

研究課題	(A3) 台風の進路予報・強度解析の精度向上に資する研究 副課題1： 全球及び領域解析・予報システムを用いた台風進路予報の精度向上に関する研究 副課題2： 台風の強度推定と急発達・構造変化過程の解明及び予測可能性に関する研究
研究期間	平成26年度～平成30年度（5年計画第4年度）
担当研究部	○青梨和正 台風研究部長 （副課題1） 〔台風研究部〕 ○中川雅之、岡本幸三、和田章義、石橋俊之、山口宗彦、小田真祐子、（併任：数値予報課） 齋藤慧、（客員） 金田幸恵、中澤哲夫 〔予報研究部〕 吉村裕正 〔気候研究部〕 新藤永樹 〔気象衛星・観測システム研究部〕 石元裕史、上清直隆 （副課題2） 〔台風研究部〕 ○岡本幸三、和田章義、小山亮、入口武史、沢田雅洋、嶋田宇大、柳瀬亘（併任：数値予報課） 大和田浩美 〔予報研究部〕 川畑拓矢
目的	台風進路予報の改善と台風強度の実況推定及びその予報可能性に焦点を当てた研究を行い、気象庁が実施する台風解析・予報業務の改善に資する。
目標	台風進路予報の精度向上のため、全球及び領域解析・予報システムの構築・改良を行い、予測精度に影響を与える要因を分析する。また、台風強度解析の精度向上のため、衛星等リモートセンシングデータを用いた強度推定手法を改良する他、特に急発達・構造変化過程を解明し、強度予報の予測可能性に関する知見を得る。 （副課題1） 全球解析・予報システムと領域解析・予報システムを用いて、台風進路予報の精度向上に資する研究を行う。 1-a) 雲降水域での衛星データ、特に、次期ひまわりのデータを全球大気データ同化システムへ導入する。初期場の改善により台風進路予報の改善を図る。次世代につながる新しいデータ同化手法の開発に着手する。 1-b) 気候モデルで効果のあった積雲対流スキームを全球モデルに導入する。その他の物理過程についても、気候モデルで効果のあったスキームを導入する。それらにより、台風進路予報の改善を図る。 1-c) 台風進路・強度予報のため、領域非静力データ同化システムを開発する。雲降水域の衛星リモセンデータを領域非静力データ同化システムへ導入する手法を開発する。また、領域非静力・海洋波浪結合モデルを含む同化システムによって台風進路・強度予報改善に関する知見を得る。 1-d) 台風進路予報誤差が大きかった事例等について、TIGGE データや特別観測プロジェクト等のデータを用い、誤差要因とその改善方策に関する知見を得る。また、TIGGE データ等を用いて台風発生の予測可能性を研究する。 （副課題2） 台風の強度・構造変化の予報の改善に必要な、台風強度推定の精度向上、急発達・構造変化過程の解明、及び台風強度等の予測可能性に関する研究を行う。 2-a) 衛星観測データによる既存の台風強度推定法の検証に現業ドップラーレーダーデータを活用すると共に、検証結果を元に推定手法を改良し、その精度向上を図る。 2-b) 台風の急発達・構造変化過程について、観測データ解析及び数値シミュレーションを用いてプロセスを解明するとともに、モデルパラメータ設定や物理過程の影響を調べることにより、強度予報の精度向上に資する知見を得る。

	2-c) 日本に大きな影響を与えた台風事例について、観測データ解析・数値シミュレーションにより強雨・強風構造のメカニズム解明を行う。
研究の概要	(副課題 1) 1-a) ア) 雲降水域での赤外ハイパーサウンダ輝度温度データを同化する鉛直 1 次元変分法(1DVAR)を改良する。また、台風周辺域の赤外ハイパーサウンダデータの効率的利用のため、同化手法を高度化する。これらを、全球大気データ同化システムに導入し、台風進路予報の精度向上を図る。 イ) 次期ひまわり等の赤外放射計データを同化するため、放射計算モデルや 1DVAR などの開発に着手する。 ウ) 将来的な現業全球大気データ同化システムに貢献するため、4DVAR とアンサンブルのハイブリッド法研究に着手する。 エ) 物理過程改善や新規観測データ導入のインパクト評価に利用するため、アジョイントコードが不要な全球モデル用アンサンブルカルマン smoother を開発する。 オ) 全球大気データ同化システムの診断のため、アジョイントコードを用いた観測データのインパクト評価等を実施する。並行して、観測システムシミュレーション実験(OSSE)手法を開発する。 1-b) ア) C1 課題で開発された積雲対流スキームを、現業全球モデルに組み込み、台風進路予報の精度向上を図る。 イ) C1 課題で開発された他の物理過程のうち、効果があると考えられるものを全球モデルに組み込み、台風進路予報の精度向上を図る。 