

## 北緯 25 度以北での台風発生について Tropical cyclogenesis north of 25°N

○中野満寿男

○Masuo Nakano

Usually, Typhoons formed over the tropical western north Pacific (WNP) or the South China Sea (SCS), but some typhoons formed north of Tropics (e.g., north of 23.4°N). To mitigate impact of typhoons formed north of the tropics on the Japanese Islands, accurate typhoon genesis forecast for such storms should be helpful because shorter lead time before it influences Japan is expected for such storms than those formed in the tropics. Here we examined (1) monthly frequency of typhoon genesis, (2) relationship between the western north Pacific monsoon index (WNPMI) and storm formation, (3) relationship between phases of the boreal summer intraseasonal oscillation (BSISO), and (4) characteristics of environmental parameters at the formation time. We found that typhoons formation in the north of 25°N occurred in July–November and the most frequent month is August. In August, 52% of formation in the north of 25°N occurred when WNPMI is abnormally small. Typhoon formation frequency in August in the north of 25°N is smaller for phase 6–7 and larger for phase 8 than that of whole the WNP or the SCS. Appearance frequency of relative vorticity at 850 hPa and the sea surface temperature for typhoons formed in the north of 25°N is different from those of whole the WNP and the SCS.

### 1. はじめに

気象庁の定義によれば、台風は北西太平洋または南シナ海の熱帯の海上で発生する最大風速 17m/s 以上の熱帯低気圧である。では熱帯とはどこを指すのであろうか？米国気象学会の glossary で ”Tropics” を検索すると (<http://glossary.ametsoc.org/wiki/Tropics>)、第一に熱帯の気候で特徴づけられる場所、第二に南北回帰線の赤道側と出る。第一の定義は解釈が難しいので、第二の定義に従うとすると、台風は北緯 23.4 度以北では発生しないことになるが、実際にはそれ以北でも台風は発生している。

現在気候においては、日本は台風の主要な発生発達海域から十分に離れており、数値予報に基づく台風進路予測の高精度化のおかげもあり、台風が発生してからの進路予測に基づく対応によって、多くの場合、台風による被害軽減がある程度可能である。その一方で近年、地球温暖化に伴い、東アジア沿岸において海面水温が上昇トレンドを示しており、この影響で上陸台風が強化しているのではないかという研究がある (Mei and Xie, 2016) ことを考えると、将来気候においては「熱帯外」である、北緯 25 度以北で台風が発生した台風が急に発達しながら日本に上陸することもありうる。

実際、2016 年に、台風 1609 号が熱帯で発生したが、日本の沿岸で発達し北海道に大きな被害をもたらした。また、台風 1610 号は熱帯外で発生し、観測史上初めて東北地方太平洋側に上陸し、甚大な被害をもたらした。したがって日本に近い「熱帯外」での台風発生がどのような時に起こるのかを調査しておくことは、防災上の意義も大きい。

北緯 25 度以北で台風が発生する場合は、この海域に於いて対流活動を活発にするような大気現象が発生していることが予想される。このような大気現象の候補として、モンスーン渦 (Lander 1994)、逆方向モンスーントラフ (Lander 1996), PJ パタン (Nitta 1987) が考えられる。いずれの大気現象も北西太平洋域におけるモンスーンの強弱と関係していると考えられる。

本研究では、以下の 4 点を明らかにする。第一に北緯 25 度以北での月別台風発生数はどうなっているのか、第二に北西太平洋モンスーン指数 (Wang et al. 2001、以下 WNPMI) と発生数の関係はどうなっているのか、第三に北半球夏季季節内変動 (BSISO) と発生数の関係はどうなっているのか、第 4 に北緯 25 度以北での台風発生環境場は他の台風発生環境と異なっているのか。これらを理解することで、北緯 25 度以北における台風発生の

理解を深める。

## 2. データと解析手法

本研究では 1979-2016 年の以下のデータセットを用いた。

- ・気象庁 55 年長期再解析データ (JRA-55) (Kobayashi et al. 2015)
  - ・NOAA OLR データ
  - ・RSMC Tokyo ベストトラックデータ
  - ・COBE-SST (Ishii 2005)
- BSISO の定義は kikuchi et al. (2012) を用いる。

