年 11 月, 名古屋
73. 荒木健太郎, 雲を愛する技術, 宮崎こばやし熱中小学校, 2019 年 11 月, 宮崎県小林市
74. 梅原章仁, 小池哲司, 山本健太郎, 南雲信宏, 山内洋, C バンド二重偏波レーダーを用いた降水粒子判別手法の開発と評価, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
75. 荒木健太郎, 南岸低気圧による首都圏降雪時の降雪結晶の特性と環境場の関係, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡県福岡市
76. 益子渉, 嶋田宇大, 2015 年台風第 15 号の内部コア域の微細構造, 日本気象学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 10 月, 福岡市
77. 嶋田宇大, 梅原章仁, 小山亮, 清水慎吾, 2018 年台風第 21 号による

記録的暴風と短時間強雨のメカニズム，日本気象学会 2019 年度秋季大会，2019 年 10 月，福岡県福岡市

78. 柳瀬亘，嶋田宇大，北畠尚子，北西太平洋における亜熱帯低気圧の性質を持つ台風，日本気象学会 2019 年度秋季大会，2019 年 10 月，福岡県福岡市

79. 清野直子，津口裕茂，廣川康隆，瀬古弘，清水慎吾，線状降水帯発生環境の気象庁メソ解析によるコンポジット解析，日本気象学会 2019 年度秋季大会，2019 年 10 月，福岡市

80. 廣川康隆，加藤輝之，清野直子，線状降水帯事例の検出と出現分布の特徴，日本気象学会 2019 年度秋季大会，2019 年 10 月，福岡県福岡市

81. 石元裕史，足立アホロ，安達聖，積雪マイクロ CT データを用いた降雪粒子のモデル化とレーダー反射特性の計算，日本気象学会秋季大会，2019 年 10 月，福岡県福岡市

82. 足立透、小司禎教、酒井哲、PAWR・水蒸気観測を用いた首都圏における積乱雲の盛衰の解析，日本気象学会 2019 年度秋季大会，2019 年 10 月，福岡県福岡市

83. 佐藤英一，瀬古弘，南雲信宏，気象レーダー位相による屈折率の推定について（第 2 報），日本気象学会 2019 年度秋季大会，2019 年 10 月，福岡県福岡市

84. 市川隆一，原秀樹，佐藤晋介，雨谷純、太田雄策，宮原伐折羅，宗包浩志，長崎岳人，田島治，荒木健太郎，田尻拓也，松島健，瀧口博士，松島喜雄，桃谷辰也，宇都宮健志，次世代超高感度マイクロ波放射計の開発 -その 2-，日本測地学会第 131 回講演会，2019 年 10 月，富山市

85. 林昌宏，ひまわり 8 号可視・赤外観測を利用した多層雲域の雲物理量推定と巻雲除去画像の作成，日本気象学会 2019 年度秋季大会，2019 年 10 月，福岡県福岡市

86. 小野耕介，混合ガウス分布の最頻値を利用した地上気温予測，日本気象学会 2019 年度秋季大会，2019 年 10 月，福岡県福岡市

87. 足立透、楠研一、気象研究所フェーズドアレイレーダーを用いた最新の研究成果とその応用，2019 年気象災害委員会・メソ気象研究会合同研究会，2019 年 10 月，福岡県福岡市

