

研究課題	<p>(T課題) 台風・線状降水帯等の顕著現象の機構解明と監視予測技術の高度化に関する研究</p> <p>副課題1：台風の遷移過程に関する解析・予測技術の研究</p> <p>副課題2：線状降水帯等の顕著現象の機構解明と数値予報を用いた予測技術の研究</p> <p>副課題3：顕著現象のリアルタイム検出・予測技術とその利用に向けた研究開発</p> <p>副課題4：顕著現象を捉える基盤的な観測・解析技術の研究</p>
研究期間	令和6年度から5年間（5年計画第2年度）
担当者	<p>○足立アホロ 台風・災害気象研究部長 (副課題1)</p> <p>[台風・災害気象研究部]○和田章義、嶋田宇大、川端康弘、辻野智紀、高橋卓也、柳瀬亘（併任）、石文 希（併任）、文野彩花（併任）、伊藤享洋（併任）</p> <p>[気象観測研究部] 岡本幸三</p> <p>(副課題2)</p> <p>[台風・災害気象研究部]○益子渉、廣川康隆、小野耕介、荒木健太郎、栃本英伍、末木健太、熊谷小緒里（併任）、荒木公仁（併任）、一川孝平（併任）、塚本暢（併任）、小野茉莉花（併任）、加藤輝之（併任）、津口裕茂（併任）、北島尚子（併任）、清野直子（併任）</p> <p>[気象予報研究部] 橋本明弘、林修吾</p> <p>(副課題3)</p> <p>[台風・災害気象研究部]○足立透、楠研一、北村智文</p> <p>(副課題4)</p> <p>[台風・災害気象研究部]○山内洋、梅原章仁、鶴沼昂、益子渉、荒木健太郎、足立透、南雲信宏（併任）、酒井貴紘（併任）、佐藤英一（併任）</p> <p>[気象予報研究部] 林修吾</p> <p>[気象観測研究部] 瀬古弘、吉田智（併任）</p> <p>[火山研究部] 石元裕史</p>
目的	<p>台風及び線状降水帯等による集中豪雨・大雪・竜巻等突風等の顕著現象を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。</p> <p>(副課題1)</p> <p>熱帯低気圧部、熱帯低気圧（台風）、亜熱帯低気圧、温帯低気圧間の遷移過程について、対流と渦の相互作用や軸対称—非軸対称間の構造変化など、学術的には多くの未解明な課題が残っている。こうした遷移過程に関わる力学・熱力学過程を解明し、進路等台風予測との関連を明らかにする。特に台風に関して、これまで点としての情報であった台風内部域の情報を面的分布として解析・予測する技術を確立する。</p> <p>(副課題2)</p> <p>線状降水帯等による集中豪雨や大雪、竜巻等の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、それに基づく数値予報を用いた予測技術に関する研究を通して顕著現象の半日前から数日先までの予測精度向上に貢献する。</p> <p>(副課題3)</p> <p>主に突発的・局地的に発生し災害をもたらす顕著現象について、社会の多様なニーズに応じた防災・支援情報を発信するための取り組みをすることにより、国民の安心・安全への貢献を目指す。</p> <p>(副課題4)</p> <p>集中豪雨・大雪・発雷・降雪等の顕著現象について、地上リモートセンシング技術を用いた観測・解析に基づく機構解明を行い、これら顕著現象の直前予測精度の向上に貢献する。</p>
目標	<p>(副課題1)</p> <p>国内外数値予測センターなどで作成されたマルチアンサンブルデータ等、多種の</p>

