

海洋表層冷却と波浪の台風への影響 Impacts of Surface Ocean Cooling and Wave Effect on Typhoons

○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 wave effects on typhoons. The wave effects are considered as the surface roughness parameterization of the atmosphere-ocean momentum based on wave observations. Using an air-sea-wave coupled model, we targeted Typhoon Cimaron, Jebi, Faxai and Hagibis which caused significant disasters in Japan. Typhoon-induced Sea Surface Temperature cooling distribution 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 parameterization. Furthermore, significant differences as the wind speed increases, depending on the parameterization. The value of C_D in TAYLOR & YELLAND becomes constant at high wind speeds but increases significantly under other conditions.

1. はじめに

近年、温暖化に伴い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、台風によって甚大な風水害がまさに引き起こされ、2018年台風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詳細に考慮されていない. 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. 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理解するために、大気海洋波浪結合モデルCOAWST (Warnar et al., 2010)を用いて、2018年台風第20号Cimaron, 第21号Jebiおよび2019年台風第15号Faxai, 第19号Hagibisを対象に海洋と波浪の台風特性への影響を調べた.

2. モデルと海面粗度パラメタリゼーション

COAWSTは気象モデルWRF, 海洋モデルROMS, 波浪モデルWW3を結合して計算可能なモデルである. 水平解像度は各モデル約9kmである. 初期時刻アンサンブル実験を行い経路が最もベストトラックに整合する初期時刻を採用し、積分時間は、Hagibisで72時間、他は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MYJスキーム (Janjic, 1994)を用いた. また波浪を結合した際の海面粗度のパラメタリゼーションは、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 は海面粗度長、 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. 結合計算による台風強度への影響

図1はCimaron, Jebi, Faxai, Hagibisの中心気圧及び最大風速の時間変化である. 黒・灰はベストトラックである. 赤がWRF, 青がWRF-ROMS結合計算, 緑・黄・紫はWRF-ROMS-WW3結合計算で海面粗度のパラメタリゼーションが異なる. 対象にした事例は、それぞれ強度やサイズなどの台風特性が異なる. その結果、台風通過に伴う海洋応答は変化し、そのフィードバックの程度も変化するため、強度への影響が台風特性ごとに異なる. JebiやHagibisの通過に伴って海面水温は3度以上大きく低下し、CimaronとFaxaiは2度未満の低下である. その低下量はひまわり8号との観測と整合的であった(図示なし). それに対応するように海面水温低下が大きいほど、強度低下が大きい. Hagibisでは34.42 hPa上昇し、強度の弱化した. 中心気圧への波浪の影響はJebiおよびFaxaiでは、海洋による強度の低下を抑制するように働くが

Cimaron と Hagibis では起こっていない。ここでこれらの台風特性として、Jebi および Faxai は軸対称性が強く、Cimaron と Hagibis は非対称性が強いという特徴を持つ。最大風速は、波浪を結合することによって大きく変化し、WRF 計算の過大評価、WRF-ROMS 結合計算の過小評価を解消する。中心気圧と同様に波浪の効果は台風特性によって異なる。Hagibis はほかの事例と比較して波浪の影響をあまり受けていない。いずれの事例においても経海洋と波浪の路への影響は小さく、ベストトラックと整合していた。

4. 海面粗度に基づく運動量交換と風速の関係

図2は、それぞれの計算における海面粗度に基づいて運動量交換係数 C_D を推定し、風速と比較した。凡例は図1と同様である。台風ごとに最大風速半径 (RMW) を解析し、RMW の150%の半径の円領域でサンプリングを行った。WRF と WRF-ROMS は線形、DRN と OOST は指数関数的に風速とともに増加するが、TY は、風速 30 m/s 以

上で線形的ではなくなり、一定の値に近づく。Jebi や Hagibi の強度の強い台風で顕著である。これは、観測や実験で推定される C_D と同様の傾向であり、数値計算上でも表現することがわかった。

5. 結論

台風通過に伴う海洋応答と波浪の発達は台風特性によって異なり、さらにフィードバックの程度も異なるため、台風特性ごとに影響がさまざまである。海洋の影響は強い台風ほど影響が大きいが、波浪は軸対称な台風で影響が大きいことがわかった。そのため、個々の事例において結合計算を行い、詳細に解析を行うことが重要である。また数値計算において、TAYLOR & YELLAND のパラメタリゼーションが観測や実験における C_D の推定と整合するため、検討した3つのパラメタリゼーションにおいて最適であると考えられる。他のパラメタリゼーションは、チューニングの検討が必要である。

