

プロフィールシート（事前評価）

研究課題名：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

（副課題1）台風の遷移過程に関する解析・予測技術の研究

（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

（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

（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

研究期間：2024～2028年度（5年間）

研究代表者：加藤輝之（台風・災害気象研究部長）

研究担当者：（副課題代表）和田章義、益子 渉、楠 研一、山内 洋

1. 研究の背景・意義 ※現状と気象研究所の実績、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）

線状降水帯に代表される災害をもたらす大雨など顕著現象が頻発・激甚化しており、社会システムが高度化される一方、気象災害に対する脆弱性は増大している。そのため、顕著現象の監視予測情報の高度化が求められている。

（学術的背景・意義）

（副課題1）

台風防災の改善に資する台風解析・予測技術に関して、数値予報システムは持続的に高度化・高解像度化し、台風進路予測精度はこうした技術革新の恩恵を受け着実に改善している。一方、熱帯海上における台風の発生、急発達や北上時の急衰弱、温帯低気圧化を含めた遷移過程は科学的理解が遅れており、台風強度の解析・予測技術には依然として課題が残されている。近年の高度な統計的手法や衛星・航空機といった観測システムの高度化から、台風解析予測技術の更なる発展や台風内部の詳細な構造の理解が深化することが期待される。また台風から温帯低気圧への遷移過程を解明する上で、擾乱と総観場の相互作用を考慮する必要があることが、近年の研究で明らかになってきた。従って台風内部の詳細な構造、力学・熱力学過程、大気海洋環境場との相互作用の理解の深化は、現業における台風解析予測技術の改良を実現する上で有益な知見を与え、台風域における時空間分解能が細かい雨・風分布の解析・予測への発展につながるものと考えられる。

（副課題2）

線状降水帯をはじめ竜巻等突風、大雪などの顕著現象の発生機構については未だ不明な点が多く、学術的背景として解明が求められている。特に線状降水帯（停滞性の線状の降水システム）に関する研究は海外での実績が少なく、詳細構造や発生・停滞・維持機構などの解明が必要とされている。顕著現象の発生環境場や機構解明を行い、その知見を活用することで線状降水帯等の顕著現象の予測精度

向上につながることを期待されている。

(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。これらは大学等研究機関や民間事業者等との産学官連携で行うことで一層の促進が図られる。

(副課題4)

雨量計による補正で地上付近のみの定量性を担保していた単偏波レーダーに対し、二重偏波レーダーは単独で定量性を担保できるため、雲全体を定量的に把握可能になった。大雨、大雪、発雷等の顕著現象の発生機構においては、雲内の降水粒子が大きな役割を果たしている。二重偏波レーダーにより、これまで不可能だった、雲内の微物理構造（降水粒子の種類、粒径分布）の時空間変化を捉えられるようになり、これら顕著現象のメカニズム解明の進展が期待されている。雲内の微物理構造の時空間変化を捉えるにあたり、従来よりも高い時間・高度分解能の観測の必要性が高まることから、それを実現する観測手法（機動観測、フェーズドアレイレーダー）の研究が進められている。一方、風速・風のシアの大きな領域でドップラー速度の品質が低下する「ドップラー速度の折返し」の問題や、二重偏波データの品質低下をもたらす二次エコーの問題の解消、晴天領域の風や水蒸気分布を捉える技術も求められている。

(気象業務での意義)

(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)

線状降水帯等の顕著現象の実態把握や機構解明研究を実施し、その知見に基づき数値予報を用いたガイダンス等の予測技術の改良を行うことで、顕著現象の予測精度向上に貢献し、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。また、顕著現象発生時の気象庁報道発表や異常気象分析検討会資料の作成に貢献する。

(副課題3)

「竜巻注意情報」や「竜巻発生確度ナウキャスト」は、上空のメソサイクロンの情報等を組み合わせて竜巻の発生可能性/ポテンシャルを示すもので、竜巻の強度推定には対応していない。深層学習モデルを導入して複雑なレーダーパターンから微小な渦パターンをリアルタイムで検出することで、地上付近の竜巻渦を探知し、強度推定や移動方向予測も行えるようになれば、特に強い竜巻に対して積極的な警戒を呼びかけるなどの対応が可能となり、注意情報の高度化につながる。

さらに研究を進めることにより、レーダーパターンに特有の時空間パターンが見られ、深層学習の特徴量として扱える竜巻以外の顕著現象の自動探知・検出にも応用が可能となる。また将来型レーダーと考えられているフェーズドアレイレーダーへの利用可能性の策定につながる。

(副課題4)

二重偏波レーダーを用いた顕著現象の直前予測指標を開発することにより、気象庁の各種ナウキャスト（降水、雷、竜巻等突風）の改善に資する。また高頻度・高鉛直分解能の観測技術の開発から得られる知見は、将来の二重偏波フェーズドアレイレーダーの導入検討に必要な判断材料として貢献する。

2. 研究の目的

(全体)

台風およ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、台風に関わる力学・熱力学機構、特に台風の遷移過程を解明するとともに、台風内部の構造を監視・予測する技術の開発を行う。

