

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月14日現在

機関番号：82706

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K13010

研究課題名（和文）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

研究課題名（英文）Development of prediction method of typhoon genesis potential near Japan

研究代表者

中野 満寿男（NAKANO, Masuo）

国立研究開発法人海洋研究開発機構・シームレス環境予測研究分野・技術研究員

研究者番号：40713954

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：統計的解析により北緯25度以北での台風発生がどのような場合に多いのかを明らかにした。その結果、北西太平洋モンスーン指数が負の場合に多いことが明らかになった。また、北半球季節内変動の位相とも関連があることがわかった。次に北緯25度以北での台風発生予測が実現可能かを調べるため、S2Sデータベースから10の予報センターの約20年分の再予報データを取得し、季節内変動の再現性能を調査した。その結果、ほとんどのモデルは予報時間とともに季節内変動の頻度が減少しており、これは季節内変動の振幅が小さく再現される傾向にあることと関連していることが考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

北緯25度以北において発生した台風は、日本へ接近する可能性が非常に高い。このため、発生を予測することは、日本へ影響が出るまでの時間を稼ぐ意味でも意義深い。本研究により、北西太平洋モンスーン指数や北半球夏季季節内変動といった、比較的ゆっくりと変動する大気現象との関連が明らかになった。このことからこれらの変動を予測できれば、台風発生のポテンシャルも十分に予測できる。一方で、これらの変動を現在のモデルは弱めに表現する傾向にあることが明らかになり、今後のモデルの改良への指針を与える知見が得られた。

研究成果の概要（英文）：It was statistically analyzed what atmospheric phenomena lead to the typhoon formation in the north of 25 degree north. The result showed that many typhoons formed in the north of 25 degree north when the western north Pacific monsoon index was negative. Moreover, the number of typhoon formation in the north of 25 degree north depends on the phase of the boreal summer intraseasonal oscillation. To investigate the feasibility of forecast of typhoon formation in the north of 25 degree north, the model performance in simulating the boreal summer intraseasonal oscillation by ten of the S2S models was examined. The results showed the frequency of the intraseasonal oscillation decrease with forecast lead time and it is related to the decrease in amplitude of the intraseasonal oscillation.

研究分野：気象学

キーワード：台風 季節内変動 BSIS0 数値予報 S2S

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

台風の発生のうち、9割以上は北緯25度以南の熱帯でおこる。しかしながら、北緯25度以北の日本近海で発生する台風もあり、これらの台風は北緯25度以南で発生する台風と比べて、日本へ接近する確率が高い。実際2016年は、8月から9月にかけて日本近海で3個の台風が相次いで発生し、すべての台風が日本に接近または上陸した。これらの台風が甚大な被害をもたらしたことは記憶に新しい。また、最新の研究は、日本や中国大陸周辺での海面水温上昇によって、強い台風の上陸個数が増加傾向にあることを示している [Mei and Xie, 2016 Nature Geoscience, doi:10.1038/ngeo2792]。今後、地球温暖化が進行することを考慮すると、将来、2016年のように日本近海で発生後、強化しながら接近する台風が増加し、それらの日本への影響が大きくなる可能性がある。

しかしながら、日本近海で発生し接近する台風の影響を避けるのは難しい。現状の台風進路・強度予報は台風発生後から発表されており、日本に接近し影響が及ぶまでの時間が短いからである。そのため、被害を軽減するための十分な対策をとれないまま影響を被ることになる。したがって、日本近海で台風が発生する前から、その発生の予測を実現する必要がある。

従来の気象モデルでは個々の台風発生を予測することが難しく、精度が低く、リードタイムが短いなどの問題がある [Yamaguchi et al. 2015 Weather and Forecasting doi:10.1175/waf-d-14-00136.1]。その原因として、従来の気象モデルでは台風発生に重要な雲対流を、パラメータ化して扱っていることが考えられる。Nakano et al. [2015 Geophysical Research Letters, doi:10.1002/2014GL062479]は、個々の雲対流を詳細に計算することができる、次世代全球気象モデル NICAM を用いて2004年8月の台風発生予測実験を行い、2週間前から個々の台風発生予測が高い精度で可能であることを示した。しかし、このモデルは、莫大な計算機資源を必要とするため、すぐに気象庁などで実用化することは難しい。

