

全球非静力学モデルを用いた高解像度計算による気象擾乱の発生・発達メカニズムとその予測可能性に関する研究

課題責任者

那須野 智江 海洋研究開発機構 地球環境部門 環境変動予測研究センター

著者

中野 満寿男^{*1}

^{*1} 海洋研究開発機構 地球環境部門 環境変動予測研究センター

キーワード：全球非静力学モデル，大気海洋結合モデル，季節スケール予測，台風，海面水温

1. はじめに

本課題では、全球非静力学大気モデル Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model (NICAM; Satoh et al. 2014[1]; JAMSTEC および連携研究機関において共同開発)の高度化およびこれを用いた数値実験を行うことにより、雲に関する気候再現性を向上させるとともに、台風等の気象擾乱の発生・発達のメカニズムを明らかにし、それらの予測に関する知見を拡充することを目的とする。台風等の季節スケール予測において、海面水温の予測が鍵となる。今年度は大気海洋結合モデルを用いた季節スケールのアンサンブル数値実験について、以下に報告する。

2. 高解像度大気海洋結合モデルを用いた台風季節予測実験

台風は毎年日本に襲来し、時として大きな災害を引き起こす。このため、台風シーズン前に台風の動向を高精度に予測できれば、保険やエネルギー、農業など様々な産業分野で損害を低減できる可能性がある。欧米においては、いくつかの現業・研究機関や保険会社など（例えば[2]など）が熱帯低気圧の季節予測を発表している。日本国内においては、一部の民間気象会社が情報を発信しているものの、気象庁においては現業化されていない。

数値モデルを用いた台風季節予測においては、数値モデルの解像度が不足しており（例えば世界で最も先進的な季節予測を行っている欧州中期予報センターのモデルは水平解像度 36km である。）、台風の構造の再現が不十分である。このことから定量的な発生個数や熱帯低気圧積算エネルギー (ACE) の予測には何らかのバイアス補正が用いられるのが現状である。

北西太平洋域において台風の発生数が多いのは 6-10 月である。つまり、台風シーズン前からの季節予測のためには半年程度の予測実験を行う必要がある。半年程度の間には海面水温の状態も大きく変わりうるため、1ヶ月程度の実験においてしばしば行われる海面水温偏差一定の仮定は不適切である。このため、本研究では非静力学全球大気モデル NICAM と静力学全球気候モデル MIROC の海洋モデルである COCO とを結合したモデル NICOCO[3]を用い、大気と海洋の 3 次元場を同時に予測する。大気側の水平解像度は 14km、モデルトップは 50km であり鉛直層数は 78

層である。湿潤過程は雲微物理スキームで陽に解き、いわゆる積雲対流スキームは用いない。海洋側の水平解像度は 0.25 度、鉛直層数は 63 層である。大気モデルの初期値は ALERA2 [4]から作成した。ALERA2 は LETKF ベースのアンサンブル解析値であり、全 64 メンバーのうち最初の 5 メンバーのみを使用した。海洋モデルの初期値は JRA55-do [5]で予報開始日までナッジングしたものを用いた。したがって初期時刻において海洋の初期値は全メンバー同一であり大気の初期値のみが異なる。実験のアンサンブルサイズは 5 である。比較のため、NICAM 単体を用いた感度実験も行った。NICAM 単体実験の海面水温 (SST) はスラブ海洋モデルで予報し参照 SST に時定数 7 日でナッジングしている。NICAM 実験では参照 SST に NOAA OISST による観測値、NICOCO SST 実験では NICOCO による予報値 (OISST に比べて、熱帯太平洋域でラニーニャもどきの SST バイアスを呈する; 図 1)、BCNICOCO SST 実験では NICOCO SST と同様だが、10 年平均の SST バイアスを除いたものを用いた。実験は 2010-2019 年の 5 月 20 日を初期値とし 10 月末まで行う。

モデルの台風は、最大風速 17.5m/s 以上か、暖気核構造を持つか、寿命が 36 時間以上かなどの条件で抽出する。

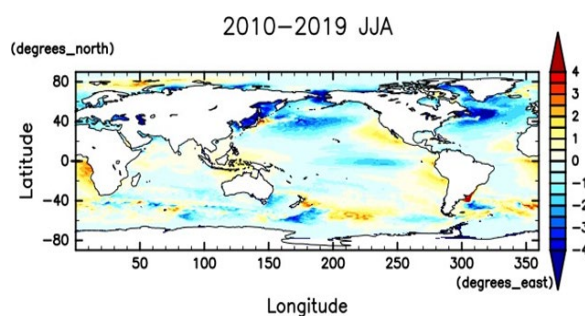


図1 2010-2019 年で平均した 6-8 月の NICOCO 実験における SST 偏差。

図2は月別の台風発生個数である。気象庁ベストトラックでは9月に発生数が最も多い。NICOCO では8月に最も発生数が多くなっており、またベストトラックに比べてやや発生数が少ないものの、観測されている季節進行

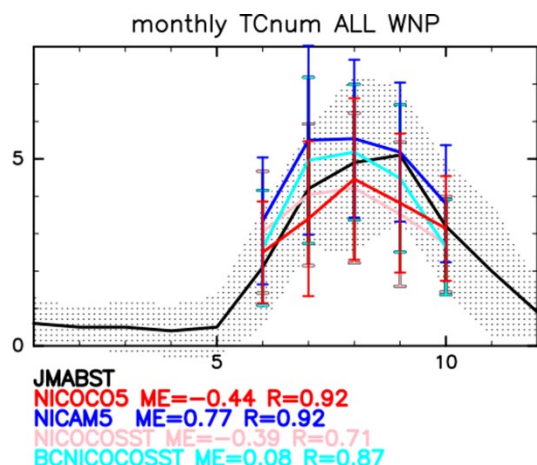


図2 2010-2019年で平均した月別の台風発生数。気象庁ベストトラック(黒色)、NICOCO(赤色)、NICAM(青色)、NICOCOSST(ピンク色)、BCNICOCOSST(水色)をそれぞれ示す。陰影とエラーバーはそれぞれの標準偏差を示す。

