

CMIP6 HighResMIP 実験にもとづく東アジア沿岸における  
可能最大高潮の将来変化予測の高度化  
Future Change Projection in Bias Corrected Maximum Potential Storm Surge  
along the East Asian Coast Based on CMIP6 HighResMIP

○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 how the worst class storm surge along the East Asian coast will change in the warmer future climate based on MPI (Maximum Potential Intensity) theory and MPS (Maximum Potential Storm surge height) model. Considering the effect of typhoon translation, MPS model has been improved. The climate data is HighResMIP (High-Resolution Model Intercomparison Project) experiment, providing high-resolution data and estimating the effect of atmosphere-ocean coupling under the RCP 8.5 scenario. In the Northwestern Pacific, MPI is underestimated in northern 30°N compared to observation because MPI does not have the intensity decay with translation. Introducing the decay theory into MPS model has mitigated the underestimation. The linear trend of the multi-model ensemble MPS in Osaka Bay is 0.2m/10yr, indicating that the change is gradual but by no means negligible for disaster prevention.

### 1. はじめに

地球温暖化により台風の強度は将来にかけて強まることが示唆されており、それによる高潮への影響が懸念される。高潮は低頻度高リスク災害であり、その強度と頻度の議論が重要である。そこで森ら(2021)は高潮の最大強度に着目し、Emmanuelら(2002)による台風の可能最大強度理論(Maximum Potential Intensity; MPI)を用いて、大気と海洋の気候場から高潮偏差をシームレスに長期評価する可能最大高潮(Maximum Potential Storm surge height; MPS)モデルを開発し、高潮の長期評価を行った。しかし、MPI理論では台風の移動による効果が含まれておらず、高潮計算に使用するMPIが中緯度で過小な可能性がある。そこで本研究では、可能最大高潮モデルに台風の移動の効果を導入し、高解像度全球気候モデル群であるCMIP6 HighResMIP (High Resolution Model Intercomparison Project) 実験を用いて、東アジア沿岸における可能最大高潮の将来変化予測を行う。

### 2. 可能最大高潮モデルとデータ概要

可能最大高潮モデルでは、Emmanuelら(2002)による台風の理論的な最大強度であるMPIを利用し、高潮における吹き寄せ効果および吸い上げ効果に対し、最悪条件を仮定することで、湾におけ

る高潮の上限値を推定する。吸い上げ効果では、プラウドマン共鳴効果が起こる場合を、吹き寄せ効果では、岸に向かって風が長時間吹き続き、定常に達した状態を考える。

本研究では、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。本研究では、MPI計算が可能であり、後に説明する台風のトラックデータが存在する大気モデル群(Atmospheric Global Climate Model; AGCM)および大気海洋結合モデル群(Atmosphere-Ocean Global Climate Model; AOGCM)を選択した。

### 3. 可能最大台風強度と観測値

MPIはその環境場における台風強度の最大ポテンシャル値を意味する。しかし、MPIには移動の効果が含まれていないため、特定の位置のMPI値と台風の最発達強度を比較した際、強度のギャップが生まれる。そこで、北西太平洋における7-10月の緯度帯における台風強度の比較を行った(図-1)。IBTrACSより緯度帯毎に台風強度の最大値、上位10%平均値をプロットし、MPIについては緯

度帯平均を施した。風速で見れば、北緯 30 度までは実際の台風強度の上限を MPI は概ね包括できているが、北緯 30 度以北ではその限りではない。既往の可能最大高潮モデルでは、湾付近の MPI より MPS の計算をしているが、図-1 によると実際の台風強度と比較すると過小評価である。特に北緯 35 度以北にて MPI が実際の台風強度より弱まる原因として、勢力を維持したまま北進することが考えられる。そこで本研究では、Wang ら (2022) による台風強度の減衰式を導入することで、台風の移動を考慮した可能最大高潮を推定する。Wang ら (2022) により、台風の最発達後かつ上陸前の台風強度の減衰は以下の式で記述される。

$$\frac{1}{LI} = \frac{1}{LMI} e^{-\alpha T} - \frac{\kappa}{\alpha} (e^{-\alpha T} - 1) \quad (1)$$

