

気候変動に伴う極端海面水位変化の確率評価を可能とする全球高潮アンサンブル予測データセットの創出

課題責任者

志村 智也

京都大学防災研究所

著者

志村 智也^{*1}, 森 信人^{*1}

^{*1} 京都大学防災研究所

キーワード：気候変動，極端海面水位，高潮，全球，将来予測

体に広く利用されるものとなることが期待できる。

1. はじめに

気候変動は持続可能な社会発展のための喫緊の課題である。沿岸域において構造物の設計や沿岸利用計画などの気候変動に対する適応策を決定するために気候変動下の沿岸外力の変化についての研究がなされている。特に、海水の熱膨張や氷河や氷床の融解などにより駆動される平均海面上昇の研究が行われてきた。沿岸域の気候変動適応策のためには、こうした常時の海面上昇に加えて、気象擾乱によって発生する高潮および波浪による短時間の海面上昇を考慮した極端海面水位の評価が重要となる。気候変動研究の最新の知見を取りまとめる気候変動に関する政府間パネルの報告書において、2013 年発表の第 5 次報告書までは、沿岸域の脅威として平均海面上昇に焦点を当てていたが、2021 年発表の第 6 次報告書では、極端海面水位変化を考慮することの重要性が指摘され、温暖化した将来では沿岸域の極端海面水位が上昇することを高い確度で予測している。ここでの極端海面水位予測の問題点は、現状の高潮レベルが将来も変わらないとして、そのレベルに海面上昇分を上乗せして評価していることである。しかしながら、気候変動下において、台風や低気圧の個数や強度変化が指摘されており、高潮レベルも変化することが考えられ、高潮を現状のレベルで固定するのは妥当な想定ではない。

申請者のグループは、全球気候モデル MRI-AGCM により再現した過去から将来にわたる連続的な気候条件にもとづき、これまで別々に評価されていた全球の高潮と波浪の将来変化を世界に先駆けて統一的に示した (Shimura et al., 2022)。この研究により地球温暖化により台風は強化されるものの、50 年に 1 度発生するような極端な高潮や波高の将来変化量は自然変動と同程度であることを示した。このことより、構造物等の設計に必要な 50~100 年に 1 度レベルの極端海面水位変化の正確な評価には、多数のアンサンブル計算により自然変動を適切に評価することが求められる。そこで本研究課題では、大規模アンサンブル気候変動予測データセットを外力とした高解像度全球高潮を実施し、自然変動の幅を適切に評価した全球高潮予測データセットを作成することを目的とする。全球の沿岸を 2 km、日本沿岸を 200m 程度で解像する全球非構造格子高潮モデルを用いて高精度に高潮を計算する。本課題のデータセットは、研究のみならず政策決定者や自治

2. 大規模アンサンブル気候予測データセット

地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース(d4PDF; Mizuta et al., 2017)を外力として全球高潮モデルを駆動した。d4PDF データセットの中でも、全球モデルによる結果を用いた。これは、気象庁気象研究所が開発した全球大気気候モデル(MRI-AGCM)による気候変動予測である。気候シナリオとして、現在気候、+2K 将来気候計算、+4K 将来気候計算で構成される。現在気候実験は、1951 年から 2010 年の 60 年間を対象として、初期値境界値に摂動を与えることで 100 メンバーのアンサンブルが作成された。将来気候実験では、全球平均気温の昇温が +2K および +4K となるように、境界条件としての海面水温を現在気候から昇温させて気候モデル計算を実施した。初期値の摂動および異なる 6 つ海面水温条件を与えることで +2K および +4K それぞれで 54 および 90 メンバーのアンサンブルが作成された。本課題では、現在気候、+2K 将来気候、+4K 将来気候実験それぞれで 6 メンバーにもとづいて全球高潮計算を実施した。将来気候実験では、異なる 6 つの海面水温条件を選択した。

3. 全球高潮モデル

全球高潮計算には、ADvanced CIRCulation (ADCIRC)モデル (Pringle et al., 2021) を用いた。ADCIRC は、連続式と非線形長波方程式を有限要素法により解く数値モデルであり、ハリケーンによる特定の沿岸域の浸水計算や高潮予報などに広く利用されている。本研究で用いる ADCIRC は、Pringle ら(2021)によって、従来の特定の沿岸域を対象に計算するモデルから全球領域で潮汐および気象由来の水位変動を計算できるモデルに拡張されている。全球の深海域から浅水域までシームレスに計算を行うため、非構造格子が採用されている。2.2-25km の格子間隔の三角形格子で全球を 3,985,349 格子点でカバーする。ただし、日本付近の沿岸では最小 200m とより高解像度にグリッドを配置した。図-1 に非構造格子配置を図示する。図-1(a) に全球、図-1(b) に大阪湾周辺の格子配置を示す。沿岸域および水深空間勾配が大きいところで格子が細密になっている。d4PDF の MRI-AGCM で計算された海水密度月平均値、6 時間間隔の海面更生気圧 および 海上風速データを外力に ADCIRC を駆動させた。本研究で

