

第Ⅱ部門

全球非構造格子モデルを用いた過去極端水位の長期評価

京都大学工学部 学生員 ○大畑 翔平
 京都大学防災研究所 正会員 志村 智也
 Argonne National Laboratory 非会員 William Pringle

京都大学防災研究所 正会員 宮下 卓也
 京都大学防災研究所 正会員 森 信人

1. 研究目的 気候変動が海面上昇に及ぼす影響については IPCC の等で広く議論されている。平均海面水位の上昇に加えて、数年から 100 年に 1 度生起するような高潮・波浪による極端海面水位変化の評価は、気候変動への沿岸域の防災に関する適応策にとって重要である。しかし、極端水位評価を特定の湾で行った例は多いものの、全球で計算した例は少ない。また、全球で高潮を計算した既往研究では、熱帯低気圧の影響が十分に考慮されておらず、将来気候の極端水位変化の変化をとらえきれていない。

本研究では、過去 62 年間の海面水位を全球で空間的・時間的シームレスに評価し、過去極端水位を求めた。潮汐・高潮・波浪の計算には、沿岸域で細かく外洋域で粗い格子を使って効率よく計算できる、非構造格子モデルを用いた。

2. 解析手法 高潮・波浪を計算するための入力値として、気象庁 55 年長期再解析 (JRA-55) を用いた。期間は、1958 年から 2019 年までの 62 年間である。潮汐と高潮の計算にはそれぞれ、非構造格子モデルの FES2014, ADCIRCv55¹⁾を用いた。高潮モデルの基礎方程式には球面座標系の長波方程式を用いた。独立に計算された潮汐(T モデル)、高潮(S モデル)の平均を 0 に補正し、それぞれ足すことで全球海面水位を再現した。再現期間は、JRA-55 の期間と同じである。検証には、潮位観測値データセットの GESLA-2 を用いた。1958 年以降の観測データとモデルでの計算結果が存在する海岸付近の 1,241 地点において、モデル水位と観測値の比較を行った。

3. モデルの精度検証 モデルの毎時水位と月最大水位についてそれぞれ観測値と比較し精度検証を行った。潮汐単体の T モデル水位と、潮汐に高潮を足した T+S モデル水位のそれぞれについて、相関係数 (R)、正規化二乗平均誤差 (NRMSE)、正規化バイアス (N_{bias}) を計

算し比較した。ここで正規化とは、各地点の値を観測値の標準偏差で除す処理を指す。T+S モデル月最大水位と観測値より求めた相関係数 R と NRMSE の空間分布を図 1 に示す。毎時水位について T モデルと T+S モデルで比較したところ、平均相関係数 R は 0.81 から 0.87、平均 NRMSE は 0.44 から 0.36 に変化し、高潮の考慮による精度の向上がみられた。空間分布では、バルト海周辺で特に変化が大きく、地中海、日本海、メキシコ湾といった海域においても変化が目立った。これらの海域では潮汐振幅が小さいためと考えられる。

月最大水位についても同様に T モデルと T+S モデルで比較したところ、平均相関係数 R は 0.31 から 0.53、平均 NRMSE は 0.58 から 0.43 に変化し、毎時水位より精度が悪いものの高潮の考慮により精度が向上した。相関係数 R と NRMSE の空間分布に着目すると、毎時水位と同じくバルト海付近で相関係数 R と NRMSE の差がそれぞれ 0.8 以上、0.6 以上と大きいほか、地中海西部、メキシコ湾や東シナ海で相関係数 0.6 以上、イタリア付近やアメリカ東海岸で NRMSE 0.5 以上の大きな差がみられた。T+S モデルの精度そのものに注目すると、日本海、地中海、メキシコ湾において毎時水位・月最大水位ともに精度が悪い。これらの地点の N_{bias} は負の値が多く、モデルの過小評価が顕著である。さらに、観測値とそれに期間を合わせたモデルの最大・上位 10%水位を比較した。モデル最大水位は観測値と定性的には類似に傾向がみられるものの、過小評価された。モデル上位 10%水位は観測値に近い結果となった。

4. 極端水位評価 T+S モデルを用い、全世界の沿岸 198,087 地点において求めた月最大水位に対し、最尤推定法を用いて極値分布のパラメータを求めた。今回は、極値分布の一般形であり、極値推定に広く用いられる一般化極値分布(GEV)を用いた。求めた GEV により、10~100 年に 1 度生起する極端水位を求めた。再現期

間 10 年の極端水位を図 2 に示す。再現期間が大きくなるにつれて極端水位も大きくなったが、再現期間長さに寄らず、地中海や日本海沿岸では 1 m 以下の小さな極端水位が、西ヨーロッパ中部や中国東シナ海沿岸、オーストラリア北西部、アラスカ南岸、アメリカ東海岸北部では、3.5 m 以上の大きな極端水位がみられた。このモデル極端水位の傾向は、観測された水位の最大値や上位 10% 値でみられたものと同じであった。一方、南米西海岸とカリブ海沿岸で、極端水位が 10 m 以上となり、周辺よりもきわめて大きい地点がいくつかみられた。これらの地点では潮汐が過大評価されていた。日本近海では、有明海で 4 m 以上、瀬戸内海で 3.5 m 以上の極端水位がみられた。瀬戸内海で水位が過大評価されている一方、伊勢湾で過小評価されており、今後改善が必要である。また、波浪セットアップ等を考慮した水位の評価も今後の課題である。

