

海面気圧の主成分を考慮した統計的波浪特性推定手法の開発 Statistical Modeling of Wave Characteristics Prediction Considering Principal Component Analysis of Sea Level Pressures

○岸本理紗子・森 信人・志村智也・間瀬 肇

○Risako KISHIMOTO, Nobuhito MORI, Tomoya SHIMURA, Hajime MASE

Future projection of wave climate is important for climate impact assessment of coastal environment and hazards. In this study, the monthly averaged wave heights are statistically estimated by a linear multi-regression model using atmospheric data as explanatory variables. The proposed statistical model considers the local atmospheric (U_{10}^2 , SLP and ΔSLP) and the large scale atmospheric information obtained by the principal component (PC) analysis to the global SLP field. The representation of swell in the lower latitude is greatly improved by introducing the large scale atmospheric information by the PC analysis. The statistical model is applied to the results of MRI-AGCM3.2H climate change projection. The future change of wave heights shows increase in the northern North Pacific Ocean and decrease in the North Atlantic Ocean, middle latitude and tropics of the Pacific Ocean. Finally, the statistical model is applied around Japan using same procedure as the above global statistical model.

1. 研究の目的

温室効果ガスの増加による気候変動の影響が広く行われているが、高潮と海面上昇に比べて、波浪の長期変化予測は研究例が少なく、不確実性の評価が不足している。波浪の長期変化の評価は計算コストが非常に高いため、多くのアンサンブルに適用できる統計的波高予測モデルがある。海上風速の2乗 (U_{10}^2)、海面気圧 (SLP) 及びその勾配 (ΔSLP) 等を用いられるが、うねりが卓越する海域では局所平衡が成り立たないため、精度が高くない。本研究では、大気場の主成分の情報を導入することにより、広域の環境場を説明変数として加え、高精度な統計的波高予測モデルを作成する。ついで、第5期結合モデル相互比較計画 (CMIP5) における幾つかの温室効果ガスの将来濃度シナリオ条件下の気候変動予測結果に適用し、月平均波高および極大波高の将来変化予測を行う。さらに、日本周辺の海洋についても同様の統計的波高予測モデルを作成し、全球モデルとの比較を行う。

2. 研究内容

(1) 主成分分析の概要

統計的波高予測モデルに大気場の広域情報を加えるために、JRA-55 長期再解析の海面更正気圧 SLP の主成分を求めた。例えば全球の海域で 1958～1987 年のモード1は PDO や NAO に相当する。

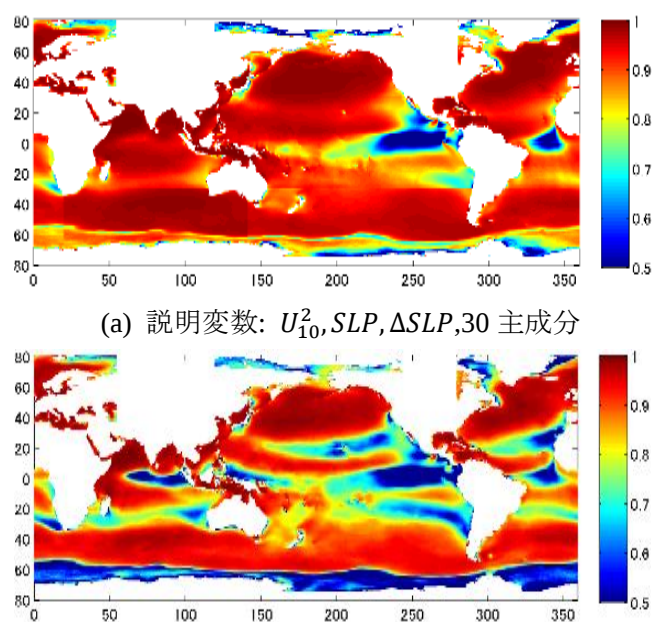
ついで各モードの寄与率の時間変化を解析した。主要成分の寄与率の時系列から、モード毎の時間変動特性は大きく異なることがわかった。 SLP の場合、主要5成分の全寄与率は 99.7%であった。

(2) 統計的波高推定モデルの開発

モデルの構築にあたって用いた基本データは、JRA-55 長期再解析の出力データ U_{10}^2 と SLP 、および波浪スペクトルモデルを用いて計算された波浪解析値 (以下、単に JRA-55 と略記) の月平均波高 H_s である。JRA-55 の解析期間前半 (1958～1987 年) の月平均値 H_s に対して、多変数分析を行って格子点毎に風波の局所平衡を仮定し、 U_{10}^2 と SLP 、及びその勾配を説明変数とする統計モデルを得た (従来モデル)。これに (1) で述べた SLP の主成分分析の適用領域、モード数を考慮し、複数のモデルを作成した。主成分分析の適用領域については、全球の海域と 11 の海域に分けて主成分分析を行うものを作成した。また、主成分の個数を 1～50 個と変化させて、精度を検証した。