1-c) ア) 北西太平洋域等で領域非静力モデルとアンサンブルを用いた変分同化スキームから成る領域解析・予報システムを開発する。 イ) 衛星搭載の赤外・マイクロ波センサー、雲降水レーダー反射強度の同化のため、領域非静力モデル出力からの前方計算法を開発する。 ウ) それらを用いて衛星リモセンデータによる台風周辺の情報を領域非静力データ同化システムに導入し、台風進路予報の精度向上を図る。 エ) 領域非静力・海洋波浪結合モデルを含む同化システムによって台風進路・強度予報改善に関する知見を得る。 1-d) ア) 台風進路予報誤差が大きかった事例等について、全球予報・解析システム、領域予報・解析システム及び TIGGE データを用いて台風の構造を比較するとともに、特別観測プロジェクト(T-PARC、YOTC)などによる観測データを用いて比較検証することにより、進路誤差の要因と改善方策に関する知見を得る。 イ) TIGGE データ等を用いて台風発生の予測可能性を研究する。 (副課題 2) 2-a) ア) 衛星データを用いた既存の台風強度推定法について、発達ステージや海域等によって分類して検証を行う。陸地に接近した台風については、現業ドップラーレーダーデータ等の観測データを用いて検証を行う。 イ) 検証結果及び 2-b の成果を用いて推定手法を改良する。 2-b) ア) 大きな台風強度推定誤差をもたらすことが多い急発達・構造変化した事例を中心に、衛星データ(ラピッドスキャン等)や現業ドップラーレーダーなどの観測データ、それらを非静力学モデルに同化した大気解析場や非静力学モデル等による数値シミュレーションを併せた解析を行い、その変化プロセスを解明する。 イ) 非静力学大気海洋結合モデルを用いて、初期値・解像度・物理過程等を変えた感度実験を行い、台風の急発達・構造変化過程に影響する要因を抽出して、台風強度等の予測可能性に関する知見を得る。 ウ) 2-a 及び 2-b ア、イで得られた知見を用いて、台風強度予測ガイダンスを開発する。

	2-c) ア) 我が国に大きな影響を与えた台風事例について、2-a、2-b で得られた知見を活用し、観測データ・客観解析データ・数値予報プロダクトを用いて構造の特徴を解析するとともに、数値シミュレーションを行い、強雨・強風の構造と発現メカニズムを解明する。原因が特定できた場合は、気象研究所ホームページ等を通じて速やかに公開する。
平成 29 年度 実施計画	(副課題 1) 1-a) 全球大気データ同化システム開発 ① アンサンブルを用いた同化システムの研究を従来の 4DVAR と比較しながら進める。特に 4 次元の背景誤差による高精度解析の実現を図る。 ② 全球大気解析に利用する観測情報の拡充のために、観測データのインパクトや誤差共分散行列等の診断を行う。これらの診断結果を用いて、観測データの品質管理の改良や誤差相関の導入など、同化システムの改良を進める。将来導入される観測網の評価のために、複数の手法の OSSE の構築、比較を行う。 ③ 衛星搭載風ライダーの OSSE について、引き続き観測誤差や品質管理などを改良しながら、データのより有効な活用方法を調査する。 ④ 雲域でのひまわり 8 号の赤外輝度温度データを、全球大気データ同化システムで同化するため、雲散乱計算を考慮した高速放射伝達モデルを導入した解析前処理や 4DVAR を開発する。雲域でのモデルの再現性を調査し、雲の効果を考慮した品質管理手法の検討を行う。同化や放射伝達計算の相互検証を行うため、Joint-Simulator を全球大気データ同化システムに導入する。 ⑤ アンサンブルを用いた同化システムの研究について、予報誤差相関構造を調査し、局所化の方法を探る。 ⑥ 赤外ハイパーサウンダの雲域データ同化システムの品質管理手法を見直し解析ならびに予報精度改善を図る。 ⑦ ひまわり 8 号データを用いた雲 2 層モデル OCA による水・氷雲の 1DVar 解析を継続して実施するとともに、衛星センターでの開発状況に則した OCA コードの改良を行なう。また OCA による台風解析事例を増やすことで台風域における雲特性調査を実施する。 1-b) 全球モデル物理過程改良 ① 平成 29 年度に本庁で現業化される GSM17XX をベースに、気候モデルで効果のあった積雲対流スキームやその他の物理過程を導入し、台風進路予報の改善を図る。MRI-NAPEX を使用して予報スコア・台風予測スコアの確認を行う。 