

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 19 日現在

機関番号：82109

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2012～2013

課題番号：24840045

研究課題名(和文) 台風予測精度向上のための最適観測手法の構築

研究課題名(英文) Development of adaptive observation strategies for improving tropical cyclone forecasts

研究代表者

國井 勝 (Kunii, Masaru)

気象庁気象研究所・予報研究部・研究官

研究者番号：70370327

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円、(間接経費) 0円

研究成果の概要(和文)：アンサンブルデータ同化手法に基づく観測データインパクト評価手法を用いて過去の台風事例でデータ同化に利用された観測データのインパクトを定量的に評価し、台風予測精度向上に効果のあった観測データを抽出することで、統計的に台風予測精度向上に最適な観測手法を推定した。結果として、大気中下層の観測データが台風予測精度向上により大きく寄与することが分かった。

研究成果の概要(英文)：The observation sensitivity estimation based on an ensemble data assimilation method was applied to tropical cyclone cases, and impacts of special soundings deployed around tropical cyclones were quantitatively evaluated. Based on the estimated observation impacts, an adaptive observation strategies for tropical cyclones were derived by a statistical approach. The results showed that observations at low and middle levels had larger positive impacts for improving tropical cyclone forecasts.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：気象・海洋物理・陸水学

キーワード：データ同化 アンサンブルカルマンフィルタ 台風 観測インパクト 適応観測

1. 研究開始当初の背景

日本に接近または上陸する台風はしばしば、強風や大雨、土砂災害、河川の氾濫を引き起こし、日本各地に甚大な災害をもたらす。このような災害を軽減するためには台風の予測精度の向上は喫緊の課題である。

台風周辺域では台風の構造を十分に把握するような観測データが乏しいため、現実的な数値予報モデルの初期値を作成することは困難である。台風の予測結果は初期値に敏感であるため、初期値の不確実性は台風予測精度向上を目指す上でのボトルネックとなっており、その結果、特に防災上重要である台風強度予測については、その精度は未だ不十分である。衛星観測技術の進歩も目覚ましいものの、現在の衛星技術をして台風の3次元的な構造を把握することは非常に困難である。

台風周辺域での大気状態をより正確に把握するため、米国や台湾を中心として航空機による直接観測が行われるようになった。航空機観測では、台風予測への感度の大きい領域(感度領域)を集中的に観測し、より現実的な初期場を作成することで、効率的にモデルの予測精度向上を図る手法(最適観測手法)が採られる。現在、感度領域の算出には、モデルの予測誤差発展に着目した手法(特異ベクトル法)が広く用いられている。しかし、実際の航空機観測では、観測時刻以前に感度領域を特定する必要があるため、特異ベクトルの算出は実際のモデルの初期値ではなく、予報値(通常、24時間以上)に対して行われる。したがって、予報値と実際の初期値との乖離が大きい場合は特に、算出された感度領域における集中観測がモデルの改善に繋がらないこともあり、より実用的な感度領域の算出方法が必要とされている。

2. 研究の目的

本研究では感度領域の導出のため、アンサンブルデータ同化に基づく観測データのインパクト評価手法を用いた新たなアプローチを試みる。ここで言う観測データのインパクトとは、特定の観測データをデータ同化手法でモデルに取り込むことで、その後の予報がどのように変化するかを指す。もし、ある観測データを用いることで予報場が改善すればその観測データは正のインパクトをもち、逆であれば負のインパクトをもつこととなる。ここでは、過去の台風事例でデータ同化に利用された観測データの台風予測精度に対するインパクトを定量的に評価し、効果のあった観測データを抽出することで、統計的に台風予測精度向上に最適な観測手法を推定する。

観測データのインパクト評価手法は、観測要素や測器・位置・高度毎のインパクトを評価することができるため、本研究で用いる手法は従来の特異ベクトル法とは異なり、3次元空間において、各物理要素についての感度

の推定が可能となる。また、実際の航空機観測への応用の際には、モデル計算を行わずに統計データを用いることで、即応性のある感度領域の提案を行うことができる。これは、迅速かつ費用対効果の高い観測プランの実現に十分に資するものである。

具体的には、アンサンブルデータ同化手法を基にした観測データのインパクト評価手法の研究を行い、台風の強度予測に対する適用性を明らかにすること、および2008年、2010年の集中観測実験で得られた台風周辺の観測データのインパクト推定を行い、台風のライフステージに応じた最適な観測位置、観測種別等を統計的に明らかにすることの2点を目的とする。