ここで、 $LI$  (Landfall Intensity) は上陸時における台風強度、 $LMI$  (Lifetime Maximum Intensity) は生涯最発達台風強度、 $T$  は  $LMI$  から  $LI$  までの総減衰時間、 $\alpha$ 、 $\kappa$  は強度減衰に関する定数である。式 (1) より、 $LMI$  の北限から台風強度を減衰させることで、上陸前の台風強度をかなり精度良く評価できる。 $LI$  は、台風減衰を開始する  $LMI$  の北限に依存する。IBTrACS より、北西太平洋における  $LMI$  の北限が概ね北緯 30 度であることを確認した後、北緯 30-40 度における台風の移動速度を求めた。それらと式 (1) を組み合わせた結果が図-1 における点線である。式 (1) は、台風強度の風速を減衰させるよう最適化された式であるため、風速から気圧に変換する際には Atkinson ら (1977) による経験式を用いた。これにより、気圧・風速共に MPI より上位 10% 強度観測値に近い値を得られている。可能最大高潮を推定する際には、HighResMIP のトラックデータによる台風の移動速度を用いた。また  $LMI$  の北限に関して、HighResMIP のトラックデータによる  $LMI$  の北限の再現精度が悪かったため、過去は  $LMI$  の北限を北緯 30 度で固定し、将来に関しては北緯 30 度からトラックデータによる将来変化分を線形補間する形で変化させた。

#### 4. 可能最大高潮の将来変化予測

森ら (2021) による可能最大高潮モデルに台風の移動による効果を考慮し、可能最大高潮の将来変化予測を行った (図-2)。式 (1) は減衰距離に大きく依存するため、 $LMI$  の北限が北緯 30 度で固定されている過去 (2014 年まで) における MPS 変化は小さい。しかし、将来は多くの気候モデルで

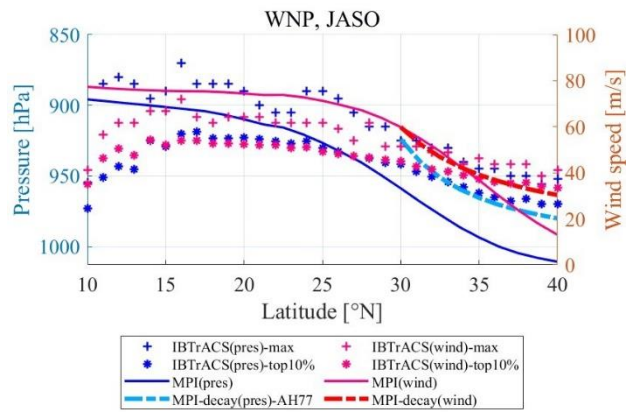


図-1 北西太平洋 WNP における台風月 (7-10 月) の各緯度帯の IBTrACS による台風強度と MPI (+: 観測最大値, ·: 観測上位 10% 平均値, 実線: MPI の経度平均値, 点線: 台風強度減衰効果導入による補正値)

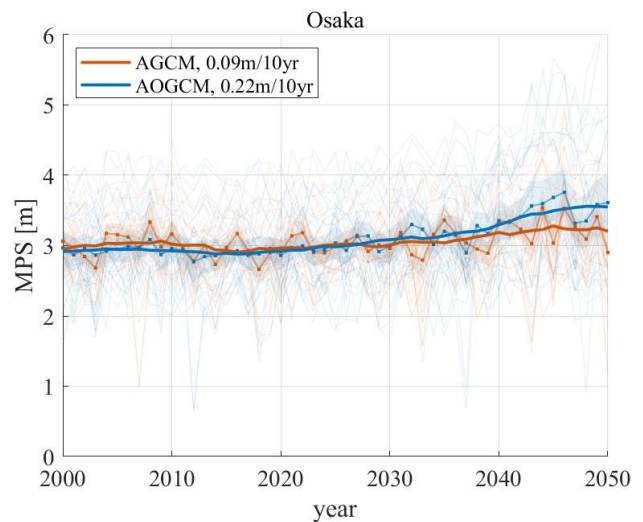


図-2 大阪湾における可能最大高潮 MPS の将来変化 (細線: 各全球気候モデルの各台風月における MPS, 太線: モデル間アンサンブルの 10 年移動平均値)

$LMI$  の北限の北進が起こり、減衰距離が短くなるため、MPS の上昇傾向が見取れる。特に、将来気候 (2015-2050 年) における AOGCM のモデル間アンサンブル平均値による MPS の線形トレンドは、10 年間で 20cm 程度であった。2050 年の近未来には、現在より 0.5m 程度高い高潮が起こる可能性を示唆している。

#### 5. 結論

本研究では、HighResMIP 実験を用いて、既往の可能最大高潮モデルに台風の移動に伴う強度減衰項を導入することで可能最大高潮の将来変化予測の高度化を図った。大阪湾以外の東アジア沿岸における可能最大高潮の将来変化予測については講演時に行うものとする。