

台風の最大潜在強度を用いた北西太平洋における高潮偏差の将来変化の確率予測  
 Future Change Projection of Storm Surge Height in the Western North Pacific  
 Using Typhoon Maximum Potential Intensity

○有吉 望・森 信人

○Nozomi ARIYOSHI, Nobuhito MORI

This study estimated the future change of maximum potential storm surge height (MPSSH) in the western North Pacific using typhoon maximum potential intensity (MPI) and the simplified storm surge model. This model can evaluate MPSSH with relatively high accuracy when pressure drop and wind speed are given. CMIP5 and d4PDF dataset were applied for historical and future climate conditions. Future change of MPSSH will be severe as global warming progressing, especially in September, although the uncertainty will be greater. In the future climate conditions, maximum MPSSH will be 6.9m at Osaka-bay in September, which means about 2m increase can be expected compared with the present maximum value.

## 1. はじめに

地球温暖化によって台風およびそれに伴う高潮の強度が増加することが示唆されており、温暖化の進行に合わせて将来の台風活動や高潮の長期評価を行うことは重要である。しかし、特定の場所における過去の高潮の観測数は極端に少なく、高潮と気候システムの長期的関係の把握は非常に困難となっている。また、力学モデルを用いて長期間の高潮評価を行うためには、長期間の気象外力が必要であり、高潮計算のための計算負荷も大きな障害となる。本研究では、台風の最大潜在強度 (Maximum Potential Intensity; MPI) の理論に着目し、環境場から台風強度および高潮偏差を推定し、気候的 maximum potential storm surge height (MPSSH) の長期評価を行うことを目的とする。そのため、台風の気候学的なマクロ指標と高潮の説明変数を関連付けた統合的評価手法を構築し、現在および将来気候に適用する。

## 2. 気候的 maximum potential storm surge height モデル

### (1) モデルの構築

与えられた大気環境場で台風が最大に発達できる限界を、台風の中心気圧の下限値として MPI で定義する。MPI の推定には Emanuel のモデルを用いた。MPI をもとに、気圧と最大風速の関係をパラメトリックに考慮し、水深一定の理想地形を仮定して吸い上げ効果と吹き寄せ効果を独立に評価した。その際、吹き寄せ効果に関しては、湾軸方

向に吹き寄せる最悪経路を仮定し、日本の三大湾における吹き寄せ定数を推定した。以上の評価式をまとめ、MPI から高潮偏差までシームレスに評価可能な簡易モデルを構築した。

### (2) モデルの精度評価

高潮の力学モデルを用いて気候的 maximum potential storm surge height モデルの精度評価を行った。ここでは、GCM により出力された 275 年分の台風に基づく高潮計算結果を使用し、台風の気圧と風速を本モデルに代入することで比較を行った。図 1 に大阪湾の結果を示す。図の色は、湾軸方向に対する吹き寄せ角を右回り正で示している。吹き寄せ角が 0 に近い台風においてほぼ値が一致しており、気圧と風速が与えら

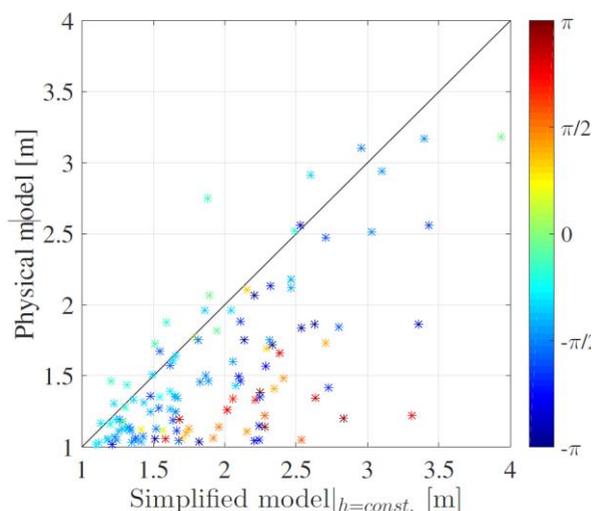


図1 高潮の力学モデルと簡易モデルの計算水位の比較 (大阪湾)

