

高潮偏差の将来変化予測のための熱帯低気圧強度の長期評価 Long-term Analysis of Tropical Cyclone Intensity for Projection of Future Changes in Storm Surge Heights

○森壮太郎・森信人

○Sotaro MORI, Nobuhito MORI

This study shows how tropical cyclones will change in the future using MPI theory, which states that typhoon development is limited. In this study, three types of GCM such as d4PDF were used. HPD and HFD experiments showed that the future changes in the monthly average MPI in the Northwest Pacific are on a downward trend. Comparison with the reanalysis value of JRA55 showed that it is currently consistent with the future decreasing trend. In addition, using typhoon data of d4PDF, we compared the arrival intensity and the number of typhoons generated by month. There was a decreasing trend in the case where the arrival intensity in the northwest Pacific was weak, and an increasing trend in the case where the arrival intensity was strong (127 words).

1. はじめに

地球温暖化予測に基づき気温や海面上昇等に関する様々な影響評価がなされている。海面上昇は主に熱膨張による静的な沿岸環境の変化であるのに対し、台風等の動的な極端な気候変化は、高潮に大きな影響を与えることが予想される。一方で高潮は、台風や強い低気圧の気圧勾配だけでなく、対象とする湾に対する経路も重要となり、台風に比べて発生確率が極端に低くなるため、その変化の定量的な評価が難しい。

本研究では、高潮の定量的な評価のために、全球の台風の将来変化について、台風の最大潜在強度 (Maximum Potential Intensity; MPI) の理論に着目して、個々の気象擾乱から力学的アプローチにより高潮偏差を推定するのではなく、気候学的なマクロ指標からその評価を行う。

2. MPI 理論

与えられた環境場での台風の最大発達限界を、中心気圧の下限値として MPI で定義する。MPI の推定には、対流有効位置エネルギー (Convective Available Potential Energy: CAPE) をベースとする Emanuel のモデル⁵⁾を用いた。SST, 大気の温度および湿度の鉛直分布、海面更正気圧をもとに、可能最低気圧 P_m および可能最大風速 V_m が計算される。

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

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

ここで、 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および運動量交換係数、 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* および CAPE_m は気圧に依存するため、 P_m が収束するまで式 (1a) と式 (1b) を繰り返し計算する必要がある。Emanuel の定義の MPI は CAPE により記述されるため、一般に SST が高いほうが、また上空の気温が低いほうが MPI は大きくなる。図 1 に MPI の計算例を示す。高潮推定では、この MPI で得た可能最低気圧および可能最大風速について、軽度風モデルを援用し、気圧と風速の関係を実際の台風データと整合させながら、吸い上げ効果、吹き寄せ効果それぞれを独立に推定を行う。

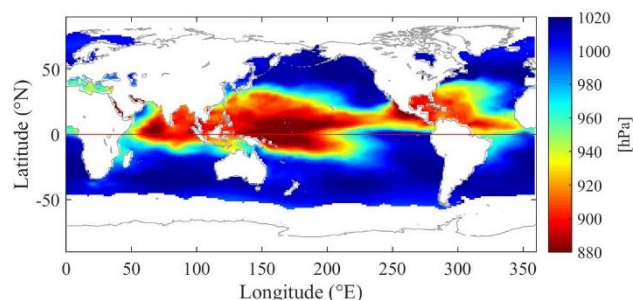


図 1 MPI の計算例 (JRA-55, 2018 年 9 月平均)

3. 使用した気候予測実験データ

本研究では、d4PDF と d2PDF、気候モデル MRI-AGCM3.2H を用いた過去将来 150 年の HPD, HFD 実験 (RCP8.5) の気候予測実験結果を解析した。d4PDF, d2PDF については、全球気候実験における現在気候実験 6,000 年 (60 年×100 メンバ) と 2°C 上昇気候実験 3,294 年 (61 年×9 メンバ×6 セット)、4°C 上昇気候実験 5,400 年 (60 年×15 メンバ×6 セット) の月平均データから 1.25° 格子で MPI を計算した。また、同時にこれらの台風経路データも使用して解析した。HPD, HFD 実験についても同じ条件で MPI を計算した。d4PDF, d2PDF の将来気候実験の 6 セットは異なる 6 つの SST アンサンブル (GF, CC, HA, MI, MP, MR) を意味しており、SST の将来変化パターンが異なると MPI の将来変化パターンも大きく異なる。

4. 月平均 MPI の将来変化

月変化 MPI の将来変化傾向について、3 種類の気候予測実験を用いて解析を行った。まず、HPD, HFD 実験を用いて各海盆について将来変化傾向を調べた。図 2 に、それぞれ現在までの平均値を 0 とした JRA55 (青) と HPD, HFD 実験 (赤) の MPI の将来変化量 (7-10 月) の北西太平洋のケースを示す。縦線は、HPD, HFD 実験の境界を示しており、MPI は、東経 100° から 180°, 北緯 0° から 60° の範囲で面積平均を行った。図 2 より、北西太平洋の MPI の平均値は 5 [hPa] から 10[hPa] 下がり、分散が大きくなっていることが分かる。

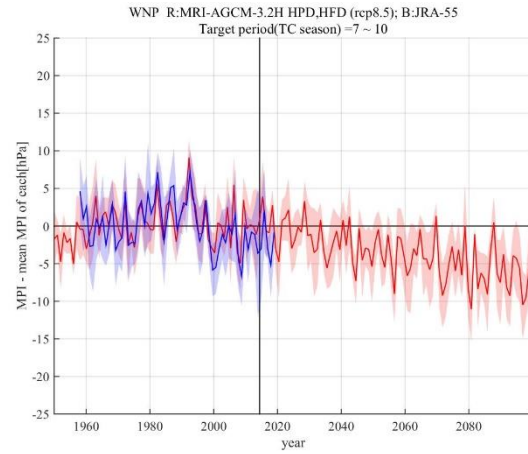


図 2 月平均 MPI の将来変化 (北西太平洋エリア)

5. 台風強度の将来変化

最後に、d4PDF の台風データを用いて、各海盆に現れる台風強度について整理を行った。図 3 に、北西太平洋を対象に、ある強度 [hPa] まで発達する台風の月発生個数の将来変化について整理したものを示す。到達強度の弱い台風は将来気候で減少傾向にあるが、到達強度の強い 7-10 月の台風は、将来増加傾向にあることが分かる。

6. 結論

本研究では、MPI 理論に基づいたマクロ指標からの評価によって熱帯低気圧強度の長期的な将来変化について 3 種類の GCM を用いた解析を行った。HPD, HFD 実験の月平均 MPI の評価では、将来の北西太平洋の MPI (7-10 月) が減少傾向にあることが示された。また、d4PDF の台風データを用いた解析により、7-10 月の到達強度の強い台風の増加傾向が示された。



図 3 月別台風発生個数の到達強度別将来変化 (北西太平洋エリア)