(副課題2)

- ・甚大な災害をもたらす線状降水帯等の顕著現象について機構解明研究を実施し、その知見に基づき数値予報等を用いた予測技術の改良を行うことで、顕著現象の予測精度向上に貢献する。

(副課題3)

- ・急速に発生・発達して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。

(副課題4)

- ・台風およ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がもたらす気象災害を防止・軽減するため、二重偏波レーダーを用いてこれら現象の機構解明・高度な監視技術・直前予測技術の開発を行うことを目的とする。

3. 研究の目標

(全体)

台風、線状降水帯等の集中豪雨や大雪、竜巻等の顕著現象の観測結果や事例解析、統計的解析を通じ、それらの予測技術の向上に資すること。また、最新の気象レーダーによる観測技術やそれを用いた顕著現象の自動探知技術を含む、顕著現象の理解と監視・予測技術に関する開発を行うこと。

(副課題1)

- ・台風の発生・進路・強度予測誤差の軽減に貢献するため、発生から温帯低気圧化

までの台風や亜熱帯低気圧の遷移過程及び台風と総観場との相互作用に関する力学・熱力学機構の知見を得る。

- ・台風内部域における風分布の詳細を解析し得る監視・予測技術を確立するとともに、得られた知見をもって台風現象解析・予報作業及び台風予測精度の改善に貢献する。

(副課題2)

- ・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する。
- ・機構解明研究から得られた知見を活用しながら数値予報等を用いた予測技術に関する研究を実施し、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。

(副課題3)

- ・主として気象レーダーで観測された顕著現象を対象に、深層学習を用いてそれら現象に伴う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。

(副課題4)

- ・地上リモートセンシング技術を用いた顕著現象(大雨、大雪、降雹、発雷、突風)の機構解明及び高度な監視予測技術の開発を行う。

4. 研究体制

研究代表者：加藤輝之

担当研究者：

(副課題1) サブ代表者：和田章義 担当研究者：7名程度(含 気象観測2名)

(副課題2) サブ代表者：益子 渉 担当研究者：6名程度

(副課題3) サブ代表者：楠 研一 担当研究者：3名程度

(副課題4) サブ代表者：山内 洋 担当研究者：3名程度

研究協力者：(氏名・機関)

(副課題1) 併任 沢田雅洋

(副課題3) 客員研究員：新井健一郎、石津尚喜、藤原忠誠

5. 研究計画・方法

(副課題1)

① 台風の遷移過程に関わる力学・熱力学機構の解明

- ・非静力学気象モデル、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研究に利用できる環境を整備する。水平解像度1km以下の高解像度実験及び水平解像度数kmの広領域実験・理想化実験を非静力学気象モデルにより実施する。マルチアンサンブルデータ等を用いて、台風の遷移過程(発生)及び進路予測に関する統計的研究を行う。
- ・整備したデータセットに基づく事例解析、統計解析、及び理想化実験を実施し、

台風の遷移過程に関わる力学・熱力学機構を解明する。

- ・整備したデータセットを基に、台風の遷移過程に関わる判別手法を開発する。

② 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

- ・台風域雨風分布の解析・予測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及び数値予報データセットを作成し、それらの統計解析環境を構築する。
- ・数値シミュレーション、台風域データセット、統計解析結果を基に、台風内部域における風分布の詳細を解析・予測し得る技術を開発する。
- ・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。

(副課題 2)

① 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

- ・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。
- ・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に、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・維持機構に寄与する環境場の特徴を解明する。
- ・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。

② 数値予報を活用した顕著現象の予測技術に関する研究

- ・再解析データを活用した線状降水帯の統計解析に基づき、「線状降水帯発生 6 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作成を目指す。
- ・次期または次々期の気象庁現業システムを想定して、高解像度アンサンブル予報結果や高解像度数値モデル（水平解像度 1km 程度）による結果を用いて、線状降水帯等の顕著現象の確率的な予測手法に関する研究を行う。

(副課題 3)

① 顕著現象に伴うデータセット構築

- ・レーダーデータや解析雨量などのレーダーから派生したプロダクトにおいて、特有の時空間パターンが見られ、深層学習の特徴量として扱うことの可能な顕著現象(例:突風、線状降水帯)に着目し、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。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。

② 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、提案としてまとめる。

(副課題4)

- ① 雲内微物理量の3次元分布把握技術の開発
 - ・直接観測（降水粒子撮像ゾンデ等）と二重偏波レーダーの同期観測・比較検証により、雲内における粒径分布と降水種別の3次元分布の把握技術を開発する。
 - ・多雪地域における地上降雪量の直接観測と二重偏波レーダーとの比較検証により、降雪強度の推定手法を開発する。
- ② 顕著現象の直前予測指標の開発
 - ・雲内微物理量の推定手法を用いて、線状降水帯の内部構造の時間変化を把握し、その降水強化メカニズムの解明に挑み、直前予測指標を開発する。
 - ・雲内微物理量の推定手法を用いて、降雹・発雷・突風を引き起こす積乱雲の内部構造の時間変化を把握し、そのメカニズム解明に挑み、それぞれの直前予測指標を開発する。
 - ・レーダー屈折率から推定される下層水蒸気の増大域と、積乱雲の発生域の相関を調査し、積乱雲発生の直前予測指標への利用可能性を検討する。
- ③ 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
 - ・気象研究所Cバンドレーダーに、高頻度・高鉛直分解能を実現する機能を付加し、得られる3次元データの解析手法を開発し、その精度を評価する。
 - ・気象研究所Cバンドレーダーで超高PRF観測を行い、ウィンドプロファイラとの比較により晴天大気の風鉛直プロファイルの推定技術の開発・精度評価を行う。