88. 荒木健太郎，雲と防災，三重大学特別講義，2019 年 10 月，津市

89. 荒木健太郎，令和元年台風第 19 号に伴う大雨の要因について，三重大学セミナー，2019 年 10 月，津市

90. 荒木健太郎，南岸低気圧による首都圏降雪時の降雪結晶の特性と環境場の関係，三重大学セミナー，2019 年 10 月，津市

91. 荒木健太郎，雲を愛する技術，元村有希子の NEWS なカフェ，2019 年 10 月，東京都

92. 和田章義，2019 年（2018 年後半も含む）気象研での解析事例の紹介，台風診断ミーティング 2019，2019 年 9 月，柏

93. 嶋田宇大, 台風第9号のレーダー解析, 台風診断ミーティング 2019, 2019年9月, 柏
94. 荒木健太郎, 雲科学とアート, 東京造形大学特別講義, 2019年7月, 東京都
95. 荒木健太郎, 夏の空と仲良くなろう, アカデミアイーアスつくば店サイエンスイベント, 2019年7月, つくば市
96. 荒木健太郎, 雲を愛する技術, 第16回麻酔科学サマーセミナー, 2019年6月, 沖縄県
97. 市川隆一、氏原秀樹、佐藤晋介、雨谷純、太田雄策、宮原伐折羅、宗包浩志、長崎岳人、田島治、荒木健太郎、田尻拓也、松島健、瀧口博士、松島喜雄、桃谷辰也、宇都宮健志, 次世代高感度マイクロ波放射計の開発-序報-, 第17回IVS技術開発センターシンポジウム, 2019年6月, 茨城県鹿嶋市
98. 荒木健太郎, 地上マイクロ波放射計を用いた大気熱力学場推定手法の開発と応用, てんコロ.学会, 2019年6月, 東京都
99. 荒木健太郎, 降雪・積雪・雪氷災害状況のリアルタイム監視に向けて, 「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, 長岡市
100. 清野直子, 都市キャノピースキーム SPUC を用いた数値シミュレーションによる首都圏の大気境界層構造の解析, 日本地球惑星科学連合 2019年大会, 2019年5月, 千葉市
101. 楠 研一, 猪上華子, 石津尚喜, 藤原忠誠, 地上付近の直接詳細観測のための多点型地上観測システム, 日本地球惑星科学連合 2019年大会, 2019年5月, 千葉県千葉市
102. 嶋田宇大, 山口宗彦, 西村修司, 台風の急発達事例は“気候学的に”増加しているか?, 日本気象学会 2019年度春季大会, 2019年5月, 東京都渋谷区
103. 嶋田宇大, 台風急発達の環境条件と多様性, 日本気象学会 2019年度春季大会, 2019年5月, 東京都渋谷区
104. 足立アホロ, 橋口浩之, パラメトリックスピーカーによる RASS 観測の精度, 日本気象学会 2019年度春季大会, 2019年5月, 東京都
105. 益子 渉, 竜巻の数値実験における水平解像度依存性, 日本気象学会 2019年度春季大会, 2019年5月, 東京都
106. 足立透, 石津尚喜, 楠研一, 猪上華子, 新井健一郎, 藤原忠誠, 鈴木博人, PAWR および CNN による突風被害をもたらした渦の立体解析, 日本気象学会 2019年度春季大会, 2019年5月, 東京都
107. 猪上華子, 楠研一, 新井健一郎, 石津尚喜, 藤原忠誠, 足立透, 鈴木博人, 多点型地上観測とレーダー観測による下層渦の解析, 日本気象学会 2019年度春季大会, 2019年5月, 東京都
108. 藤原忠誠, 楠研一, 猪上華子, 石津尚喜, 新井健一郎, 水谷文彦, 鈴木博人, ドップラーレーダーで捉えた男鹿市船越で発生した突風事例, 日本気

象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都

109. 新井健一郎、楠研一、石津尚喜、足立透、猪上華子、新野宏、Mario Marcello Miglietta、藤原忠誠, 2017 年 12 月 1 日イタリア・サンレモ竜巻の初期解析と渦の自動探知, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都

110. 石津尚喜, 楠研一, 足立透, 猪上華子, 藤原忠誠, 新井健一郎, 鈴木博, CNN による竜巻の自動検出技術の開発と突風事例への適用, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都

111. 楠研一・足立透・石津尚喜・猪上華子・新井健一郎・川又幸・藤原忠誠・鈴木博人, AI を用いた竜巻等突風の自動予測・情報提供システムの開発-概要-, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都

112. 荒木健太郎, 佐藤晋介, 田尻拓也, 2019 年 1 月 26 日に関東平野で発生した対流雲の発生環境場と雲・降水特性, 日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都渋谷区

113. 嶋田宇大, 台風強度予報の改善に向けて取り組むべき研究課題, 第 51 回メソ気象研究会, 2019 年 5 月, 東京都千代田区

114. 荒木健太郎, 雲を愛する技術, 福岡市科学館講演会, 2019 年 4 月, 福岡市

#### イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等 : 18 件

1. Shimada, U., P. Reasor, R. Rogers, M. Fischer, J. Zawislak, J. Zhang, and F. Marks, Preference for upshear-left convection at upper levels for intensifying hurricane-strength storms, AMS 101st Annual Meeting, 2021 年 1 月, アメリカ, オンライン

