

複数の次世代非静力学全球モデルを用いた高解像度台風予測実験

竹内 義明 (気象庁気象研究所)

1. はじめに

台風による自然災害は社会・経済活動に深刻な影響を与えることから、その軽減のために台風の進路や強度の予測精度向上は常に社会から求められている。ただし、台風強度の予測精度は未だ不十分で、現業全球モデルの水平解像度(2016年現在 20km)が粗いことが一つの原因とされている。水平解像度を高めて予測精度を向上させるためには、非静力学モデルの使用、解像度に見合った物理過程スキームの開発等を行い、全般的な気象予測および台風予測に含まれる系統的なバイアスを低減する必要がある。これまで、高解像度モデルは計算機負荷が大きいため、シミュレーションの事例数が厳しく限定され、系統的なバイアスを特定するに至っていなかった。

本研究は、気象庁気象研究所(MRI)および海洋研究開発機構(JAMSTEC)が連携し、JAMSTEC「地球シミュレータ(ES)特別推進課題」で与えられた豊富な資源を利用することにより、7,8年先の現業利用の実現可能性を想定した7kmの解像度を持つ複数の全球モデルを用いて5日先までの台風予測実験を行い、系統的なバイアスを明らかにした。

2. 実験内容

本研究の第1期(2015年6月~9月)では、2013年9-10月に日本に接近・上陸した台風を対象とした52初期時刻の5日予測実験を実施し、気象庁ベストトラック解析データを用いた検証及びモデル間の相互比較を行った。

使用したモデルは以下の通り。

- MRIが現業モデルをベースに二重フリーエ級数展開を用いて高速化した非静力学全球モデル(DFS)
- JAMSTEC、東京大学及び理化学研究所が開発した正二十面体格子モデル(NICAM)
- JAMSTECが開発した陰陽格子モデル(MSSG)
- DFSと同じ物理過程で水平解像度のみ

20km相当に変えたモデル(GSM)

なお、予測実験に先立ちDFSをESへ移植したほか、各モデルの最適化を行い、計算の高速化やデータ出力の効率化を図った。加えて、大容量出力データを効率的に解析・可視化する手法に関する研究も実施した。

3. 実験結果

a. 台風強度予測

図1に台風強度(中心気圧)の検証結果を示す。水平解像度7kmのモデルはいずれもGSMと比べて台風強度をよく再現していた。DFSとGSMはほぼ同じモデル仕様であることから、この結果は、水平解像度の高解像度化により台風強度予測、特に台風の発達予測が改善されることを示唆する。

モデル毎の強度予報の特徴を述べる。GSMは中心気圧が950hPa以下に低下する事例はほぼ再現できなかった。DFSは920hPa以下に低下する事例を再現することがあるが、予報3日目以降に過発達している事例が顕著であった。MSSGは930hPa前後まで再現し、他のモデルに比べて予報1日目で過発達している事例が多かった。NICAMはDFS、MSSGと比べて極端な低下をする事例が少なく、全体的にばらつきが小さいものの、940hPa以下に低下する事例は十分に再現できていなかった。

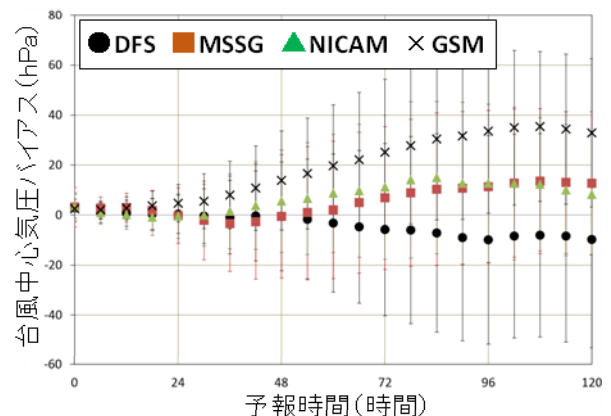


図1 モデル毎の台風中心気圧のバイアス (65事例、NICAMは45事例)

b. 台風進路予測

台風進路（中心位置）予測については、解像度に依らず、どのモデルも南西方向のバイアスをもっていたことが分かった（ただし、事例依存性は大きい）。GSM と高解像度モデルの結果に大きな差がみられないことから、進路予測の向上には高解像度化以外の要因（初期値化や物理過程の改良）が重要であることが示唆される。

c. 可視化・ビッグデータ処理

各モデルの結果の定量的な比較に先立ち俯瞰的な定性的比較ができるよう、結果を並列表示する二種類の Web アプリケーションを開発した。一つは、可視化ソフトウェア GrADS によって別途用意した図を HTML 上で並列表示する Java アプリケーションである。

