

台風の進路に対する非対称構造の役割

—台風 Fengshen (2008) の事例解析—

山田 広幸 (琉大理)、那須野 智江、城岡 竜一 (JAMSTEC)、
柳瀬 亘、佐藤 正樹 (東大 AORI)

1. はじめに

台風の予報の中でも、進路予報は最も重要な要素と考えられる。なぜなら、これが外れると他の予報（強度、雨量、高潮の予報）が意味をなさなくなるからである。進路予報は、数値モデルの進化や同化される観測データの増大により、過去 30 年の間に精度が着実に向上しているが、顕著な北進バイアスにより進路予報が大きく外れる事例が今でも存在する (Yamaguchi et al. 2012)。北西太平洋では、フィリピンの東海上にて北進バイアスがしばしばみられる。本研究の対象である 2008 年台風 6 号 (Fengshen) も、5 日予報で 1,500km もの誤差を示す顕著な北進バイアスの一例である (図 1)。この事例において進路の大外しは、気象庁全球モデル(GSM)だけでなく、JTWC を含む世界各国の予報モデルでも共通して見られている。フィリピンでは 1,300 名を超える死傷者が出たこともあり、JTWC の年間報告 (Cooper and Falvey 2008) では「この非現実的な予報の原因を、予報モデルを扱う研究者が早急に究明する必要がある」との主張が示されている。しかし、現時点ではこの原因の解明に至ったという報告

を聞いていない。

我々は全球雲解像モデル NICAM (水平分解能 3.5km) を用いてこの台風の発生から消滅に至るまでのシミュレーションを行い、現実に近い進路の再現することに成功した (図 1 の丸印、計算開始 120 時間後の誤差が 277km)。本研究ではこのシミュレーション結果を、気象庁 GSM (水平解像度 20km) の予報結果と比較することで、北進バイアスの原因を明らかにすることを目指す。一般的に、台風の進路は周囲を取り巻く風の流れ (指向流) で決まり、これにコリオリ因子の南北差による西向きベータ効果が加わることが知られている。これに加え、台風の鉛直流分布に波数 1 の非軸対称成分が含まれる場合は、渦度のストレッチングの効果により中心から偏在した場所で渦度が増大し、その結果として台風本体が指向流からずれた方向に動くことが予想される。このため本研究ではモデルで再現された台風の非対称構造に着目し、進路に与える影響について、渦度方程式を用いて診断した。

2. Fengshen の非軸対称構造の特徴

図 2 は衛星による雲分布と、マイクロ波放射計から推定された海上降雨強度分布を表す。台風の本心に対し、南西象限に背の高い雲と強い降水強度が偏在しているのが特徴で、この台風が波数 1 の顕著な非対称構造を持っていることを表す。次章に述べるように、850-200hPa 間の鉛直シアは、南西方向に約 12 m s^{-1} の大きさを持っており、活発な対流活動はダウンシア側に集中していた。この鉛直シアと非対称構造は、台風の発生から消滅までの間に定常的にみられた。

