

HighResMIP 実験にもとづく MPI 理論を用いた熱帯低気圧強度の長期評価 Long-term Analysis of Tropical Cyclone Intensity using MPI Theory based on HighResMIP Projections

○伊藤 駿・森 信人・志村智也・宮下卓也

○Shun ITO, Nobuhito MORI, Tomoya SHIMURA, Takuya MIYASHITA

This study shows future changes in the maximum potential intensity of tropical cyclones based on MPI (Maximum Potential Intensity) theory. The climate data used in this study is HighResMIP (High-Resolution Model Intercomparison Project) experiment, which includes high-resolution and atmosphere-ocean models. Not only future changes in tropical cyclone intensity but also RMSE in the reanalysis values, JRA55 were identified. When comparing the MPI value with the maximum intensity of tropical cyclones in the model, the spatial correlation value in the Northwestern Pacific was almost zero, implying a clear spatial error between them.

1. はじめに

昨今、地球温暖化の進行による気温や海面上昇以外の影響が出始めている。中でもわが国において大きな災害につながる気象事象の一つである台風は、その強度が強まることが示唆されており、高潮への影響が懸念される。わが国の主要都市は沿岸部の低平地にあるため、その長期評価は極めて重要である。そこで本研究では、高潮の定量的な長期評価のために、台風の可能最大強度理論 (Maximum Potential Intensity; MPI) を用いて、台風の可能最大強度の将来変化予測のみならず、モデル上の台風の最発達値との比較も行う。

2. MPI 理論とデータ概要

(1) Emanuel の MPI 理論

本研究では、EmanuelによるMPI理論を用いて、与えられた環境場での台風の可能最大強度を推定する。この理論では、台風の発達過程をカルノーサイクルエンジンであると仮定し、対流有効位置エネルギー (Convective Available Potential Energy; CAPE) を用いて、環境場における台風の可能最大強度を推定する。理論式は以下の通りである。

$$V_m^2 = \frac{C_k T_s}{C_D T_0} (CAPE_m^* - CAPE_{env}) \quad (1)$$

$$R_d T_s \ln \frac{P_{env}}{P_m} = \frac{1}{2} V_m^2 + (CAPE_m - CAPE_{env}) \quad (2)$$

ここで、 V は風速、 T_s は海面水温、 T_0 は対流圏界面温度、 C_k と C_D はそれぞれ海面における熱交換係数及び運動量交換係数、 R_d は乾燥空気の気体定

数、 P_{env} は環境場における海面気圧である。また、上付きの*は飽和空気を、下付きの m は中心もしくは最大風速半径での値を表す。 $CAPE$ は気圧依存性があるため、 P_m が収束するまで式(1)と式(2)を繰り返し計算する必要がある。

(2) CMIP6 HighResMIP 実験

MPI 計算には、IPCC AR6 で用いられたモデル群 CMIP6 の中で台風に特化して評価が進められた HighResMIP 実験を用いた。HighResMIP は、RCP8.5 シナリオのもと、海洋結合モデルの有無および空間解像度に依存した台風予測の相互比較に焦点を当てた実験である (現在気候 (1950-2014 年)、将来気候 (2015-2050 年))。本研究では、MPI 計算が可能な大気モデル群 (16 モデル) および大気海洋結合モデル群 (14 モデル) を選択した。HighResMIP 実験には、同じモデルで高解像度モデルと低解像度モデルが存在し、水平解像度は高解像度モデルで 20-50km、低解像度モデルで 60-250km である。

3. 可能最大台風強度の将来変化予測

MPI 理論により求めた台風の可能最大強度の将来変化と再解析値である JRA55 との RMSE (Root Mean Square Error) について調べた (図-1)。縦軸は HighResMIP 実験により求めた MPI 値の 1950-1980 年から 2020-2050 年の全球平均値の将来変化である。なお、全球平均を施す際に、緯度の余弦を取り、重み付けをしている。ここでは MPI 値を気圧で見ているため、将来変化が正の場合、台風強度

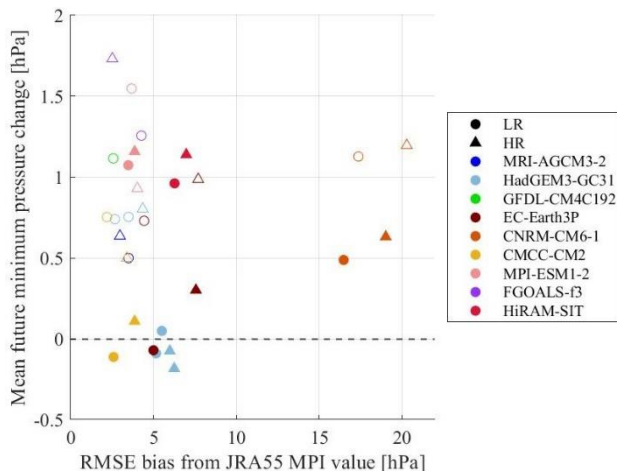


図-1 全球における MPI の将来変化および再解析値 JRA55 との RMSE (LR : 低解像度モデル, HR : 高解像度モデル, non-filled : 大気モデル, filled : 大気海洋結合モデル)