3. 研究の方法

まず、台風の強度予測に対する観測データインパクト評価手法の適性を明らかにするため、高解像度数値予報モデルに、アンサンブルデータ同化を基にした観測データのインパクト推定手法を適用した。ここでは、台風の強度予測に対するインパクトを定量的に評価するため、メソスケール数値モデルに適用された局所アンサンブル変換カルマンフィルタ(LETKF)を基にした実験システムを用いた。その後、台風の強度予測に適した予報誤差の定式化について検討した。具体的にはエネルギーノルム(風速、温度などの誤差に相当)の他に、台風の中心気圧や中心位置、最大風速に関連したノルムについても比較を行った。また、予報誤差を評価する予報時間に対する感度実験も行い、非線形性や観測データの局所化が観測インパクトに与える影響について、理論式との比較を通じて調査を行った。

次に台風周辺の感度領域を調べるため、2008年と2010年に北西太平洋海域を対象にして実施された国際的な集中観測実験(T-PARC2008, ITOP2010)における特別観測データの観測インパクトの評価を行った。まず、実験期間内の観測データを取得し、LETKFによる解析・予報サイクルを実行した。次に特別観測データが存在する期間においてアンサンブル予報を実行し、観測インパクトの計算に必要なデータを準備した。これまで得られた結果を基にして、予報誤差を定義するノルムや予報誤差を評価する予報時間を決定し、特別観測データの観測インパクト評価を行った。インパクト実験の結果を統計検証し、台風予測精度向上に効果的な観測領域や観測レベル、観測要素などについて調査を行った。

4. 研究成果

アンサンブル同化手法を基にした観測データのインパクト推定手法をメソスケール数値予報モデルに適用し台風周辺の観測データのインパクト推定を行うため、以下の開発、実験を行った。

- (1) 台風の強度予測に対する観測データインパクト評価手法の適性を明らかにするため、メソスケール数値予報モデルにアンサンブルデータ同化を基にした観測データのインパクト推定手法を適用した。ここでは LETKF を基にしたシステムを使用した。実験システムは新規購入したアンサンブルデータ同化開発装置上に構築した。
- (2) 台風の強度予測に適した予報誤差の定式化について検討を行った。主にエネルギーノルムに関して検証を行い、比較的簡易な運動エネルギーノルムで台風の予報誤差を評価することとした。また、評価時間を長くすると非線形性の卓越やアンサンブルデータ同化手法で用いられる局所化手法のため、観測インパクトが正しく推定できないことが示された。
- (3) 台風周辺の感度領域を調べるため、2008年と2010年に北西太平洋海域を対象にして実施された国際的な集中観測実験（T-PARC2008, ITOP2010）における特別観測データの観測インパクトの評価を行った。まず、実験期間内の観測データを取得し、LETKFによる解析・予報サイクルを実行した。次に特別観測データが存在する期間においてアンサンブル予報を実行し、観測インパクトの計算に必要なデータを準備した。上記(2)で得られた結果を基に、特別観測データの観測インパクト評価を行った。図1に2008年のT-PARC実験期間中に行われた特別観測データのインパクト推定例を示す。

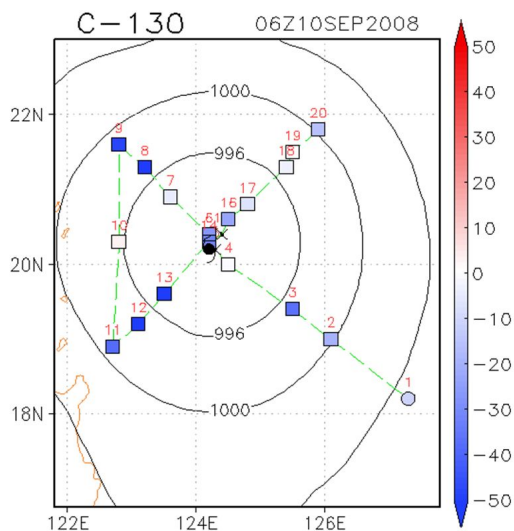


図1. 2008年台風13号において、台風周辺に投下されたドロップゾンデのインパクト。赤が予報改善、青が予報改善を示す。

観測インパクト推定に用いる観測データ評価時間を長くした場合、アンサンブルデータ同化に用いられる局所化手法が観測データのインパクトを制限してしまうことによ

り、観測システム実験において求められる実際のインパクトよりも過小評価されることが分かった。このため、アンサンブルメンバー数を40とすることでサンプリングエラーの軽減を図りつつ、通常のデータ同化実験に比べ大きめの局所化関数を用いることで、インパクト推定値の過小評価の改善に取り組んだ。

