

日本周辺の極端波浪の長期解析と気象要因
Relation between Weather Systems and Extreme Waves around Japan

○千綿 蒔・志村智也・久保田博貴・森 信人

○Maki CHIWATA, Tomoya SHIMURA, Hiroataka KUBOTA, Nobuhito MORI

The extreme value analysis of wave height has been used to estimate design value of coastal structures. Generally, the extreme wave heights are obtained based on the observations or hindcasts, simply. However, the influence of the weather systems on the extreme value distribution is not taken into consideration. This study analyzes statistical characteristics of extreme wave heights and understands relations between extreme wave height distribution and its dependence on weather systems based on long-term analysis and observed data. Additionally, wave simulation in bay scale is conducted to analyze the impact of the terrain factors into the extreme distribution in local scale. (101 words).

1. はじめに

極端な波浪現象に対する極値統計解析は、海岸構造物の設計波を求めるために用いられ、防災上非常に重要である。その際、NOWPHAS等による観測結果をもとに極値波高を求め、適当な極値分布を仮定し母数の推定を行う。しかし、極値分布の推定では手順に乗っ取り関数の最適化がなされるだけで、極端波浪を引き起こす気象擾乱の影響が極値分布にどのような影響を与えているか考慮されていない。地球温暖化に伴う気候変動のリスクを考慮するうえでも、極値統計解析の際に極端波浪を引き起こす気象要因の変化を無視することはできない。

本研究では、台風や爆弾低気圧という2種類の気象擾乱の種類別に極端波高の極値統計解析を行うことで、極端波高の極値分布を決定付ける物理的メカニズムの特定を目指す。気象擾乱によって決まる極値分布を面的に評価するため、JRA-55をもとに計算された長期波浪再解析結果を解析に用いた。また、極端波高の極値分布に対する地形の影響も考慮するために、高解像度のネスティング計算を行うことで、湾スケールで極端波高の極値統計解析を行った。

2. 日本周辺の極端波浪の解析手法

(1) 使用した波浪データ

解析に用いる波浪データは、高解像度大気再解析データ JRA-55 の風速および海氷データを外力として WAVEWATCHIII(WW3)で計算された志村

ら(2018)の波浪推算結果を用いた。この計算では、太平洋域 ($\Delta x \approx 60\text{km}$)・北西太平洋域 (17km)・日本周辺(7km)と2段階のネスティングによってダウンスケーリングされている。極値統計解析には北西太平洋域の結果を用いた。

(2) 使用した気象擾乱データ

極端波浪を引き起こす気象擾乱として台風(TC; Tropical Cyclone)及び爆弾低気圧(BC; Bomb Cyclone)に注目し、気象擾乱を区別しない全体の結果(ALL)と合わせて3種類の結果を比較した。気象擾乱の経路データとして、台風にはIBTrACS、爆弾低気圧にはJRA-55の海面更正気圧をもとに

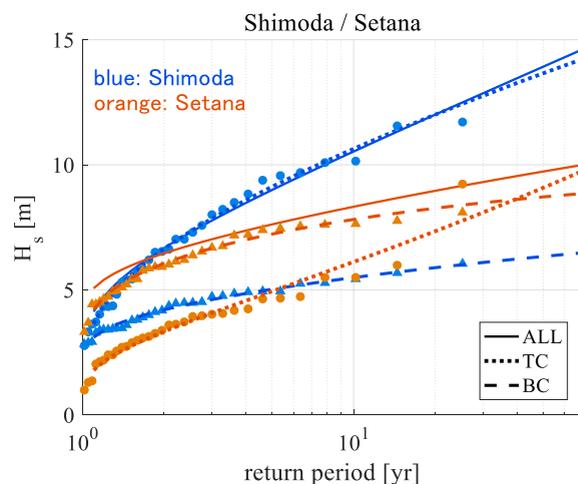


図1 気象擾乱毎のGEV分布形状の違い
(青：太平洋側の下田，橙：日本海側の瀬棚
実線：ALL，点線：TC，破線：BCの分布，
○：TC，△：BCの値をそれぞれ表す)