2. Adachi, T., A. Umehara, and W. Mashiko, Multi-Radar Observation of Tornadogenesis in a Shallow Supercell of Typhoon Hagibis (2019), AGU Fall Meeting 2020, 2020 年 12 月, 米国, virtual

3. Wada, A., Warm ocean conditions and increased typhoon intensity in 2019, 日本地球惑星科学連合 2020 年大会, 2020 年 7 月, オンライン

4. Araki, K., Observational study on characteristics of ground snow crystals in the metropolitan areas in Japan, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, オンライン

5. Wada, A., H. Tomita, M. Hayashi, and R. Oyama, Tropical cyclone-ocean interactions and predictions around the southern area of Okinawa with numerical simulations and a sea surface flux data set, 2019 AGU Fall Meeting, 2019 年 12 月, アメリカ, サンフランシスコ

6. Hayashi, M., and K. Nonaka, New Estimation Method of Himawari-8/-9 Lower Tropospheric Winds, American Geophysical Union 2019 Fall meeting, 2019 年 12 月, アメリカ, サンフランシスコ

7. Kusunoki, K., Noaki Ishitsu, Toru Adachi, Ken-ichiro Arai, Hanako

Inoue, Chusei Fujiwara, and Hiroto Suzuki, An advanced system for automatic strong gust detection and warning for railroads using deep learning, 第10回欧州シビアストーム会議, 2019年11月, ポーランド, クラクフ

8. Yanase, W. and H. Niino, Parameter sweep experiments on a spectrum on cyclones with diabatic and baroclinic processes, 19th Cyclone Workshop, 2019年10月, ドイツ, ゼーオン

9. Ahoro ADACHI, Takahisa Kobayashi, Estimation of shape parameter from C-band polarimetric radar measurements, 39th International Conference on Radar Meteorology, 2019年9月, Japan, Nara

10. Ahoro ADACHI, Hiroyuki Hashiguchi, Application of Parametric Speakers to RASS, 39th International Conference on Radar Meteorology, 2019年9月, Japan, Nara

11. Akihito Umehara, Tetsuji Koike, Kentaro Yamamoto, Nobuhiro Nagumo, Hiroshi Yamauchi, Development of a Practical Hydrometeor Classification Algorithm via a Bayesian Approach Using C-band Dual Polarization Radar, 39th International Conference on Radar Meteorology, 2019年9月, 奈良市

12. Taku Suezawa, Hiroshi Kikuchi, Tomoaki Mega, Eiichi Yoshikawa, Hiroshi Hanado, Syugo Hayashi, Tomoo Ushio, An evaluation of the Multi Parameter Phased Array Weather Radar, 39th International Conference on Radar Meteorology, 2019年9月, 奈良市

13. Syugo Hayashi, Akihito Umehara, Nobuhiro Nagumo, A dual-polarization radar observation of the thunderstorm dominated by positive cloud to ground lightning flash, 39th International Conference on Radar Meteorology, 2019年9月, 奈良市

14. H. Y., Inoue, K. Kusunoki, N. Ishitsu, K. Arai, C. Fujiwara, T. Adachi, and H. Suzuki, Multi-scale structure of meso-gamma scale vortex observed by X-band Doppler radars, 39th International Conference on Radar Meteorology, 2019年9月, 奈良市

15. Sato, E., H. Seko, H. Nagumo, and H. Yamauchi, Radar refractivity estimation using solid-state weather radar, 39th International Conference on Radar Meteorology, 2019年9月, 奈良市

16. Ichikawa, R., H. Ujihara, S. Satoh, J. Amagai, Y. Ohta, B. Miyahara, H. Munekane, T. Nagasaki, O. Tajima, K. Araki, T. Tajiri, H. Takiguchi, T. Matsushima, N. Matsushima, T. Momotani, Development of novel ground-based microwave radiometer for earth science, the 27th IUGG General Assembly, 2019年7月, カナダ, モントリオール

17. Wada, A., Roles of preexisting oceanic condition and ocean coupling processes in the intensity prediction during the mature phase of Typhoon Trami (2018), JpGU meeting 2019, 2019年5月, 千葉県千葉市

18. Ichikawa, R., H. Ujihara, S. Satoh, J. Amagai, Y. Ohta, B. Miyahara,

H. Munekane, T. Nagasaki, O. Tajima, K. Araki, T. Tajiri, H. Takiguchi, T. Matsushima, N. Matsushima, T. Momotani, Development of novel ground-based microwave radiometer for earth science, the EGU General Assembly 2019, 2019年4月, オーストリア, ウィーン