	<p>解析データ、観測データ、非静力学気象モデルによる計算結果を組み合わせ、台風等の遷移過程の特徴、力学・熱力学過程及び進路との関連を明らかにするとともに、遷移過程が予測可能性へ与える影響を評価する。台風内部域の面的分布解析・予測技術を確立し、社会に影響を及ぼす台風の速報解析等に活用する。</p> <p>(副課題 2)</p> <p>線状降水帯等による集中豪雨や大雪、竜巻等突風の顕著現象について、地上マイクロ波放射計等の新たな観測結果や数値シミュレーションを用いた事例解析や統計解析から、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、最先端のアンサンブル予報結果や高解像度モデルによる数値予報結果を活用し、予報現業での顕著現象に対する予測技術向上に資する知見・手法を得る。</p> <p>(副課題 3)</p> <p>主に突発的・局地的に発生し災害をもたらす顕著現象を対象に、深層学習を用いてそれらのパターンの検出や直前予測をする技術を開発する。さらに開発した技術を顕著現象のリアルタイム情報を必要とする事業者や交通等へ適用するための研究を産学官連携のもとで行う。</p> <p>(副課題 4)</p> <p>地上リモートセンシングにより、雲内微物理量（雨粒の粒径、降水粒子種別）の3次元分布を把握する技術を確立し、顕著現象（大雨、大雪、降雹、発雷等）の機構解明を通じてそれらの直前予測指標を開発する。またこれら3次元分布を高頻度に取得するためのレーダー観測技術を開発する。</p>
<p>研究の概要</p>	<p>(副課題 1)</p> <p>(a) 台風等の遷移過程に関わる力学・熱力学機構の解明</p> <p>数値予報センターによるマルチアンサンブルデータ、大気海洋再解析データ、様々な衛星データ及び二重偏波気象レーダーを含む各種現場観測データを用いて、台風等の遷移過程の判別手法を開発する。事例解析により台風等の遷移過程における対流と渦の相互作用の知見を深める。台風等遷移過程の気候学的特徴、大気海洋環境場の気候学的特徴との関連を解明するとともに、予測可能性に関する研究を実施する。</p> <p>(b) 台風内部域における雨風分布の実態把握と予測可能性</p> <p>非静力学大気モデル（水平解像度1km程度の高解像度モデル）、衛星データ、レーダーデータ及び現場観測データを組み合わせ、台風域に特有な雨風分布に関する研究を実施する。台風構造を代表するパラメータに関するデータセットを整備するとともに、面的解析・予測技術を構築し、予測可能性に関する研究を実施する。社会に影響のある台風については、科学的な情報を外部へ適宜発信する。</p> <p>(副課題 2)</p> <p>(a) 線状降水帯等の顕著現象の実態把握と機構解明に関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> ・過去に発生した線状降水帯等の顕著現象に対して、非静力学数値モデルでの再現実験や客観解析データ、地上・高層・レーダーや地上マイクロ波放射計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、顕著現象に至る階層構造を含めて、実態把握や機構解明に取り組む。数値シミュレーションについては、サブkmの高解像度の実験も行い、感度実験や理想実験を通して機構解明に取り組む。 ・大雨・大雪等の顕著現象を対象として、地上マイクロ波放射計等の新しい観測データや客観解析データを用いた事例解析・統計解析を行うことで、その発生環境場の時空間変動を解明することにより、予報現業における実況監視技術・診断的予測技術の高度化に資する研究を行う。 ・特に顕著な現象が発生した時は、速やかに客観解析データ・各種観測データの解析・非静力学数値モデルの実行結果からその発生要因等を調査する。 <p>(b) 数値予報を活用した顕著現象の予測技術に関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> ・客観的に抽出した過去30年以上の線状降水帯事例を対象として、再解析データを活用した統計解析を行い、現象の事態把握や発生・発達・維持機構に寄与す