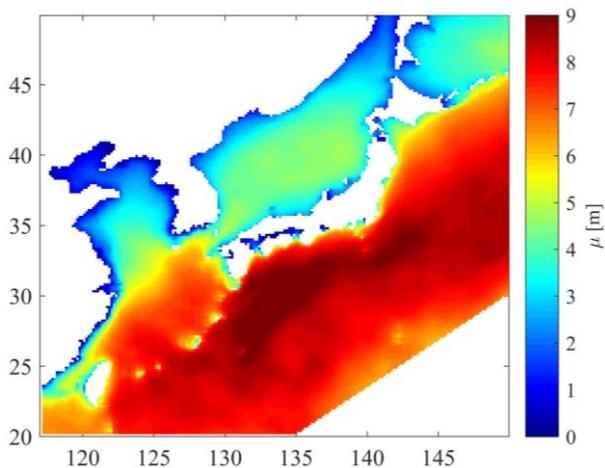


図2 台風による極端波高に対する GEV分布の位置母数 μ の空間分布

自動抽出した結果を用いた。

(3) 気象擾乱の種類別極値統計解析手法

それぞれの気象擾乱の中心が 10 度以内を存在する時刻の有義波高 (H_s) を対象に、年最大波高を対象地点ごとに抽出した。極値分布は一般化極値 (GEV; Generalized Extreme Value) 分布を仮定し、PWM (Probability Weighted Moment) 法によって母数の推定を行った。GEV 分布は位置母数 σ 、尺度母数 μ 、形状母数 k の 3 母数によって表現される。

3. 極端波浪と気象要因の関係

気象擾乱の種類別に有義波高の極値統計解析を行い、極端波高を引き起こす気象要因と極端波高の関係を解析した。図 1 に太平洋側 (下田) と日本海側 (瀬棚) における擾乱の種類別の極端波高に対する GEV 分布形状を示す。台風が支配的な太平洋側の下田では台風と全体の分布形状がほとんど一致している一方、瀬棚では爆弾低気圧と爆弾低気圧の双方の影響が大きいことがわかる。対象領域の全グリッドにおいて、同様に GEV 母数の推定を行った。例として、図 2 に台風による極端波高の位置母数 μ の空間分布を示す。太平洋側で高い値であり、台風の通過頻度や発達に強く依存すると考えられる。対象領域全体における台風の通過頻度と GEV 分布の μ 、 σ 、 k の空間分布の相関係数を求めると、それぞれ 0.57, 0.42, -0.21 であった。爆弾低気圧についても台風と同様の結果が得られたが、GEV 母数との相関係数は台風よりも高い (それぞれ 0.81, 0.67, 0.29)。 μ 及び σ は気象擾乱による直接的な影響があるが、 k は擾乱の経路だけでは不十分で、さらなる詳細な解析が必要である。

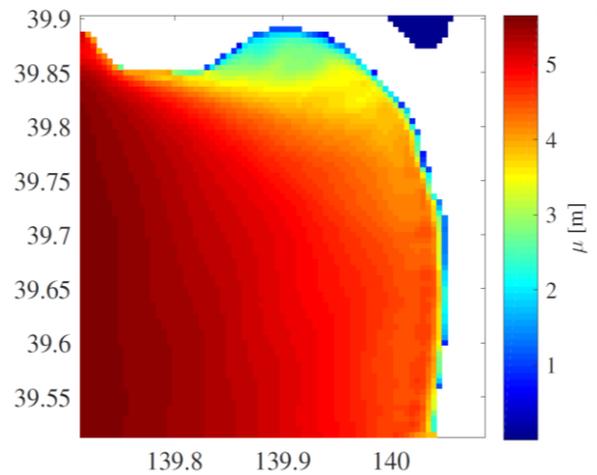


図3 位置母数 μ の空間分布：秋田・D2

4. 極端波浪に対する地形要因の寄与の検討

極端波浪の極値分布に対する地形の影響を検討するために、特定の湾を対象に高解像度の波浪推算を行い、極値統計解析を行った。波浪推算モデルは、外洋を WW3、浅海域を SWAN によって計算するカップリングモデルを用いており、対象エリアによって 1 または 2 段階のネスティング計算を行った。半島や湾といった地形の影響を調べるほか、支配的な気象擾乱の種類による影響の違いも考慮できるように、計算対象地点として細島、秋田、仙台を選択した。それぞれ、台風、爆弾低気圧、双方が強く影響する領域である。例として秋田・ドメイン 2 における位置母数 σ の空間分布を示す。水深の低下に伴う浅水変形や屈折及び回折による波高減衰の影響がその空間分布に表れている。 σ 、 k についても地形との関係を解析し、水深の変動や半島などの遮蔽物が GEV 母数に与える影響の一般化を試みた。

5. 結論

本研究では、日本周辺における波浪推算結果に対して極値統計解析を行うことで、波高の極値分布形状を決定する気象および地形の要因について解析した。GEV 分布の位置母数及び尺度母数は気象擾乱の経路に強く依存することがわかった。また、形状母数は気象擾乱以外の要因が影響している可能性があり、今後も解析を重ねていく必要がある。ついで、GEV 分布に与える地形の影響を検討するため、湾スケールでの極値統計解析を行った。その結果、水深の変化や陸地の遮蔽物による波高の変化を GEV 母数の決定要因として検討することができた。