

大気大循環モデルを用いた2013年台風第3号Yagiの進路予報実験

Track Forecast Experiments of Typhoon Yagi 2013 with Atmospheric General Circulation Models

榎本剛・吉田聡⁽¹⁾・山崎哲⁽¹⁾・中野満寿男⁽¹⁾・山根省三⁽²⁾・山口宗彦⁽³⁾・松枝未遠⁽⁴⁾

Takeshi ENOMOTO, Akira KUWANO-YOSHIDA⁽¹⁾, Akira YAMAZAKI⁽¹⁾, Masuo NAKANO⁽¹⁾, Shozo YAMANE⁽²⁾, Munehiko YAMAGUCHI⁽³⁾ and Mio MATSUEDA⁽⁴⁾

(1) 海洋研究開発機構

(2) 同志社大学

(3) 気象庁気象研究所

(4) 筑波大学・オクスフォード大学

(1) Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

(2) Doshisha University

(3) Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

(4) University of Tsukuba/University of Oxford

Synopsis

Factors causing diversity of operation forecast tracks for Typhoon Yagi 2013 are examined in forecast experiments using ECMWF OpenIFS. The models at three different horizontal resolutions were run from the initial conditions at 12 UTC 9 June prepared from the ECMWF analysis. The finest resolution model predicts northeastward migration and intensity closest to the operational ECMWF forecast, while the coarser models show erroneous westward bias and underdevelopment. Our experimental results suggest that the difference in the track may be attributable to the representation of the trough along the Baiu frontal zone through the change in the steering flow.

キーワード: 台風, 予報誤差, 大気大循環モデル

Keywords: typhoon, forecast error, atmospheric general circulation model

1. はじめに

台風進路の予報誤差は年々減少傾向にあり, 100 km程度を下回るまで改善されている (Fig. 1) が, 事例によっては誤差が平均値の数倍になることもある (Yamaguchi et al., 2012; 宮地・榎本, 2013) .

2013年台風第13号 (Yagi) も予報誤差がばらついた事例の一つである. 6月9日 12 UTCからのJMA

(Japan Meteorological Agency, 気象庁) の決定論的予報では, 北東から北西に転向し九州ないし四国に向うと予想されていたが, ECMWF (European Centre for Medium-range Weather Forecasts, 欧州中期予報センター) 及びNCEP (National Centers for Environmental Prediction, 米国環境予測センター) の予報では北東進を続け東海沖に向う, ベストトラックに近い進路が予想されていた.

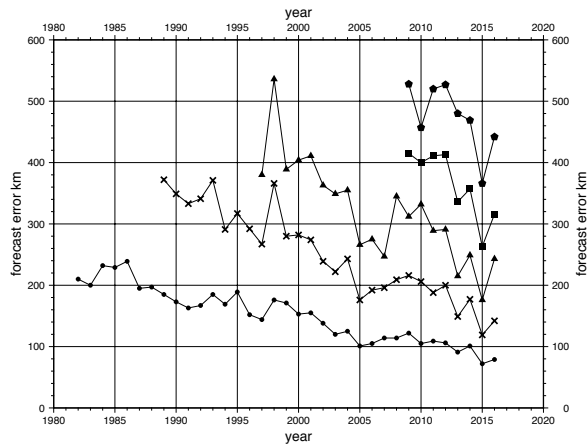


Fig. 1 Annual average of the forecast error for typhoon tracks by JMA. The 24, 48, 72, 96 and 120 (Japan Meteorological Agency, 2017)

我々はYagiに対する複数の初期値及び複数のモデルを用いた「たすき掛け実験」を行い、強い初期値依存性を示すこと、中心示度は初期値だけでなくモデル依存性も認められることを明らかにした (Enomoto et al. 2015)。「たすき掛け実験」の解像度はどのモデルでも50 km前後であり、解像度の影響は明らかではない。そこで本研究では、ECMWFの現業解析を初期値としてECMWFの現業モデルIFS (Ritchie et al. 1995) のコミュニティ版に与えた実験を行い、解像度依存性について調べる。