6. 研究年次計画（研究フロー図を添付）

中間評価時の到達目標（研究期間が5年以上の場合）

(副課題1)

- ・非静力学気象モデルによる数値シミュレーション結果やマルチアンサンブルデータ及び衛星、気象レーダー、地上観測データを収集、解析プログラムを構築する。事例・統計解析から台風の遷移過程（発生）及び進路予測、総観場との相互作用に関する知見及び台風の遷移過程の力学・熱力学機構に関する知見を得る。知見を基に台風の遷移過程に関する判別手法のプロトタイプを提案する。
- ・台風域に特化したデータセットを作成し、これを基に台風内部域における風分布の詳細を解析し得る監視技術のプロトタイプを提案する。開発した技術を台風即時解析に試用することにより、改善点等を抽出する。

(副課題2)

- ・近年の特に顕著な事例を中心として、地上マイクロ波放射計等の各種観測データや客観解析データ、高解像度数値シミュレーションの結果を用いて、顕著現象の階層構造を含めた実態把握・機構解明の研究を行う。
- ・再解析データを用いた線状降水帯の発生環境場の長期統計解析を実施し、その構

造や形成機構の特徴の解明を進める。

- ・高解像度アンサンブル予測システムを近年発生した顕著現象に適用し、その予測精度の検証や問題点・改善点を把握する。

(副課題3)

- ・気象レーダーデータを用いて、顕著現象に伴うパターンを検出する深層学習モデルを開発し、高い精度での検出が可能とするとともに、モデルの性能や信頼性を評価し、必要に応じて改良を行う。
- ・産業界や学术界のフィードバックを取り入れながら、事業者や交通等にリアルタイムの情報を提供する技術の改善や応用の拡大を検討する。

(副課題4)

- ・二重偏波レーダーによる雲内微物理量（粒径分布、降水種別）の推定技術を確立するとともに、降雪強度の推定技術を開発する。
- ・雲の内部構造変化の把握技術を確立し、線状降水帯、発雷・降雹等の事例に適用してメカニズム解明に挑む。
- ・気象研究所Cバンドレーダーにおいて高頻度・高鉛直分解能観測を実現し、その精度を示す。
- ・レーダーによる晴天大気の風鉛直プロファイル推定技術の精度・利用限界を示す。

7. 研究の有効性（気象業務への貢献、学術的貢献、社会的貢献など）

(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。

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。

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であるだけでなく、台風予報の精度向上を実現する有効な手段である。

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組織的に共有することは、連携を深めることに有益な活動である。その中で、欧米や東アジア諸国の国際研究動向について注視し、また状況に応じてプロジェクトを立案・参画することは、研究の有効性を高めることが期待される。こうした活動は世界気象機関(WMO)、台風委員会等で行われる台風に関する国際的活動及び地域特別気象中枢(RSMC)として日本の国際的信用を高めることに貢献する。

(副課題2)

線状降水帯等の顕著現象について機構解明研究を実施し、その知見に基づき数値予報を用いたガイダンス等の予測技術の改良を行うことで、顕著現象の予測精度向上に貢献し、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。

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。

顕著現象の実態把握や機構解明研究を実施することで、顕著現象発生時の気象庁報道発表や異常気象分析検討会資料の作成に貢献する。

(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。また顕著現象を検出・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。

さらに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。これらは大学等研究機関や民間事業者等との産学官連携で行うことで一層の促進が図られる。さらにこの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)

- ・二重偏波を用いた降雪強度の推定手法は、冬季の解析雨量の精度改善、ひいては解析積雪深の精度改善に資することが期待される。
- ・二重偏波を用いた降水粒子判別手法は、推計気象分布や、航空気象観測の自動観測に将来応用できる可能性がある。
- ・二重偏波を用いた顕著現象の直前予測指標は、線状降水帯の2～3時間前予測、雷ナウキャスト、竜巻等突風ナウキャストの改善への貢献が期待されている。
- ・レーダーによる晴天大気の水鉛直プロファイルの推定技術は、線状降水帯の予測に必要な大気下層の水蒸気流入の把握に貢献できる可能性がある。
- ・高頻度・高鉛直分解能の観測技術の開発は、気象庁及び国土交通省のレーダー観測技術の改善、更なるレーダーの有効活用に貢献できる。また、将来の二重偏波フェーズドアレイレーダーの導入検討に必要な判断材料を提供できる。

※ 添付資料

- ・課題説明図及び研究フロー図等