・国内の会議・学会等：23件

1. 北畠尚子, 日本海側の大雪に対する総観場の影響 —2018年2月上旬と2021年1月上旬の事例の比較—, 日本気象学会2020年度春季大会, 2021年5月, オンライン
2. 林 修吾, 梅原章仁, 南雲信宏, 二重偏波レーダーによる粒子判別結果と雷放電頻度の関係(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
3. 嶋田 宇大, 静止気象衛星搭載雷センサで観測された熱帯低気圧の雷活動と強度変化の関係, 日本気象学会2021年度春季大会, 2021年5月, オンライン
4. 小野耕介, メソ特異ベクトルの基礎調査, 日本気象学会2021年度春季大会, 2021年5月, オンライン
5. 梅原章仁, 足立透, 益子渉, 山内洋, 2019年10月12日に市原市に被害をもたらした竜巻の二重偏波特性について(その2), 日本気象学会2020年度秋季大会, 2020年10月, オンライン
6. 益子 渉, 令和元年房総半島台風(T1915)に伴う強風の特徴, 日本気象学会2020年度秋季大会, 2020年10月, オンライン
7. 小司禎教, 清野直子, 凌風丸による2020年梅雨期東シナ海ゾンデ観測, 日本気象学会2020年度秋季大会, 2020年10月, オンライン
8. 足立透, 梅原章仁, 益子渉, 2019年10月12日市原竜巻の3次元渦形成過程について, 日本気象学会2020年度秋季大会, 2020年10月, オンライン
9. 梅原章仁, 南雲信宏, 山内洋, 二重偏波レーダーで捉えたダウンバースト発生前後における降水粒子の時空間分布特性, 日本気象学会2020年度秋季大会, 2020年10月, オンライン
10. 林昌宏, 岡本幸三, DARDAR プロダクトとひまわり8号観測を用いたRTTOV氷雲放射スキームの評価, 日本気象学会2020年度秋季大会, 2020年10月, オンライン
11. 市川 隆一、氏原 秀樹、佐藤 晋介、太田 雄策、宮原 伐折羅、宗包 浩志、長崎 岳人、田島 治、荒木 健太郎、田尻 拓也、瀧口 博士、松島 健、松島 喜雄、桃谷 辰也、宇都宮 健志, 次世代高感度マイクロ波放射計の開発-初期観測成果-, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
12. 梅原章仁, 山内洋, 2019年10月12日に市原市に被害をもたらした竜巻の二重偏波特性, 日本気象学会2020年度春季大会, 2020年5月, オンライン
13. 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

14. 荒木健太郎，田中沙央里，小池佳奈，シチズンサイエンスのための気象アプリ「空ウォッチ」を通じた降雪研究，日本気象学会 2019 年度秋季大会，2019 年 10 月，福岡県福岡市

15. 北畠尚子、荒木健太郎，2018 年 2 月 5～6 日の日本海側の大雪に対する対流 圏中上層の総観場の影響，日本気象学会 2019 年度秋季大会，2019 年 10 月，福岡市

16. 小野耕介，総観場の不確実性を反映したメソ特異ベクトルの計算，日本気象学会 2019 年度秋季大会，2019 年 10 月，福岡県福岡市

17. 和田章義，岡本幸三，2018 年台風第 12 号(JONGDARI)の数値シミュレーション，日本気象学会秋季大会，2019 年 10 月，福岡県福岡市

18. 清野 直子，新藤 永樹，荒木 健太郎，都市キャノピースキーム SPUC を用いた数値シミュレーションと 観測に基づく首都圏の大気境界層構造の事例解析，日本ヒートアイランド学会第 14 回全国大会，2019 年 9 月，千葉県柏市

19. 廣川康隆，加藤輝之，清野直子，解析雨量を用いた，線状降水帯事例の客観的な検出，第 6 回メソ気象セミナー，2019 年 7 月，三重県伊勢市

20. 市川隆一、氏原秀樹、佐藤晋介、雨谷純、太田雄策、宮原伐折羅、宗包浩志、長崎岳人、田島治、荒木健太郎、田尻拓也、松島健、瀧口博士、松島喜雄、桃谷辰也、宇都宮健志，次世代高感度マイクロ波放射計の開発-序報-，JpGU meeting 2019，2019 年 5 月，千葉県千葉市