2. 実験設定

本研究で用いたOpenIFSのバージョンはCy38r1 (現業化第38サイクル修正第1号) である。鉛直層数はいずれも60層で、水平解像度はTL159 (時間刻み幅3600 s), 255 (同2700 s), 511 (同1200 s) である。TLは三角形切断、線型格子を意味 (付録参照) し、水平解像度TL159, 255, 511はそれぞれ125, 78, 39 kmに相当する。初期値はECMWF現業解析である。計算はワークステーション (Mac Pro 2013) やパソコン (Mac mini 2012) 8台からなるクラスターで行った。

初期条件は、2013年6月9日12 UTCのECMWF現業解析値を用いた。

台風の中心位置は、前時刻の位置に近い気圧の極小値を示す格子点とその周囲の計9点から双二次内挿を用いて特定した。

3. 結果

2013年台風第3号Yagiに対する水平解像度依存性

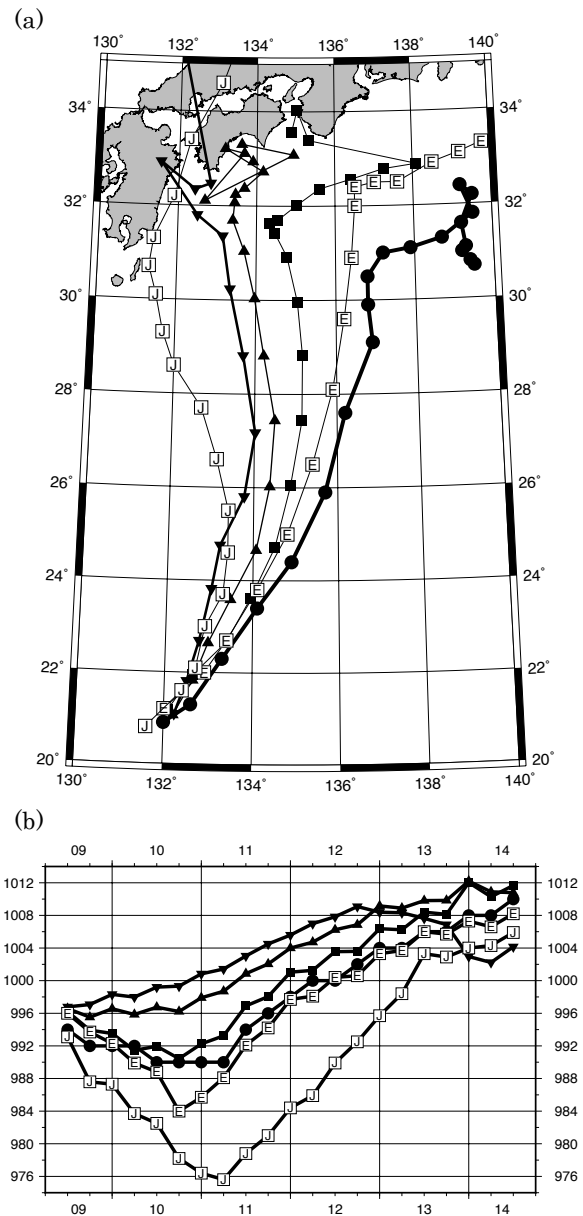


Fig. 2 (a) Track and (b) central pressure of Yagi 2013 in the RSMC Tokyo best track data, operational forecasts by JMA ($\square$) and by ECMWF ($\square$) and in forecast experiments using OpenIFS TL159 ($\blacktriangledown$), TL255 ($\blacktriangle$), TL511 ($\blacksquare$) L60 initialized with the operational ECMWF analysis at 12 UTC, 9 June 2013.

実験の結果について述べる。

3.1 予想進路

Fig. 2に解像度依存性を調べた予報実験における進路と中心示度を示す。いずれもECMWFの初期値を用いているが、解像度最も粗いTL159 ($\blacktriangledown$) の場合、台風は北進し西寄りの進路をとる。TL255 ($\blacktriangle$), TL511 ($\blacksquare$) と解像度を高めるほど進路は東に寄り、ECMWFの現業予報 (TL1279L91) に近づいている。

