

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

和田章義¹、沢田雅洋¹、吉村裕正¹、中野満寿男²、那須野智江²、大西領²、瀧上弘光³、川原慎太郎²、佐々木亘²、入口武史¹、山口宗彦¹、川合秀明¹、新藤永樹¹、竹内義明¹
 (1:気象研究所、2:海洋研究開発機構、3: NEC 情報システムズ)

1. はじめに

台風進路・強度予測の精度向上は、自然災害による被害軽減を実現する上で、常に社会から要請される課題である。この社会的要請に貢献することを目標として、平成 27 年度地球シミュレータ特別推進課題にて、台風進路・強度予測改善のための次世代全球大気モデルを用いた台風予測研究を実施することとなった。本課題では次節に記す、複数の水平解像度 7km 相当の非静力学全球モデルによる台風 5 日予測実験結果の相互比較を通じて、台風予測改善に向けたモデル改良に関する知見を得ることを目的の 1 つとしている。計画は現在 2 期目を迎えており、1 期目(2015 年 6-9 月)は日本に接近する台風として 2013 年 9-10 月の台風、2 期目(2015 年 10 月-2016 年 1 月)は台風のライフサイクルをターゲットとしている。更に 2 期目においては各モデルの物理過程の改善を図るための感度実験を実施する計画である。ここでは主に第 1 期に得られた成果について、その概要を紹介する。

2. 実験概要

地球シミュレータ(ES)において、3 つの次世代全球高解像度(水平解像度約 7km)非静力学全球モデルと気象庁現業モデルと同等の仕様を持つモデル(水平解像度約 20km の静力学モデル)を用いて、2013 年 9-10 月にかけて日本に接近・上陸した台風 52 事例の 5 日予測実験を実施し、複数の高解像度モデルによる台風予測信頼性向上の評価を実施した。3 つの全球非静力学モデルとは気象研究所が開発した DFS、海洋研究開発機構(JAMSTEC)と東京大学が開発した NICAM、JAMSTEC が開発した MSSG である。2013 年 9-10 月期の台風事例を含む、52 の初期時刻について台風 5 日予測実験を上記 4 つのモデルにより実施した。各モデルの仕様については表 1 に示す。表 1 に示されない陸面の初期値などについては、各モデルで動作実績のあるものを使用している。NICAM のみ海面における熱収支による海面水温の変動を考慮した大気海洋結合モデルである。

表 1 モデルの仕様

	DFS	GSM	MSSG	NICAM
格子力学フレーム	リデュースド等緯度格子 二重フリーエ級数を基底とする非静力学スペクトルモデル	リデュースドガウス格子 球面調和関数を基底とする静力学スペクトルモデル	有限差分法 陰陽	有限体積法 正二十面体
雲物理	Smith(1990)	Smith(1990)	Onishi&Takahashi (2012)	Tomita (2008)
積雲対流 大気境界層	Randall&Pan (1993) MY2(Mellor&Yamada,1974,1982)	Randall&Pan (1993) MY2 (Mellor&Yamada,1974,1982)	- MYNN2.5 (Nakanishi&Niino, 2004,2006,2009)	- MYNN2 (Nakanishi&Niino, 2004,2006,2009)
放射	Yabu (2013)	Yabu(2013)	MSTRN-X (Sekiguchi&Nakajima, 2008)	MSTRN-X (Sekiguchi&Nakajima, 2008)
陸面・海面	SiB (JMA,2013)	SiB(JMA,2013)	バケツモデル (3 次元海洋)	MATSIRO (Takata et al. 2003) 海面熱収支
接地境界層	Louis(1982) Miller (1989, 海・不安定)	Louis(1982) Miller (1989, 海・不安定)	Zhang&Anthes(1982)	Louis(1982)

