

スラブ海洋結合全球大気気候モデルを用いた月固定 EA 実験による
気候変動の TC への影響評価
Projecting the Impact of Climate Change on Tropical Cyclones through the Fixed Month EA
Experiment Using a Slab-Ocean Coupled Atmospheric Global Circulation Model

○岡田智晴・志村智也・Adrean WEBB・宮下卓也・森信人・水田亮
○Tomoharu OKADA, Tomoya SHIMURA, Adrean WEBB,
Takuya MIYASHITA, Nobuhito MORI, Ryo MIZUTA

In this study, we proposed new long-term continuous climate experiment (EA experiment), for probabilistic estimation of climate change impacts on TCs. The EA experiment for a specific September was conducted by adding the warming difference based on the CMIP6 experiment and compared with the empirical September. Due to climate change, the number of high-intensity TCs passing over the Japan area has increased in both rate and frequency. The results indicate that disaster prevention should be based on the assumption of stronger TC's external forces. We conclude that the newly proposed EA experiment can provide a reasonable estimation of climate change impacts on TC which is consistent with the well-established standard climate experiment.

1. はじめに

日本国内においては気象庁気象研究所の全球大気大循環モデル(MRI-AGCM)による気候計算結果が、気候変動に伴う極端現象の評価に多数使用されている。しかしながら、高解像度3次元海洋モデルとの結合や大規模アンサンブル実験の実施は気候変動の推定に非常に有効な手段である反面、多大な計算コストを要する。

そこで岡田ら(2021)は気候実験に要する計算コストを抑えるため、簡便に TC と海面条件の相互作用を考慮できるスラブ海洋モデル(Ocean slab; Oslab)を MRI-AGCM と結合させたモデルを用いて、確率評価を可能とする独自の気候実験を提案した。本研究ではその実験規格を拡張した、台風シーズンの日本付近の解析を目的とした EA(Event Attribution)実験を実施し、気候変動による TC への影響及び、本実験規格の評価を行う。

2. スラブ海洋結合全球大気気候モデル

MRI-AGCM を用いた気候計算を行う際、海面の状態を規定する必要がある。特に TC のような Storm は海洋内の混合を引き起こし、局地的な SST 低下(cold wake)を伴う。スラブ海洋モデルは海上風 U_{10} に依存した海面水温 SST の低下を表現するモデルで非常に計算コストが低い。本モデルの詳細については、岡田ら(2021)及び Zarzycki (2016)

を参照されたい。スラブ海洋モデルを MRI-AGCM に即時的に応答させることで、TC 下の海洋条件を表現する。本研究では水平解像度 60 km の MRI-AGCM を使用し、気候計算を実施した。

3. 月固定 EA 実験の設定

(1) 境界条件

MRI-AGCM で気候計算を実施する際、海面条件の規定が必要となる。本実験ではスラブ海洋モデル内の基準値に相当する SST と、海氷密度(SIC)の規定が必要であり、OISST による観測値と CMIP6 モデルから MEM (Multi-Model Ensemble Mean)を得ることで当該データを得た。具体的なデータ作成方法は岡田ら(2021)と同様である。

(2) 月固定 EA 実験

特定の月そのものをイベントと見なすことで、温暖化条件下の気候実験結果と比較を行う EA 実験を実施した。具体的には9月4ケースを対象に150カ月の長期連続計算を実施した。4ケースは1991-2018年の8-10月にかけて北西太平洋で発生した TC の発生数と、その上位 25%平均値の強度をもとに1992年、1999年、2014年、2018年とした。最初の一か月間は対象の9月の ERA5 再解析値をもとに再現実験を実施し、以降は前節の境界条件のみを固定することでトータル150月カ分の気候計算を実施した。なお将来に関しては追加で