(3) 統計モデルの精度検証

JRA-55 の解析期間後半の 1988～2012 年の気象データを用いて、得られた統計的波高予測モデルで月平均 H_s 推定し、JRA-55 の波浪解析値との比較を行って精度検証を行った。主成分のモード数を変化させて H_s の平均 2 乗誤差を推定した。全球平



(a) 説明変数: $U_{10}^2, SLP, \Delta SLP, 30$ 主成分

(b) 説明変数: $U_{10}^2, SLP, \Delta SLP$ (従来モデル)

図-1 平均波高の予測値と再解析値の
相関係数の空間分布

均誤差に対するモード数の影響は、モデルによって傾向が異なり、全球で主成分分析を行ったモデルでは主要 50 モード、11 の海域でそれぞれ主成分分析を行ったモデルでは主要 30 モードを加えたときに最も誤差が小さいことがわかった。このときの解析値との相関係数の空間分布を図-1(a)に示す。図-1(b)には主成分分析の項を加えない従来モデルの結果も示している。局所平衡を仮定した従来モデルで精度の良くなかった低中緯度帯での相関が大幅に向上しており、主成分を考慮することにより、遠方からのうねりの影響を取り入れることができるようになった。主成分分析による精度向上は海域によって異なり、11 の海域毎に誤差を算出し、従来モデルの結果との比較を行った。適切な数の主成分分析の項を加えることで、すべての海域の誤差は減少し、特に誤差の大きかった海域においては、誤差が 40-50%軽減された。

(4) 将来波高変化予測への適用

上記の統計モデルを全球気候変動予測の結果に適用し、波高の将来変化予測に適用した。波高変化予測に用いる統計モデルは、海域を分けて行った主成分分析による主要 30 モードを与えたモデルとした。将来気候の予測結果は、気象研究所高解像度全球大気モデル (MRI-AGCM3.2H) による気候変動予測実験の結果で、現在気候 (1979~2004 年) と将来気候 (2075~2100 年) でタイムスライス実験を行っている。将来の温暖化シナリオは、

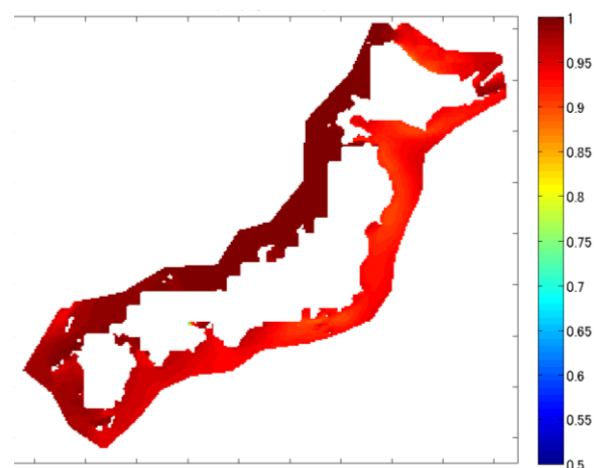


図-2 平均波高の予測値と再解析値の
相関係数の空間分布

IPCC 第 5 次評価報告書で用いられている 4 つのシナリオ (RCP2.6~RCP8.5) である。統計モデルを全球大気気象モデルの将来気候予測結果に応用し、波高の将来変化予測を行った。北太平洋北部で波高の大きな増大、北大西洋全域と北緯・南緯 30° 付近、および太平洋赤道域の東部で大きな減少が見られた。南北太平洋、南インド洋のそれぞれの中緯度と、北西太平洋、北大西洋、北インド洋ではシナリオが高位になるにしたがって波高減少の傾向が増大した。ついで、北太平洋北部では波高上昇の程度が、シナリオが高位になるにしたがって減った。また南氷洋の将来変化は、RCP2.6 では大部分で減少傾向を示しているが、RCP4.5 になると一部で増加傾向が現れ、RCP6.0, 8.5 と放射強制力が増大するとさらに増加した。また、北太平洋北部、ヨーロッパの西側、オーストラリア大陸東側では、特に冬季の波高変化が夏季の波高変化より卓越し、年間平均波高に影響を与えていた。

(5) 日本周辺への応用

(2) で述べた方法と同様に、日本周辺の海洋についても、JRA-55 の 33 年間 (1979~2012 年) のデータを用いて統計的波高モデルを作成した。特に太平洋側で主成分分析の導入による効果が高かった。図-2 に示すのは波高の計算値と教師データとの相関係数である。

3. 主な結論

格子点毎の大気情報に加え、広域の SLP の主成分を説明変数とした統計的波浪予測モデルを構築した。必要な主成分の定義およびモード数と誤差を総合的に評価し、うねりの寄与が大きい海域においても精度よく波高を推定可能なモデルを得た。