

第II部門 地球温暖化に伴う波浪の将来変化予測

京都大学工学部 学生員 ○志村 智也
 京都大学防災研究所 正会員 森 信人
 京都大学防災研究所 正会員 安田 誠宏
 京都大学防災研究所 正会員 間瀬 肇

1. 研究目的 観測から気候の温暖化が明らかになり (IPCC, 2007)、人間活動へ大きな影響を与えることが懸念されている。広く研究されている海面上昇と並んで、沿岸域の防災や海浜変形にとって、温暖化の影響による波浪の長期変化を予測することは重要である。そこで本研究では、温暖化シナリオ下における波浪や海上風の将来変化特性を定量的に把握する。

2. 研究内容 本研究は、気象庁・気象研究所による超高解像度全球気候モデル(TL959, 20km メッシュ, GCM と略記)の温暖化予測結果(Kitoh et al., 2009)に基づく海上風のデータを基にする。この温暖化予測実験は、現在気候(1979~2003年)、A1B シナリオ条件下の近未来気候(2015~2039年)、将来気候(2075~2099年)の3期間について計算が行われている。GCMの海上風(U_{10})の計算結果を外力として、浅海波浪推算モデル(SWAN)を用いて、全球の波浪計算を行った(Mori et al., 2010)。本研究では、解析対象を現在気候と将来気候の海上風速および有義波高にしぼり、現在気候と将来気候を比べることにより、海上風速と有義波高の将来変化を予測した。モデルの現在気候値と観測値および再解析値を比較することにより、GCM と SWAN の気候の再現性を評価するとともに、平均と極端な現象の変化を解析した。

3. 結果 現在気候の再現性の評価については、北太平洋と北大西洋の外洋上のブイによる長期観測結果と比較した。観測値には、気象庁から2地点、NOAA から10地点を用いた。観測期間は19~37年間である。さらに、再現性の相対的な評価として ECMWF の再解析値 ERA-40 の25年分においても同時に比較を行った。比較方法として、quantile 値(1~99, 99.5, 99.9, 99.95, 99.99, 99.995, 100%値)を比較した。図1に四国南沖における海上風速(U_{10})の結果を、図2に有義波高(H_s)の結果を Q-Q プロットで示す。値の小さな平均的な現象では、

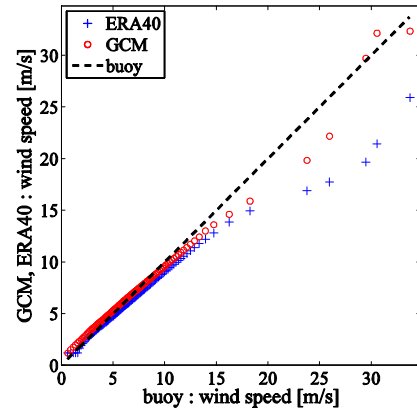


図1 U_{10} の Q-Q プロット(四国南沖 21004 ブイ)

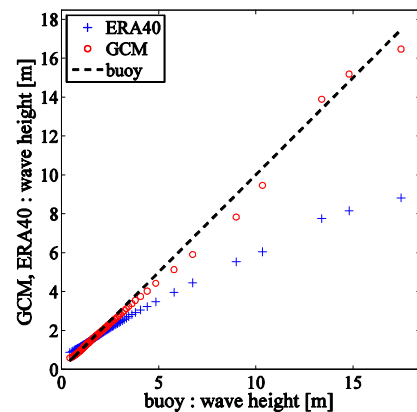


図2 H_s の Q-Q プロット(四国南沖 21004 ブイ)

再解析値と同等以上の再現性があるという結果が得られ、6~95%値の基準化 rms 誤差は、 U_{10} で 5~13%であり、 H_s では 4~20%であった。極値の再現性は、再解析値に比べ相対的にかなり良いものであった。96~100%値の基準化 rms 誤差は、 U_{10} で 3~17%であり、 H_s では 3.5~20%であった。この結果から、GCM および SWAN は台風などの極端な現象を相対的に良く再現できていることが分かった。主な理由として、GCM の解像度が約 20km という高いものであるためと考えられる。

次に、平均値の将来変化について示す。例として図3に、全球の8月における H_s の現在気候から将来気候へ

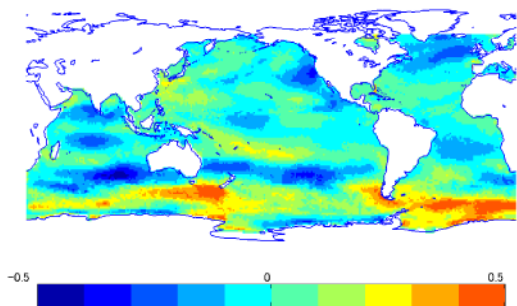


図 3 H_s の月平均値の将来変化(8月) [m]