Nakano et al. [2015 Geophysical Research Letters, doi:10.1002/2014GL062479]では同時に、熱帯域での台風発生を促す長寿命・大スケール大気現象として知られる、季節内変動(2ヶ月程度の周期を持ち、水平スケール数千キロの熱帯大気変動)を高精度で予測することが台風発生予測に重要であることも示した。一般に長寿命・大スケールの現象は気象モデルで予測しやすいことがわかっている [Buizza and Leutbecher, 2015 Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society doi:10.1002/qj.2619]。季節内変動は、従来型気象モデルでも2週間程度前から高い精度で予測可能である [Matsueda and Endo, 2011]。このため、日本近海の台風発生を促す長寿命・大スケール現象が明らかにできれば、個々の台風発生予測が困難でも発生のポテンシャルを予測することが可能である。

しかしながら、北緯25度以北の日本近海における台風発生について、どのような現象が重要な役割を果たしているのかはほとんど調べられていない。もし、熱帯と同様に長寿命・大スケールの現象が台風発生を左右しているとするれば、その現象がどのような現象で、どのような場所でなぜ台風発生が起こりやすいのかを理解することができれば、台風発生ポテンシャル予測が可能になる。北緯25度以北で発生する台風の個数は年々変動が大きい。このような変動をもたらす現象としてエルニーニョ現象のような大規模な海面水温の変動が考えられる。たとえば大規模なエルニーニョ現象が発生した1983, 1997, 2015年は発生個数が1個以下である。大規模な海面水温変動は熱帯だけでなく、中緯度域の偏西風を大きく蛇行させるブロッキング [Park and Ahn, 2013 Journal of Geophysical Research Atmosphere doi:10.1002/2013JD020688] や、熱帯域から中・高緯度域に高低気圧の波列が形成されるテレコネクション [Ashok et al. 2007 Journal of Geophysical Research Ocean doi:10.1029/2006JC003798] など全球規模で長寿命の大気変動を励起することが知られており、そのような変動が台風発生に寄与していることを強く示唆している。

### 2. 研究の目的

本研究では以下の2点を明らかにすることを目的とする。

#### (1) 日本近海での発生を促す大気現象

どのような大気現象が日本近海での発生を促進しているのかを明らかにする。またこれらの大気現象が、どこでどのように台風発生を促進しているのか、大気現象の発生時にどの程度の頻度で台風が発生するのかを明らかにする。

#### (2) 大規模大気現象の予測しやすさの定量化

各国の予報センターが日々行っている、気象モデルによるシミュレーション結果を入手し、(1)で明らかになった現象が気象モデル毎にどの程度予測しやすいのかを定量化する。

### 3. 研究の方法

目的(1)の達成のため、3次元大気再解析データなどを用いて、月平均場の解析や、台風中心のコンポジット解析を行う。この際熱帯大気の大気季節内変動によるテレコネクションが発生している可能性があるため、季節内変動の解析結果との比較も行う。

目的(2)の達成のため、S2Sデータベースより様々な予報センターの予報データを取得し、予測精度の検証や、予測精度が悪くなる原因について解析を行う。

#### 4. 研究成果

目的(1)について、まず、1979 - 2016年の RSMC Tokyo ベストトラックデータを用いて、北緯 25 度以北での台風発生数の調査を行った。その結果、北緯 25 度以北での台風発生は 7-11 月にのみ起こっており、最も多い年は 8 月(平均 0.9 個)であることがわかった。このため 8 月に着目した解析を行うこととした。

次に台風発生に関係のあるモンスーントラフの強度を表す指数 WNPMI (図 1)を用いて、8 月の北緯 25 度以北における台風発生数と WNPMI の年々変動との関係について調査した。8 月の北緯 25 度以北における発生数が最も多かったのは 1988 年(5 個)であり、この年は解析した 38 年間で WNPMI が最小であった。WNPMI の大小による 8 月の北緯 25 度以北における台風発生数を整理すると、52% (14 個)の台風が WNPMI が 1 標準偏差以上負偏差の時に発生しており、逆に 7% (2 個)の台風が 1 標準偏差以上正偏差の時に発生していた。

このようにモンスーンの活動と北緯 25 度以北における台風発生数との関係が示唆されたため、1-2 ヶ月周期でモンスーンの活動を変調する、北半球夏季季節内変動 (BSISO) の位相との関連を調査した。その結果、BSISO が明瞭でない、位相 0 の場合や、北西太平洋域での不活発位相である位相 1-4 においては全台風の発生頻度と北緯 25 度以北における台風の発生頻度との間で明瞭な差が見られなかった。しかしながら、対流活発域が北西太平洋を北進する位相 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ことがわかった(図 2)。したがって、北西太平洋域において対流活動が北偏し強化している場合に、北緯 25 度以北での台風発生が多いと考えられる。