をよく再現した(相関係数 0.92)。NICOCOSST 実験(相関係数 0.71)ではNICOCO 実験よりも相関係数が低くなっていることから、大気海洋結合の効果により、季節進行の再現が良くなることが示唆される。また BCNICOCOSST 実験(相関係数 0.87)はNICOCOSST 実験よりも相関係数が大きくなっていることから、SST 予測の気候値バイアスが季節進行の再現性の悪化をもたらすことを示唆する。さらに、NICAM 実験(相関係数 0.92)はBCNICOCOSST 実験よりも相関係数が大きくなっていることから、SST の年々変動の予測誤差も季節進行の再現性の悪化をもたらすことを示唆する。

図3は2010-2019年6-10月の台風発生個数を示す。気象庁ベストトラックとNICOCO 実験との相関係数は0.41であり、現業予報センターの結果と遜色ない結果であった。NICOCOSST 実験(相関係数 0.08)では、NICOCO 実験に比べて相関係数が大幅に悪化しており、大気海洋結合の効果により、年々変動の再現が大幅に良くなることが示唆される。また BCNICOCOSST 実験(相関係数 0.12)はNICOCOSST 実験よりも相関係数が若干大きくなっていることから、SST 予測の気候値バイアスが台風発生個数の年々変動の再現の悪化をもたらすことを示唆する。NICAM 実験(相関係数 0.31)はBCNICOCOSST 実験よりも相関係数が大幅に改善しており、SST の年々変動の誤差が台風発生個数の年々変動の再現性の悪化をもたらすことが示唆される。一方で、予測結果はメンバー間で大きなばらつきを示しており、メンバー数を増やして予測の不確実性をもたらす要因の分析を進める必要がある。

3. まとめと今後の展望

全球雲解像モデルを用いた大気海洋結合モデルを用いて季節スケールの予測実験を行い、台風発生数の経年変動の再現性を評価した。海面水温に関する系統的な感度実験から、結合効果により台風の再現性が改善される可

能性が示唆され、海面水温の気候値バイアスと経年変動の誤差の両方が台風の再現性に影響を及ぼすことが分かった。メンバー数を増加した数値実験を行い、各海盆における海面水温と大気場および台風の関係について、詳しい解析を進めている。台風を解像したモデルによる全球的な大気海洋相互作用の評価およびプロセス解明は、長期予測において重要なステップであるが、先例が極めて少なく世界的に未開拓な段階にある。今後数年をかけて基盤となる知見を構築するとともに各種物理過程の精緻化を進める。

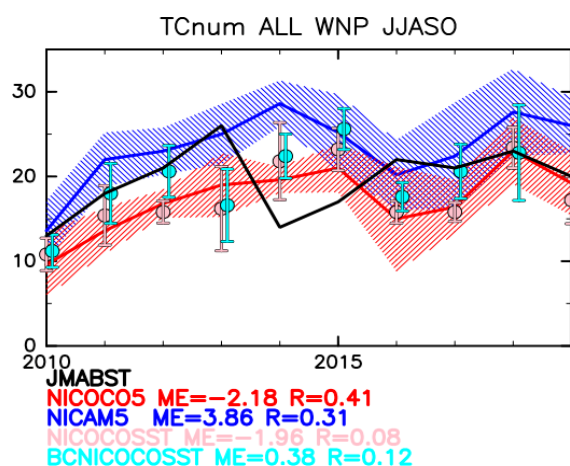


図3 2010-2019年6-10月の台風発生数。気象庁ベストトラック(黒色)、NICOCO(赤色)、NICAM(青色)、NICOCOSST(ピンク色)、BCNICOCOSST(水色)をそれぞれ示す。陰影とエラーバーは図2に同じ。

謝辞

NICAM 実験は文部科学省の「富岳」成果創出加速プログラム「防災・減災に資する新時代の大アンサンブル気象・大気環境予測」(JPMXP1020200305)のもと「富岳」で実施した(課題番号 hp200128, hp210166, hp220167)。

文献

- [1] Satoh, M., and 17 co-authors, "The Non-hydrostatic Icosahedral Atmospheric Model: Description and Development", Progress in Earth and Planetary Science, 1, 18. doi:10.1186/s40645-014-0018-1, (2014).
- [2] MetOffice, "North Atlantic tropical storm seasonal forecast 2023", <https://www.metoffice.gov.uk/research/weather/tropical-cyclones/seasonal/northatlantic2023>, (2024/2/6 閲覧)
- [3] Miyakawa, T., H. Yashiro, T. Suzuki, H. Tatebe, M. Satoh, "A Madden-Julian Oscillation event remotely accelerates ocean upwelling to abruptly terminate the 1997/1998 super El Niño", Geophys. Res. Lett., 44, 9489-9495, doi:10.1002/2017GL074683 (2017)
- [4] Enomoto T., and 7 coauthors, "Observing-System

Research and Ensemble Data Assimilation at JAMSTEC” ,
Data Assimilation for Atmospheric, Oceanic and
Hydrologic Applications (Vol. II) pp 509-526,
https://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-35088-7_21,
(2013)

[5] Tsujino et al, “JRA-55 based surface dataset
for driving ocean-sea-ice models (JRA55-do)” , Ocean
Modelling, 130, 79-139,
<https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2018.07.002>,
(2018)