3. 結果

ここでは台風 18, 22, 23, 24, 26, 28 号の台風 5 日強度予報結果について統計解析を実施した。各台風の経路を図 1 に示す。また 6 時間毎に計算された 65 初期値(NICAM は 45 初期値)の気象庁ベストトラックからの中心気圧差の平均値及び標準偏差の時系列を示す(図 2)。値が 0 に近いほど、予測された中心気圧が気象庁ベストトラック解析値と整合しており、正(負)の場合は中心気圧の予測値が高(低)いことを表している。

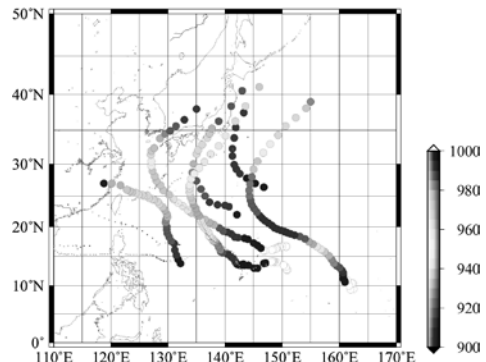


図 1 実験対象となった台風。統計処理した事例については大きな円内に陰影でベストトラック中心気圧(hPa)を示した。

図2より、初期値水平解像度7kmの全球モデルは3つとも、20kmGSMと比べて台風の発達の再現性に優れていた。GSMは予測1日後に既に台風の強度を十分に再現できず、以降弱めに予測する特徴をもっていたのに対し、高解像度モデルはより台風をより強めに予測していた。DFSについてはGSMとは逆に台風強度を気象庁ベストトラック解析値と比較して、より強めに予測する特徴があった。特にDFSとGSMは表1よりほぼ同じモデル仕様であることから、図2に示された結果は、水平解像度の高解像度化により、台風強度予測が改善されることを示唆する。

次に台風進路予測に関して、6時間毎に計算された気象庁ベストトラック中心位置からの差を図3に示す。図3の標準偏差については、横軸に経度、縦軸に緯度の標準偏差を記している。図3から、どのモデルにおいても台風進路予測に関しては南西方向へのバイアスをもっていたことが明らかとなった。この南西方向のバイアスはモデルの水平解像度に関係ないことが図2より示された。ただし、本結果は図1に示す2013年9-10月の台風事例及び大気環境場に特有の結果である可能性があるため、台風事例数を増やし、この南西バイアスの成因を調査する必要がある。

4. 今後の予定

本プロジェクト第2期(2015年10月~2016年1月)では台風事例及びターゲットとする台風のフェーズを増やすとともに、物理過程のパラメータ変更及び入れ替えによる台風予測へのインパクト実験、MSSGにおいては大気海洋結合モデルによる台風予測実験を計画・実施している。感度実験を含む実験結果の解析を通じて台風予測精度向上に貢献する知見を得ると同時に、熱帯域における対流のふるまいや、進路予測に影響を与える太平洋高気圧や中緯度ジェット等の高解像度化による再現性の違いなど、数値モデルに内在する特徴や台風の進路・強度変化を特徴付ける大気環境場の変動に着目した研究を実施することも検討している。

参考文献

Japan Meteorological Agency, 2013: Outline of the operational numerical weather prediction at the Japan Meteorological Agency. Appendix to WMO technical progress report on the global data-processing and forecasting system and numerical weather

prediction, 188p. <http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/nwp/outline-2013-nwp/index.htm>

