

d4PDF の台風トラックデータの過去実験結果の評価

(正) 室井直人 (セントラルコンサルタント株式会社 大阪支社)

(正) 鷲田正樹 (セントラルコンサルタント株式会社 大阪支社)

1. まえがき

沿岸海洋防災の気候変動への対応を考える場合、台風特性が将来どのように変化するかを見定めることが重要である。気候変動の将来予測は気候予測モデルの結果をベースにしているため、モデルで台風がどの程度再現できるのを知っておく必要がある。このためには、気候モデルによる過去の台風の再現性を知ることが必須である。わが国では、地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース (database for Policy Decision making for Future climate change; d4PDF) を活用する事が推奨されているため、本研究では d4PDF の過去実験結果から数値モデルによる台風の再現性の検討を行うとともに、将来予測結果を使用する場合の補正する方法を提案する。

d4PDF の全球モデル (60 km 解像度) の過去実験では、観測された海面水温 (SST) と海氷、温室効果ガス濃度変化、硫酸性エアロゾル濃度変化、オゾン濃度変化、火山性エアロゾル濃度変化を与えている。全球モデルの解析結果から検出された台風トラックデータが公開されている。実験期間は 1951 年から 2011 年の 60 年間で、異なる初期値と観測された海氷と海面水温 (SST) に小さな摂動を加えた 100 メンバーについて再現計算が行われている。気象庁の台風ベストトラック(以降 BT と呼ぶ)では、1951 年以降、6 時間ごとの台風の中心位置と中心気圧が整備されている。これを検証用として、d4PDF の台風トラックと比較する。対象とする台風は日本への接近台風とする。比較する項目は、(1)最低気圧発生位置、(2)最低気圧ヒストグラム、(3)中心気圧の時間変化 (台風の時間波形) である。

2. d4PDF の台風トラック

全球の気象モデルは観測データを同化した再解析モデルと異なり、現実台風を再現することはできないが、この出力から、相対渦度、風速、鉛直温度偏差等の最大値を指標として台風を抽出する方法が提案されている。最終的には、BT の「台風の数」が再現できる事で検出指標の適用性を評価している。ここで用いる台風トラックデータは、全球の気象モデル実験である d4PDF の出力から、Webb らの手法¹⁾で台風の中心位置、気圧、半径等を抽出した公開データセットである。台風の特性は海洋毎に異なっているため、Webb らの手法は必ずしも日本近海の台風抽出に適しているとは言えないが、この点を改良することは行わず、d4PDF の台風トラックデータを使う場合の適切な補正方法を見出すために、(1)最低気圧発生位置、(2)中心気圧の時間変化 (台風の時間波形)、(3)最低気圧ヒストグラム、の台風特性の評価を行った。

2.1 接近台風

日本近海の台風特性を調べるため、接近台風を定義した。すなわち、135E,35N の点を中心とした半径 1,000 km の円内を通過した台風を接近台風として定義し、解析の対象とする。図-1 に、d4PDF の全球台風トラックデータ (メンバーm001、1951-1980 年) を示す。赤い線は最低気圧が 940 hPa 以下の台風経路である。緑色の円は接近台風を抽出するための半径 1,000 km の円である。

2.2 台風経路と最低気圧発生位置

図-2 に、1951 年の d4PDF の台風トラック (100 メンバー) を示す。図中、●印は最低気圧発生位置で、d4PDF の経路は最低気圧が 960 hPa 以下 (赤、青、紫) の台風が示してあり、その他 (緑、黄) は最低気圧発生位置のみが示されている。

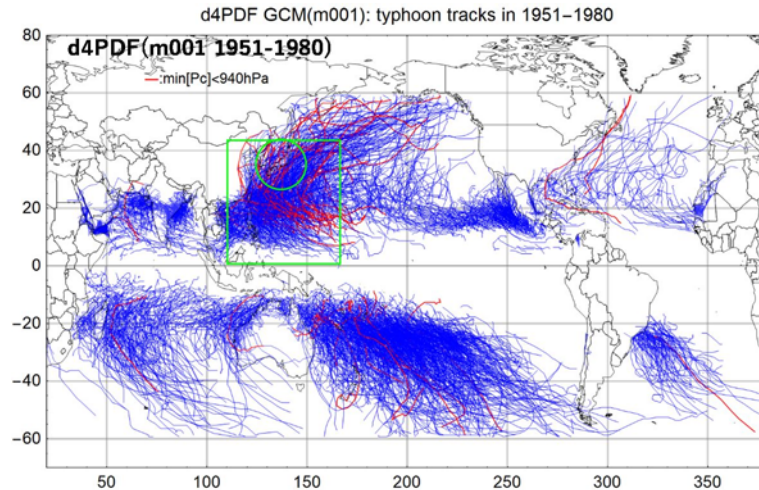


図-1 d4PDF の台風トラックデータ (1951 年メンバーm001) と抽出円 (半径 1,000km)

