

グリッド依存型可能最大高潮モデルを用いた高潮リスクの長期評価 Long-Term Assessment of Storm Surge Risk Using Grid-Dependent Maximum Potential Storm Surge Model

○鈴木 悠一郎・森 信人・志村 智也・宮下 卓也

○Yuichiro SUZUKI, Nobuhito MORI, Tomoya SHIMURA, Takuya MIYASHITA

This study shows the improvement of the maximum potential storm surge (MPS) model to be applied to arbitrary topography and assesses the future storm surge risk in large regions with it. This study proposed the Grid-Dependent MPS model that can be applied to arbitrary topographies by automatic determination of calculation points and bay axis by using coastline data. Moreover, we applied this model to a large region (East Asia), and the input data is CMIP6 HighresMIP. The result shows a general strengthening trend in Maximum Potential Intensity (MPI). Also, high storm surge risk appeared especially in some locations that are historically prone to storm surge risks. However, a weakening trend was observed around Southern China and Taiwan. This is attributed to atmospheric temperature increases acting as a limiting factor for MPI, rather than sea surface temperature changes. (134words)

1. はじめに

近年、気候変動の影響が、気温や海面上昇以外にも出始めている。

その中でも、世界的に大きな災害につながる気象現象の一つである台風は、その発生数に対する強度上昇が予測されるとともに、高潮強度への影響が懸念されている。世界的にも主要都市は沿岸部の低い土地に所在していることが多く、高潮の強化による、人、モノへの被害の増大が予測される。このため、気候変動の進行に伴った、高潮のリスク評価は重要であり、長期的な影響評価、減災対策は急務である。

しかし、過去の観測データを用いたそれらの予測や議論は極めて困難である。また、増加する気候モデルを用いた予測も、アンサンブル数や予測期間の増加と、狭いスケールでの現象である高潮に対し、その強度と頻度を定量的に評価することは、計算資源の観点から困難である。

そこで、高潮に対する長期評価のアプローチの1つとして、森ら(2016)は高潮の強度のみに注目して、気候モデルで計算される気候場から起こりうる最悪ケースを仮定した可能最大高潮偏差(Maximum Potential Storm surge height: MPS)モデルを開発した。しかし、湾の定義に主観が入っていること及び、可能最大高潮モデルにて必要な吹き寄せパラメータの理論的背景を含めて、モデルのアップデートの余地は大きい。

そこで、本研究では MPS の計算に海岸線を適用し、任意地形での高潮計算を可能にしたグリッド依存型 MPS モデルの開発を行い、それを広域に適用した。

2. MPS モデルと使用データ

MPS モデルでは、入力データとして気候モデルの月平均値を使用し、Bister and Emanuel の MPI (Maximum Potential Intensity) 理論に適用することで、気圧と風速を計算する。その後、それらをもとに高潮の吸い上げ効果と吹き寄せ効果についてそれぞれ計算し、その和を可能最大高潮偏差とする。以下では、具体的な吸い上げ効果、吹き寄せ効果の計算手法について説明する。

吸い上げ効果には、大気圧変化とブラウンドマン共鳴を考慮する。気圧波の速度 V_T が湾内の長波速度 C に近いときに共鳴効果のために水位が最も高くなる。これを踏まえて Myers の気圧分布を仮定した水位変動を計算し、最悪ケースの吸い上げ効果による水位偏差 ζ_p が求められる。

また、吹き寄せ効果は、岸に向かって風が長時間、一定方向に吹き、定常に達した状態を考える。風の海面に働く応力と海底応力、圧力傾度力の釣り合いを考え、以下の式を用いて吹き寄せ効果による水位偏差 ζ_w の推定を行う。

$$\zeta_w = K \frac{\rho_a}{\rho_w g} U^2 \int_0^L \frac{1}{h(x)} dx \quad (2.1)$$

ここで、 ρ_a は空気密度、 ρ_w は海水密度、 g は重力加速度、 U は海上風速、 h は水深、 K は湾定数、 L は湾軸の長さ、 x は湾軸上での位置を表す。

また、本研究では CMIP6 の HighResMIP に含まれる高解像度気候モデルを使用した。

3. MPS モデルの高度化

(1) 海岸線データを用いた計算地点の決定

従来の MPS モデルでは、湾と定義できる場所にその形状に基づき、1 点の計算地点が主観的に決定されていた。しかし、その決定法による MPS の評価には限界がある。そこで、海岸線データを用いて計算点を決定した。これにより、湾の形状をより適切に考慮した評価と任意地形への展開が可能となり、評価精度の向上が見込まれる。

