

台風発生環境場と Pacific Meridional Mode の関係

*石山尊浩・佐藤正樹（東京大学大気海洋研究所）

1. はじめに

近年の研究で、北西太平洋の台風活動が活発になる原因の一つとして、正の Pacific Meridional Mode (以下、PMM) (Chiang and Vimont 2004) は重要であると指摘され始めている。正の PMM のフェーズ時、北緯 20 度、西経 120 度から北緯 0 度、西経 180 度の北東—南西方向に SST の昇温域が形成される。先行研究において、この正の PMM は北西太平洋の TC 活動に対して好都合であり (Zhang et al. 2016)、強い台風の発生に対しても正の相関関係があることが示された (Gao et al. 2018)。この原因として、正の PMM フェーズ時に、Matsuno-Gill 応答によってモンスーントラフがより東方に伸びることが挙げられている。

2015 年と 2018 年を見ると、正の Pacific Meridional Mode が発生していた。2015 年は同時に super El Niño 現象が発生していた (図 1a)。この super El Niño 現象は北西太平洋の台風 (TC) 活動に影響を与え、その環境場にも影響を与える。例えば、Wu et al. (2012) は北西太平洋の TC 発生に大きく関わるモンスーントラフと ENSO との関連を調べている。その結果、El Niño 時はより東方へモンスーントラフが伸びることを示している。2015 年は、強い台風活動の数が 16 個、熱帯低気圧積算エネルギーは 479 と共に気候値より大きかったことから台風活動が活発であったと言える (Bluden et al. 2016)。

2018 年では、正の PMM による昇温域が

東経 140 度付近まで広がっており、先行研究で見られていたものより西方まで広がっていた (図 2a)。2018 年の北西太平洋における台風は、発生数が 29 個、日本への上陸数は 5 個など平年を上回り、猛烈な強さになった台風に関しては 7 個と最多記録を更新し、活動が活発であった (気象庁予報部)。

前述の通り、2015 年や 2018 年のように正の PMM フェーズの年と言っても、ENSO の状況や PMM 自体の空間分布に差が見られる。そこで本研究の目的は、2015 年と 2018 年の両年それぞれに着目して、ENSO の状況や PMM 自体の空間分布に違いがある場合でも、正の PMM が北西太平洋の台風活動に与える影響が先行研究と同様であるかを調べることにした。

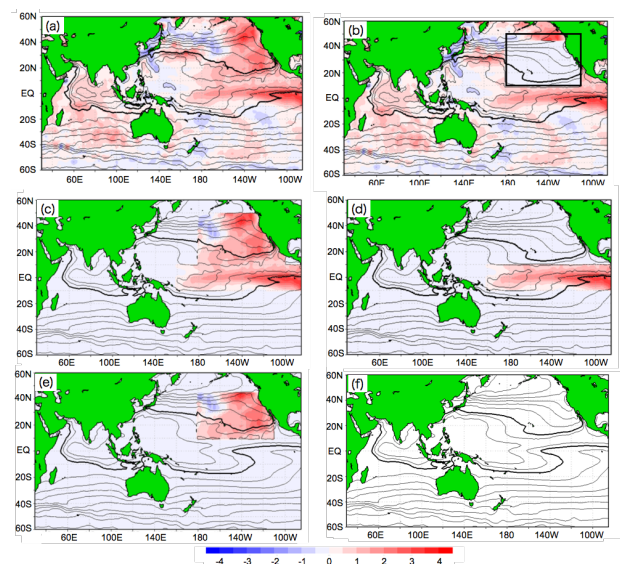


図 1：2015 年実験に用いた SST 分布図。陰影は気候値からの差分、コンターは実際の値。太線は 300K を表し、それ以上は 1K 毎、それ以下は 3K 毎に表示。

