

## 第II部門

## 月別全球確率台風モデルを用いた4°C上昇条件下の熱帯性低気圧特性の予測

大阪公立大学工学部都市学科

学生員 ○中島 宏二郎

元大阪公立大学大学院工学研究科都市系専攻

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. 研究背景と目的

GCMによる大アンサンブルの将来予測であるd4PDFは、工学的に必要な低頻度災害を信頼性評価付きで分析できる強力なツールである。しかし熱帯性低気圧(以下、便宜上台風とも称する)の強度や通過数の再現性にはバイアスが存在し、解析結果をそのまま使用することには課題がある<sup>1)</sup>。モンテカルロ法(MC法)により統計的に多数の台風経路データを生成する確率台風モデルを用いた将来影響評価法は、個別の経路データでなく小領域毎に統計量に対し補正を行うため、台風経路データに経時的な不連続さを生じさせず、資料数を統計的合理性のもとに増加させることで災害の頻度解析を容易にする利点がある。梅田ら<sup>2)</sup>は正規分布型バイアス補正をしたd4PDFデータに基づき全球確率台風モデルGSTMを構築し、島田ら<sup>3)</sup>は分位数補正に基づくGSTMを提案した。どちらも台風特性の統計分析に季節変化は考慮されていない。観測データでは資料数が不足し考慮できない季節変化についても、d4PDFであれば季節毎にデータを分割しモデリングを行うだけの十分な資料数が確保できると考え、月別にGSTMを構築し熱帯性低気圧の将来変化予測を行った。

## 2. モデル作成に使用したデータとバイアス補正

d4PDF 台風データの校正用にはNOAAの熱帯性低気圧観測データベースIBTrACS(International Best Track Archive for Climate Stewardship)v04r00を使用した(1966~2020年)。確率台風モデルのモデルパラメータ決定に用いるd4PDF<sup>4)</sup>は気象研究所全球大気モデルMRI-AGCM3.2の出力結果であり、過去実験(1951~2010年)の60年×100アンサンブルと4°C上昇実験(2051~2110年)の60年×90アンサンブル(海水面温度の異なる予測6ケースCC,GF,HA,MI,MP,MRの15アンサンブル)を使用した。

d4PDFデータから台風経路データ(各時刻の台風中心位置と中心気圧)を抽出するスキームは複数の手法が提案されているが、ここでは大量の台風資料を対象とするため簡易手法であるShimura et al.<sup>5)</sup>の手法を用いた。ただし、この手法では温帯低気圧なども含むため、a)海上で発生し、b)期間内に17.5 m/s以上の風速を有し、c)季節ごとの到達可能緯度条件を満たすものに限定した。

GCMから抽出された台風経路データを分析すると、中心気圧と通過数の頻度分布の再現性にバイアスが見られる<sup>1)</sup>。通過数はGSTM内で台風経路や中心気圧の影響も受けるため、最終的に消滅判定でパラメータ調整を行うこととした。中心気圧はモデル内の台風の発達過程に直接影響するため、分位数プロットに基づいて3度格子の小領域毎に中心気圧値の補正を検討した<sup>3)</sup>。ただし、補正の基準として観測値を用いるため、資料数が少ない場合には低頻度の分位数の信頼性は十分ではなく、適切な補正が行われられない可能性がある。そこで、補正に用いる分位数の閾値を定め、それより低頻度な強い台風については弱い台風側の補正值から補正関数を推定することとした。補正分位数の閾値は、対象海域におけるd4PDFの中心気圧の頻度分布を用いて感度解析より決定した。

## 3. 全球確率台風モデルGSTMの概要

月別にモデルを生成する以外は既往のGSTMとほぼ同じモデル構成である。GSTMは台風の生成、発達、消滅の3段階で構成される。生成モデルでは、台風の月別発生数や発生位置、台風特性値がMC法で決定される。d4PDFの発生数バイアスは年間の発生数に対する補正係数を乗じることで対応した。月別発生数は個別の確率分布として求めると合計としての年間発生数が整合しないため、MC法で年間の総発生数 $N_{all}$ を求めてから、その偏差成分 $n_{all}$ を正規化された偏差が各月の発生数の