1-c) 領域大気データ同化システム開発 ① アンサンブルに基づく変分法的同化法を用いて、台風 1518 事例と PALAU2013 の台風発生期事例について、実際の衛星搭載マイクロ波放射計データを同化する予報解析サイクルの実験を行なう。その結果に基づき、アンサンブルに基づく変分法的同化法プログラムの改良を行なう。 ② NHM-LETKF の台風強度、位置、強風半径情報のデータ同化手法を他の台風事例に応用し、そのインパクトについて調査を継続する。また、NHM-LETKF を基に開発した領域大気波浪海洋結合同化システムを 2015 年関東東北豪雨の台風事例に利用し、海面水温変動が台風解析及び豪雨に与えるインパクトを調査する。 ③ マイクロ波放射計データから降水強度を推定するアルゴリズムを開発する。また、このアルゴリズムで計算するマイクロ波放射計データの第 1 推定値の誤差を研究するため、TRMM と GPM の観測データを用いた解析を行なう。 ④ アンサンブルに基づく変分法的同化システムの改良や高速化のため、Joint-Simulator を利用を高度化する。 1-d) TIGGE データ等を用いた予測可能性研究 ① 航空機観測データを用いた同化・予報実験を行う環境を整備し、航空機観測の台風予報へのインパクトを調査する。 ② 台風発生予報のために台風追跡アルゴリズムを開発する。 (副課題 2) 2-a) 強度推定手法の改善

	① ATMS による台風中心気圧推定の精度検証を引き続き行う。 ② ドップラーレーダーによる強度推定値の精度検証を引き続き行うとともに、中間プロダクトである高度 2km の風速データの活用法を調査する。 ③ ひまわり 8 号の上層大気追跡風を用いた強度診断手法の開発を進める。 2-b) プロセス解明・予測可能性検討 ① 上層 AMV (ひまわり 8 号及び MTSAT) やその他のデータを用いて、急発達台風事例の解析を行い、急発達のプロセスを調べる。ひまわり 8 号 AMV の特性の検証を行うとともに、上層 AMV を用いた地上最大風速診断の可能性について検討を行う。 ② 2016 年台風第 18 号など、強度の急な変化や強風等の顕著現象を伴った台風事例について、ドップラーレーダーなどの観測データ解析と数値シミュレーションにより、その原因やプロセスについて調査する。 ③ 2013 年台風第 30 号の発達プロセスと最大強度に対する海洋の役割に関する研究及び台風強度変化と大気海洋環境場の不確実性の関係に関する研究を引き続き実施する。数値シミュレーションにより、2016 年台風第 10 号の特異な経路に伴う強度変化と海水温低下の関係を明らかにする。2014 年台風第 19 号の発達率・サイズに対する解像度依存性について、引き続き詳細な解析を行う。ひまわりラピッドスキャンデータの非静力学モデルへの同化による台風の強度や構造変化に対するインパクトの研究に着手する。 ④ SHIPS や LGEM などの台風強度ガイダンスに有効な新しいパラメータ調査を行い、精度向上を図る研究を行う。 ⑤TCGI (台風発生予測ガイダンス) について、適切なパラメータに関する調査、参照する環境場の半径が予測精度に与える影響などについて調査を実施する。 2-c) 顕著台風事例解析 ① 2017 年の台風シーズンの顕著な台風について、必要に応じて速報解析を行い、強度や強雨・強風構造について明らかにする。
波及効果	・ 雲・降水域を含む広域での赤外、マイクロ波データ等の同化の研究結果は、現業数値予報の全球的な精度の向上に資する。 ・ 領域非静力学モデルをベースとしたデータ同化システムの開発成果は、気象庁の次世代全球非静力学モデルにおけるデータ同化手法の開発に活用できる。 ・ 衛星・レーダー・地上観測データ等の利用拡充による客観的な台風強度解析手法の高度化、台風の活動予報プロダクトの改良、強度予報ガイダンス開発に資する調査は、アジア・太平洋諸国の防災・減災を任務とする「アジア太平洋気象防災センター」の活動に貢献する。 ・ 非静力学大気波浪結合モデルを用いて、台風の急発達や構造変化に関する数値シミュレーションを行い、各種観測データと比較検証することは、現業数値予報システムによる海況予測の精度向上に資する。 ・ 我が国に大きな災害をもたらした台風事例について、強雨・強風の構造の実態と科学的解釈を示すことは、国や地方自治体における防災対策の立案に対して、有効な情報となる。 ・ 本研究課題で得られた成果は、ESCAP/WMO 台風委員会の北西太平洋台風アンサンブル予報プロジェクト (NWP-TCEFP) や WMO の顕著現象に関する地域予報実証プロジェクト (SWFDP) 等の推進に寄与し、国際貢献に役立つ。