NICAM と GSM の比較は、再現された台風の中心位置がほぼ同じで、進行方向が異なった 6 月 20

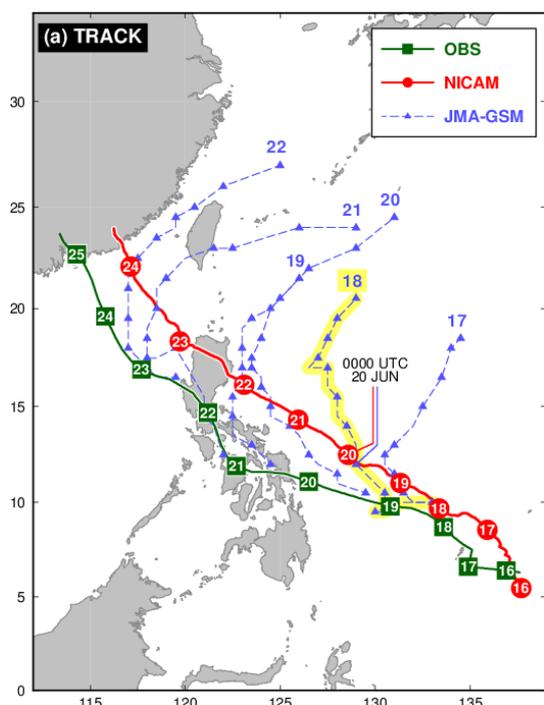


図 1 2008 年台風 6 号 (Fengshen) の気象庁ベストトラックにおける進路 (四角)、3.5km 分解能の NICAM で再現された進路 (丸)、気象庁全球モデル (GSM) による予報進路 (三角)。

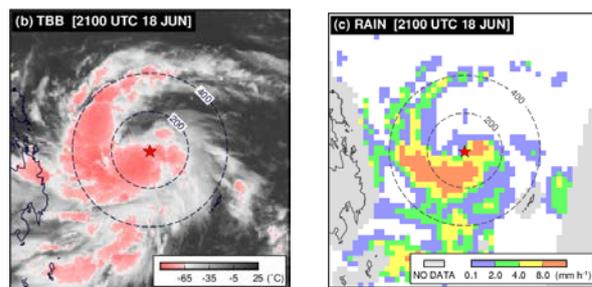


図 2 (左) MTSAT-1R による赤外雲頂輝度温度分布と、(右) DMSP SSM/I F17 衛星のマイクロ波放射計から推定された降雨分布。観測の時刻はどちらも 6 月 18 日 2100 UTC。

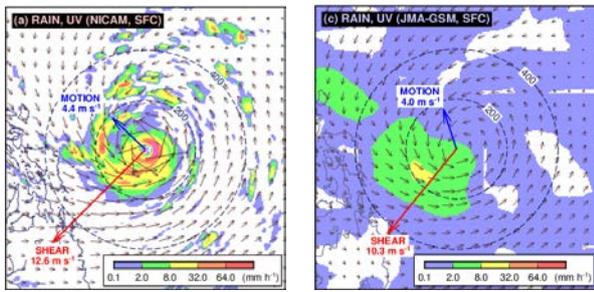


図3 (左)NICAM と(右)GSM で再現された海上降水強度の分布。赤い矢印は 850-200hPa 間の鉛直シアアのベクトル、青い矢印は進路を表す。破線の円は、台風中心からの距離を表す。

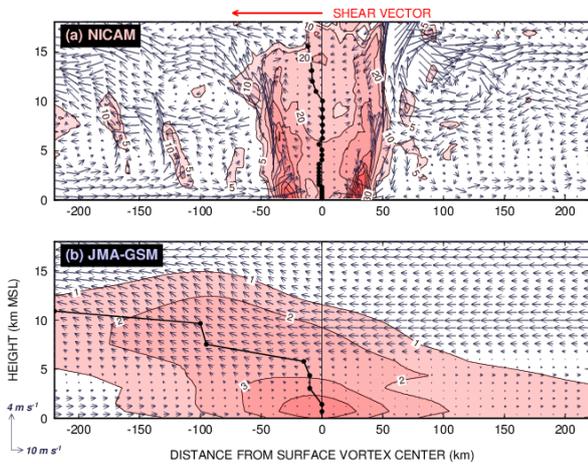


図4 シアアベクトルに平行な方向の、相対渦度 (10^{-4} s^{-1}) の鉛直断面。上が NICAM、下が GSM。

日 0000UTC (図1、GSMは6月18日1200UTCから36時間後)の計算結果を用いて行われた。海上における降水分布(図3)によると、どちらのモデルでも降水域がダウンシア側に偏在し、顕著な非対称構造が再現されている。ただし降水強度の値は両者で大きく異なり、上空の上昇流の強さはNICAMの方がGSMの約10倍も大きかった。この違いは渦の鉛直構造にも関係していた。シアベクトルに平行する方向における、相対渦度の鉛直断面(図4)では、NICAMの渦がほぼ直立しているのに対し、GSMの渦はダウンシア側に著しく傾斜している。GSMにおける渦中心のずれは、地上から高度10kmまでの間で100kmに達する。このような上空渦の分離は、他の初期時刻におけるGSMの予報でも同様に見られた。