	<p>る環境場の特徴の解明を行う。それをもとに、「線状降水帯発生条件」の検証と改良を行い、半日前から数日先までの線状降水帯発生予測の精度向上に資する指標を作成する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 線状降水帯等による集中豪雨や大雪等の顕著現象に対して、高解像度のアンサンブル予報結果を利用して予測可能性を支配する要因を解明するとともに、確率論的及び決定論的予測技術の高度化を行い、予報現業における顕著現象予測技術の向上に資する研究を行う。 <p>(副課題 3)</p> <p>(a) 顕著現象に伴うデータセット構築 全国の気象レーダーをはじめ、過去に発生した顕著現象に伴うデータを収集する。解析等を通じて顕著現象の特徴量を考察し、深層学習モデルの教師データとしても使用可能なメタ情報を付与したデータセットを構築する。</p> <p>(b) 深層学習モデルに基づく顕著現象の検出・予測技術の開発 構築されたデータセットを用いて、顕著現象に伴うパターンやその時系列を扱う深層学習モデルを作成して評価を行う。さらに深層学習モデルをベースとした顕著現象の検出・予測技術の開発を行う。</p> <p>(c) 顕著現象のリアルタイム検出・予測情報利用に関する研究 防災上の様々な利用形態が想定される顕著現象のリアルタイム情報に対し、必要なプロダクト・精度・リードタイム等のニーズを把握し、レーダーデータや映像・位置情報等をリアルタイム連携させたプロダクトやその配信を行うための要件を産学官連携で検討し、提案をまとめる。</p> <p>(副課題 4)</p> <p>(a) 雲内微物理量の 3 次元分布把握技術の確立</p> <ul style="list-style-type: none"> 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。 強雨、雷、降雪をもたらす降水システムに対して、二重偏波気象レーダーによる遠隔観測と、降水粒子撮像ゾンデ、ディストロメーター、重量式雨量計等の直接観測との同期観測を実施する。 同期観測の結果を用いて降雪強度推定手法の開発を行う。 <p>(b) 顕著現象の直前予測指標の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> レーダーで観測された個々の積乱雲をセルトラッキング技術によって追跡し、(a)を用いて把握される個々の積乱雲の内部構造（雨滴の粒径、降水粒子の分布）の時間変化を捉える。 線状降水帯等の降水強化・持続のメカニズムを、積乱雲の内部構造（特に雨滴の粒径）の時間変化の観点から解明し、降水強化・持続の直前予測指標を開発する。 積乱雲の盛衰・顕著現象（降雹、発雷等）の発生メカニズムを、積乱雲の内部構造（特に降水粒子の分布）の時間変化の観点から解明し、盛衰・顕著現象（降雹、発雷等）の直前予測指標を開発する。 <p>(c) 高い時間分解能・鉛直分解能を実現する観測手法の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 顕著現象の直前予測指標の算出に必要な、高い時間・鉛直分解能を両立させながら二重偏波データを取得するためのレーダーの観測手法を開発する。まず、広い探知範囲とドップラー速度測定精度の両立ができないために、現業レーダーにおいて「強度観測」「速度観測」に分かれている観測シーケンスを統合することにより観測時間の半減を目指す。さらに、アンテナの仰角と方位角を同時に変化させるスパイラルスキャンによって鉛直分解能を向上させる。 積乱雲の発生、継続に必要な下層水蒸気の収束を捉えるために、レーダー位相から水蒸気変化を捉える解析手法の開発を進めるとともに、レーダーによる晴天大気のドップラー速度観測技術の開発を行う。
研究の有効性	(気象業務への貢献) (副課題 1)

台風遷移過程に関する新たな学術的知見は「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」目標3の台風の進路予報精度向上及び予報改善に必須となる数値モデルの改善に資する知見を与え得る。また新しい詳細台風域雨風分布の監視・予測技術の確立は、台風防災に貢献し得る。

(副課題2)

顕著現象の機構解明や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、気象庁が提供する数日先までの防災気象情報の改善に資する。

また、高解像度アンサンブル予報結果を利用した顕著現象の予測可能性を支配する要因の解明と確率論的及び決定論的予測技術の高度化の研究は、予報現業における線状降水帯の半日前予測などの顕著現象予測技術の向上に資する。

(副課題3)

顕著現象のリアルタイム検出・予測手法の開発により、顕著現象の様相が精度よく迅速に把握できるため、観測・予測技術の改善に貢献することが可能である。さらに民間事業者はじめ、様々なユーザーが活用し易い情報を産学官連携の下で開発することは、社会の多様なニーズに応じた気象情報・データの利用促進につながる。

(副課題4)

