

NICOCO を用いた台風季節予測実験

中野満寿男（海洋研究開発機構/横国大 TRC）

山田洋平（海洋研究開発機構）

升永竜介（海洋研究開発機構）

高野雄紀（海洋研究開発機構/東大 AORI）

高須賀大輔（東大 AORI/海洋研究開発機構）

小玉知央（海洋研究開発機構/横国大 TRC）

那須野智江（海洋研究開発機構/横国大 TRC）

山崎哲（海洋研究開発機構）

1. はじめに

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[1]）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（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。）しており、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。

近年の計算機の発展によって、台風を許容できる解像度のモデルを用いた季節予測が可能となってきた。このような高解像度のモデルを用いれば、上で指摘したようなバイアス補正を行うことなく、より定量的で信頼できる予測情報を創出できる可能性がある。

2. 実験設定

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[2]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]のアンサンブルメンバーから作成した。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

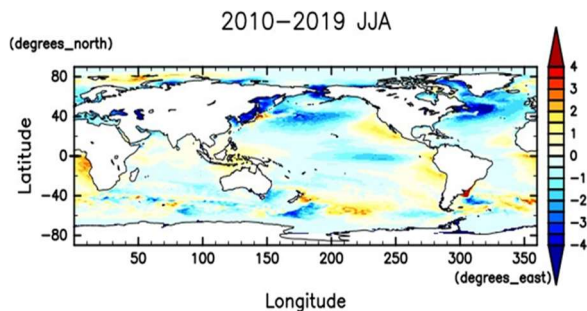


図1 2010-2019年で平均した6-8月のNICOCO実験におけるSST偏差。

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測し参照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、NICOCOSST実験ではNICOCOによる予測値(OISSTにくらべて、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)、BCNICOCOSST実験ではNICOCOSSTと同様だが、10年平均の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。

3. 結果

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

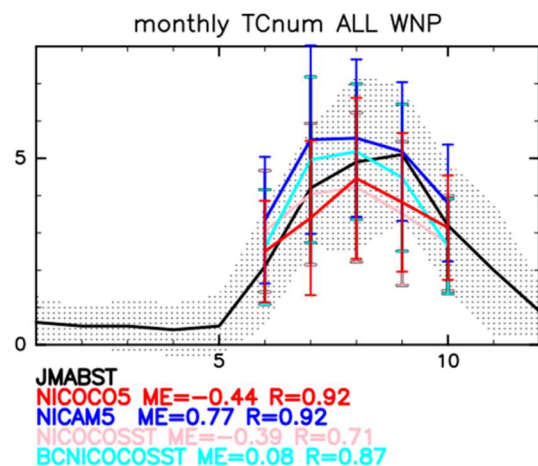


図2 2010-2019年で平均した月別の台風発生数。気象庁ベストトラック(黒色)、NICOCO実験(赤色)、NICAM実験(青色)、NICOCOSST実験(ピンク色)、BCNICOCOSST実験(水色)をそれぞれ示す。陰影とエラーバーはそれぞれの標準偏差を示す。

ていることから、SST予測のバイアスが季節進行の再現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

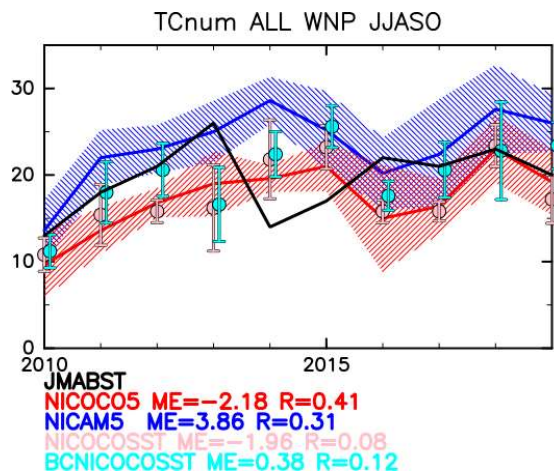


図3 2010-2019年6-10月の台風発生数。気象庁ベストトラック(黒色)、NICOCO実験(赤色)、NICAM実験(青色)、NICOCOSST実験(ピンク色)、BCNICOCOSST実験(水色)をそれぞれ示す。陰影とエラーバーは標準偏差をそれぞれ示す。陰影とエラーバーはそれぞれの標準偏差を示す。

差も季節進行の再現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の悪化をもたらすことが示唆される。

4. まとめと議論

水平解像度14kmの大気モデルNICAMと水平解像度0.25度の海洋モデルCOCOとを結合したNICOCOを用いて、2010-2019年5月20日から10月末までの台風季節予測実験をアンサンブルサイズ5で行った。

その結果、10年平均の月別台風発生数をモデルはよく再現（相関係数0.92）した。また、台風発生数の年々変動を現業モデルと遜色ない精度で再現することができた（相関係数0.42）。

大気海洋結合の効果や、NICOCOで予測されるSSTバイアスの影響を調べるために大気モデルNICAMをさまざまなSSTで駆動した感度実験を行った。これらの結果は、大気海洋結合の効果により予測精度が改善すること、また、SSTの年々変動の誤差やSST気候値のバ

ィアスが予測精度の悪化につながることを示唆しており、逆にこれらの誤差を小さくできれば、NICOCOの予測精度が改善しうることを示唆している。

本研究で行った実験のアンサンブルサイズは5であり、大気海洋結合系の内部変動を十分捉えるにはアンサンブルサイズが不足している。例えば、Roberts et al. (2020) [6]はアンサンブルサイズが10メンバー程度あれば、台風発生数の年々変動をよく捉えることができることを示している。また、Yamada et al. (2019) [7]では50メンバーのアンサンブル実験を行い、年々変動に匹敵する幅でアンサンブルメンバーがばらつくことを示している。今後、アンサンブルサイズを増加させることで、内部変動と予測精度との関係などにも迫っていきたい。

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）。他の数値実験は地球シミュレータ所内課題「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」（代表：那須野智江）の計算資源で行った。

参考文献

[1] MetOffice, “North Atlantic tropical storm seasonal forecast 2023”, <https://www.metoffice.gov.uk/research/weather/tropical-cyclones/seasonal/northatlantic2023>, (2024/2/6 閲覧)

- [2] Satoh, M., and 17 co-authors, 2014, “The Non-hydrostatic Icosahedral Atmospheric Model: Description and Development” , Progress in Earth and Planetary Science, 1, 18.
doi:10.1186/s40645-014-0018-1
- [3] Miyakawa, T., H. Yashiro, T. Suzuki, H. Tatebe, M. Satoh, 2017, “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
- [4] Enomoto T., and 7 coauthors, 2013, “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
- [5] Tsujino et al, 2018, “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>
- [6] Roberts, M. J., et al. 2020, “Impact of Model Resolution on Tropical Cyclone Simulation Using the HighResMIP-PRIMAVERA Multimodel Ensemble” , J. Clim., 33, 2557-2583, doi: 10.1175/JCLI-D-19-0639.1
- [7] Yamada, Y., et al. 2019, “High-resolution Ensemble Simulations of Intense Tropical Cyclones and Their Internal Variability During the El Ninos of 1997 and 2015” , Geophys. Res. Lett., 46, 7592-7601, doi:10.1029/2019GL082086