## 3. 結果

### 3-1. 北緯 25 度以北での月別台風発生数

北西太平洋における台風の発生数は 8 月に最大となり、2 月に最小となっている (図 1 実線)。一方で、北緯 25 度以北だけに限定してみると、7-11 月だけ発生しており、他の月は発生がない。最も発生が多いのは 8 月であり、平均 0.9 個の発生がある。以後、8 月の台風発生にのみ着目した解析を行う。

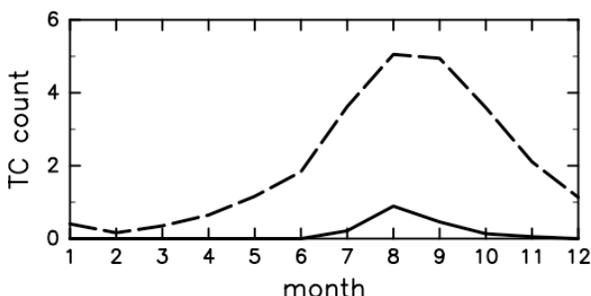


図 1 北西太平洋全体 (破線) と北緯 25 度以北 (実線) における月別台風発生数。

### 3-2. 8 月における北西太平洋モンスーン指数の年々変動と北緯 25 度以北での月別台風発生数との関係

表 1 は 8 月に北緯 25 度以北において台風が発生した年を発生数が多い順に整理している。また、図 2 は 8 月における WNPMI の年々変動を示している。表 1 と図 2 を見比べると発生数が 5 個と最多だった 1988 年は WNPMI がもっとも小さかったことがわかる。また発生数が 4 個だった 1999 年、3 個だった 1996 年も WNPMI が 30 年平均よりも 1 標準偏差以上小さい。

表 1 8 月における北緯 25 度以北での台風発生頻度の多い年

個数	年
5	1988
4	1999
3	1992, 1996
2	1981, 1985, 1991, 2004, 2008, 2016
1	1987, 1989, 1990, 1994, 1995, 2006, 2009, 2010, 2012
0	その他の年 (19 年)

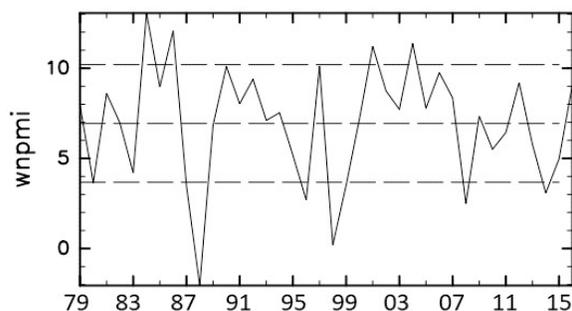


図 2 8 月における WNPMI の年々変動。横軸は 1979 年からの年数。破線は気候値と  $\pm 1$  標準偏差をそれぞれ示す。平均と標準偏差は 1981-2010 年のデータから計算した。

8 月の北緯 25 度以北での発生数 2 個以上だった月について発生数と WNPMI の気候値からのずれを整理すると表 2 のようになる。半数以上の台風が WNPMI 負偏差の年に発生している。逆に正偏差の時の発生は 7% である。したがって WNP 不偏差の年には北緯 25 度以北での台風発生が多いといえることができる。

表 2 WNPMI の大小による台風発生数 (ただし 2 個以上発生した年のみカウントした。)

WNPMI	個数
$1\sigma$ 以上正偏差	2 個 (7%)
中立	11 個 (41%)
$1\sigma$ 以上負偏差	14 個 (52%)

### 3-3. BSISO と北緯 25 度以北での発生数との関係

図 3 は台風発生日における BSISO の位相ごとの台

風発生頻度を示す。

BSISO が明瞭でない位相 0 や北西太平洋域で対流不活発位相である位相 1-4 においては、北緯 25 度以北での台風発生頻度と全台風の発生との間にほとんど差が見られない。しかしながら北西太平洋における対流活発位相である位相 5-8 においては、北緯 25 度以北での台風発生頻度が全台風発生頻度に比べて、位相 6-7 で小さく、位相 8 で大きくなっている。本研究で用いている、Kikuchi et al. (2012) では OLR 偏差のみを用いて BSISO の定義しており、位相 5-8 にかけて北西太平洋における対流活発域は北進している。したがって、北西太平洋域において、対流活動が北偏している場合に、北緯 25 度以北における台風発生が多いと考えら