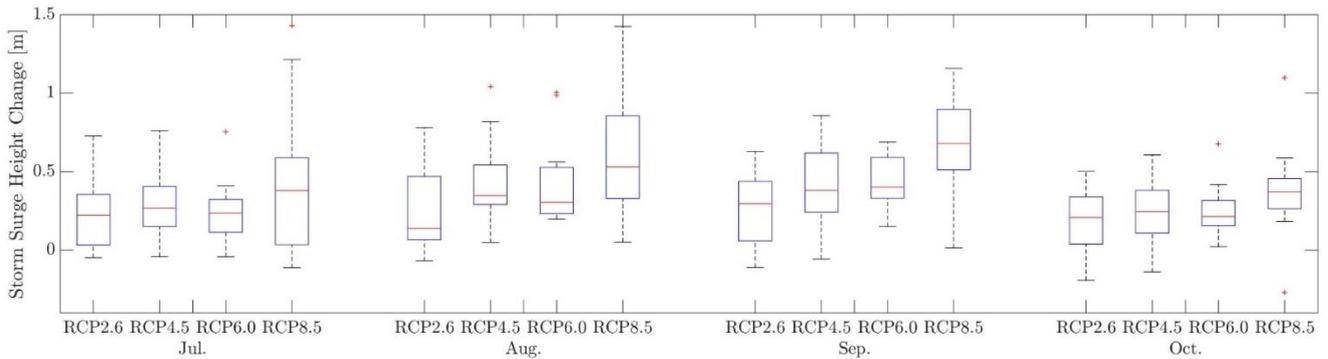


図2 大阪湾の気候的 maximum 高潮偏差の将来変化：左から7～10月・RCPシナリオ毎  
(赤線：中央値，箱：第一および第三四分位数，ひげ：最大値および最小値，+：外れ値)

れた際の可能最大値をほぼ推定できているといえる。また、吹き寄せ角の絶対値が  $45^\circ$  以下であるものを対象にした両者の RMSE は  $0.35\text{m}$  であった。

### 3. CMIP5 を用いた長期評価

CMIP5 マルチモデル気候実験を用いて MPSSH の長期評価を行った。21 種類のモデルから、JRA-55 により計算された MPI を真値として、相関が高く誤差の小さい 16 モデルを選択した。以下では、7-10 月を台風シーズンとし、1979-2003 年の月別平均値を現在気候、2075-2099 年の月別平均値を将来気候とみなす。図 2 に、大阪湾における MPSSH の将来変化を箱ひげ図として示す。9 月で最も大きな増加量を示し、高位の RCP シナリオほど高潮強度が増加傾向にあることがわかる。最も変化の大きい RCP8.5 の 9 月では、その平均値が約  $0.7\text{m}$  であり、大きな将来変化が見込まれた。先行研究 (森ら, 2016) において、現在気候下で最も MPSSH が大きいのは 9 月であると示されたが、この結果により、さらに危険になることが予想される。しかし、外れ値も多く、特に RCP8.5 では不確実性が非常に大きいなど、シナリオ間以上に大きいモデル間のばらつきが見られた。

### 4. d4PDF を用いた確率評価

大規模アンサンブル気候予測実験である d4PDF を用いて MPSSH の確率評価を行った。d4PDF は、現在気候 6000 年 (60 年\*100 メンバ)、将来気候として  $4^\circ\text{C}$  上昇実験 5400 年 (60 年\*6SST\*15 メンバ) のデータセットであり、本研究では全球  $60\text{km}$  AGCM で計算された結果を用いた。図 3 に、大阪湾における 9 月の MPSSH の発生頻度分布を示す。ただし、図 3 で評価したのは気候的に可能な高潮の最大値であるため、再現確率を求めるためには、

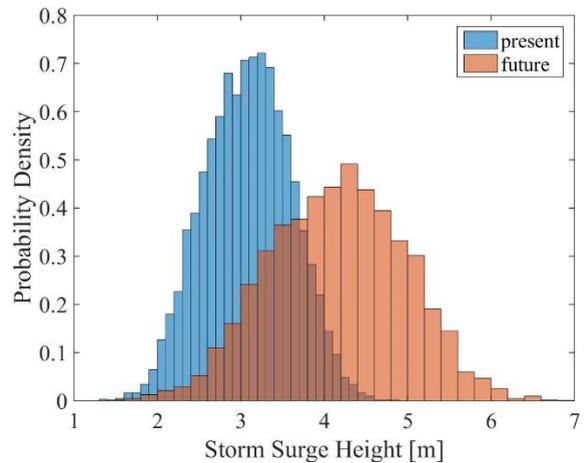


図3 大阪湾における9月の気候的 maximum 高潮偏差の発生頻度分布 (青：現在気候，赤：将来気候)

台風の発生確率、台風が MPI に達する確率、台風が対象湾に対する最悪経路を通る確率を考慮しなければならないことに注意が必要である。大阪湾において、現在気候下での可能最大高潮は  $4.2\text{m}$  であることが力学モデルを用いて示されている (澁谷ら, 2016) が、本簡易手法によりそれに近い値 (最大値： $4.9\text{m}$ ) を得た。また、本手法による将来気候下での可能最大値 ( $6.9\text{m}$ ) は、現在気候下と比較して約  $2\text{m}$  の上昇量となった。

### 5. 結論

本研究では、大気と海洋の環境場から高潮偏差までシームレスに長期評価する手法に基づき、CMIP5 および d4PDF を用いた気候実験気候的 maximum 高潮偏差 MPSSH の長期評価を行った。CMIP5 よる RCP シナリオに基づいた評価では、温暖化の進行に伴い MPSSH も増加するが、不確実性の幅も大きくなることが示された。また、d4PDF を用いることによって、統計的不確実性を減少させることが可能となった。