21. 柳瀬亘，嶋田宇大，台風の温帯低気圧化後の再発達に影響する環境場の特徴，日本気象学会 2019 年度春季大会，2019 年 5 月，東京都渋谷区

22. 北畠尚子、黒良龍太、長田栄治、杉原良，2018 年 7 月 5～8 日の豪雨におけるメソ  $\alpha$  スケールの変化，日本気象学会 2019 年度春季大会，2019 年 5 月，東京

23. 小山亮，岡本幸三，入口武史，村田英彦，1D-Var を用いた台風内部の大気プロファイル解析，日本気象学会 2019 年度春季大会，2019 年 5 月，東京都渋谷区

#### (4) 投稿予定論文

Adachi, T., A. Umehara, and W. Mashiko (2021), Initiation of Near-Surface Tornadic Vortex and Debris in Ichihara Tornado Associated with Typhoon Hagibis (2019) Observed by Phased Array Weather Radar, *Geophys. Res. Lett.*, under review.

Kollias, P., D. Bodine, R. Palmer, E. Luke, Steve Nesbitt, Pierre Kirstetter, Alan Shapiro, Mariko Oue, Jorge Salazar, Howie Bluestein, Wen Chau Lee, Robin Tanamachi, Casey Griffin, Toru Adachi, Xuguang Wang, Angela Rowe, Matt Kumjian, James Kurdzo, Jana Houser, and Dusan Zrnica, Science Applications of Phased Array

**Radars**, *Bulletin of the American Meteorological Society*, under preparation.

**Shimada, U.**, Variability of environmental conditions for tropical cyclone rapid intensification in the western North Pacific., in preparation.

**Shimada, U.**, P. Reasor, R. Rogers, M. Fischer, F. Marks, J. Zawislak, and J. Zhang, Preference for strong upshear-left ascent at upper levels for intensifying hurricane-strength storms., in preparation.

(気象集誌特集号 査読中)

*Fudeyasu, H.*, **U. Shimada**, Y. Oikawa, H. Eito, **A. Wada**, R. Yoshida, and T. Horinouchi, Contributions of the large-scale environment to the typhoon genesis of Faxai in 2019.

*Miyamoto, Y.*, *H. Fudeyasu*, and **A. Wada**, Intensity and structural changes of numerically simulated Typhoon Faxai (1915) before landfall.

Takamura, N., **A. Wada**, **W. Yanase**, and *Y. Miyamoto*, Characteristics of the extratropical transition of tropical cyclones in 2018–2019 and the relationship with variations in mid-latitude westerlies.

**Yanase, W.**, K. Araki, **A. Wada**, **U. Shimada**, **M. Hayashi**, and T. Horinouchi, Multiple dynamics of asymmetric precipitation in Typhoon Hagibis (2019) during extratropical transition.

**Wada, A.**, **W. Yanase**, and **K. Okamoto**, Interactions between a tropical cyclone and upper-tropospheric cold-core lows simulated by an atmosphere-wave-ocean coupled model: A case study of Typhoon Jongdari.

**Umehara, A.**, **T. Adachi**, **W. Mashiko**, and H. Yamauchi, (2021). Analysis of the Tornadic Debris Signatures of the Ichihara Tornado in a Typhoon Environment Using Two Operational C-band Dual-Polarization Weather Radars. *Scientific Online Letters on the Atmosphere*, under review.

## 7.2 報道・記事

足立透、楠研一 「竜巻の動き 解明目指す」読売新聞 2020年4月12日

足立透 「大小の渦、結合し竜巻＝台風時のメカニズム解明—気象研究所」時事通信 2020年9月29日

足立透 「台風に伴う竜巻発生のメカニズム解明、気象研」日本経済新聞 2020年9月29日

足立透 「台風に伴う竜巻『世界初の解析』で分かったメカニズムとは」NHK おはよう日本 2020年10月1日

足立透 「台風に伴う竜巻、発生の仕組み解明 気象研」日刊工業新聞 2020年10月5日

足立透 「昨年の台風19号竜巻 発生の仕組み解明」日本経済新聞 2020年10月5日

足立透、益子渉 「Radar Observations of a Tornado Associated with Typhoon Hagibis」 米国地球物理学会 EOS 誌 2020年10月23日