偏差成分  $n_i$  と一致するように配分することで決定した。すなわち  $n_{all}$  の正負が全ての  $n_i$  の正負を決定してしまうため、同じ年の月毎の比較は意味をもたない点には注意が必要である。将来変化量については、過去気候の発生数に将来変化量を加えて頻度分布を推定した。発生位置については過去気候では観測値と d4PDF の平均として2次元確率分布を推定し、将来気候では将来変化分を各地点に加えて合計が1になるように正規化した。発達モデルでは前時刻値と発達率に関する結合 PDF がクラスター分析と主成分分析を用いて推定され、MC法で各時刻の発達過程がシミュレートされる。結合 PDF は月別・海域別に定義される。消滅モデルでは経験的な消滅確率に基づき確率的に消滅した場合と、過去に台風が一度も通過したことの無い地点に台風が進行した場合および中心気圧が 1013 hPa 以上となった場合に消滅させた。GSTM は過去気候 1 モデル、将来気候 6 モデルを作成した。

#### 4. 精度検証と将来予測結果

過去気候モデルについて観測値との比較を行った。平均中心気圧については図-1 のように低緯度では比較的誤差は小さいが、日本や北米東岸などで大きく、過小評価（強い台風が発生）している。各地点の頻度分布で比較すると、分位数補正によって全体的な分布形状の類似度は高まったものの、中緯度付近で強い台風の割合が高くなった結果、平均値が過小評価となったことが示された。進行速度や進行方位、通過数の精度は比較的良好であった。台風経路データを用いてモデル構築をしたところ、再現性は向上したことから、平均値の再現性低下はバイアス補正によりもたらされた可能性も高いと考えている。

日本周辺の 4°C 上昇の将来予測結果を 6 モデル平均で評価すると、全体では平均的な台風はやや強くなるが、8 月には強くなる傾向が明瞭で、9 月には逆に弱くなる傾向にある。このように季節ごとで将来変化傾向が異なる結果となった。また図-2 に示すように頻度分布からは 8 月も 9 月も各中心気圧の通過数は将来に減少することがわかる。ただし台風通過数の減少とともに 8 月には分布形状が扁平になり、ピーク値が中心気圧の強まる方向にシフトしている。このため平均値としては強くなる傾向が現れたと推測できる。一方で 9 月も分布は扁平

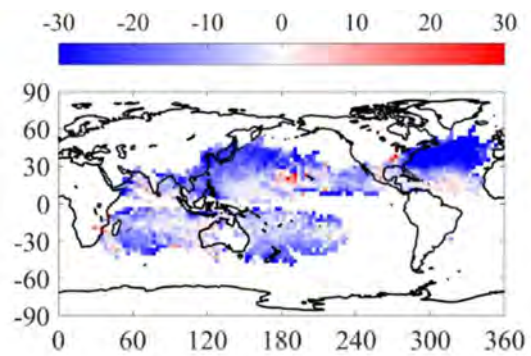


図-1 平均中心気圧の再現性 (GSTM-観測)

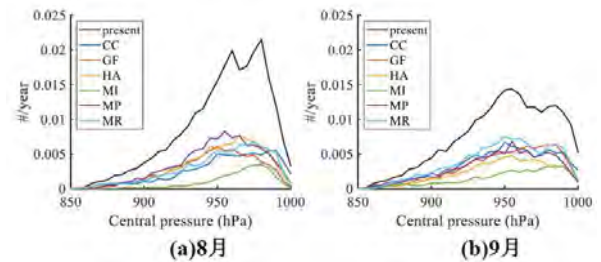


図-2 代表月の中心気圧別の襲来頻度変化 (present は過去気候モデルの結果を表す)

になるがピーク位置は比較的台風が弱まる方向にシフトしている。

#### 5. まとめ

d4PDF から抽出された台風経路データに適切なスクリーニングを行い、分位数プロットに基づくバイアス補正を行った。このデータをもとに月別に GSTM を構築した。頻度分布形状の再現性は向上したものの、極端に強い熱帯低気圧の影響で、平均中心気圧の再現性は十分ではない。この原因はバイアス補正法にあると推測され、今後の課題である。将来変化の傾向には月別の変化があり、一様ではないことが示された。

#### 参考文献

- 1) 中條ら (2024), 都市防災研究論文集, Vol.11, 31-36.
- 2) 梅田ら (2019), 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 75, 2, I\_1195-I\_1200.
- 3) 島田ら (2023), 関西土木工学交流発表会概要集, U2158A.
- 4) Mizuta, R. et al. (2017), *BAMS*, pp.1383-1398.
- 5) Shimura, T. et al. (2016), *Climate Dynamics*, Vol.49(4), pp.1449-1462.