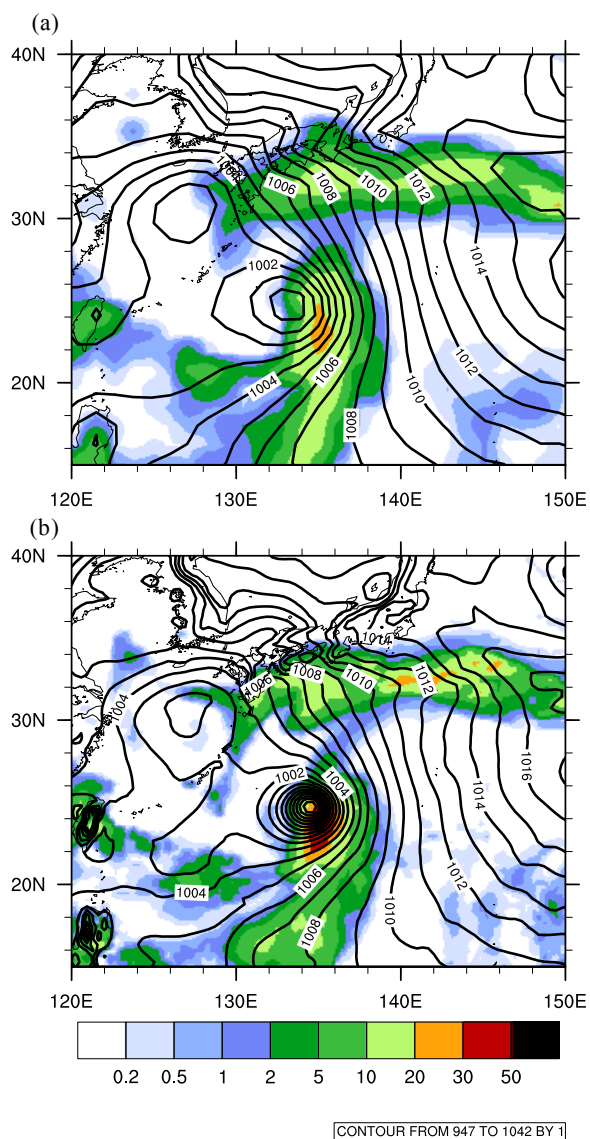


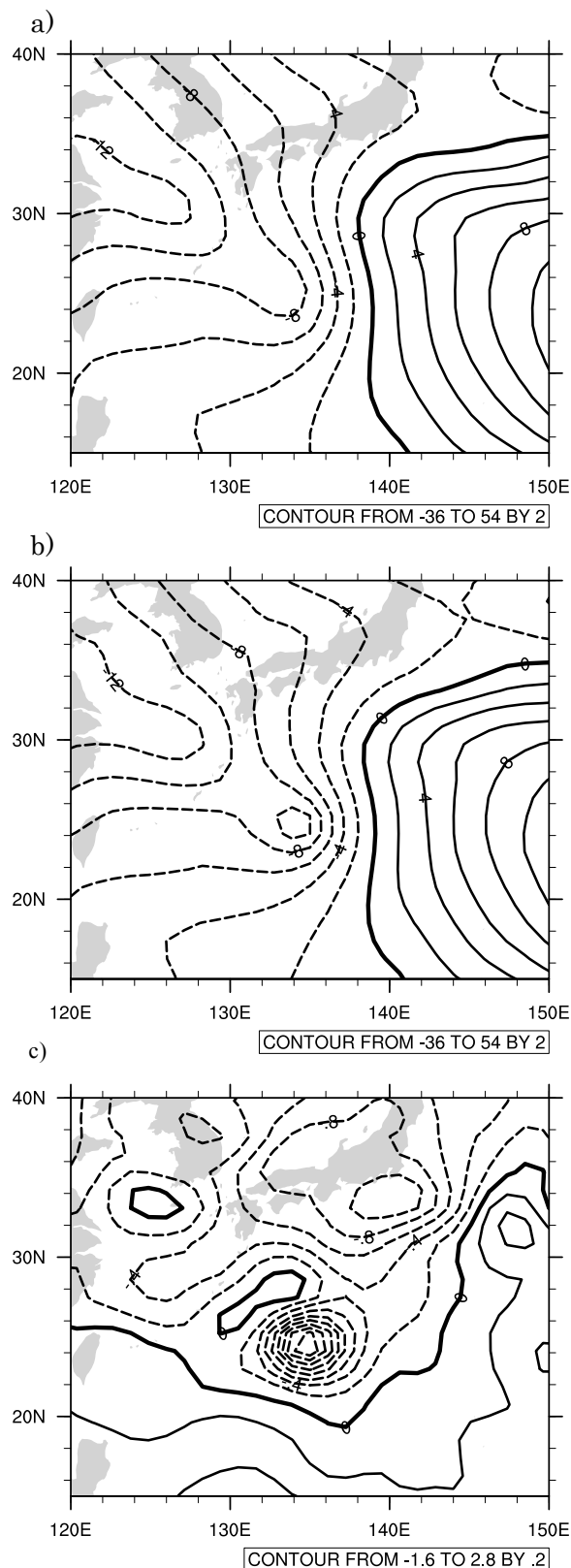
Fig. 3 24-hr forecast of sea-level pressure (contours) and 12-hr accumulated precipitation (mm, colour shades) with (a) TL159 and (b) TL511 resolution.