10 カ月分の連続計算を行い、最初の 10 カ月を温暖化シナリオへのスピニアップ期間とみなす。

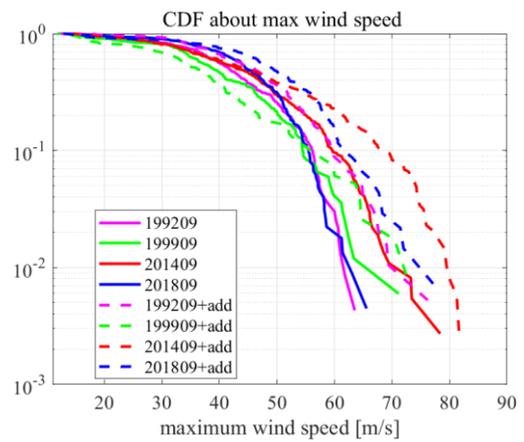
4. 結果

気候実験内で発生した TC について、日本付近 (25-50°N, 125-150°E) を通過したもののみを抽出して解析を行った。図-1(a)に最大風速に関する各ケースの累積分布関数(CDF)を示す。緑で示す 1999 年のケースを除き、いずれも実線で描かれた現在よりも破線で描かれた将来のほうが上回っていることが確認できる。1999 年のケースについても、約風速 54 m/s 以上では破線が上回っており、高強度の TC の割合が増加している。また、将来における高強度のテールが、現在に比べてどの程度強い位置にあるのかの検証を行った。具体的には将来気候の CDF 上位 10% に対して現在気候の CDF を何倍すれば RMSE が最小になるかを評価したものである。図-1(b)にその結果を示す。この結果より 1.06~1.16 倍の TC 外力を想定した防災が今後必要となる可能性がある。

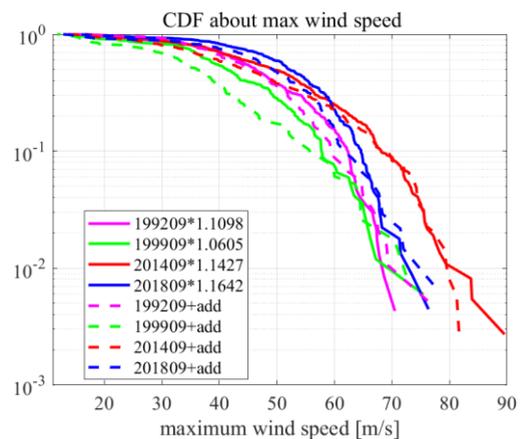
図-1 同様、日本付近を通過した TC について、最大風速の超過数に基づき経験的に求めた再現期間を図-2 に示す。黒線は本実験同様の温暖化差分を加えた岡田ら(2021)における 1991-2018 年の 28 年間を対象としたタイムスライス実験から、9 月に日本付近を通過した TC を抽出した結果である。本実験の 4 ケースについては、風速 40 m/s から 60 m/s の間で現在と将来の再現期間が逆転しており、高強度の TC については通過頻度が上昇する可能性を示唆する結果となっている。タイムスライス実験についても風速 30 m/s 強で同様の逆転が生じており、かつ曲線が概ね 4 ケースの間に収まっていることから、本研究の気候実験の妥当性が示された。

5. 結論

本研究では独自の長期連続気候実験を実施し、日本付近を通過した TC について解析を行った。気候変動に伴い、高強度 TC の割合及び通過頻度は上昇する結果となり、より強い外力を想定した防災が必要となる可能性が示唆された。また本実験規格の妥当性については再現期間の観点からのみに留まったが、より詳細な言及については講演時に行うものとする。



(a)



(b)

図-1; (a) EA 実験における日本付近を通過した TC の最大風速に基づく CDF. (b) (a)の将来気候の CDF 上位 10% に対して RMSE が最小となるように現在気候を x 倍した CDF (実線は現在気候、破線は温暖化差分を加えた将来気候計算結果。凡例の*以下は倍率の x を示す。

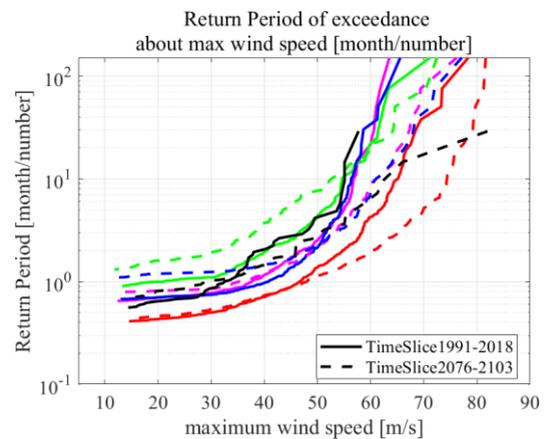


図-2; EA 実験における日本付近を通過した TC の最大風速に基づく再現期間。黒線は岡田ら(2021)におけるタイムスライス実験内で 9 月に日本付近を通過した TC を抽出した結果。(実線: 現在気候、破線: 将来気候)