の平均波高の変化量を示す。平均値の変化は海域と月に依存している。特に、緯度に依存している傾向がみられる。平均値については、 U_{10} では約 $\pm 1\text{m/s}$ ($\pm 15\%$)で、 H_s では約 $\pm 0.4\text{m}$ ($\pm 20\%$)の変化が予想される。

次に、極端な現象の評価のために、極大値資料に極値分布関数の当てはめを行い、50年確率風速と50年確率波高を求め、その将来変化を推定した。この際、極値分布関数の当てはめには、2種類の手法を用いた。1つ目(A)が、一般化パレート分布を当てはめる手法である。2つ目(B)が、ワイブル分布、極値I型分布、極値II型分布から、最適関数を選択する手法である。図4

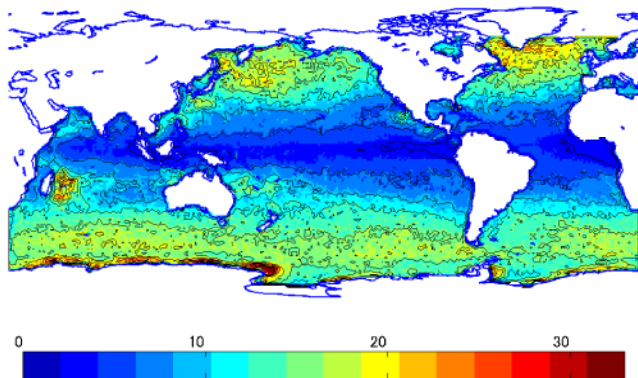


図 4 推定された現在気候の 50 年確率波高 [m]

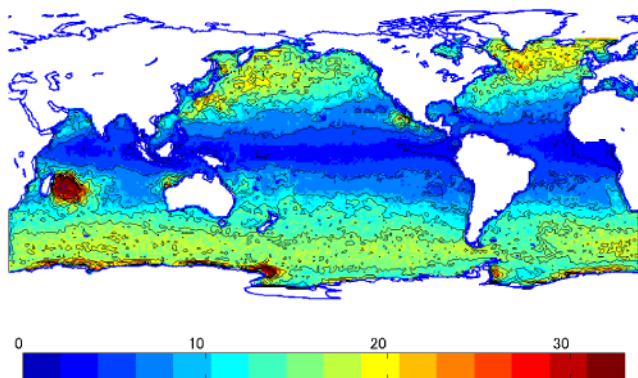


図 5 推定された将来気候の 50 年確率波高 [m]

および図 5 に手法(A)で推定された 50 年確率波高の全球マップを示す。50 年確率波高、50 年確率風速はともに、日本南沖やメキシコ東沖、北大西洋中緯度西側、マダガスカル東沖といったストームトラックに相当する地域で、顕著な増加傾向が見られた。

極大値のグリッド毎の定量的な評価は、ばらつきが大きいため困難である。そこで、統計的安定性を得るため、日本近海太平洋側に海域をしぼり解析を行った。まず、日本近海を領域分けし、領域内で、ある閾値を超える強風、高波を抽出することにより極値資料を増やした。この極値資料を使い、手法(A), (B)により、領域内の極値分布関数を推定した。得られた結果として、冬季(11~4月)には50年確率値は有意には変化しないものの、強風と高波の発生数の減少がみられた。特に、日本の南側でその傾向は顕著であった。夏季(5~10月)については、50年確率値に有意な増加傾向が多くみられ、日本の南東沖で大きな増加を示した。これは、太平洋における台風の発生域の拡張による影響と考えられる。日本南東沖の領域で極値の増加量は、50年確率風速で約30~40%であり、50年確率波高で約60%であった。その他の領域では、50年確率風速で約9~18%の増加を示し、50年確率波高では、約16~23%の増加とかなり大きな変化が推定された。

4. まとめ 温暖化シナリオ下における海上風速と有義波高の21世紀末までの将来変化を予測した。平均値の変化については、海域または月によって増減がみられることを示した。また、極値に関しては、熱帯低気圧の通過域で顕著な増加傾向が推定された。これらの変化の物理機構の見通しを良くするために、今後は大気循環場を含めた包括的な解析を行っていく予定である。

参考文献

- 1) IPCC (2007) : IPCC fourth assessment report (AR4), <http://www.ipcc.ch/>.
- 2) Kitoh, A., et al. (2009) : Projection of changes in future weather extremes using super-high-resolution global and regional atmospheric models in the kakushin program, Hydrological Research Letter, 3, pp.49-53.
- 3) Mori, N., et al. (2010) : Projection of extreme wave climate change under the global warming, Hydrological Research Letter, accepted.