雲内微物理量の3次元分布把握技術の確立は、冬季の解析雨量の精度向上に資する。

顕著現象の直前予測指標の開発は、線状降水帯の検出情報のリードタイム向上、雷発生確度の高精度化(空振り率の低減)、降雹の直前予測情報の開発に資する。

高い時間分解能・鉛直分解能を実現する観測手法は、気象庁だけでなく国内のCバンド現業気象レーダーに適用可能であり、国内の高頻度・3次元レーダー観測網の実現に資する。

(学術的貢献、社会的貢献など)

(副課題1)

2030年に向けた台風進路予測誤差軽減目標を達成する上で、熱帯低気圧部、熱帯低気圧(台風)、亜熱帯低気圧、温帯低気圧間に見られる遷移過程の力学・熱力学過程を解明することは、学術的に重要な課題である。また台風域内の構造を面的に解析・予測する技術は、遷移過程の力学・熱力学過程を理解する上で必要であるだけでなく、社会的においても、特に暴風予測の面で災害の軽減に貢献することが期待される。こうした活動を国内外の大学・研究機関等と連携することにより実施することは、台風に関する多くの学術的・社会的課題を克服する上で有益である。学術的知見はまた、世界気象機関(WMO)、台風委員会(The ESCAP/WMO Typhoon Committee)等の国際活動及び地域特別気象中枢(RSMC)業務に貢献する。

(副課題2)

線状降水帯等の顕著現象の内部構造や発生機構については未だ不明な点が多く、その解明は学術的な意義が大きい。また、数値予報を活用した顕著現象の予測技術に関する研究については、気象予測精度の向上とともに、防災、風工学など様々な分野に貢献する。

(副課題3)

顕著現象を検出・予測する技術を開発する過程で、未解明な面が多い顕著現象の詳細なメカニズムや発生・発達プロセス等、気象分野における学術的知見の蓄積が可能となる。またレーダーデータとソーシャルデータ等から得られる位置情報や映像をリアルタイムで連携させる技術が将来的に実証されれば、これらをさらに広く防災減災分野に応用することにつながる。

(副課題4)