図-3 に、1951 年の BT の経路と最低気圧発生点 (紫) および d4PDF の最低気圧発生点 (青：920–960 hPa、赤：920 hPa 以下) を示す。1951 年の実験結果では、744 台風が抽出され、最低気圧が 960 hPa 以下は 251 台風で、BT では 9 個の接近台風が発生し、最低気圧が 960 hPa 以下は 4 台風であった。この年は、年間の発生台風数は 1 メンバー当たり 7.44 個/年なので、BT の 9 個/年に比べて過小評価 (83 %) となっている。960 hPa 以下の台風数では、BT で 4 個/年、d4PDF で 2.51 個/年となり、かなりの過小評価 (63 %) となっている。

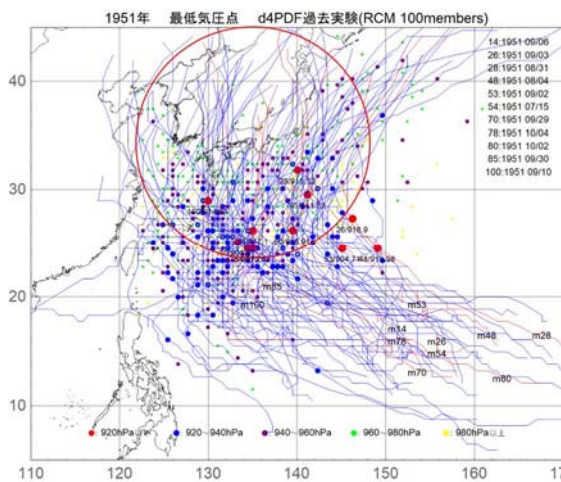


図-2 d4PDF の台風トラックデータ (1951 年)

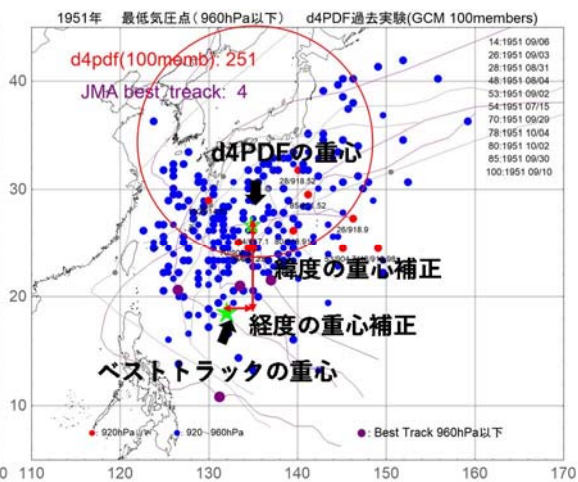
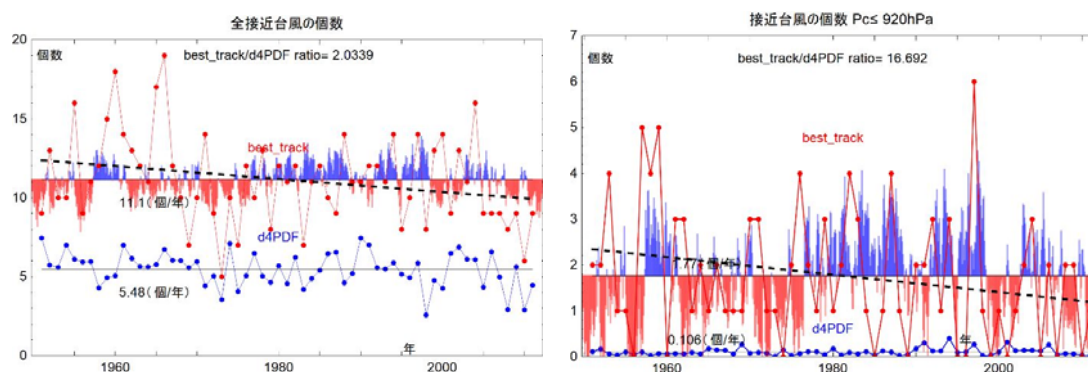