足立透 「最新鋭のレーダー『フェーズドアレイレーダー』」日本気象予報士会・てんきすと 2021年5月20日

荒木健太郎 TBS ラジオ (赤江珠緒たまむすび)「積乱雲とその観測・予測研究について」2019年8月8日

荒木健太郎 読売新聞「九州大雨前、多量の水蒸気、南西海上に流入傾向」2019年11月14日

荒木健太郎 月刊 NEWS がわかる (2019年12月号)「空の様子を姿で伝える雪結晶の神秘」2019年11月15日

荒木健太郎 FUNDO「スマホを使って手軽に雪の結晶を撮影する方法が話題に！「こんなに綺麗に撮れるんですね」」2019年11月24日

荒木健太郎 日本経済新聞「市民の日常 科学研究担う SNS の投稿で新発見も」2020年5月10日

荒木健太郎 読売新聞 (大阪版)「シチズンサイエンスによる雪結晶観測について」2020年6月3日

荒木健太郎 日本経済新聞電子版 (U22)「みんなでパチリ、雪結晶プロジェクト 雲の科学に活用 気象庁 気象研究所 荒木健太郎 (3)」2020年7月27日

荒木健太郎 KAB 熊本朝日放送「7月豪雨の線状降水帯 九州最大規模 長さ 280キロ 13時間」2020年12月24日

荒木健太郎 KBC 九州朝日放送「7月豪雨は九州で発生した最大規模の線状降水帯」2020年12月24日

荒木健太郎 フジテレビ (とくダネ!)「市民参加型の降雪観測研究「#関東雪結晶」について」2020年12月24日

荒木健太郎 読売新聞「雪結晶観測について」2020年12月24日

荒木健太郎 日本経済新聞「九州の7月豪雨、線状降水帯の発生が最多 気象研」2020年12月24日

荒木健太郎 朝日新聞 (九州・山口・沖縄地方向け版)「熊本豪雨 近年最大の線状降水帯 今年7月 東西 280キロは13時間停滞」2020年12月25日

荒木健太郎 西日本新聞「7月豪雨「小低気圧」が影響 大量の水蒸気流入、最大規模の線状降水帯」2020年12月29日

荒木健太郎 毎日新聞「特集ワイド：10万枚の「#関東雪結晶」 市民がスマホで撮影、降雪予測の精度向上」2021年1月29日

荒木健太郎 NHK ラジオ (にっぽん列島夕方ラジオ はっけんラジオ)「令和2年7月豪雨で九州に水害をもたらした線状降水帯について」2021年6月15日

荒木健太郎 週刊文春「集中豪雨をもたらす線状降水帯について」2021年8月18日

加藤輝之：県北部豪雨「線状降水帯」か、2021年5月31日、信濃毎日新聞

楠研一ほか PR TIME 「インキュビット、気象庁「AIを用いた竜巻等突風・局地的大雨の自動予測・情報提供システム」の研究開発委託先として採択」2020年6月23日

楠研一 秋田魁新聞 「AIで突風探知し規制」2020年10月7日

楠研一ほか 岩手日報 「突風原因探知システム開発」 2020年10月7日  
楠研一ほか 新潟日報 「AIで突風探知 列車規制」 2020年10月7日  
楠研一ほか 読売新聞 「線路に突風 AIで予測」 2020年12月24日  
楠研一ほか NHKニュース 「レーダーとAIで突風を予測 脱線事故受け安全対策強化」 2020年12月24日  
嶋田 宇大 「台風15号 降雨域で局所的強風」 読売新聞 2020年9月17日  
清野直子 読売新聞 「九州大雨前、多量の水蒸気、南西海上に流入傾向」 2019年11月14日  
林 昌宏 「ひまわり8号を使った最新の台風研究」 朝日新聞 2020年9月9日  
廣川康隆：九州豪雨1年 最大級280キロ 線状降水帯の脅威，2021年7月3日，朝日新聞.  
和田 章義 「台風第19号について」 NHK 2019年10月17日  
和田 章義 「2016年台風第10号の対流バーストについて」 河北新報 2020年5月3日  
和田 章義 「台風第10号の予測について」 NHK 2020年9月7日