もう一つは、Google Earth 用ボリューム可視化ソフトウェア VDVGE による可視化結果を並列表示する Web アプリケーションで、時間発展のアニメーションおよび三次元的な視点の変更が可能である（図 2）。

4. モデルの高速化等

a. DFS を ES に移植する際、実行時の不具合の原因の調査、遅いサブルーチンのベクトル化・最適化、通信の高速化等について JAMSTEC 地球情報基盤センター情報システム部計算技術グループの技術支援により、実行速度が当初に比べ、約 4 倍高速化できた。

b. MSSG は、ES に最適化されていたが、本課題のように多数の出力変数がある場合、出力サブルーチンの通信同期待ちが発生することが新たな問題として明らかになった。これについても前述の技術支援により、実行速度を約 1.5 倍に高速化できた。

c. NICAM はいくつかの事例で計算が中断す

る不具合が生じたが、その問題を解決し、再計算を実施した。これにより、当初計画していた事例数による比較が可能になった。

5. まとめ

5.1. 成果創出の加速

本研究により、これまで限られた事例で行えなかった高解像度の全球モデルについてまとめた事例数での実験を実施でき、台風強度・進路の系統誤差を統計的に評価できたこと、高解像度化の台風強度精度向上への明らかな効果を確認できたこと、台風の事例依存性を確認できたこと、台風強度に密接に関係している台風の詳細構造のシミュレーションデータセットを作成できたこと、何よりこれらを MRI および JAMSTEC の複数の高解像度全球モデルで条件を揃えて実施できたことにより、気象庁の現業モデル開発に資する MRI のモデル研究、および JAMSTEC の研究に用いられるモデルの改良の双方に大きく寄与するものとなった。

5.2. 第 2 期の進捗と今後の計画

第 1 期では日本付近に影響した台風事例を対象としたが、第 2 期（2015 年 10 月～2016 年 1 月）では台風事例を 85 に増やし、熱帯における対流雲の振る舞いから発生、発達、成熟、衰退期及び温帯低気圧への移行期といった台風のライフステージ全体にわたり、予測実験を実施した。また第 1 期での結果及び解析から得られた知見に基づき、モデル改良に向けた予備的な感度実験も実施した。

今後も引き続き、現業予報用モデルと研究用モデルの連携を進め、現業気象予報とモデル研究の相互発展に寄与したい。

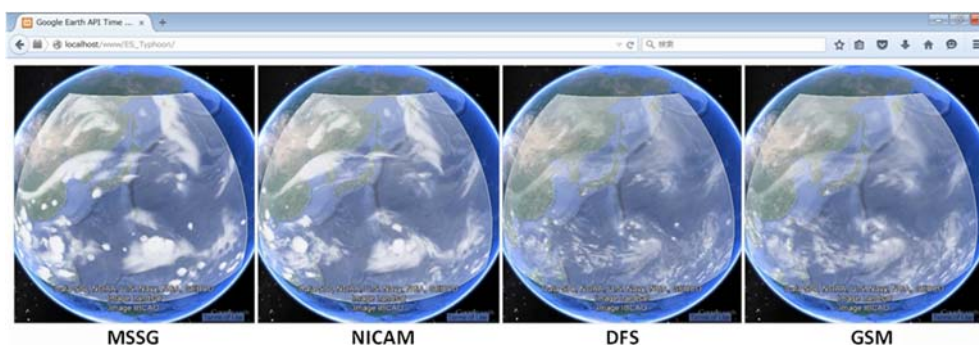


図 2 VDVGEとGoogle Earth APIを利用したWebアプリケーションによる2013年台風第18号の外向き赤外放射画像