3.2 中心示度

中心示度は解像度を高めるほど深くなり、TL511はベストトラックより数hPa浅い程度であり、現実的な強度を再現できているECMWFの現業予報に近い結果となった。

3.3 梅雨前線との関係

解像度を高くすると、なぜ進路が東寄りに変化したのだろうか。我々は日本南岸の梅雨前線に着目した。Fig. 3は24時間予報における前6時間降水量(mm)と海面気圧(hPa)である。予報初期であるため、台風の位置はTL159とTL511とで大きな差はない。台風中心の東側に南北に伸びる降水帯とは別に日本の南岸に梅雨前線に伴う降水帯が見られる。TL511では東



As in Fig. 3 but for 700-hPa stream function. The difference (TL511-TL159) is shown in (c).

西に延びた梅雨前線に伴う谷やそれに沿って東進する降水域が再現されているが、TL159ではどちらも不明瞭である。

3.4 指向流

700 hPaの流線函数 (Fig. 4) を二つの解像度で比較すると、台風自体の強さは別として、梅雨前線上の低圧部の再現性に明瞭な差異が見られる。解像度が高い方が太平洋高気圧との間の気圧傾度が大きく、南西風が強化されている。すなわち梅雨前線に伴う降水域や低圧部を再現することにより、指向流の向きと強さが変化し、台風の北東進に寄与したと考えられる。

4. まとめ

ECMWFの現業解析とOpenIFSを用いて2013年台風第3号 (Yagi) の進路予想に対する解像度依存性について調べた。初期時刻2013年6月9日12 UTCから実験では、解像度が高いほど現実的な台風の進路と強度を予想したECMWFの現業予想に近い結果が得られた。降水量や流線函数の分布を比較したところ、この事例では単にECMWFの解析値を用いるだけでは現業予想は再現されず、梅雨前線を解像することが必要であることが示唆された。

今後は、さらに高い水平解像度のモデルを用いて、現業予想に漸近することを確認するとともに、梅雨前線との関係について詳細な解析を行う予定である。

謝 辞

OpenIFS及び初期値はGlenn Carver氏を通じてECMWFから提供を受けた。本研究は JSPS 科研費 JP26282111 の助成を受けた。

参考文献

- 宮地哲朗・榎本 剛, (2013): NCEP-GFSを用いた複数解析値からの台風進路予報実験. 京都大学防災研究所年報, Vol. 56B, 187–195.
- Enomoto, T., A. Yamazaki, A. Kuwano-Yoshida, M. Matsueda, S. Noguchi, M. Yamaguchi and S. Yamane, 2015: Predictabilities of Typhoon Yagi 2013. Annual Report of the Earth Simulator April 2014–March 2015, pp. 107–112.
- Ritchie, H., C. Temperton, A. Simmons, M. Hortal, T. Davies, D. Dent, M. Hamrud (1995): Implementation of the semi-Lagrangian method in a high-resolution version of the ECMWF forecast model, Vol. 123, pp. 489–514.
- Yamaguchi, M. T. Nakazawa and K. Aonashi (2012): Tropical cyclone forecast using JMA model with ECMWF and JMA initial conditions, Geophys. Res. Lett., Vol. 39, doi: 10.1029/2012GL051473.

付 録

OpenIFSは水平離散化に球面調和函数を用いている。東西波数と全波数（東西波数と南北波数の和）を同じ波数で切断する三角切断を採用している。移流スキームにセミラグランジュ移流を用いられているため、移流項の非線型性は時間積分の中に含まれており、線型項のみを考慮した線型格子が用いられている。東西格子数 I と切断波数 M との関係は $I \geq 2M + 1$ である。

(論文受理日：2017年6月13日)