図-3 1951 年の BT の経路と最低気圧発生点

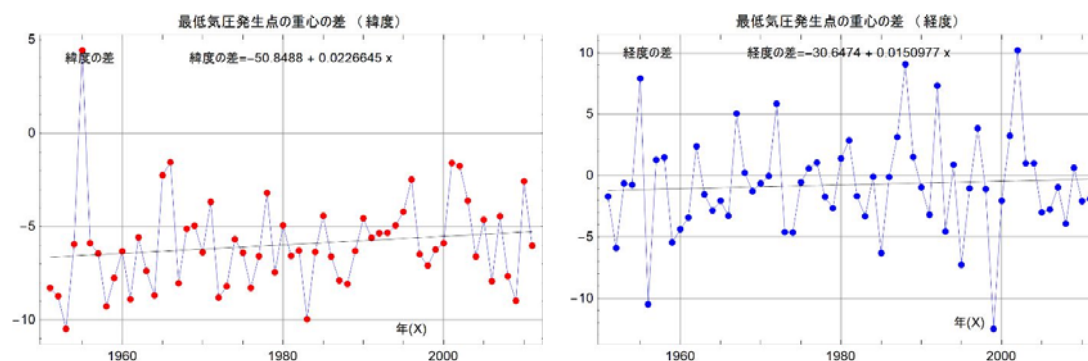
図-4 に 1951–2011 年の年間の接近台風の個数を BT (赤点線) と d4PDF (青点線) について時系列で示した。左図は全台風、右図は最低気圧が 920 hPa 以下の極めて強い台風である。図中に赤 (負 : cool phase) と青 (正 : warm phase) で太平洋十年規模振動 (Pacific Decadal Oscillation: PDO) のインデックスも示した。Cool phase では北西太平洋の海水温が高くなるので台風が強くなり、発生個数も増加し、warm phase ではその逆となると考えられる。BT のトレンドを 1 次関数でフィットすると黒い破線のように右下がりになり、PDO との関連があるように見える。全発生台風では、BT で 11.1 個/年、d4PDF では 5.48 個/年で、920 hPa 以下の強い台風に限ってみると d4PDF では 0.106 個/年、BT で 1.77 個/年で、過去実験では強い台風の発生が再現できていないことがわかる。

図-2 と図-3 を比較すると、BT では最低気圧の発生点 (多くの台風で、進行方向が変わる点) が低緯度で、過去実験では極寄りになっていることが解る。



図－４ 1951－2011 年の年間の接近台風の個数

BT と d4PDF の両者について最低気圧発生点の重心を、図－３ に緑の☆印で示した。これらの相異を補正する緯度、経度の各年の差を時系列で示すと、図－５ のようになり、緯度方向の補正が－6 度で経度（－1 度）に比べて大きいことがわかる。



図－５ BT と d4PDF の最低気圧発生点の重心を補正する緯度、経度の差の時系列

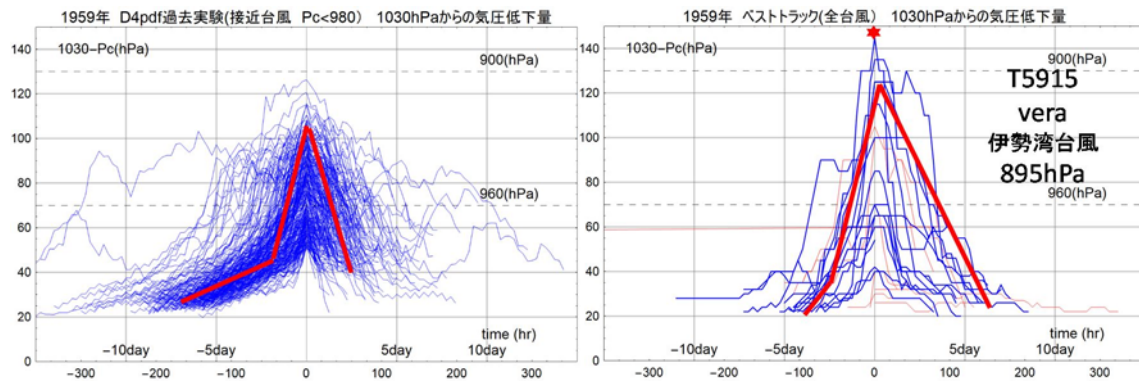
2.3 中心気圧の時間変化（台風の時間波形）

多くの台風は、生成点（genesis location）から発達しながら北上し、最低気圧点に到達すると進路を東方向に変えて減衰を始め、最終的に温帯低気圧に変わる。この過程を中心気圧の時間変化で描写すると、図－６ のようになる。縦軸は 1030 hPa からの差で、横軸が時間である。左図は 1959 年の d4PDF の 100 メンバーの内 980 hPa 以下の台風の時間波形、右図は伊勢湾台風を含む BT の全ての台風の時間波形（青：接近台風。赤：その他の台風）である。両者を比較すると、過去実験結果は中心気圧 P_c が $1030 - 50 = 980$ hPa まではゆっくり発達し 980 hPa を超えると急速に発達する 2 段階の過程を取り、最低気圧到達後は比較的早く減衰している。一方、実際の台風は 2 段階の発達過程は見られず、減衰過程は数値モデルよりは緩やかである。