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 面における渦度と海面水温であった。850hPa 面における渦度は小さい側の出現頻度が大きく、海面水温は、低い側の出現頻度が大きい。海面水温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。海面水温の気候値からの偏差の出現頻度にはほとんど差が見られなかった。

目的(2)について、BSISO との関連が明らかになったため、S2S データベースより 10 の予報センターによる外向き赤外放射の予報値を取得し、BSISO の再現性能を比較した。その結果、S2S モデルの BSISO などの季節内変動の振幅は、一部のセンターによる予測を除いて、予報時間とともに小さくなる傾向が見られた(図 3)。また季節内変動の頻度は予報時間とともに減少する傾向が見られた。

次に最も BSISO の再現性能の高かったヨーロッパ中期予報センターの予測データを用いて、BSISO の位相ごとの台風発生位置の検証を行った。その結果、モデルは北西太平洋で対流非活発位相(1-4)の時に、台風の発生個数が少なく、逆に対流活発位相(5-8)の時に台風の発生個数が増える傾向を概ね表現していたが、発生位置については、西にずれる傾向が見られた。これは BSISO の振幅が小さくなることと関係があるものと考えられる。これらの知見は台風発生ポテンシャルの予測手法の開発に必要不可欠であり、モデルの改良に向けても重要な知見である。

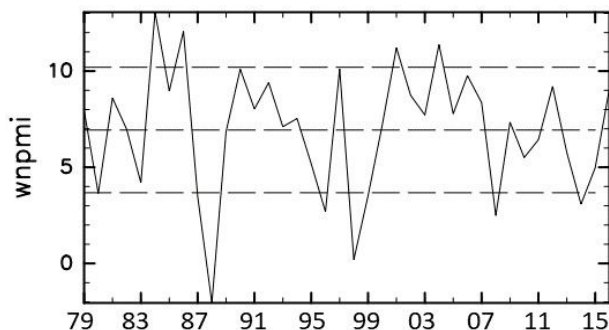


図 1 1979-2016 年における WNPMI。

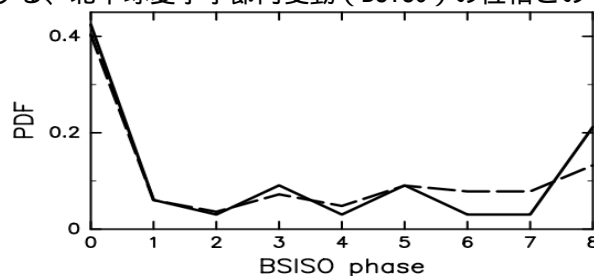


図 2 BSISO の各位相における、北緯 25 度以北(実線)と全台風の発生頻度(破線)。

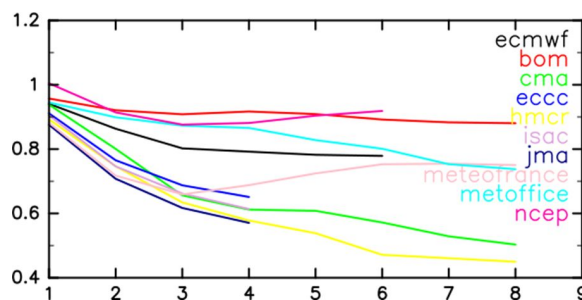


図 3 S2S データにおける、各モデルでの季節内変動の振幅。横軸は予報時間(週)、縦軸は観測された振幅との比。

## 5 . 主な発表論文等

### [雑誌論文](計 7件)

Nakano, M., Kikuchi, K., 2019: Seasonality of Intraseasonal Variability in Global Climate Models, *Geophysical Research Letters*, 6, 4441-4449, doi:10.1029/2019GL082443 (査読有)

Fujita, M., Sato, T., Yamada, T. J., Kawazoe, S., Nakano, M., Ito, K., 2019: Analyses of Extreme Precipitation Associated with the Kinugawa River Flood in September 2015 Using a Large Ensemble Downscaling Experiment, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 97, 387-401, doi:10.2151/jmsj.2019-022 (査読有)

Yamada, Y., Kodama, C., Satoh, M., Nakano, M., Nasuno, T., Sugi, M., 2019: High-resolution Ensemble Simulations of Intense Tropical Cyclones and Their Internal Variability During the El Ninos of 1997 and 2015. *Geophys. Res. Lett.*, 46, doi:10.1029/2019GL082086 (査読有)