3. 渦度収支解析

進路の違いをもたらす原因を調べるため、渦度方程式を用いた収支解析を行った。図5は渦度の時間傾向($\partial\zeta/\partial t$)と、卓越項である水平移流とストレッチングの分布を表す。モデル間で共通するのは、進路の方向(矢印)に時間変化の極大があり、それが北偏する水平移流の極大と、西偏する引き伸ばしの極大との重ね合わせによりもたらされている点である。異なるのは、水平移流に対する引き伸ばしの強さで、

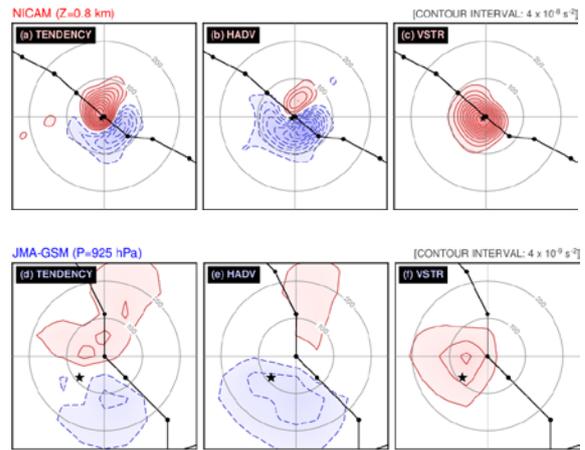


図5 渦度の時間傾向(左)、水平移流(中央)、引き伸ばし(右)の水平分布。上段がNICAM、下段がGSMの結果。正值(正渦度の増加に寄与)を実線で示す。統治線の間隔は、NICAMが $4 \times 10^{-8} \text{ s}^{-2}$ 、GSMがその10分の1である。

GSMではほぼ同等なのに対し、NICAMでは引き伸ばしが圧倒的に大きい。このことは、Fengshenの北西進が、指向流よりも卓越する、西側に偏在した下層収束によってもたらされていたことを示し、非対称構造の正確な再現性が予報進路に影響したことを示唆する。偏在するストレッチング極大の位置は、上空の渦の中心(図5の星印)と、上空の渦度の鉛直移流項の極大とよく対応していた。このことは、低気圧の中心が下層と上層とでずれることによって、静水圧バランスの調整によって上昇流がダウンシア側に偏在することと整合的である。

4. まとめ

台風Fengshen(2008)について、顕著な北進バイアスを示した気象庁GSMと、現実的な北西進を再現したNICAMのシミュレーション結果を比較したところ、鉛直構造の傾斜について両モデルで大きな違いがみられた。この違いは鉛直流の強さと対応していたことから、強い鉛直シアアのもとで発達する台風の進路予報には、鉛直流(つまり強度)の再現が必要であると考えられる。台風予報には静力学全球モデルが用いられているが、将来的には対流活動による鉛直流の再現性が高い、雲解像非静力学モデルの利用が望まれる。

参考文献

- Cooper, G. A., and R. J. Falvey, 2008: Annual tropical cyclone report. *US Naval Maritime Forecast Center/Joint Typhoon Warning Center Pearl Harbor, Hawaii*.
- Yamaguchi, M., T. Nakazawa, and K. Aonashi, 2012: Tropical cyclone track forecasts using JMA model with ECMWF and JMA initial conditions, *Geophys. Res. Lett.*, **39**, L09801, doi:10.1029/2012GL051473.