2008年、2010年の集中観測実験におけるドロップゾンデの観測インパクト計算を行い、統計的に台風予測の改善に効果的な観測データについて調査を行った。結果として図2に示す通り、500hPa高度以下の風観測データが、台風の予測改善に比較的大きな正のインパクトを持つことが分かった。興味深い結果としては、2008年の特別観測データよりも2010年の特別観測データの方が、単位観測あたりのインパクトが大きかった。2008年と2010年の特別観測には特異ベクトル法などの感度解析を用いていたが、この結果は2008年に比べ2010年の感度解析の方がより効率的な機動観測を可能にしていたことを示唆している。

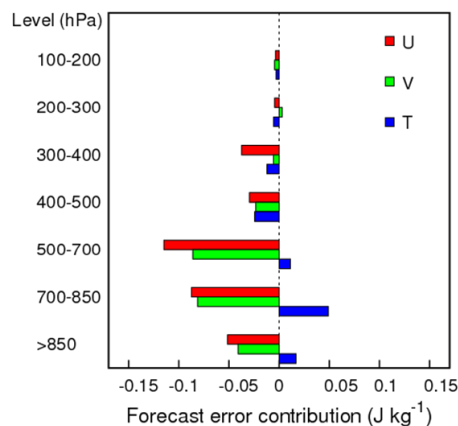
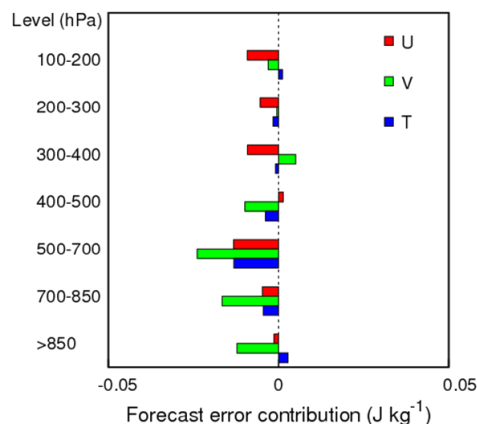


図2. 上) 2008年のT-PARC期間、下) 2010年のITOP期間に行われたドロップゾンデ特別観測の1観測あたりの平均インパクトの鉛直分布。

また、台風中心からの相対位置に関して観

測インパクトを統計検証した結果，2008 年の結果では台風の南西側，2010 年の結果では台風の南東側の観測データが台風予測改善に効果を示すことが多いことが分かった（図3）. サンプル数に偏りがあるため結果の有意性には差があるものの，これは今後の台風感度域推定に資する結果となっている．

NHM-LETKF. AOGS 11th Annual Meeting (30 Jul. 2014, Sapporo).

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

國井 勝 (KUNII, Masaru)

気象研究所・予報研究部・研究官

研究者番号：70370327

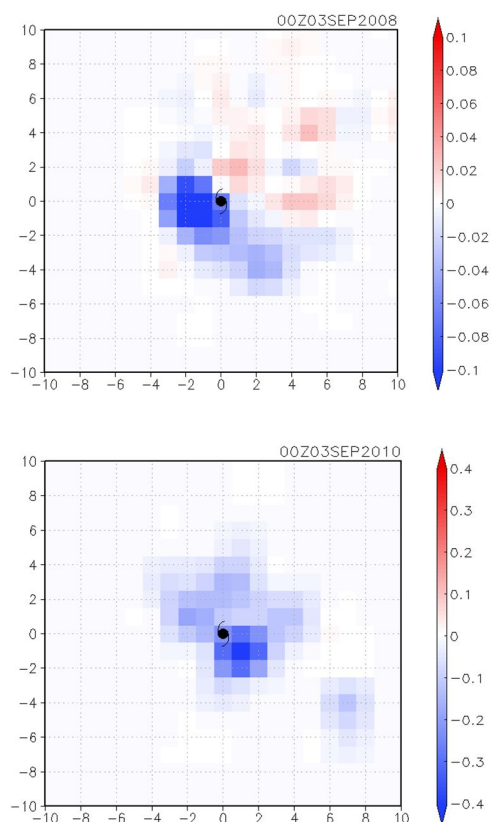


図3 . 上) 2008 年の T-PARC 期間，下) 2010 年の ITOP 期間に行われたドロップゾンデ特別観測の1観測あたりの平均インパクトの水平分布 . 上を北とし，台風中心からの相対位置を示す .

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

Kunii, M., 2014: Mesoscale data assimilation for a local severe rainfall event with the NHM-LETKF system. *Wea. and Forecast.*, doi: 10.1175/WAF-D-13-00032.1. (査読有)

〔学会発表〕(計2件)

Kunii, M., T. Miyoshi, and A. Wada, 2014: Improving tropical cyclone forecast with an ensemble Kalman filter and SST uncertainties. 2014 Ocean Sciences Meeting (28 Feb. 2014, Honolulu).

Kunii, M., 2014: Estimating impact of real observations on tropical cyclones using the