- Louis, J. F., M. Tiedtke, and J. F. Geleyn (1982), A short history of the operational PBL parameterization at ECMWF. *Proc. Workshop on Planetary Boundary Layer Parameterization*, Reading, United Kingdom, ECMWF, 59–79.
- Mellor, G. L. and T. Yamada (1974), A hierarchy of turbulence closure models for planetary boundary layers. *J. Atmos. Sci.*, **31**, 1791–1806.
- Mellor, G. L. and T. Yamada (1982), Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems. *Rev. Geophys. Space Phys.*, **20**, 851–875.
- Miller, M. J., Palmer, T. N. and R. Swinbank (1989), Parameterization and influence of subgridscale orography in general circulation and numerical weather prediction models. *Meteor. Atmos. Phys.*, **40**, 84–109.
- Nakanishi, M. and H. Niino (2004), An improved Mellor-Yamada level-3 model with condensation physics: Its design and verification. *Bound.-Layer Meteor.*, **112**, 1–31.
- Nakanishi, M. and H. Niino (2006), An improved Mellor-Yamada level-3 model: Its numerical stability and application to a regional prediction of advection fog. *Bound.-Layer Meteor.*, **119**, 397–407.
- Nakanishi, M. and H. Niino (2009), Development of an Improved Turbulence Closure Model for the Atmospheric Boundary Layer. *J. Meteor. Soc. Japan*, **87**, 895–912.
- Onishi, R. and K. Takahashi (2012), A warm-bin–cold-bulk hybrid cloud microphysical model. *J. Atmos. Sci.*, **69**, 1474–1497. doi: 10.1175/JAS-D-11-0166.1
- Randall, D. and D.-M. Pan, 1993: Implementation of the Arakawa-Schubert cumulus parameterization with a prognostic closure. The representation of cumulus convection in numerical models, *AMS Meteorological Monograph Series*, **46**, 137–144.
- Sekiguchi M and T. Nakajima (2008), A k-distribution-based radiation code and its computational optimization for an atmospheric general circulation model. *J. Quant Spectrosc Radiat Transfer*, **109**, 2779–2793
- Smith, R. N. B. (1990), A scheme for predicting layer clouds and their water content in a general circulation model. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **116**, 435–460.
- Takata K, S. Emori, T. Watanabe, (2003), Development of the minimal advanced treatments of surface interaction and runoff. *Global and Planetary Change*, **38**, 209–222.
- Tomita, H. (2008), New microphysical schemes with five and six categories by diagnostic generation of cloud ice. *J. Meteorol. Soc. Japan*, **86A**, 121–142. doi: 10.2151/jmsj.86A.121
- Yabu, S. (2013), Development of longwave radiation scheme with consideration of scattering by clouds in JMA global model. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*. **43**, 4.07–4.08.
- Zhang D. and R. A. Anthes (1982), A high-resolution model of the planetary boundary layer—sensitivity tests and comparisons with SESAME-79 Data. *J. Appl. Meteor.*, **21**, 1594–1609.

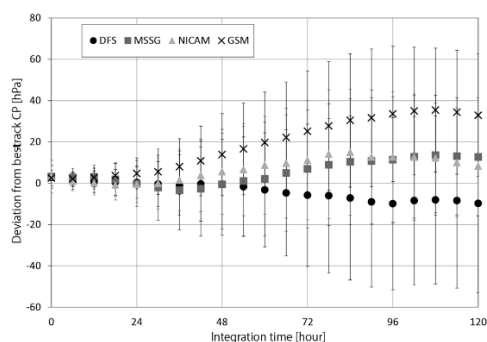


図2 2013年の6つの台風に関する65初期値(NICAMは45初期値)の台風強度予測結果から計算された気象庁ベストトラックからの中心気圧差の平均値及び標準偏差のモデル毎の時系列。

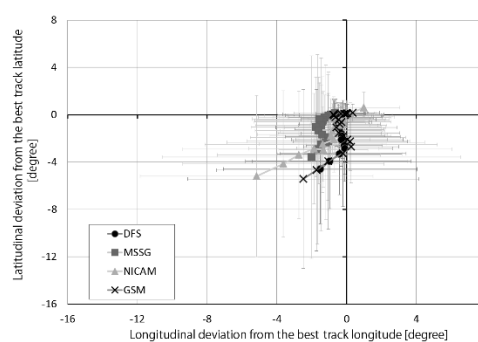


図3 2013年の6つの台風に関する65初期値(NICAMは45初期値)の台風進路予測結果から計算された気象庁ベストトラックからの中心位置差の平均及び標準偏差のモデル毎の時系列。

謝辞：本研究は国立研究開発法人海洋研究開発機構が実施する「地球シミュレータ特別推進課題」を利用して行われました。またJSPS科研費基盤研究C(15K05292)の助成を受けました。