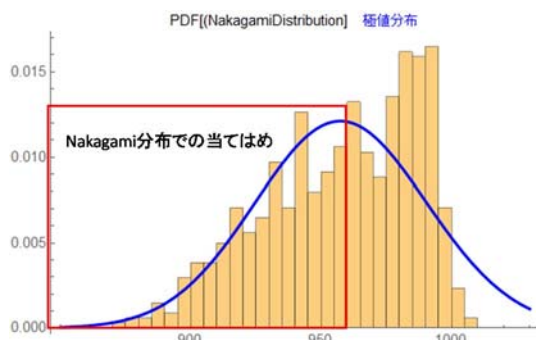
2.4 最低気圧ヒストグラム

BT の最低気圧の頻度分布は図－７ のようで、960 hPa 以下の頻度分布を Nakagami 分布で当てはめると青線の様である。一方、d4PDF の過去実験では図－８ のような頻度分布になり、900 hPa 以下の気圧の低い台風が再現できていないことが解る。Nakagami 分布で 960 hPa 以下の頻度分布を書き換えると緑の棒グラフのようで、940 hPa 以下の過去実験との相異が大きく、災害を引き起こす台風の再現にはこの点を補正する必要がある。

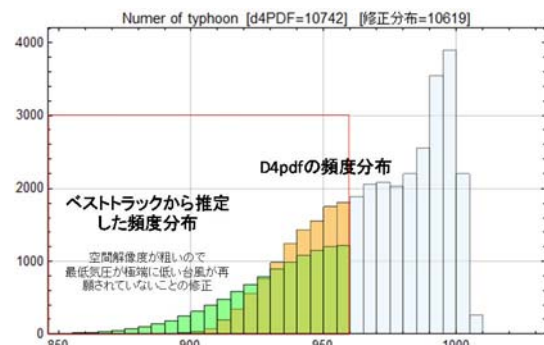
図－９ は累積確率分布（CDF）のマッピングで d4PDF を BT の分布に近づける補正を行う方法を示したもので、 CDF_{BT} : BT の CDF 分布、 CDF_{d4PDF} : d4PDF の CDF 分布、 CDF^{-1}_{BT} : BT の InverseCDF 分布である。d4PDF の気圧 P_0 を BT の分布 P に一致させる方法を示している。



図－6 台風の時間波形 左図：d4PDF ($P_c < 980\text{hPa}$) 右図：BT の全台風 (赤は接近台風以外)

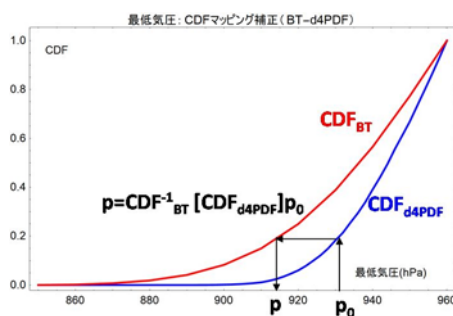


図－7 BT の最低気圧の頻度分布



図－8 過去実験の最低気圧の頻度分布 (緑：BT 分布で補正)

図－10 は $P_0 \rightarrow P$ の対応関数 (上図) とそれにより補正した d4PDF の 960 hPa 以下の頻度分布 (下図) である。 $P_0 \rightarrow P$ の対応関数の作成により、d4PDF の最低気圧の頻度分布を、図－8 の緑色の棒グラフに示されるように補正することが可能である。



図－9 BT の最低気圧の頻度分布



図－10 過去実験の最低気圧の頻度分布 (緑：BT 分布で補正)

3. 研究の結果

日本に接近した台風に限定して、d4PDF の台風トラックデータの特性と補正すべき点を示した。

(1) d4PDF の結果は最低気圧発生点が緯度で 6 度程度北にシフトしている。(2) 中心気圧の時間波形の BT と d4PDF の相異 (発達、減衰過程) を明らかにした。(3) 過去実験結果では再現されていない極めて低い最低気圧の台風の頻度分布を補正する方法を示した。

参考文献

1) Webb, A., T. Shimura, N. Mori: Global Tropical Cyclone Track Detection and Analysis of the d4PDF Mega-ensemble Projection, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.75, No.2, pp.I_1207-I_1212, 2019.