### 7.3 その他

#### ・報道発表

国立研究開発法人防災科学技術研究所、一般財団法人日本気象協会、気象庁気象研究所、内閣府 「顕著な大雨をもたらす線状降水帯の自動検出技術を開発」 2021年6月11日

#### ・講演、アウトリーチ等

荒木健太郎，風水害をもたらす気象. ジャパン SDGs アクションシンポジウム. 2021年3月

荒木健太郎，雪結晶で読み解く雲の心. 2020年度積雪観測&雪結晶撮影講習会. 2021年2月

廣川 康隆，集中豪雨と線状降水帯. 未来の教室 STEAM ライブラリー，<https://www.pre.steam-library.go.jp/>. 2020年12月

荒木健太郎，雲を愛する技術. 江丹別熱中小学校. 2020年11月.

足立透 「フェーズドアレイレーダーを用いた研究の最前線」 気象キャスターネットワーク講演会 2020年11月

荒木健太郎，雲でわかる！空のきもち. 2020年度広島市江波山気象館講演会. 2020年10月

荒木健太郎，今こそ知りたい、気象と災害：空と雲の“気持ち”から考えてみよう. 国連大学オンライントークイベント. 2020年9月

楠 研一ほか ニュートン別冊 ゼロからわかる人工知能 仕事編 増補第2版 「AIと竜巻予測」 (ニュートンプレス社) 2020年9月号

荒木健太郎，雲科学入門. 日本気象学会第54回夏季大学. 2020年8月

荒木健太郎，異常気象と向き合う技術. 国連大学トークショー「意外と知らない水と天気、地球のこと」. 2020年3月

和田 章義, 「なぜ台風 19 号は大規模化したのか」(協力) ニュートン (ニュートンプレス社) 2020 年 1 月号

荒木健太郎, 雲と雪のかたちの科学. Tsukuba Mini Maker Faire 2020. 2020 年 2 月

荒木健太郎, つくればわかる、かたちの科学. Tsukuba Mini Maker Faire 2020. 2020 年 2 月

荒木健太郎, 雪結晶で読み解く雲の心. 2019 年度日本雪氷学会積雪観測&雪結晶撮影講習会. 2020 年 2 月

荒木健太郎, SNS を通した気象研究と防災. FUKKO STUDY #1. 2019 年 12 月

荒木健太郎, 雲を愛する技術. 宮崎こばやし熱中小学校. 2019 年 11 月

荒木健太郎, 雲を愛する技術. 元村有希子の NEWS なカフェ. 2019 年 10 月

嶋田 宇大, 「Lab SCOPE Invitation」2019 年 8 月

荒木健太郎, 雲科学とアート. 東京造形大学特別講義. 2019 年 7 月

荒木健太郎, 夏の空と仲良くなろう. アカデミアイーアスつくば店サイエンスイベント. 2019 年 7 月

荒木健太郎, 雲を愛する技術. 第 16 回麻酔科学サマーセミナー. 2019 年 6 月

荒木健太郎, 雲を愛する技術. 福岡市科学館講演会. 2019 年 4 月

・受賞等

足立透、益子渉 Editor' s Highlight 米国地球物理学会論文誌 Geophysical Research Letters (GRL 誌)、2020 年 10 月

気象研究所 第 18 回日本鉄道賞表彰委員会による特別賞、「安全」「正確」「快適」を守るシステム特別賞、2019 年 10 月

気象研究所 JR 東日本鉄道事業本部長感謝状 (機関賞)、2021 年 1 月

楠研一 平成 31 年度文部科学大臣表彰、科学技術賞 (開発部門)、2019 年 4 月 (団体)

楠研一、猪上華子 第 11 回日本鉄道技術協会坂田記念賞、2019 年 4 月

楠研一 平成 30 年土木学会技術開発賞、2019 年 5 月 (団体)

楠研一 2020 年度日本気象学会 岸保・立平賞、2020 年 5 月

吉田智、足立透、楠研一、林 修吾、猪上華子、電気学術振興賞 論文賞 (電気学会)、2021 年 5 月

和田章義 2020 年米国地球物理学会 優秀査読者賞、2021 年 6 月

和田章義 Springer Advances in Atmospheric Sciences 2021 年編集者賞、3 月

・特許等

楠研一・足立透 「渦検出装置、渦検出方法、プログラム及び学習済モデル」(特許第 6756889 号) 登録日 2020 年 8 月 31 日