

大気・海洋・波浪モデルを用いた近年の日本に上陸した顕著台風に対する沿岸災害ハザード影響評価

課題責任者

森 信人 京都大学防災研究所

森 信人*1, 飯田康生*2, 二宮順一*3, 後藤浩二*4, 松本圭太*5, 片海健亮*5, 志村智也*1, 撫佐昭裕*3, 6, 竹見哲也*1

*1 京都大学防災研究所, *2 東京大学生産技術研究所, *3 金沢大学理工研究域, *4 日本電気株式会社, *5 NEC ソリューションイノベーション株式会社, *6 東北大学サイバーサイエンスセンター

キーワード: 大気海洋波浪結合モデル, 台風 Jebi, 大気海洋相互作用

1. はじめに

台風は、災害の1つである。台風の大きさ、強度、経路によっては、熱帯・亜熱帯および中緯度の広い範囲に壊滅的な被害をもたらす。さらに、気候変動に伴い、台風がより強力になり、災害の規模の拡大が懸念されている。このような台風による災害を軽減および防止するためには、正確な数値予報モデルに基づくタイムリーかつ適切な警報、減災効果のあるインフラの設置などが必要である。

本課題の目的は、台風による沿岸災害を統合的に評価するため、高解像度の大気海洋波浪結合モデルを開発することにある。モデルの統合的な評価には、多くの再現実験を行う必要があり、地球シミュレータ(ES4)を構成する計算機の効率的利用が必要となる。ES4の計算機リソースとしては、ベクトル計算機であるVE搭載ノード(ES4VE)だけでなく、スカラ計算機であるCPUノード(ES4CPU)についても利用可能である。昨年度は、ES4のリソースを最大限有効活用するため、COAWST[1] v3.7のES4VEおよびES4CPUへの最適化を行った[2]。

本年度は、前年度まで行った水平解像度9kmを2kmまで高解像度化したより現実的な台風解像スケールでの検討を行う。計算検討対象エリアは関西の大阪湾であり、伊勢湾台風以降、我が国において過去の顕著な高潮を引き起こした唯一の事例である2018年台風21号Jebiを主たる研究対象とした。

2. 大気海洋波浪結合モデルによる感度実験の設定

高解像度大気海洋波浪結合モデルには、ES4向けに最適化したCOAWSTモデルをベースとして使用する。COAWSTは、大気・海洋・波浪の各モデルコンポーネントとそれらを結合するツールキット(MCT)から構成されている。大気モデルコンポーネントとしてWRF[3]、海洋モデルコンポーネントとしてROMS[4]、波浪モデルコンポーネントとしてWaveWatchIII[5](以降、WW3)を使用した。

各モデルコンポーネントの計算領域を図1に示す。WW3のグリッドはROMSのグリッドより格子数を一つ多く取っている。それぞれ領域のサイズが異なるため、球面座標再マッピング補間(SCRIP)を行っている。WRFの初期値・境界値には、NCEP FNLを使用し、ROMSの初

期値・境界値にはHYCOMの結果を使用した。WW3の側方境界値は放射境界、初期値についても、Fetch制限付きJONSWAPスペクトルをモデル内部生成しており、モデル外部からの値は使用していない。

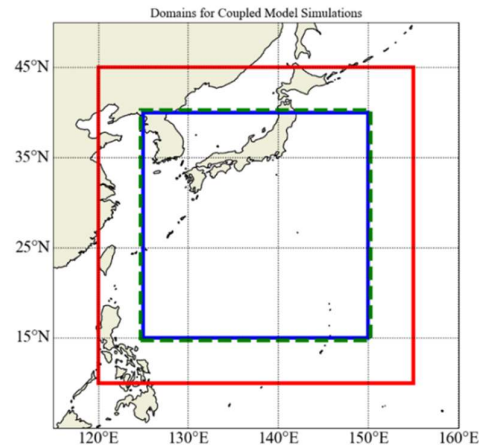


図1 結合モデルにおける計算領域設定。赤実線はWRF、青実線はROMS、緑破線はWW3の計算領域。

Jebiを対象とした感度実験の計算開始時刻は2018年9月2日0時(UTC)とし、積分時間は60時間とした。WRFの大気境界層(Planetary Boundary Layer: PBL)スキームはMYJスキームを用いて計算を行い、台風の経路・最低気圧・最大風速への影響を調べた。WW3を結合計算するときは、海面粗度Z0のパラメタリゼーションとして、大気単独モデルで一般的な風速依存Charnokの式に加えて、波浪依存のTaylor and Yelland (TY)を用いて計算を行い、影響を調べた。大気モデル(WRF)単独での実行以外にも、大気海洋結合モデル(WRF-ROMS)、大気波浪結合モデル(WRF-WW3)及び大気海洋波浪結合モデル(WRF-ROMS-WW3)をそれぞれ実行し、海洋モデルおよび波浪モデルによる台風への影響を調べた。結合モデルにおけるモデル間のデータ交換時間はいずれも600秒とした。

