

# 台風の種および台風への生存率に関する気候特性の解析

池端 耕輔 (東京大学 大気海洋研究所 佐藤正樹研究室)

## 1. はじめに

台風は海上風速が一定以上に到達した熱帯低気圧で、その発生数は気候における台風の役割の理解や防災において重要な問題である。台風発生数は特に大規模環境場で説明されてきたが (e.g., Gray 1975; Emanuel and Nolan 2004; Tippet et al. 2011)、理論的保証や普遍性に課題がある。そこで台風になる前の弱い渦 (台風の種) の発生数と台風への生存率を区別し、それぞれの特性が調べられている。しかし種の発生数と台風発生数の相関や (Hopsch et al. 2007; Hennon et al. 2013; Vecchi et al. 2019) 生存率の海盆差 (Hennon et al. 2013; Tory et al. 2018) は研究手法により異なっており、種の発生数の変動要因も不明である。また生存率は湿度や鉛直シアなど環境場による変化が示唆されるが (Chen et al. 2018; Zhao et al. 2019; Song et al. 2020) 統一見解には至っていない。

本研究の目的は、台風発生数が決まる仕組みの全体像を台風の種に着目して理解することである。まず台風の種の発生数及び生存率と台風発生数の関係を調べ、次に種の発生数と総観規模の循環、生存率と周辺環境場の関係を中心に明らかにする。(周辺大気場の構造に関しては本稿では割愛)

## 2. データと手法

大気場及び海面水温のデータとして再解析 ERA5 (水平解像度  $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 、気圧面 37 層)、台風観測値はベストトラック IBTrACS の、それぞれ 6 時間毎データを使用した。解析期間は 2000 年から 2018 年の 7 月から 10 月で、北半球の事例を対象とした。

台風の種の抽出方法は以下の通り。まず Gaussian 平滑化した 850 hPa 相対渦度が極大値 ( $4^{\circ} \times 4^{\circ}$  以内) かつ  $3.0 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  以上の格子点を検出する。次に前後のステップで  $6^{\circ}$  以下かつ最短距離の組合せを同一渦として経路接続する。更に寿命が 48 時間以上で、海陸比 ( $8^{\circ} \times 8^{\circ}$ ,  $3^{\circ} \times 3^{\circ}$  内で海の割合) が 0.9 以上の状態が 24 時間以上続く事例を台風の種とする。

最後に、同一時刻・半径  $3^{\circ}$  以内で風速  $17.4 \text{ m/s}$  以上の観測事実が 12 時間以上連続で IBTrACS に見つかれば発達 (DEV)、その他を不発達 (NDV) の事例とする。DEV と NDV を合わせて ALL と呼ぶ。

## 3. 結果

ALL 発生数、生存率、台風発生数の年々変動を調べた (図 1)。生存率は ALL 発生数より変動が大きく、台風発生数とよく同調している (変動係数、相関係数で定量的に確認済)。ゆえに台風発生数の変動主要因は生存率である。次に ALL 発生数と生存率の水平分布 (図 2) を見ると、EP と NA では台風の種の集中発生域が存在する。また EP と NA に顕著だが、海盆内で生存率の高低差が存在する。

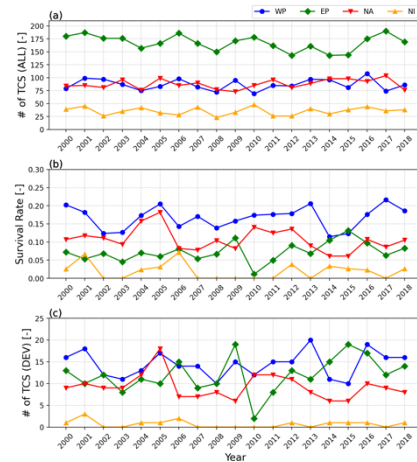


図 1 各年の (a) ALL 発生数 (b) 生存率 (c) DEV 発生数。発生数は JASO の和、生存率は JASO 平均値。青は北西太平洋 (WP)、緑は北東太平洋 (EP)、赤は北大西洋 (NA)、黄は北インド洋 (NI)。

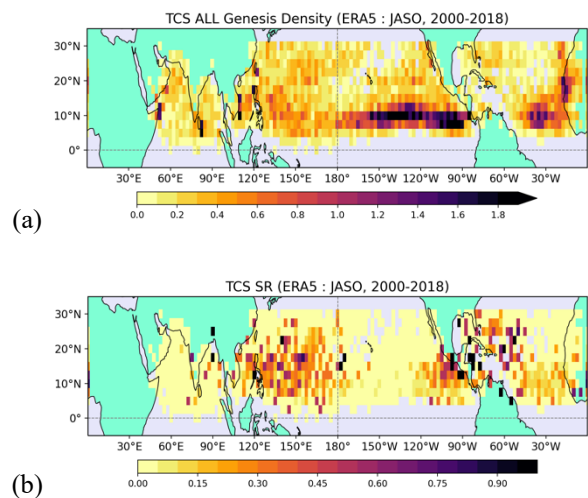


図 2 台風の種 (ALL) の (a) 発生頻度 [1/yr] (b) 生存率。  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$  格子で計算。

続いて台風の種の発生数の変動要因を調べた。東西  $30^{\circ}$ ×南北  $5^{\circ}$ の各領域で月毎に ALL 発生数と 850 hPa 相対渦度の領域平均値 (渦度平均場) を求め、相関係数および単回帰係数を算出した (図 3)。広範囲の正相関 (図 3 a) は ALL 発生数が渦度平均場の増加に応じて増える傾向を示すが、回帰係数の違い (図 3 b) はその応答感度の地域差を意味する。(WP, EP における総観規模循環との関係は本稿では割愛)