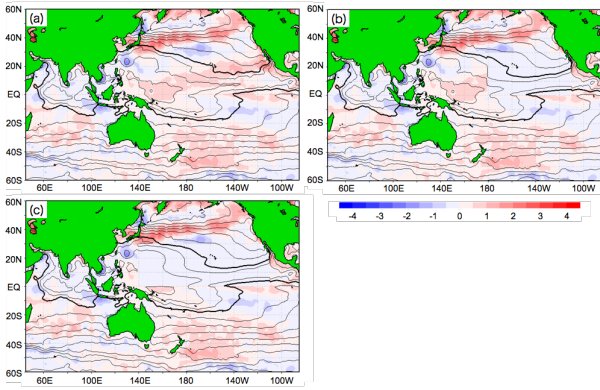


図 2: 図 1 と同様、ただし 2018 年実験に用いた SST 分布図。

2. モデルと実験設定

上記の目的のために、非静力学モデル NICAM を用いて Perpetual 実験を行った。Perpetual 実験とは SST のような境界条件を任意の時で固定して行う実験である。2015 年の実験では、2015 年 7 月の SST を用いた 2015CTL 実験 (図 1a) とその SST から PMM 領域を気候値に差し替えた PMMclm 実験 (図 1b)、PMM 領域と El Niño 領域だけ 2015 年 7 月の SST でそれ以外を気候値にした PMM+El Niño 実験 (図 1c)、El Niño 領域だけ 2015 年 7 月の SST でそれ以外を気候値にした El Niño 実験 (図 1d)、PMM 領域だけ 2015 年 7 月の SST でそれ以外を気候値にした PMMreal 実験 (図 1e)、全海盆を気候値にした Allclm 実験 (図 1f) を行った。2018 年の実験では 2018 年 7 月の SST を用いた 2018CTL 実験 (図 2a)、日付変更線までの昇温域を PMM 領域とみなした 2018PMMclm 実験 (図 2b)、東経 140 度までの昇温域を PMM 領域とみなした 2018E-WNP+PMMclm 実験 (図 2c) を行った。SST のデータは NOAA OI Sea Surface Temperature V2 の月平均デ

ータを用いた。水平解像度は 56km で、鉛直層数は 38 層とした。積分期間は 46 ヶ月間で、解析には前半 16 ヶ月間を除いた 30 ヶ月間を用いた。大気の初期値は JRA-55 の各年の 7 月 1 日 00UTC を用いた。また、モデルの比較対象として JRA-55 のデータを使用した。実際の台風の発生位置、発生数は気象庁 Best Track Data を使用した。

3. 2015 年実験の結果

super El Niño があることを前提にして、正の PMM が台風活動並びにその環境場を与える影響を調べるために、2015CTL 実験と PMMclm 実験を比較した。図 1a は PMMclm 実験と 2015CTL 実験の台風発生分布の差異を示しており、30 ヶ月間の台風発生数を 5 度×5 度の箱の中で区切って数えている。北西太平洋全域で台風の数が増加しており、正の PMM がある方が台風の数が増加することを示している。この研究の結果は、先行研究が示した正の PMM が

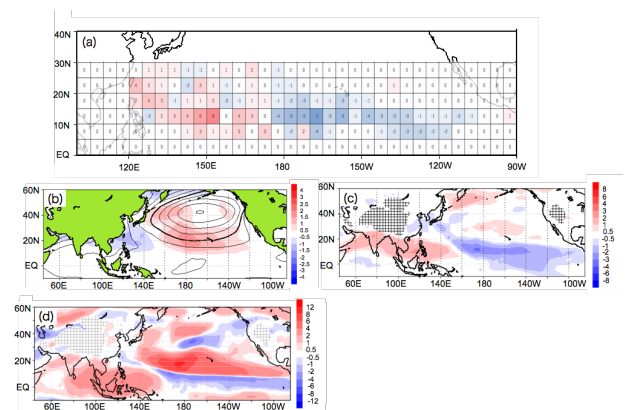


図 3: a は 30 ヶ月間の台風発生分布の差異、b は海面気圧の差異、c は 850hPa における 30 ヶ月平均東西風の差異、d は 30 ヶ月平均鉛直シアの差異。差異は全て PMMclm 実験から 2015CTL 実験を引いたもの。

あると北西太平洋の台風活動が活発化するという結果と逆の結果である。なお、北東太平洋で台風発生数が減少しており、これは 2015 年において北東太平洋の台風活動が活発であった主要因は super El Niño ではなく正の PMM であると指摘した Murakami et al. (2017) の結果と整合的である。図 1b は海面気圧の差異を示しており、上記した台風活動と整合的な結果である。図 1c は 850hPa における東西風の差異を示す。モンスーントラフに相当する西風が吹く領域において正偏差であり、これは正の PMM がある方が西風は強くなることを示している。これによって 2015CTL 実験より PMMclm 実験の方が北西太平洋の台風活動が活発であった。図 1d は鉛直シアの差異を示している。北東太平洋上で 2015CTL 実験より PMMclm 実験の方が弱くなっており、これが北東太平洋の台風活動の変調の原因である。