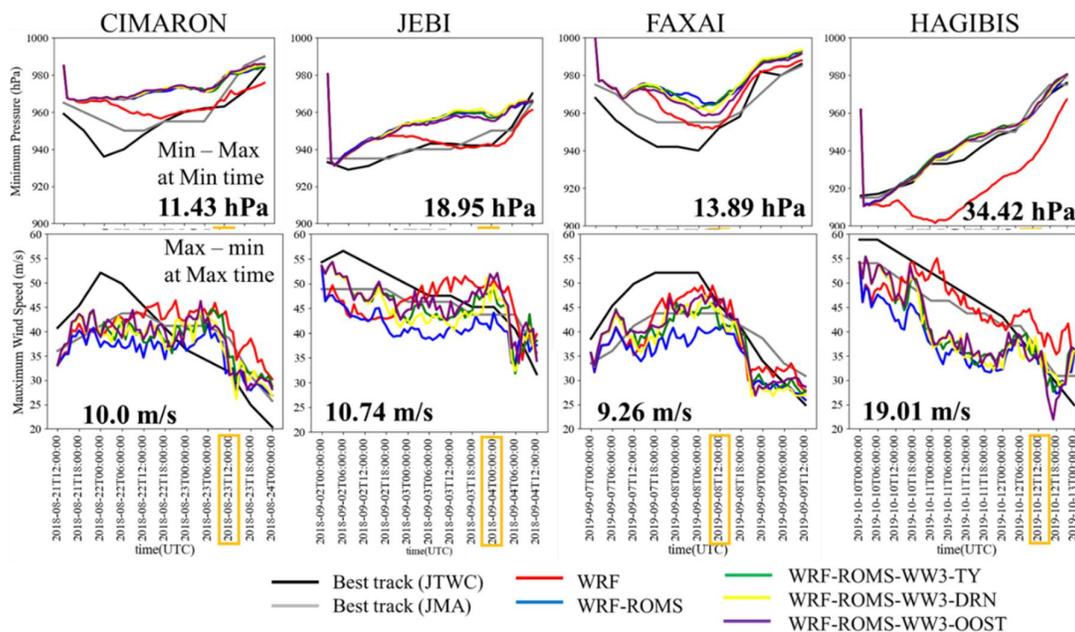


図1：大気、大気海洋結合、大気海洋波浪結合モデルによる強度変化。上段：中心気圧，下段：最大風速。

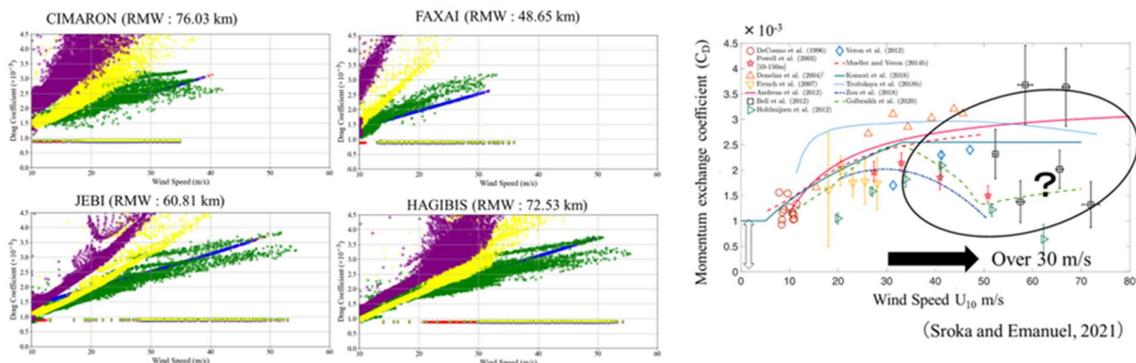


図2：各台風のRMW+50%RMWの範囲内における風速と運動量交換係数の関係および観測と実験から得られた運動量交換係数の推定(Sroka and Emanuel, 2021)