

研究課題	(T課題) 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：先端的气象レーダーの観測技術の研究
研究期間	令和元年度から5年間（5年計画第3年度）
担当者	○清野直子 台風・災害気象研究部長 （副課題1） [台風・災害気象研究部]○和田章義、柳瀬亘、嶋田宇大、林昌宏、小山亮（併）、沢田雅洋（併）、伊藤享洋（併） [気象観測研究部] 岡本幸三 （副課題2） [台風・災害気象研究部]○益子涉、廣川康隆、小野耕介、荒木健太郎、鈴木修、田巻優子（併）、津口裕茂（併）、北畠尚子（併） [気象予報研究部] 橋本明弘、林修吾 [応用気象研究部] 加藤輝之 （副課題3） [台風・災害気象研究部] ○楠研一、足立透、鈴木修 （副課題4） [台風・災害気象研究部] ○足立アホロ、梅原章仁、永井智広、足立透、益子涉、荒木健太郎、鈴木修、南雲信宏（併） [気象予報研究部] 林修吾 [気象観測研究部] 瀬古弘、石元裕史、吉田智 [火山研究部] 佐藤英一
目的	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) 最先端的气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。
目標	(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)

	<p>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。</p> <p>(副課題 3)</p> <p>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。</p> <p>(副課題 4)</p> <p>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。</p>
研究の概要	<p>(副課題 1)</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(副課題 2)</p> <p>(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</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul> <p>(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</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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</li> </ul>

	<p>う。</p> <p>(副課題 3)</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(副課題 4)</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>研究の有効性</p>	<p>(気象業務への貢献)</p> <p>(副課題 1)      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。</p> <p>(副課題 2)      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改善に資する。</p> <p>(副課題 3)      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。</p> <p>(副課題 4)      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（2015年7月）において開発が望まれているフェーズ</p>

	<p>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・予測技術に貢献する。また開発した技術は、気象庁で開発・現業運用されているナウキャスト技術に将来応用できる可能性がある。</p> <p>(学術的貢献、社会的貢献など)</p> <p>(副課題 1)</p> <p>国内外の研究者と予報官が気象研究所を介して台風に関する議論を適宜実施することは、研究成果の現業化を推進する上で有益である。</p> <p>日本に來襲する台風は、同心円状(軸対称)構造から温帯低気圧(非軸対称構造)に変質する過程を経るものが多い。台風の急発達だけでなく、こうした性質を持つ台風の構造変化や予測可能性評価は学術的意義のある研究課題だけでなく、台風予報の精度向上を実現する有効な手段である。</p> <p>大学や海外の研究機関等と日ごろから台風に関する情報を適宜共有することは、連携を深めることに有益な活動である。これにより世界気象機関(WMO)、台風委員会(ESCAP)等で行われる台風に関する国際的活動に貢献する。これにより地域特別気象中枢(RSMC)としての国際的信用を高める。</p> <p>(副課題 2)</p> <p>顕著現象の実態把握と診断的予測技術の開発は、半日前からの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。</p> <p>(副課題 3)</p> <p>予報・警報等の防災情報の高精度化のための現象の観測・解析技術において、波及効果の極めて高い技術的ブレークスルーとなる。</p> <p>(a) 実況・予測プロダクトの大幅な高速化・高精度化</p> <p>(b) 台風等の高度な盛衰予測や局地的大雨・竜巻等の超短時間予測の実現</p> <p>(c) 多様な観測及びモデルとのシナジー効果</p> <p>&lt;例：気象衛星ひまわりの高頻度雲画像を用いた台風観測(雲分布・盛衰状況・進路等)との連携&gt;</p> <p>(副課題 4)</p> <p>二重偏波レーダーによる降水強度の高精度推定や粒子判別は学術的に最先端の課題であると同時に、現業的にも H31 年度から二重偏波化される本庁のレーダー観測に直接貢献することができる。実際、気象庁観測部から推進を強く要請されている。また雨滴の粒径分布や液水量は観測・解析だけでなくデータ同化など数値モデルにも利用できる可能性がある。一方、雪水量の推定は大きな計算コストを必要とするため現業利用はすぐには難しいがこれから発展が見込まれる学術的分野である。またフェーズドアレイレーダーを含め、最先端の気象レーダーを用いた研究開発を通して、レーダー気象学の研究分野における国際的リーダーシップの発揮につながるほか、気象庁現業における次世代および次々世代のレーダー観測技術への応用に資する。</p> <p>(特記事項)</p> <p>(副課題 4)</p> <p>研究を予定している(a)、(b)は今後現業レーダーが二重偏波化するにあたり観測部から推進するように要請を受けている。</p> <p>なお、これらのレーダーの観測や技術開発にはパルスの長さや形など電波の質の変更を伴う操作をする必要があるが、担当者はこれを行う資格を有している。</p>
令和 3 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</p> <p>台風の統計的特徴及び大気海洋環境場との関連に関する研究成果から得られた知見に基づき、ひまわり 8 号高頻度大気追跡風、各種観測データ、数値予報モデルによる計算結果等を用いて、台風構造変化プロセス・内部変動過程の研究を引き続き実施する。アンサンブル手法や統計的手法、機械学習を取り入れた予測システム等による台風予測検証結果及びこれまで得られた知見に基づき、台風強度予測誤差の改善に向けた予測可能性研究を引き続き実施する。2021 年度の社会に深刻な影響をもたらした台</p>