	<p>雷雲の内部構造を把握することで、これまで提唱されてきた雷の発生メカニズムを更新することが可能となり、当該研究分野の発展に大きく寄与する。積乱雲の時間発展を加味した降水強化の過程を明らかにすることは、線状降水帯のような限られた地域で大雨をもたらす現象の発生・発達メカニズムの解明に大きく貢献する。また開発する晴天大気ドップラー速度観測技術は、日本が世界に先駆けて導入した固体素子送信機において初めて実装可能な観測技術であり、実現されれば気象レーダーをウィンドプロファイラとして活用できるようになる。</p>
令和7年度実施計画	<p>(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 (a) 台風等の遷移過程に関わる力学・熱力学機構の解明 数値予報センターによるマルチアンサンブルデータ、大気海洋再解析データ、様々な衛星データ及び二重偏波気象レーダーを含む各種現場観測データを引き続き整備する。マルチアンサンブルデータ等を用いた台風発生・予測に関わる統計的研究に着手する。熱帯低気圧等の遷移過程に関する数値実験及び力学・熱力学機構の研究に着手する。台風の遷移過程の判別手法の開発に関する研究を引き続き実施する。 (b) 台風内部域の面的分布解析・予測技術の開発と台風即時解析への適用 数値大気モデルによる熱帯低気圧の高解像度な理想・再現実験環境の整備、台風域雨風分布研究のためのレーダー・衛星データを主とした台風域雨風データセットに関する統計解析環境の構築を引き続き実施する。台風内部構造推定手法に関する研究を引き続き実施する。 社会に影響のある台風について収集したデータや数値モデル結果に基づいた即時解析を実施し、科学的な情報を外部へ適宜発信する。</p> <p>(副課題2) 線状降水帯等の顕著現象の機構解明と数値予報を用いた予測技術の研究 (a) 線状降水帯等の顕著現象の実態把握と機構解明に関する研究 近年発生した線状降水帯等の顕著現象に対して(令和5年6月に高知県で発生した線状降水帯事例や令和5年9月8日に房総半島から福島県沿岸にかけて発生した大雨事例、令和6年7月の山形県、9月の能登半島で発生した線状降水帯事例など)、客観解析データや地上・高層・レーダー・地上マイクロ波放射計などの各種観測データ、非静力学数値モデルでの再現実験等を駆使することにより事例解析を行い、現象の内部構造や発生・維持機構を明らかにするとともに、過去に発生した顕著事例との比較も行う。 地上マイクロ波放射計等の観測データを用いた大気熱力学場の解析技術を高度化し、大雨・大雪事例に適用してそれらの発生環境場の時空間変動の解析を進め、現象の発生から終焉に至るまでの環境場の特徴についての理解を深める。 特に顕著な現象が発生した時は、速やかに客観解析データ・各種観測データの解析・非静力学数値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予測技術に関する研究 過去30年以上の線状降水帯を対象とした長期再解析データや気象庁メソ解析値による統計解析から、発生・発達・維持機構に寄与する環境場の特徴を把握し、各特徴を地域や季節、発生メカニズム別に系統的に整理し現象の理解につなげる。また、気象庁メソ解析および局地解析等の客観解析を用いて線状降水帯等の顕著現象の発生環境場に有効な指標を調査する。 水平解像度2km程度の高解像度アンサンブル予測システムを近年発生した線状降水帯を含む大雨、大雪等の顕著現象に適用し、その予測精度を検証し問題点・改善点を抽出するとともに、予報現業に適した利用方法を検討する。</p> <p>(副課題3) 顕著現象のリアルタイム検出・予測技術とその利用に向けた研究開発 (a) 顕著現象に伴うデータセット構築 ・過去の顕著現象事例を抽出し、対象となる顕著現象の種類を定義する。 ・気象レーダーデータベースから、定義した顕著現象に関連する気象データを収集する。 ・収集したデータから、顕著現象の特徴量を考察し、深層学習の教師データとして使用可能なメタ情報を付与する。 (b) 深層学習モデルに基づく顕著現象の検出・予測技術の開発</p>

<ul style="list-style-type: none"> ・顕著現象の検出に使用する深層学習のモデルアーキテクチャを設計する。 ・必要に応じて、既存モデルのカスタマイズや改良を行う。 ・構築したデータセットを用いて、モデルの性能評価や改良効果の検証を行う。 <p>(c) 顕著現象のリアルタイム検出・予測情報利用に関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> ・事業関係者への調査結果を参考に、本プロジェクトで対象とする顕著現象に関する情報ニーズを評価する。 <ul style="list-style-type: none"> ・必要な情報内容、精度、リードタイム等の要件を推定する。 <p>(副課題4) 顕著現象を捉える基盤的な観測・解析技術の研究</p> <p>(a) 雲内微物理量の3次元分布把握技術の開発</p> <p>強雨、雷、降雪をもたらす降水システムに対して、研究協力機関と連携し、降水粒子撮像ゾンデ、ディストロメータ、重量式雨量計等の直接観測を実施する。得られた直接観測の結果と比較・検証することにより、二重偏波レーダーによる粒径分布推定、降水粒子判別手法を高度化する。</p> <p>(b) 顕著現象の直前予測指標の開発</p> <p>線状降水帯事例に対して、積乱雲とともに移動する座標系から見た雲内部における雨粒の粒径分布の時間変化を解析し、降水強化のメカニズムを解析する。降雹・発雷事例に対して、積乱雲とともに移動する座標系から見た雲内部における降水粒子分布の時間変化を解析し、雹生成から降雹、電荷分離から発雷に至るメカニズムを解析する。</p> <p>(c) 高い時間分解能・鉛直分解能等を実現する新たな観測手法の開発</p> <p>固体素子二重偏波レーダーの機能強化を行い、高頻度・高解像度観測、晴天大気観測を実施する。取得した観測データを用いて、これら新しい観測シーケンスに適用可能な新たなドップラー速度処理アルゴリズム、3次元データ作成アルゴリズムを完成させる。</p>
