

Jebi に対する海洋応答および波浪効果の影響 Impacts of Ocean Cooling and Wave Effect for Typhoon Jebi

○飯田康生・森 信人・志村智也・宮下卓也

○Koki Iida, Nobuhito Mori, Tomoya Shimura, Takuya Miyashita

This study aims to clarify the impacts of ocean cooling and the bulk equation of the atmosphere-ocean momentum exchange that depends on sea surface waves caused by the typhoon passage on typhoon intensity and structure. Using an air-wave-sea coupled model, we targeted Typhoon Jebi, which caused significant coastal disasters in Japan. Jebi-induced SST cooling shows that the SST decreases up to 3 degrees or more on the right side of the typhoon track, and the spatial distribution of SST in model results generally agrees with the Himawari-8 observation. It weakened sea level pressure and maximum wind speed than only the atmospheric model. However, in the wave-coupled case, the wave effect may suppress the intensity decrease due to differences in the bulk equation for momentum roughness. Furthermore, this impacted the wind speed distribution due to the breaking down structure of the axial objectivity in the region affected by the ocean response.

1. はじめに

近年、温暖化に伴い海洋が温まることによって北西太平洋の熱帯低気圧が激甚化すると予測されている(Mei and Xie, 2016). 特に日本は熱帯低気圧である台風によって甚大な風水害がまさに引き起こされている. 例えば, 2018 年台風第 21 号 (Jebi) は沿岸部に浸水被害を引き起こした. 高潮・高波など沿岸災害を評価するためには, 精度の高い台風モデリングが必要となる. しかし, 台風モデリングは気象モデルのみで再現されることが多く, 台風による海洋応答や, 台風と海洋の境界をなす波浪の効果についてはあまり考慮されていない. 台風は海洋と密接であるがその表現は不十分であり, それが台風モデリングの不確実性に影響するため高潮などの沿岸災害評価にも直結する. そこで, 本研究では台風に対する海洋応答や波浪の影響を検討するために, 大気海洋波浪結合モデル The Coupled-Ocean-Atmosphere-Wave-Sediment Transport: COAWST model (Warnar et al., 2010)を用いて, 2018 年台風第 21 号 (Jebi) を対象にシミュレーションを行った.

2. モデルとバルク式

COAWST は気象モデル Weather Research and Forecasting (WRF), 海洋モデル Regional Ocean Modeling System (ROMS), 波浪モデル WAVEWATCH III (WW3)を結合して計算可能なモデルである. カップラーには Model Coupling Toolkit が用いられている.

初期値・境界値について, WRF は NCEP GDAS Final Analysis (0.25 degree), ROMS は HYCOM + NCODA Global 1/12° Analysis を用いた. ROMS と WW3 の海面境界は WRF から与えられる. 水平解像度は各モデル約 9 km である. シミュレーション期間は 9 月 2 日 00UTC から 4 日 12UTC の 60

時間である. WRF 単体, WRF-ROMS, および WRF-ROMS-WW3 の結合・非結合実験を行った. モデル間の情報交換時間は 10 分である. WRF の境界層スキームは YSU スキーム (Hong et al., 2006)を用いた. また波浪を結合した際のバルク交換式は, TAYLOR & YELLAND: TY (Taylor and Yelland, 2001), DRENNAN: DRN (Drennan et al., 2003), OOST (Oost et al., 2002)を用いた.

TAYLOR & YELLAND:

$$Z_0 = 1200 \times H_s \left(\frac{H_s}{L_p} \right)^{4.5} + 0.11 \times \frac{\nu}{u_*} \quad (1)$$

DRENNAN:

$$Z_0 = 3.35 \times H_s \left(\frac{u_*}{C_p} \right)^{3.4} + 0.11 \times \frac{\nu}{u_*} \quad (2)$$

OOST:

$$Z_0 = \frac{25.0}{\pi} \times L_p \left(\frac{u_*}{C_p} \right)^{4.5} + 0.11 \times \frac{\nu}{u_*} \quad (3)$$

ここで, Z_0 は表面運動量粗度長, H_s は有義波高, L_p はピーク周波数での波長, ν は大気の動粘性係数, u_* は摩擦速度, C_p はピーク周波数での波の位相速度である.

3. Jebi の通過に伴う海洋冷却

図 1 は Jebi の通過前後における WRF-ROMS の計算結果および Himawari8 号の観測による海面水温 (SST) 偏差である. 台風の通過に伴い, 台風の進行方向右側で SST が最大 3 度以上低下し, 計算結果は観測結果とおおむね一致する. このように台風の通過に伴い SST が低下することで台風が海洋から受け取るエネルギーが減少し, 台風の強度に影響する.

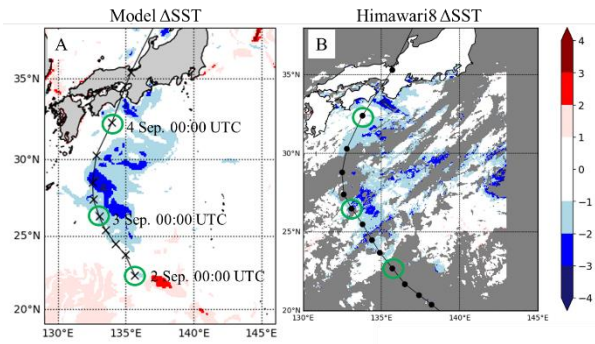


図1 Jebiの通過に伴う SST 変化とトラック A : WRF-ROMS による結果. B : ひまわり 8 号による SST およびベストトラック. 灰色は衛星データの欠損地点を表す.