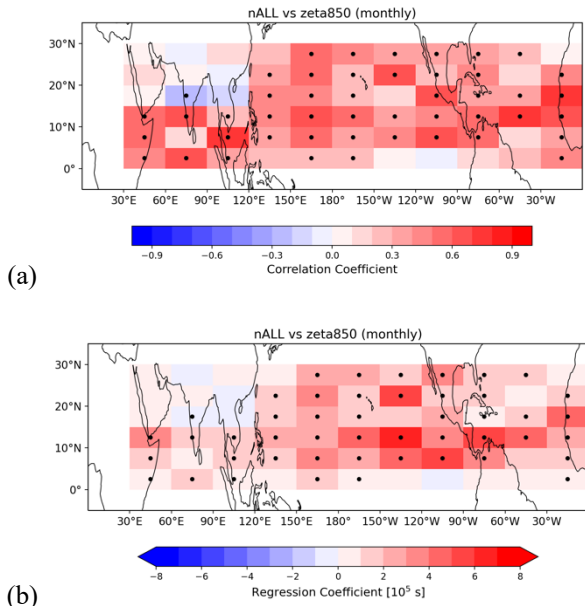


図 3 (a) 各月の ALL 発生数と渦度平均場 (本文) の相関係数 (b) ALL 発生数から渦度平均場への単回帰係数 [ $10^5$  s]。黒点は 5%水準の有意性。

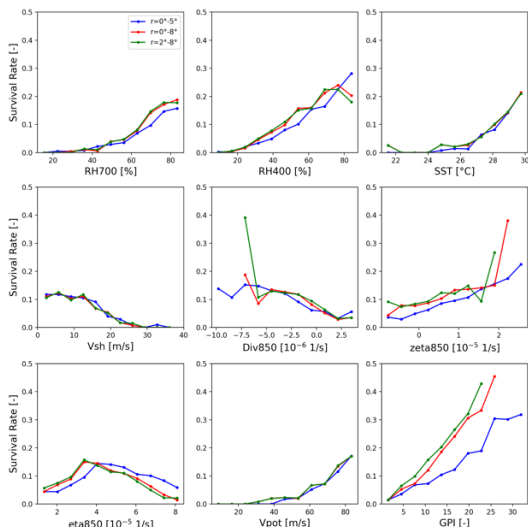


図 4 台風の種が発生した時の周辺環境場 (本文参照) に対する生存率の変化。青が半径  $0^{\circ}$ - $5^{\circ}$ 、赤が  $0^{\circ}$ - $8^{\circ}$ 、緑が  $2^{\circ}$ - $8^{\circ}$ の平均。

次に周辺環境場と生存率の関係を調べた (図 4)。台風の種が発生した時の 700 hPa 及び 400 hPa の相対湿度 (RH700, RH400)、SST、鉛直シア (Vsh)、850 hPa の発散 (Div850)、相対渦度 (zeta850)、絶対渦度 (eta850)、Potential Intensity (Vpot)、GPI に注目した。生存率が初期の周辺環境場に応じて変化する傾向は Song et al. (2020) と整合する。本研究では更に時空間平均法の比較、及び細分化した領域での計算を行い、大半の変数について普遍性を示した (図略)。

生存率分布 (図 2 b) を説明するため、周辺環境場を台風の種の発生地点ごとに平均した。本稿では RH400 と鉛直シアの結果だけ示す (図 5)。NI 東部等を除けば生存率の大小は RH400 の大小と対応する領域が多い。また NI 東部や WP, EP 北部の低い生存率は強い鉛直シアと対応する。この結果は、図 4 に示す関係が生存率の水平分布を定性的に説明できることを意味する。なお WP, EP, NA における生存率の月変動についても同様の結果を得た (図略)。

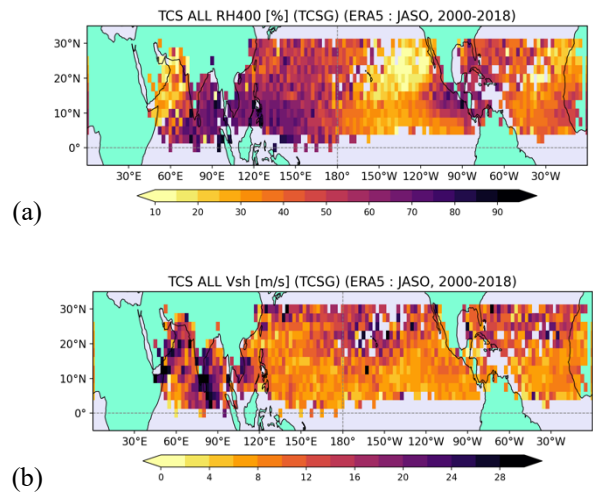


図 5 台風の種発生時の (a) RH400 [%] (b) 鉛直シア [m/s] の平均値。  $2.5^{\circ}$ × $2.5^{\circ}$ 格子で計算。

#### 4. まとめ

台風発生数が決まる仕組みを台風の種に着目して調べた。台風の種の発生数は総観規模の対流圏下層渦度平均場に伴って変動し、生存率は発達過程と関わりの深い周辺環境場によって決まることが示唆された。ただし生存率の方が台風発生数の変動に大きく寄与し、環境場と台風発生数の相関が現れると考えられる。今後の課題は台風の種の発生数と渦度平均場の力学的な関係や、季節平均環境場と周辺環境場の関係を調べることである。