風事例について、これまでに構築した解析サーバーの機能を活用することにより、必要に応じて即時解析を実施する。また解析サーバーにおける解析要素の拡充を引き続き実施する。

(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

近年発生した大雨(線状降水帯による事例を含む)や突風、降雪事例について、特に顕著なものを中心に、各種観測データや客観解析データ及び数値シミュレーション結果を解析し、環境場の特徴や、現象の構造、発生機構の解明を行う(※)。

過去 30 年程度の解析雨量やアンサンブル予報の結果をもとに、客観的手法により線状降水帯を抽出し、その発生の特徴や環境場に関する調査を進める。これらの調査で得られた結果をもとに、線状降水帯発生の診断的予測の指標である線状降水帯 6 条件の改善の可能性を検討する。過去の豪雨事例について、アンサンブル予報での表現を調査し、診断・予測に利用可能なパラメータの抽出とその利用法に関する検討を行う。

首都圏の降雪事例について、地上・レーダー観測データ、気象研究所「#関東雪結晶プロジェクト」によるシチズンサイエンスデータ、客観解析データ、数値シミュレーションの結果をもとに降雪雲の大气・雲・降水特性の調査を進め、水平解像度 2km 程度の高解像度アンサンブル予報をもとに降雪の予測可能性を調査する。

全国のアメダス 1 分値データを用いて抽出した突風事例について、気象学的な特徴について統計的に調査する。また特に顕著な事例について、水平解像度 1km 程度の高解像度モデルを用いた突風予測手法の適用を試みる。

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。

※「令和 2 年 7 月豪雨」、「2019 年台風第 19 号による豪雨」、「2019 年 10 月 24~26 日低気圧等による大雨」、「顕著な暴風・突風をもたらした 2019 年台風第 15 号」、「2015 年台風第 15 号の通過に伴って八重山諸島で発生した記録的な暴風・突風」、「2018 年 1 月 22 日に南岸低気圧の通過に伴って発生した首都圏の大雪」等。

(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

引き続き国内外の各種気象レーダーによるデータベースを構築するとともに、竜巻シミュレーターの開発を通して必要な教師データを拡充する。

またデータベースの AI による解析を通じ、現象の発生季節・頻度・エリア等の災害リスク解析を継続して行う。さらに令和 1 年度以降の研究開発で進展した深層学習モデルをさらに発展させ、様々な竜巻やレーダーに対応可能な汎用型検出技術の開発を行い、令和 2 年度に実現した冬季日本海側での実用化に続き、夏季太平洋側においても実用化につながるような技術開発を目指す。

(副課題 4) 先端的気象レーダーの観測技術の研究

(a) 偏波情報を用いた降水強度高精度推定に関する研究

レーダーシミュレーターによる雨滴の散乱特性の計算を行い、粒径分布に対する二重偏波レーダーで観測される偏波パラメータのデータベースを作成する。またデータベースに基づき雨滴粒径分布のパラメータを二重偏波レーダーの観測データから推定する手法の改良と高度化を行う。

(b) 偏波情報を用いた粒子判別に関する研究

二重偏波パラメータなどを用いて、クラッター等のノイズを除去するとともに、降水粒子の種別を判別アルゴリズムの開発に着手する。また降水粒子と積乱雲内の電荷分布の関係の調査を行う。

(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

レーダー位相データの品質管理手法の開発及び水蒸気推定手法の改良を行う。また、C-band など気象用二重偏波レーダーに用いられている波長に対する雪粒子モデルの散乱特性を計算するためのシミュレーターの開発を行う。

(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を用いた反射強度および気流場の立体解析技術の開発を行う。