が弱化している点に注意が必要である。横軸は 1958-2014 年における HighResMIP と再解析値 JRA55 との RMSE である。全球平均で MPI 値をみた場合、台風の可能最大強度は弱化の方向に向かっていることとなるが、単に台風強度そのものが将来にかけて弱化傾向にあると結論付けるわけではない。1950-1980 年の気候場の状況が将来のものと比較したときに、台風発達にとって好都合であった可能性がある。海洋結合の有無で将来変化を比較した際、大気海洋結合モデルによる MPI 値の弱化が出やすい傾向にある。また、一部のモデルを除いて、JRA55 との RMSE は一様に分布しており、高解像度モデルの方が低解像度モデルと比較して、多少 RMSE が大きく出ている。

4. MPI 値とモデル上の台風最発達値の比較

HighResMIP 実験における各モデルにおいて、Roberts et al. (2020)を参考にモデル上の台風抽出を行った。図-2 は HighResMIP 実験の大気モデル群の中の MRI-AGCM3.2-S(水平解像度 20km)を用いて、台風の最発達値上位 10%を抽出し、その将来変化(将来気候-現在気候)を示す。全球で見た場合、海域ごとに異なる分布をしており、一概に台風強度の弱化が起こっているとは言えない。海域ごとの特性をより詳細に見るため、図-3にて MRI-AGCM3.2-S による、北西太平洋における台風月平均(7月-10月)の MPI 値の将来変化(将来気候-現在気候)を示す。MPI 値の空間分布に関しては、

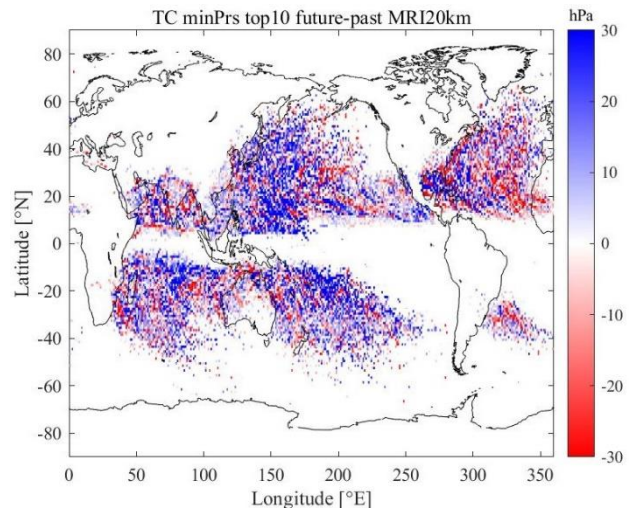


図-2 MRI-AGCM3.2-S 上の台風の最発達値分布

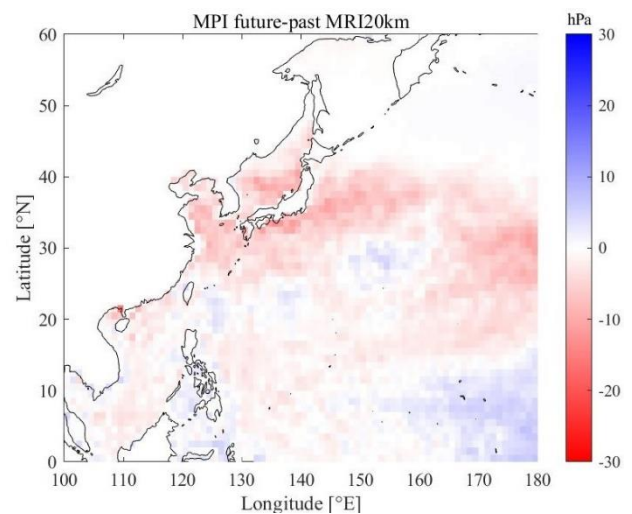


図-3 MRI-AGCM3.2-S による MPI の空間分布

日本周辺において台風強度が強化傾向であることがわかる。図-2 の北西太平洋領域および図-3 における台風強度の空間相関は 0.02 であり、MPI とモデル上の台風の最発達値には空間的誤差が大きいことが明らかとなった。

5. 結論

本研究では、Emanuel の MPI 理論を用いて、台風の可能最大強度の将来変化予測を行った。高解像度及び大気海洋結合モデルを含む HighResMIP 実験を用いて、全球による台風強度の評価を行い、理論上の可能最大台風強度は将来にかけて弱化することを示した。さらに、モデル上の台風最発達値との比較も行い、北西太平洋領域において MPI 値との空間的誤差が大きいことを明らかにした。