は、潮汐は考慮しない。出力は、全グリッドにおける月平均および月最大水位、沿岸の特定地点(図1の赤点、187548点)における30分間隔の水位データとした。

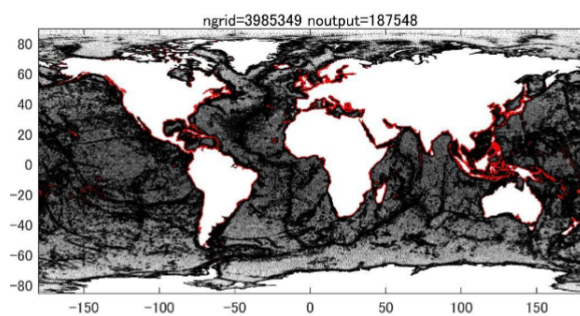
4. 結果

現在気候、+2K、+4Kの3つの気候条件において、それぞれ6アンサンブル(360年)の高潮気候計算を行った。図2はその結果であり、再現確率1/100年の水位を示したものである。図2(a)は現在気候、図2(b)および(c)は+2Kおよび+4K気候条件における将来変化である。現在気候条件では、中緯度から高緯度にかけて水位が上昇し、高緯度にかけて1mを上回る海域が多く推計されている。将来変化については、低緯度でやや減少、中緯度から高緯度にかけて増加の傾向が見られることがわかった。また、温暖化レベルが上昇するに従い、将来変化が増加する傾向も明確である。

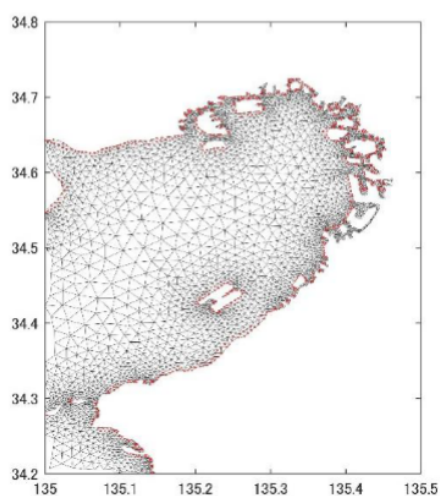
今後は、アンサンブル数の追加とともに詳細な解析を実施する。

謝辞

本研究の遂行にあたっては文部科学省気候変動予測先端研究プログラム課題4「ハザード統合予測モデルの開発」



(a) 全球



(b) 大阪湾

図1：非構造格子全球高潮モデルの格子配置。(a) 全球領域、(b) 大阪湾付近。黒点は計算ノード、赤点は1時間水位の保存点。

JPMXD0722678534の支援を受けました。また、創生・統合プログラムのもとで作成された「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース(d4PDF)」を使用しました。

文献

- [1] Shimura, T., Pringle, W. J., Mori, N., Miyashita, T., & Yoshida, K.: "Seamless projections of global storm surge and ocean waves under a warming climate", *Geophysical Research Letters*, 49(6), e2021GL097427, (2022)
- [2] Mizuta, et al.: "Over 5,000 years of ensemble future climate simulations by 60-km global and 20-km regional atmospheric models". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98(7), 1383-1398, (2017)
- [3] Pringle, W.J., D. Wirasat, K. J. Roberts and J. J. Westerink: "Global storm tide modeling with ADCIRC v55: Unstructured mesh design and performance", *Geosci. Model Dev.*, 14, 1125-1145, (2021)

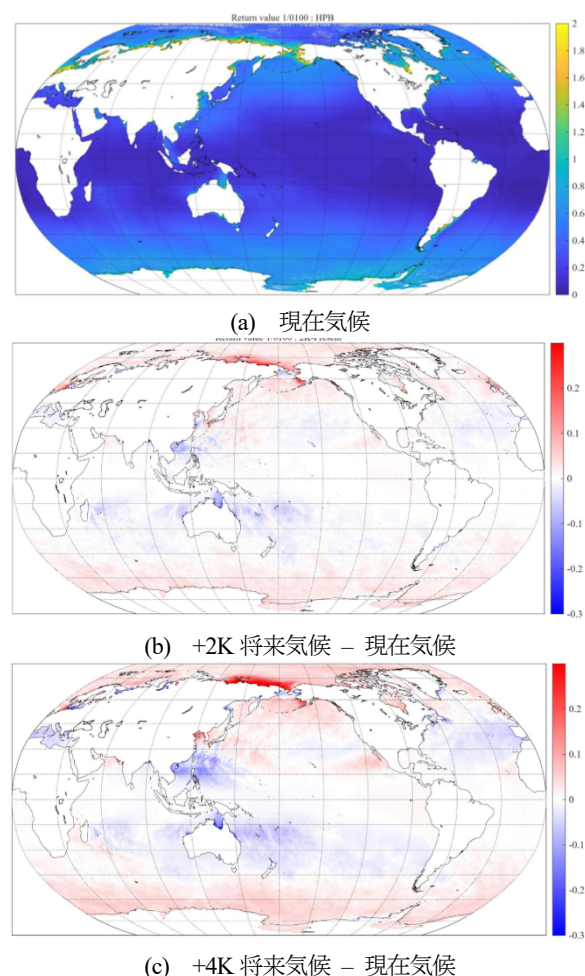


図2：再現年数1/100年高潮偏差とその将来変化(単位m)。(a) 現在気候、(b)+2K 将来変化、(c)+4K 将来変化