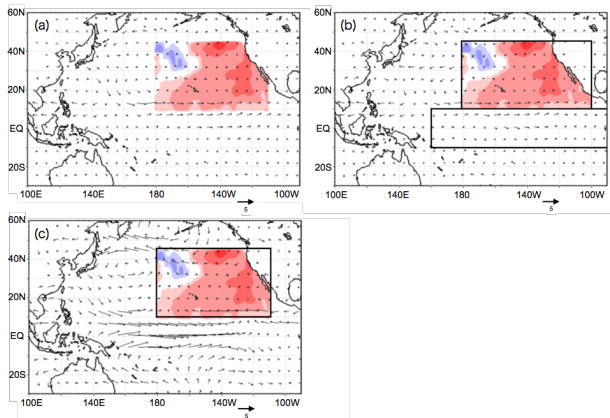


図 4：陰影は比較する実験で用いた SST の差異、ベクトルは比較する実験間の 30 ヶ月平均風系場の差異。a は 2015CTL 実験と PMMclm 実験の差異、b は PMM+El Niño 実験と El Niño 実験の差異、c は PMMreal 実験と Allclm 実験の差異。

PMMclm 実験と 2015CTL 実験を比較した結果、正の PMM が台風活動に与える影響は先行研究と逆の結果が示された。この結果が正しいかをさらに検証するために図 4 で各実験間の風系場の差異を示す。図 4a は 2015CTL 実験と PMMclm 実験の差異、図 4b は PMM+El Niño 実験と El Niño 実験の差異を示しており、共に日本の南方で高気圧性循環の偏差が見られる。これより、2015CTL 実験と PMMclm 実験で見られた台風活動とその環境場の差異は、super El Niño が存在する前提で正の PMM があるなしで生じた差異であることがわかった。図 4c は先行研究にならって、PMMreal 実験と Allclm 実験の差異を示した。北西太平洋で低気圧性循環の偏差が見られ、これは先行研究の結果と整合的である。図 4a、b と図 4c の違いは、super El Niño が存在した上で比較しているかであり、super El Niño が存在するか否かで正の PMM が北西太平洋の台風活動に与える影響に差異があることを示唆する。

4. 2018 年実験の結果

2018 年は正の PMM の昇温域が日付変更線を超えて、東経 140 度付近まで広がっており、これは先行研究で前提とされていた正の PMM 領域より広がった。2018 年実験では、この広がりによって北西太平洋の台風活動とその環境場にどのような変調があるかを調べた。

図 5 は、2018CTL 実験、2018PMMclm 実験、2018E-WNP+PMMclm 実験の箱ひげ図を示す。箱ひげ図で示す台風発生数は、1 ヶ月間の台風発生数を 1 サンプルとした。

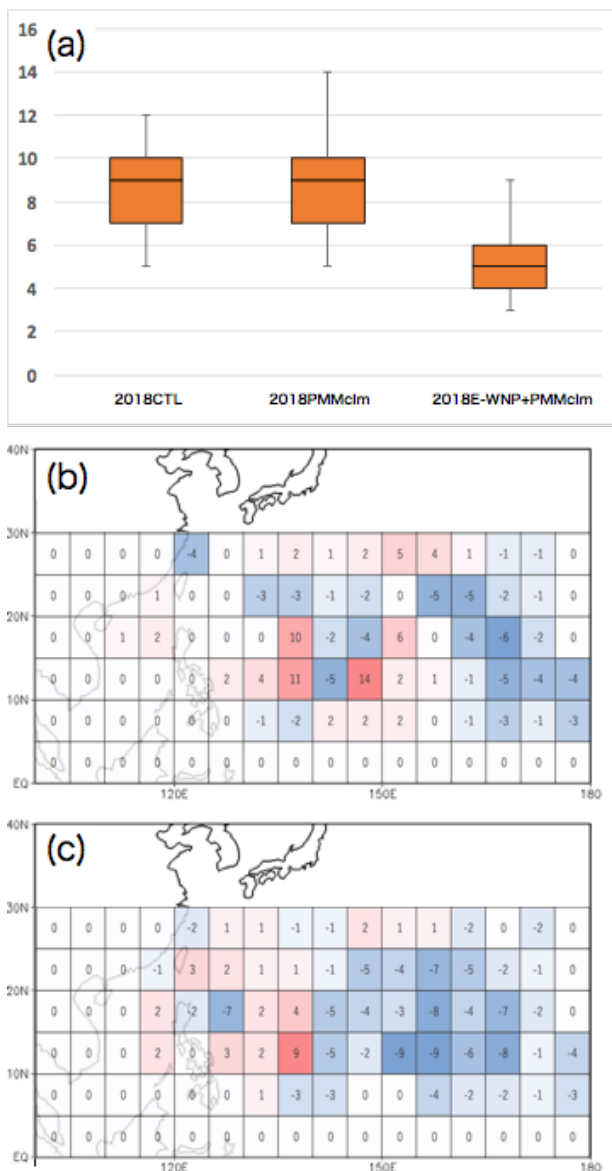


図 5：a は各実験の台風発生数の箱ひげ図。b と c は 30 ヶ月間の台風発生分布の差異。b は 2018PMMclm 実験と 2018CTL 実験の差異、c は 2018E-WNP+PMMclm 実験と 2018CTL 実験の差異。

