

大阪公立大学 大学院工学研究科 都市系専攻 学生員 ○島田 大輝  
 大阪公立大学 大学院工学研究科 都市系専攻 正会員 中條 壮大

## 1 研究背景・目的

将来の気候変動が熱帯低気圧 (TC) に与える影響の予測は緩和策・適応策の立案に重要であり、近年では全球気候モデル (GCM) による  $4^{\circ}\text{C}/2^{\circ}\text{C}$  上昇を想定した大アンサンブル将来予測 d4PDF/d2PDF が提示され、高潮などの将来の TC 災害の確率評価も可能となりつつある。しかし、GCM は解像度不足などに由来して TC の強度や通過頻度の再現性にはバイアスがある。強度のバイアス補正は幾つか検討されているが、頻度の補正は特性値との相互作用もあり容易ではない。そこで梅田ら<sup>1)</sup>は特性値のバイアス補正を行った d4PDF データから全球確率台風モデル (STM) を作成し、通過頻度を整合させた多数の TC 資料から将来変化予測を行っている。ここではバイアス補正に正規分布型補正が用いられているが、補正方法が極値評価に及ぼす影響を検討する必要がある。また  $2^{\circ}\text{C}$  上昇を想定した d2PDF を用いた結果は示されていない。

本研究では正規分布と見なすことが難しい資料を対象に、少ない観測値の信頼性も考慮した新たなバイアス補正法を STM 構築に導入し、1)補正方法が将来予測結果に及ぼす影響を把握し、2)気温上昇量の違いが TC 変化に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

## 2 研究方法

### 2.1 使用データと確率台風モデル STM の概要

GCM から TC 経路データを抽出したもの (Shimura et al., 2016) を解析に用いた。ただし、冬期に日本に上陸するなど一部温帯低気圧化したとみられる資料も含む。GCM のバイアス補正量は観測資料 IBTrACS (1966-2020) と過去実験 d4PDF<sub>p</sub> の比較から決定し、その補正量は地点に依存し将来も変化しないと仮定した。バイアス補正した d4PDF<sub>p</sub> (60年×100) および将来予測の d4PDF (60年×90), d2PDF (60年×54) (6系統のアンサンブル結果を含む) を STM の校正資料とした。将来予測は SST 条件の異なる 6 系統 (CC/GF/HA/MI/MP/MR) で個別に

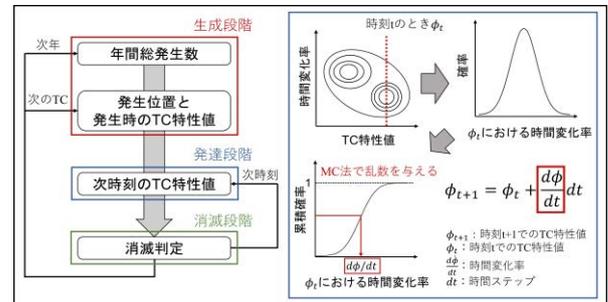


図-1 全球確率台風モデルの解析フロー

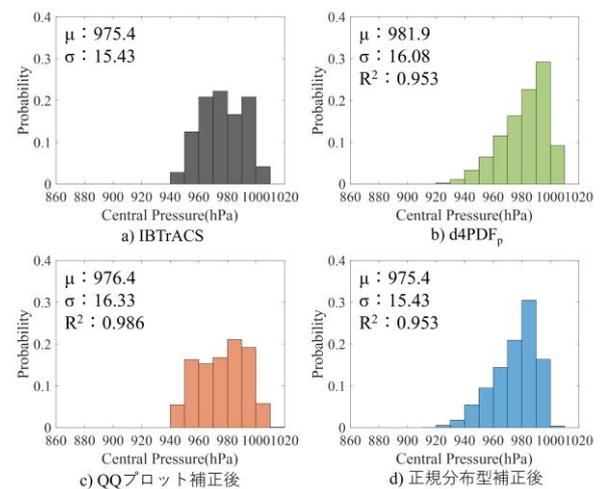


図-2 補正前後の中心気圧頻度分布の比較

モデル化した。モデル校正值以外の STM の構成は梅田ら<sup>1)</sup>と同様で、 $3 \times 3$ 度の格子内の TC 特性値(中心気圧, 進行方向, 進行速度)の変化率と前時刻値との関係を結合確率密度関数 JPFD として近似しモデル化した(図-1)。STM は生成・発達・消滅の3段階で構成され、年間総発生数と発生位置, 発生時の特性値が経験的 PDF で与えられ、モンテカルロ法 (MC 法) で確率値が与えられる。発達は前時刻値に対応する PDF を JPFD から求め、MC 法で決定される。消滅は中心気圧の条件と経験的 PDF から MC 法で決定される。

### 2.2 バイアス補正方法

正規分布型補正の対案として QQ プロット(分位数プロット)に基づく TC 特性値の補正方法を検討した。観測値と d4PDF<sub>p</sub> の統計的順位が同じであれば QQ プロッ

トは  $y=x$  の直線関係になる. この直線からの差分を特性値  $q$  の関数として補正関数  $C(q)$  を多項式近似で求めた. しかし, 観測値は資料数が限定的であるため, 低頻度の分位数を真値と見なすことには問題がある. そこで,  $d4PDF_p$  の頻度分布から限定数  $N$  個をランダムに取り出した時に元の頻度分布をどの程度再現できているかを, 分位数の変動幅から分析し, 元の頻度分布や資料数  $N$  に応じて変動幅が同一となるように地点毎に分位数閾値を決定した. 図-2 に補正前後の頻度分布比較を示す (中心気圧,  $N33-36^\circ$ ,  $E135-138^\circ$  の例). 正規分布型補正では平均値と分散は補正されるが, 分布の概形は補正されない. 一方で, QQプロット補正では元の観測値のように比較的扁平的な分布形状として補正されており, 観測値分布との相関も向上した.