4. モデル差による Jebi の経路と強度と風速分布

図2は WRF 単体, WRF-ROMS, および WRF-ROMS-WW3(TY, DRN, OOST)におけるトラック (A) と最低中心気圧・最大風速 (B, C) の時間変化である. JTWC と JMA のベストトラック (BT) を比較として用いた. トラックについてはモデル間での差はほとんどなく BT とも一致している. いずれのモデルにおいても, 中心気圧は上陸直前まで両 BT に対してかなり過小評価している. 一方で, 風速は, 両 BT に対して海洋上ではやや過小評価である. WRF 単体で上陸前に過大評価するが海洋と波浪を結合することにより改善される. 中心気圧は計算開始から 24 時間後の 9/3 00:00(UTC) は 957.1, 957.2, 957.2, 957.2, 967.1 hPa, 48 時間後 9/4 00:00(UTC) は 954.6, 962.2, 962.5, 962.1, 962.0 hPa である. 図1で海洋の非冷却域を通過するときは, 結合による強度の変化はないが, 海面水温が大きく低下する冷却域を通過した後は, 結合した場合に強度の低下が起こる. 一方最大風速は, 計算開始から 24 時間後の 9/3 00:00(UTC) は 40.1, 38.8, 38.5, 38.4, 39.5 m/s, 48 時間後 9/4 00:00(UTC) は 46.7, 43.6, 40.9, 39.6, 42.9 m/s である. 海洋と波浪を結合することにより, 各時間で 1.3, 1.6, 1.7, 0.6 m/s, 3.1, 5.8, 7.1, 3.8 m/s 低下するが, 波浪を結合する場合, 海洋のみに比べ強度の低下が抑制されることがある. さらにバルク交換式の違いにより台風強度への影響が異なる. 式に波高が考慮される TY と DRN は比較的似た挙動であるが, 波長が考慮される OOST は他より強い強度を示す.

図3は 9/3 00:00(UTC), 9/3 18:00(UTC), 9/4 00:00(UTC)の風速分布である. 9/3 00:00(UTC)の風速分布は比較的軸対象であるが, 海面水温が大きく低下している領域を通過した後 9/3 18:00(UTC)以降は軸対象の風速分布が崩れ大きく変化している. さらに強度変化と同様, 式に波高が考慮される TY と DRN は比較的似た風速分布を示すが, 波長が考慮される OOST は異なる. OOST は TY と DRN と比較し, 台風中心右側では強い風速分布を示すが, 左側では弱くなっている. これらのように海洋結合による強度低下に加え, 波浪を考慮することのバルク式の違いは, 強度変化や風速分布に影響を与えるため, 台風強度予測だけでなく沿岸波浪や高潮にも重要となる.

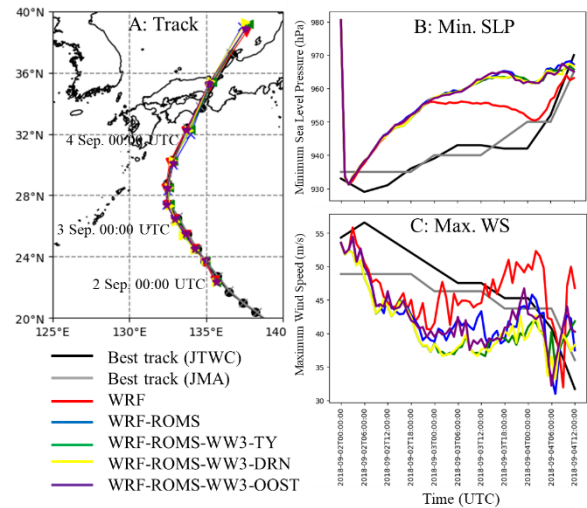


図2 WRF 単体および 10 分交換の各実験のトラックおよびシミュレーション期間での強度変化. A : ベストトラックおよび実験別トラック, B : 中心気圧, C : 最大風速 .

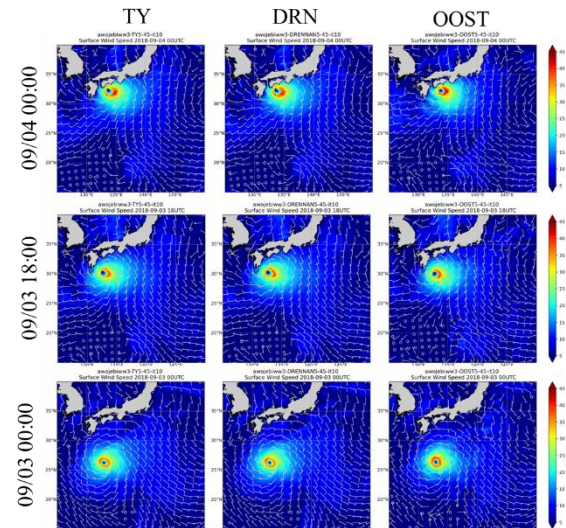


図3 9月3日 0:00UTC と 18:00UTC, 9月4日 0:00UTC における, 波浪パラメタリゼーション (TY, DRN, OOST) を変えた WRF-ROMS-WW3 モデルによる海上風速分布.

5. 結論

Jebi に対する海洋冷却と波浪の影響についての大気海洋波浪結合モデルを用いて調べた. 台風による海洋冷却によって, 海洋から台風への熱エネルギーの減少により, Jebi の強度を弱めたが, バルク式の違いにより波浪効果は強度の減少を抑制する可能性があることがわかった. さらに, バルク式の違いは風速分布にも影響する. したがって大気海洋波浪結合モデルを用いて適切なバルク式を選択することが沿岸災害評価にも直結するため, 海洋応答や波浪効果を考慮した台風シミュレーションは重要である. 今後, 観測値との比較による詳細な検証する. さらに他の波浪効果を考慮したバルク式(エンタルピー粗度長を含む)の検討し, 台風モデル化に最適なバルク式を提案する.