5. 結論 本研究では過去 62 年間の海面水位を全球で評価し、過去極端水位を求めた。高潮を考慮する場合、考慮しない場合よりも相関係数と二乗平均誤差はとも

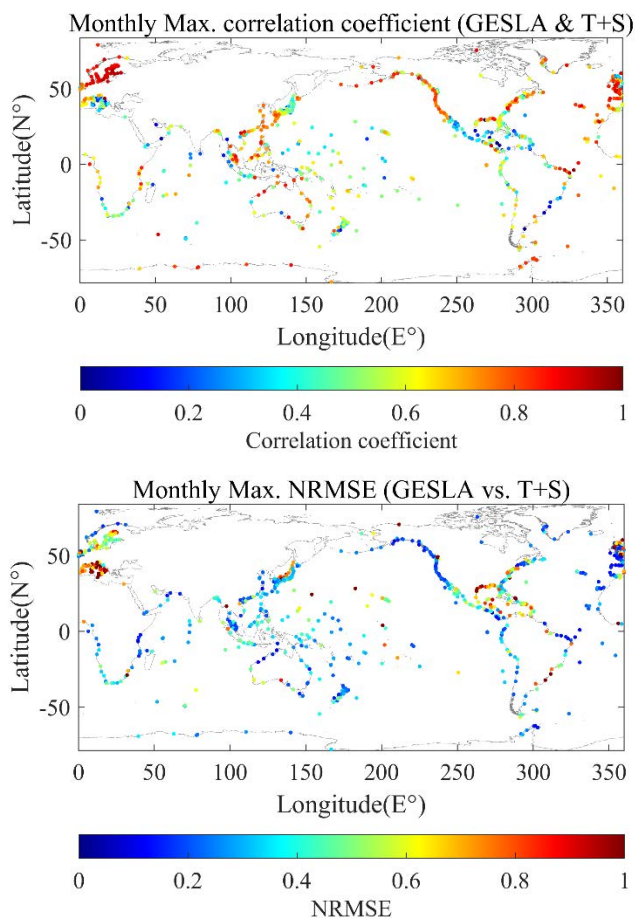


図 1 T+S model で求めた月最大水位の検証
(上: モデルと観測値の相関係数 R, 下: NRMSE)

によく、観測とモデルの最大値が類似の傾向を示した。これより、JRA-55 を用いて計算された高潮精度の高さが示された。月最大水位から求めた極端水位の傾向は観測値のものとおおむね同じであったが、南米西部や瀬戸内海で過大評価された。

6. 参考文献

- 1) Pringle, W. J., Wirasaet, D., Roberts, K. J., and Westerink, J. J. : Global storm tide modeling with ADCIRC v55: unstructured mesh design and performance, *Geoscientific Model Development*, Vol. 14, No. 2, pp. 1125-1145, 2021.

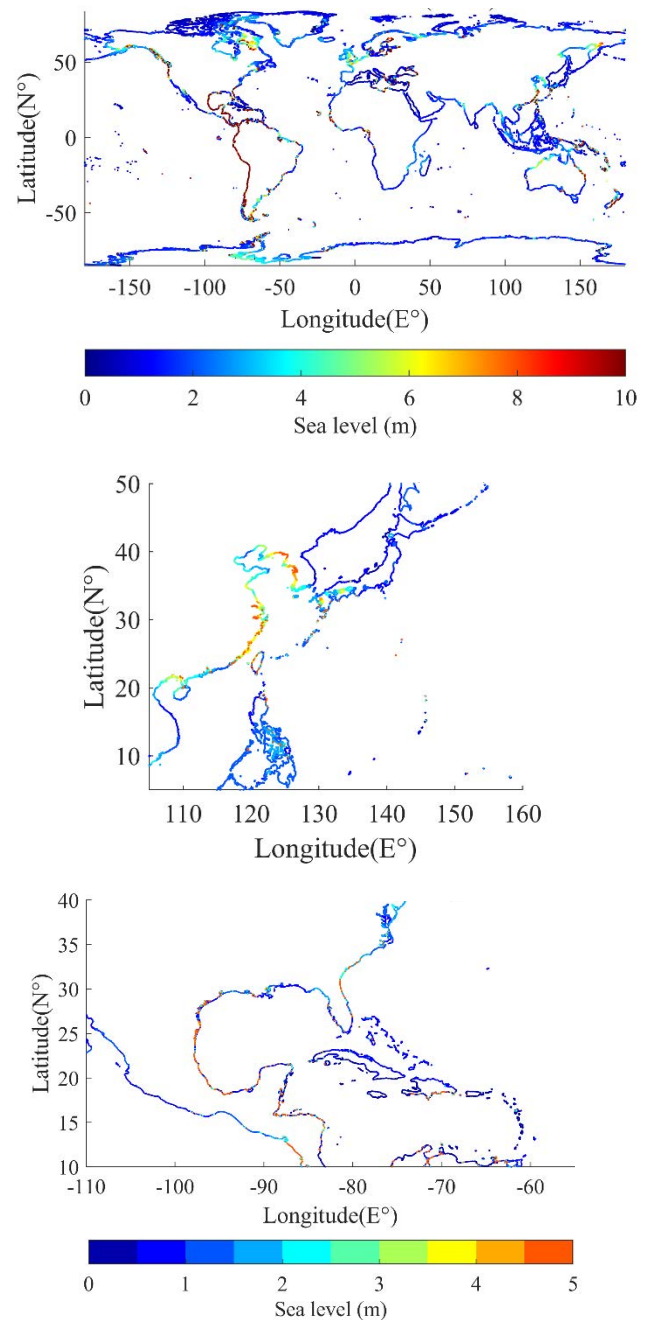


図 2 再現年数 10 年の極端水位
(上: 全球, 中: 日本近海, 下: カリブ海沿岸)