### 3 将来予測変化

構築した過去モデルと将来 6 モデルの STM から各 1000 年相当の資料を作成し, 将来変化を評価した. 日本付近 ( $N30-60^\circ$ ,  $E120-150^\circ$ ) を通過する際の TC の中心気圧の頻度分布を年間の通過数で比較した (図-3, 将来予測は  $4^\circ\text{C}$  上昇時). 弱い TC の頻度は将来に減少し, 強い TC の頻度は変わらないか, やや増加するという傾向は既往の知見と一致する. 補正方法の違いは将来予測の頻度分布に影響を与えるが, 例えば MI では弱い TC が最も減少し, GF では強い TC が最も増加する, といったモデル間の傾向は補正方法によらず共通していた.

全球における台風の平均中心気圧の変化を図-4 に示す. ここでは将来予測の 6 モデルの平均変化を示している. 多くの海域で将来の平均中心気圧は減少する (強くなる). 通過数の少ない海域や南太平洋では逆に増加傾向も見られる. この傾向は  $4^\circ\text{C}$  上昇になるとさらに顕著になり, 日本周辺では概ね  $5\sim 8\text{ hPa}$  程度減少する. また, 北米東海岸でも減少傾向が顕著である.

図-5 は, 将来予測の GF モデルを例に, 大阪付近 ( $N34.2-35.0^\circ$ ,  $E134.8-135.6^\circ$ ) を通過した TC の平均中心気圧について累積分布を比較したものであり, a) と b) は異なるバイアス補正を用いたものである. 1000 年相当の資料では小領域を通過するサンプルは少なく, 低頻度な強い台風の数値はまだ不確実性がある点は注意が必要である. 中央値付近 ( $CDF=0.5$ ) ではどちらの補正方法でも  $2^\circ\text{C}$  上昇も  $4^\circ\text{C}$  上昇もやや強くなるという類似の傾向が見られる. 一方でより高頻度な弱い台風 (例えば  $CDF=0.8$ ) の場合, 正規分布型補正では  $2^\circ\text{C}$  と  $4^\circ\text{C}$  で

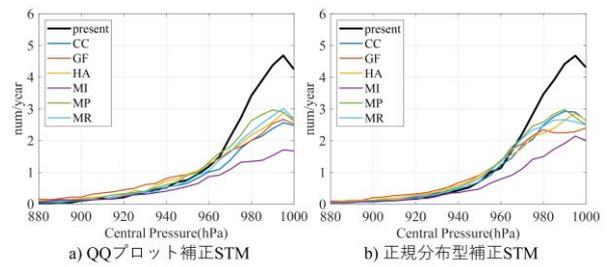


図-3 日本付近を通過する台風の中心気圧の頻度分布変化

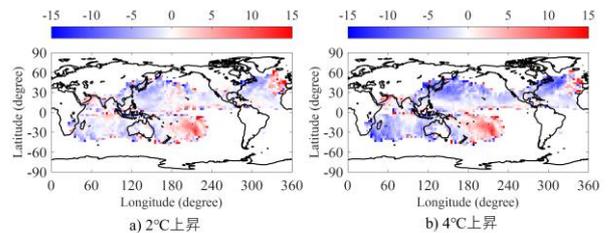


図-4 平均中心気圧の将来変化

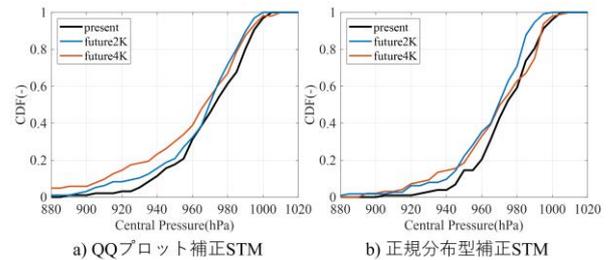


図-5 大阪付近における中心気圧の累積確率密度 気温上昇量による違い (GF モデル)

差が大きくなる. 逆に低頻度な強い台風 (例えば  $CDF=0.2$ ) の場合, 正規分布型補正の差はそれほど大きくないが, QQプロット補正では  $4^\circ\text{C}$  上昇の強化傾向が顕著である.

### 4 結論

STM による TC の将来予測は補正方法に対し敏感で, 小領域で比較した場合, 高頻度事例と低頻度事例とで応答が異なることが示された. ただし, やや大きな領域で比較したときに, 将来予測モデル間の変化傾向に大きな差はない. 多くの海域で平均中心気圧は将来低下し,  $2^\circ\text{C}$  上昇の変化パターンは  $4^\circ\text{C}$  上昇と類似している.

### 参考文献

- 1) 梅田尋慈, 中條壮大, 森信人: 大規模アンサンブル気候予測データ ( $d4PDF$ )を用いた全球確率台風モデルの開発, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.75, No.2, I\_1195-I\_1200, 2019.
- 2) Shimura, T., N. Mori and M. A. Hemer: Projection of tropical cyclone-generated extreme wave climate based on CMIP5 multi-model ensemble in the Western North Pacific, *Climate Dynamics*, Vol. 49, pp.1449-1462, 2016.