(2) 湾軸の決定方法

式(2.1)をもとにした高潮偏差の評価では、海底地形の効果を適切に評価することが重要である。式(2.1)では、水深の逆数の値が吹き寄せ効果には大きく影響を与える。そこで、(1)によって決定した地点毎に、与えられた海底地形から湾口に向かって水深の逆数の積分を行い、その値が最大値の場合において、長さと方向をもって吹き寄せ効果の発達しやすい湾軸として決定した。

4. 東アジアにおける MPI, MPS の将来変化

本研究では、MPS の広域評価を行った。今回は東アジアを取り上げる。図 1 に示すのは、MPI(気圧、風速)の将来変化である。全体的に気圧も風速も強化トレンドにあるが、台湾、中国南部においては、弱化または不変のトレンドが見られた。今回用いた気候モデルには RCP8.5 シナリオ、気候

変動の最悪ケースが想定されており、SST の低下が原因ではなく、逆に、MPI 理論において対流圏界面温度がブレーキをかける形になっているため、気候変動における大気の温度上昇が今回の弱化的原因であると考えられる。

また、図 2 は図 1 の MPI をもとに計算した MPS の将来変化量である。MPI 同様に中国南部、台湾での弱化、不変トレンドはみられるものの、全体的に強化トレンドを示す場所は、高潮リスクが従来から高い場所がほとんどであった。

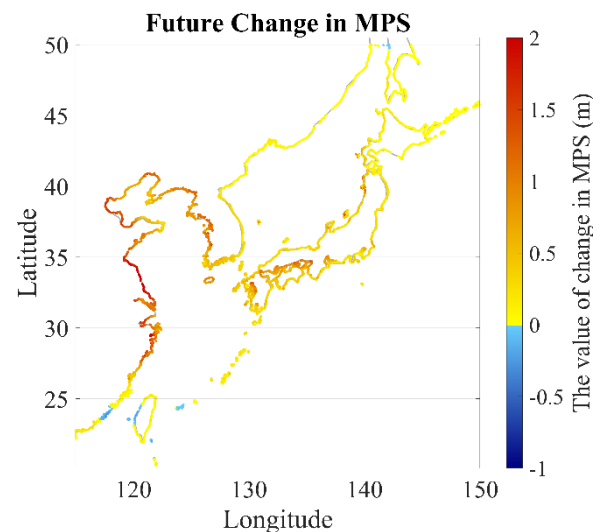


図 2 東アジアにおける MPS の将来変化 (+4K)

5. まとめ

本研究では、MPS モデルを任意地形に適用可能に高度化し、広域での適用、評価を行った。MPI, MPS は気候変動の影響により、強化トレンドが広く見られた一方で、大気の温度の上昇により、MPI, MPS が弱化トレンドを示す地域も存在した。

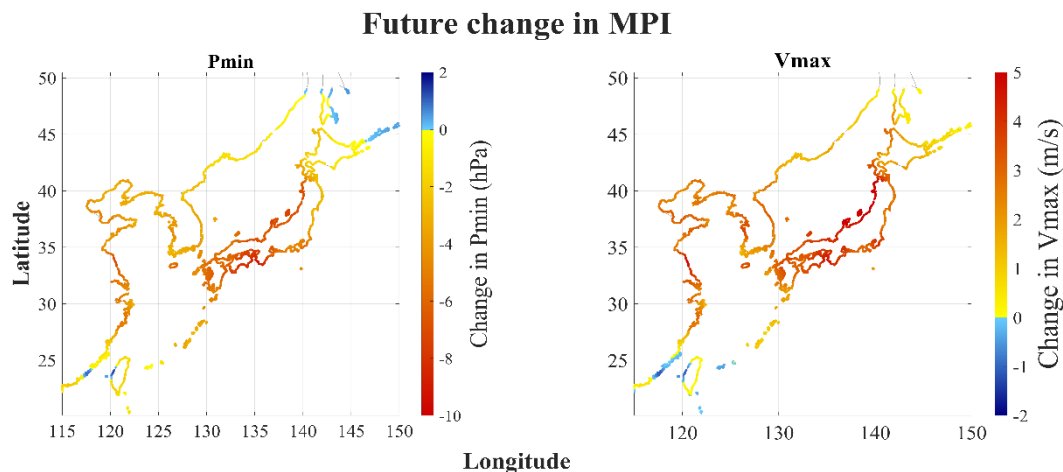


図 1 東アジアにおける MPI の将来変化 (右：最低気圧 左：最大風速)