プロフィールシート (事前評価)

研究課題：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) 先端的気象レーダーの観測技術の研究

研究期間：2019年度～2023年度 (5年間)

研究代表者：鈴木 修 (気象衛星・観測システム研究部長)

研究担当者：(副課題代表) 和田章義、清野直子、楠研一、足立アホロ

1. 研究の背景・意義

(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¹⁾。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²⁾。

(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³⁾。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。

(本研究に関連する気象研究所の実績)

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) 衛星データを用いた台風強度推定法の現業化
- (b) 2日先、及び5日先台風発生プロダクトの現業化
- (c) 海洋貯熱量の現業化
- (d) レーダーによる強度推定手法の開発
- (e) 台風強度ガイダンスの開発と5日先台風強度予報の現業化
- (f) コンセンサス台風進路予報の現業化
- (g) マルチセンターグラントアンサンブル台風進路予報プロダクトの現業化

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

- (a) 集中豪雨の実態解明とそれに基づく線状降水帯発生条件の抽出
- (b) 超高解像度の竜巻シミュレーションによる発生機構の解明と突風統計調査
- (c) 南岸低気圧に伴う関東甲信地方の大雪の実態解明

顕著現象の自動探知・直前予測技術のための研究開発

- (a) 竜巻等突風および局地的大雨のレーダーデータ解析
- (b) 災害をもたらす現象の領域や強さの自動検出、配信情報の自動生成技術

先端的レーダー観測技術の研究開発

- (a) 偏波情報を用いた降水強度高精度推定に関する研究
- (b) 粒子判別に関する研究
- (c) レーダーによる気象物理量の抽出
- (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

1)「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(交通政策審議会気象分科会 提言 2015年7月)

2)科学技術基本計画(平成28年1月22日閣議決定)

3)国土交通省交通政策審議会気象分科会提言(平成30年8月)

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。

(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

(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、予報現場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開発する。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。

4. 研究体制

研究代表者：鈴木 修

担当研究者：

(副課題1)	サブ代表者：和田章義	担当研究者：4名程度
(副課題2)	サブ代表者：清野直子	担当研究者：4名程度
(副課題3)	サブ代表者：楠研一	担当研究者：2名程度
(副課題4)	サブ代表者：足立アホロ	担当研究者：3名程度

研究協力者：併任者として、本庁・気象大学校から3名程度、客員研究員として、大学・研究機関等から3名程度参加を想定。

5. 研究計画・方法

(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、急発達を予測することができる技術、及び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や気象予報システムにより得られた解析・再解析データと台風解析・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。

6. 研究年次計画（研究フロー図を参照）

○中間評価時の到達目標

（全体）

（副課題 1）

- (a) 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を用いた数値実験や事例解析により、理想的状況及び特定の台風事例における台風の発生、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を明らかにする。

- (b) 台風発生に関する予測技術手法を複数の台風事例に適用し、その有効性を評価する。機械学習手法を用いた診断的台風強度予測手法を複数の台風事例に適用し、従来の手法による結果と比較することでその精度を評価する。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、特定の事例における予測誤差が生じたメカニズムを明らかにする。
- (c) 気象研究所で開発した、ひまわり 8 号大気追跡風データを用いた台風強化監視プロダクトの精度を検証する。国内外の台風研究による台風解析・予測技術の情報を収集し、汎用化の可能性がある技術を検討する。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により得られた解析・再解析データを収集し、解析ツールにより一元的に解析できるようなシステムを構築する。

(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

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。

- (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

- ・集中豪雨をもたらした線状降水帯とそれらが発生した環境場についてのデータ・プロダクトを作成する。それらを用いて、「線状降水帯発生条件」の検証を行う。
- ・高解像度モデルを用いた突風の予測手法の開発に必要な検証用データとして、全国のアメダス 1 分値データを用いて観測値に基づいた突風のデータベースを作成し、気象庁突風データベースとの比較を行う。
- ・数値予報データを用いた雪氷災害予測手法の開発として、まず顕著な大雪事例のアンサンブル予報結果を用い、大雪発生の予測可能性についての検討を行う。

(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

首都圏で運用されている複数のフェーズドアレイレーダー、日本海側の可搬型ドップラーレーダー・JR東日本レーダー・高密度観測網等による観測を行い、太平洋側・日本海側における様々な顕著現象の発生・発達メカニズムの解明を行うとともに、深層学習に必要な教師データの収集を行う。

- (b) 顕著現象の自動探知・追跡技術の開発

フェーズドアレイレーダーを念頭にした竜巻渦および降水コアの高速3次元の自動探知・追跡が可能なアルゴリズムの開発を行い、さらにアルゴリズムの一部に深層学習を適用させる。

- (c) 探知・予測に関する気象情報生成技術の開発

(a)及び(b)の技術を用い、高速鉄道および離着陸する航空機を対象として、自動生成システムのプロトタイプを作成する。

(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

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う。また雨滴粒径分布

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開発と改良を行う。

(b) 偏波情報を用いた粒子判別に関する研究

二重偏波情報から降水粒子の種別やクラッターなどを判別するアルゴリズムの開発。また降水粒子と積乱雲中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。また二重偏波レーダー波長に対する粒子モデルの散乱特性の計算を行う。

(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のデータ品質を調査し、同レーダーに特有の問題に対処するための技術開発を行う。さらに、高頻度3次元プロダクト作成のための反射強度および気流場の立体解析技術を開発する。

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）

（気象業務への貢献）

（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。

（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。

（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。

（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。

（学術的貢献、社会的貢献など）

（副課題1）

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。

（副課題 2）

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。

（副課題 3）

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。

○実況・予測プロダクトの大幅な高速化・高精度化

○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

○多様な観測及びモデルとのシナジー効果

<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>

（副課題 4）

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。

（特記事項）

（副課題 4）

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。

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。