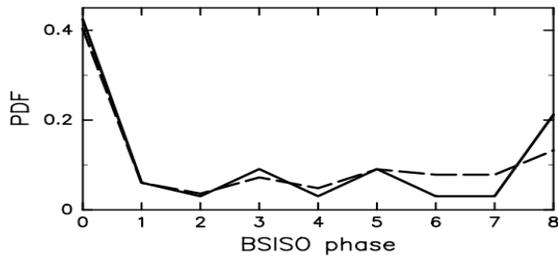


図3 台風発生日における BSISO 位相ごとの台風発生頻度。破線は全台風発生頻度、実線は北緯 25 度以北での発生頻度を示す。なお、位相 0 は BSISO の振幅が 1 より小さい場合である。

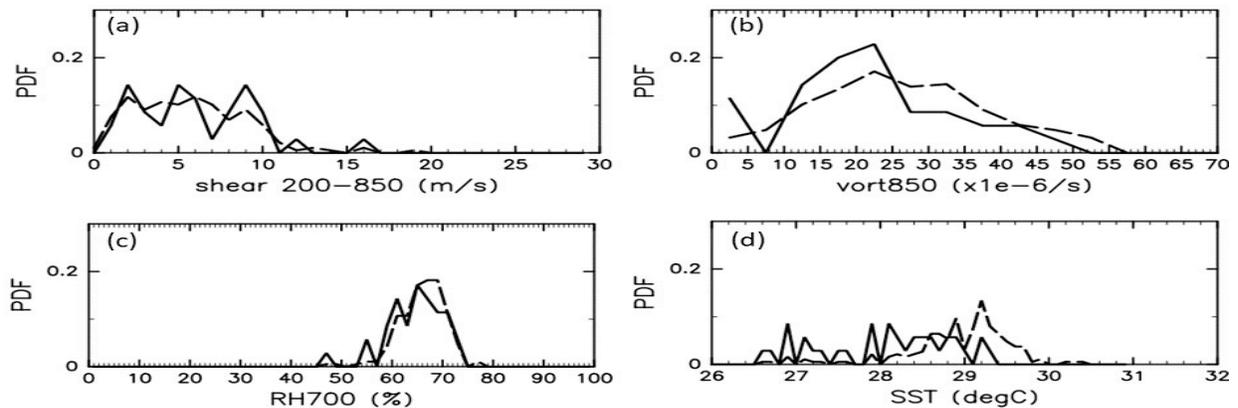


図4 台風発生時刻において、台風中心を重心とする 10 度四方の矩形領域で平均した大規模環境パラメータの出現頻度分布。破線は全台風発生について、実線は北緯 25 度以北の台風発生について示す。(a)200-850hPa の鉛直シアーの大きさ、(b)850hPa における相対渦度、(c)700hPa における相対湿度、(d)海面水温をそれぞれ示す。なお SST の解析には COBE-SST の月平均値を用いた

れる。

### 3-4. 台風発生環境場

図4は台風発生時における台風中心を重心とする 10 度×10 度の矩形領域で平均した、大規模環境パラメータの出現頻度を示す。北緯 25 度以北での台風発生に対する出現頻度と全台風に対する出現頻度との間に差が見られたのは 850hPa 面における渦度 (図 4b) と SST (図 4d) であった。850hPa 面における渦度は小さい側の出現頻度が大きく、SST は、低い側の出現頻度が大きい。SST については台風発生域が北緯 25 度以北については北に位置しており、SST が低いことと対応していると考えられる。SST 偏差の出現頻度で見た場合にはほとんど差が見られなかった (図示せず)。

での台風発生について以下の4つの視点から解析を行った。

- ・ 北緯25度以北での月別台風発生数
- ・ WNPMIと発生数の関係
- ・ 北半球夏季季節内変動(BSISO)と発生数の関係
- ・ 北緯25度以北での台風発生環境場