Matsuoka, D., Nakano, M., Sugiyama, D., Uchida, S., 2018: Deep learning approach for detecting tropical cyclones and their precursors in the simulation by a cloud-resolving global nonhydrostatic atmospheric model, *Progress in Earth and Planetary Science*, 5, 80, doi: 10.1186/s40645-018-0245-y (査読有)

中野満寿男, 和田章義, 金田幸恵, 伊藤耕介, 2018: 日本地球惑星科学連合 2018 年大会「最新の気象科学：台風研究の新展開過去・現在・未来」セッションの報告, *天気*, 596

Nakano, M., Kubota, H., Miyakawa, T., Nasuno, T., Satoh, M. 2017: Genesis of Super Cyclone Pam (2015): Modulation of Low-Frequency Large-Scale Circulations and the Madden-Julian Oscillation by Sea Surface Temperature Anomalies, *Monthly Weather Review*, 145, 3143-3159, doi: 10.1175/MWR-D-16-0208.1 (査読有)

Yamada, Y., Satoh, M., Sugi, M., Kodama, C., Noda A. T., Nakano, M., Nasuno, T., 2017: Response of Tropical Cyclone Activity and Structure to Global Warming in a High-Resolution Global Nonhydrostatic Model, *Journal of Climate*, 30, 9703-9724, doi: 10.1175/JCLI-D-17-0068.1 (査読有)

### [学会発表](計 11件)

Nakano, M., Vitart, F., Kikuchi, K., 2019: Model climatology of the intraseasonal oscillations in the S2S models, 欧州地球科学連合 2019 年大会 (国際学会)

Nakano, M., Vitart, F., Kikuchi, K., 2019: Model climatology of the intraseasonal oscillations in the S2S models, Workshop on Predictability, dynamics and applications research using the TIGGE and S2S ensembles (国際学会)

中野満寿男, 2018: 日本付近での台風発生について, 対流圏・中層大気流体力学研究集会

中野満寿男, 2018: 日本付近での台風発生について, 日本気象学会 2018 年春季大会

Nakano, M., Kikuchi, K., Nasuno, T., Yamada, T., Satoh M., Sugi, M., 2018: Future Changes in the Intraseasonal Variability and Typhoon Activity in a Nonhydrostatic Global Atmospheric Model, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会 (国際学会)

Nakano, M., Kikuchi, K., Nasuno, T., Yamada, T., Satoh M., Sugi, M., 2018: Future Changes in the Intraseasonal Variability and Typhoon Activity in a Nonhydrostatic Global Atmospheric Model, アジアオセアニア地球科学会 2018 年大会 (国際学会)

Nakano, M., Wada, A., Sawada, M, Yoshimura, H., Onishi, T., Kawahara, S., Sasaki, W., Nasuno, T., Yamaguchi, M., Iriguchi, T., Sugi, M., Takeuchi, Y, 2017: Global 7-km mesh Nonhydrostatic Model Intercomparison Project for Improving Typhoon Forecast (TYMIP-G7), 日本地球惑星科学連合-米国地球物理学連合同学会 2017 (国際学会)

Nakano, M., Wada, A., Sawada, M, Yoshimura, H., Onishi, T., Kawahara, S., Sasaki, W., Nasuno, T., Yamaguchi, M., Iriguchi, T., Sugi, M., Takeuchi, Y, 2017: Global 7-km mesh Nonhydrostatic Model Intercomparison Project for Improving Typhoon Forecast

(TYMIP-G7), アジアオセアニア地球科学会 2017 年大会 (国際学会)

中野満寿男, 2017: 北緯 25 度以北での台風発生について, 台風研究会 - 激甚化する台風災害の要因解明と減災へ向けて -

中野満寿男, 2017: 北緯 25 度以北での台風発生について, 異常気象研究会 2017

中野満寿男, 2017: NICAM を用いた北半球夏期季節内変動 (BSISO) と台風発生の予測, 長期予報研究会「長期予報と大気大循環」(招待講演)

## 6. 研究組織

### (1) 研究協力者

研究協力者氏名: 那須野 智江

ローマ字氏名: NASUNO, Tomoe

研究協力者氏名: 山田 洋平

ローマ字氏名: YAMADA, Yohei

研究協力者氏名: 菊地 一佳

ローマ字氏名: KIKUCHI, Kazuyoshi

研究協力者氏名: 山口 宗彦

ローマ字氏名: YAMAGUCHI, Munehiko

研究協力者氏名: 沢田 雅洋

ローマ字氏名: SAWADA, Masahiro

研究協力者氏名: VITART, Frederic

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。