3. 結果

図2に示すのは、台風Jebi再現計算の結果であり、WRF、WRF-ROMS および WRF-ROMS-WW3 を用いた場合の最低中心気圧と最大風速（海上風速）の時間変化を示す。WRF のみの結果が一番気圧深度が深く、WRF-ROMS および WRF-ROMS-WW3 の結果はこれよりやや浅く同程度の結果となった。衛星による最低中心気圧の推定値は、これら 2 グループの中間に位置し、いずれかの優位性は見られない。一方、最大風速の時間変化（図 2 の下図）については、WRF-ROMS が最も小さく、WRF および WRF-ROMS-WW3 の結果が類似しており、WRF-ROMS より大きな風速が表現されており、観測にも近いものであった。波浪の結合による効果は、最低中心気圧にはあまり見られないが、結合効果により海上風速は上昇し、WRF-ROMS よりも WRF 単体の計算結果に近づく。この結果は、波浪結合効果は台風の構造に対しては大きな変化をもたらさないが、海面での粗度変化による風速の鉛直分布に影響を与えることを示唆している。

ついで、大気と海洋の結合効果を端的に示す海面水温 SST のスナップショットを図 3 に示す。Jebi の通過に伴う海面水温低下は、台風経路に沿って、進行方向に対し右側が冷えている。WRF-ROMS-WW3 結合実験と WRF-ROMS 結合実験の海面水温偏差の差分を見ると、計算領域の境界付近や沿岸付近では正の偏差があり、波浪結合した場合の方が WRF-ROM 結合モデルに比べて海面水温が暖かくなっていることがわかった。

以上の結果は、前年度に実施した水平解像度 9km の結果と比較して、高解像度化により観測値にかなり近づき、より定量的な評価が可能であることを示している。また、波浪結合により、現実的な最大風速も推定可能となった。

謝辞

本研究の一部は、JST ムーンショット「台風制御による被害軽減の推計」により実施された。

文献

- [1] COAWST git repository
<https://code.usgs.gov/coawstmodel/COAWST.git>
- [2] . Goto, K., Iida, K., Ninomiya, J., Matsumoto, K., Katsumi, K., Shimura, T., Musa, A., Takemi, T., and Mori, N., “Coastal Hazard Impact Assessment of Recent Outstanding Typhoons that Made Landfall in Japan Using Atmosphere-Ocean-Wave Modeling” Annual Report of the Earth Simulator, April 2023–March 2024, I-4-1 to I-4-4, (2024).
- [3] Skamarock, W. C., Klemp, J.B., Dudhia, J., Gill, D.O., Barker, D., M., Duda, M.G., Huang, X.Y., Wang, W., and Powers, J.G., “A Description of the Advanced Research WRF Version 3,” NCAR Tech. Note NCAR/TN-475+STR, (2008). <http://dx.doi.org/10.5065/D68S4MVH>
- [4] Shchepetkin, A.F. and McWilliams, J.C., “The regional oceanic modeling system (ROMS): a split-explicit, free-surface, topography-following-coordinate oceanic model,” Ocean Modelling, 9(4), 347–404, (2005).

an Modelling, 9(4), 347–404, (2005).

[5] The WAVEWATCHIII Development Group (WW3DG), User manual and system documentation of WAVEWATCH III version 6.07, Tech. Note 333, NOAA/NWS/NCEP/MMAB, College Park, MD, USA, (2019).

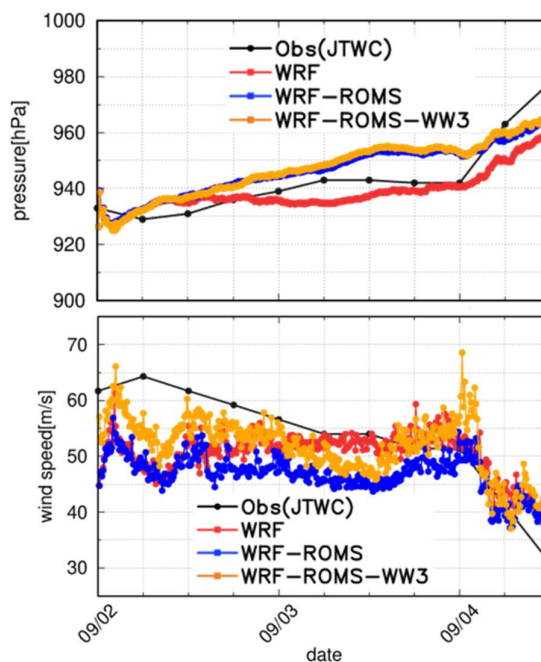


図 2 中心気圧と最大風速の時間変化（黒：観測，赤：WRF，青：WRF-ROMS，橙：WRF-ROMS-WW3）

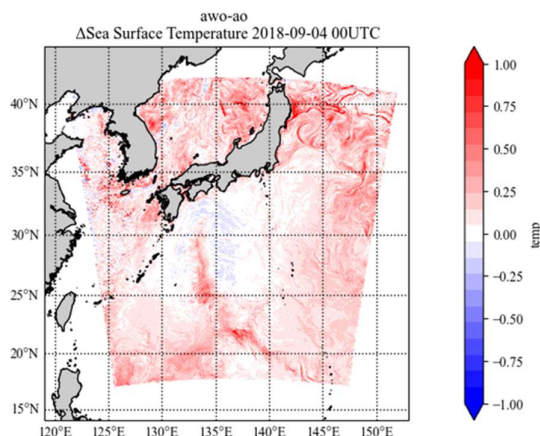


図 3 SST の差（WRF-ROMS-WW3 と WRF-ROMS の差，09-03 00UTC）