北緯25度以北での台風発生は7-11月におきており、8月の台風発生頻度が最も多かった。以後8月の台風発生にのみ着目し解析した。北緯25度以北での台風発生のうち、半数以上はWNPMIが不偏差の年に発生していることがわかった。台風発生時のBSISO位相ごとの北緯25度以北での台風発生頻度は、全台風発生頻度と比べて位相6-7で少なく、位相8で多いことがわかった。北緯25度以北での台風発生時の大規模環境場パラメータは850hPaの相対渦度が小さい頻度が多く、海面水温が低い頻度が多いことがわかった。

本解析においては北緯25度以北での台風発生数がそもそも少ないという問題点がある。今後は解析期間をRSMC Tokyoベストトラックデータが存在する1951年までさかのぼったり、8月以外の発生についても解析対象に含めたりすることで、サンプル数を増やす必要がある。またd4PDF(Mizuta et al. 2017)などの大アンサンブルシミュレーションデータの解析も北緯25度以北における台風発生のさらなる理解の助けになるかもしれない。

#### 謝辞

本研究はJSPS科研費若手(B)17K13010「日本近海における台風発生ポテンシャルの予測手法の開発」の支援を受けた。

#### 参考文献

Ishii, M., A. Shouji, S. Sugimoto, and T. Matsumoto, 2005: Objective Analyses of Sea-Surface Temperature and Marine Meteorological Variables for the 20th Century using ICOADS and the Kobe Collection. *Int. J. Climatol.*, **25**, 865-879.

Kikuchi, K., B. Wang, and Y. Kajikawa, 2012: Bimodal representation of the tropical intraseasonal oscillation, *Clim. Dyn.*, **38**, 1989-2000, doi:10.1007/s00382-011-1159-1

Kobayashi, S., Y. Ota, Y. Harada, A. Ebata, M. Moriya, H. Onoda, K. Onogi, H. Kamahori, C. Kobayashi,

H. Endo, K. Miyaoka, and K. Takahashi, 2015: The JRA-55 Reanalysis: General specifications and basic characteristics. *J. Meteor. Soc. Japan*, **93**, 5-48, doi:10.2151/jmsj.2015-001.

Lander, M.A., 1994: Description of a Monsoon Gyre and Its Effects on the Tropical Cyclones in the Western North Pacific during August 1991. *Wea. Forecasting*, **9**, 640-654, https://doi.org/10.1175/1520-0434(1994)009<0640:DOAMGA>2.0.CO;2

Lander, M.A., 1996: Specific Tropical Cyclone Track Types and Unusual Tropical Cyclone Motions Associated with a Reverse-Oriented Monsoon Trough in the Western North Pacific. *Wea. Forecasting*, **11**, 170-186, doi:10.1175/1520-0434(1996)011<0170:STCTTA>2.0.CO;2

Mei, Wei, and S.-P. Xie, 2016: Intensification of landfalling typhoons over the northwest Pacific since the late 1970s, *Nat. Geosci.*, **9**, 753-757, doi:10.1038/ngeo2792

Mizuta, R., A. Murata, M. Ishii, H. Shiogama, K. Hibino, N. Mori, O. Arakawa, Y. Imada, K. Yoshida, T. Aoyagi, H. Kawase, M. Mori, Y. Okada, T. Shimura, T. Nagatomo, M. Ikeda, H. Endo, M. Nosaka, M. Arai, C. Takahashi, K. Tanaka, T. Takemi, Y. Tachikawa, K. Temur, Y. Kamae, M. Watanabe, H. Sasaki, A. Kitoh, I. Takayabu, E. Nakakita, and M. Kimoto, 2017: Over 5,000 Years of Ensemble Future Climate Simulations by 60-km Global and 20-km Regional Atmospheric Models. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **98**, 1383-1398, doi:10.1175/BAMS-D-16-0099.1

Nitta, T., 1987: Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the Northern Hemisphere summer circulation, *J. Meteor. Soc. Jpn.*, **65**, 373-390

Wang, B., R. Wu, and K. Lau, 2001: Interannual Variability of the Asian Summer Monsoon: Contrasts between the Indian and the Western North Pacific-East Asian Monsoons. *J. Climate*, **14**, 4073-4090, doi:10.1175/1520-0442(2001)014<4073:IVOTAS>2.0.CO;2