2018CTL 実験と 2018PMMclm 実験の台風発生は明瞭な差が見られないが、2018E-WNP+PMMclm 実験の台風発生は他の 2 つの実験と比較して少なくなることがわかった。発生分布を比較すると、感度実験の方が日付変更線付近で 2018CTL 実験と比べて台風発生数が減少しているが、2018E-

WNP+PMMclm 実験の方がより西方まで台風発生数が減少している領域が広がっている。

図 6a と b はそれぞれ、感度実験と 2018CTL 実験の 30 ヶ月平均海面気圧の差異を示している。図 6a では、東部北西太平洋で弱い高圧偏差、西部北西太平洋で弱い低圧偏差が見られるが、図 6b では北西太平洋全体で強い高圧偏差が見られた。これは図 5b と c で示した結果と整合的であり、2018E-WNP+PMMclm 実験において北西太平洋は台風活動の環境場は不都合であることがわかった。図 6c を見ると 2018CTL 実験と比較して 2018PMMclm 実験の方が、西風が強化されている領域も見られるが、図 6d では 2018E-WNP+PMMclm 実験の方が西風は弱くなっており、これが台風活動が不活発になる主要因だと考えられる。

5. まとめ

本研究では、正の PMM と super El Niño が共存していた 2015 年と正の PMM の昇温域がより西方まで広がっていた 2018 年

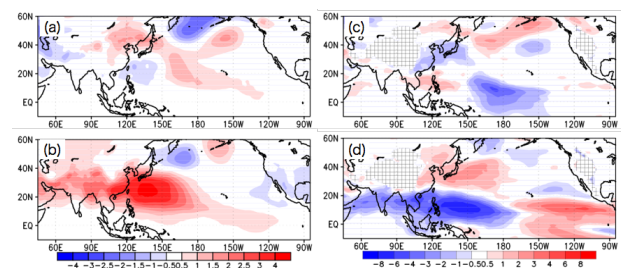


図 6：a,b は 30 ヶ月平均海面気圧の差異、c,d は 30 ヶ月平均の 850hPa の東西風の差異。a,c は 2018PMMclm 実験と 2018CTL 実験の差異で、b,d は 2018E-WNP+PMMclm 実験と 2018CTL 実験の差異。

にそれぞれ着目し、正の PMM と北西太平洋の台風活動に与える影響を調べた。

2015 年実験の方では、先行研究の結果と異なり、正の PMM があると北西太平洋の台風活動は弱化するという結果になった。本研究は先行研究と違い、super El Niño が存在するというもとで比較していることから、super El Niño が存在するか否かで、正の PMM が北西太平洋の台風活動とその環境場に与える影響に違いがあることを示唆した。2018 年実験の方は、日付変更線を超えて東経 140 度まで正の PMM の昇温域とみなした場合に台風活動とその環境場に大きな差異が見られた。このことから、正の PMM の昇温域の広さによって北西太平洋の台風活動の差異が生じることが示された。ただし、両年共にメカニズムの解析までには至っていないので、今後の課題としたい。

<主な参考文献>

気象庁予報部 平成 31 年 1 月 31 日：2018
(平成 30 年) の台風について (確定)

Blunden, J., and D. S. Arndt, Eds., 2016:
State of the Climate in 2015. Bull. Amer.
Meteor. Soc., 97 (8), S1-S275,
DOI:10.1175/2016BAMSStateoftheClimate.1

Chiang, J. C. H., and D. J. Vimont, 2004:
Analogous Pacific and Atlantic
meridional modes of tropical
atmosphere–ocean variability. J. Climate,
17, 4143–4158, doi:10.1175/JCLI4953.1.

Gao, S., L. Zhu, W. Zhang, and Z. Chen,
2018: Strong modulation of the Pacific
meridional mode on the occurrence of

intense tropical cyclones over the
western north Pacific. J. Climate, 31,
7739–7749, doi:10.1175/JCLI-D-17-
0833.1.

Wu, L., Z. Wen, R. Huang, and R. Wu,
2012: Possible linkage between the
monsoon trough variability and the
tropical cyclone activity over the western
north Pacific. Mon. Wea. Rev., 140, 140-
150, doi:10.1175/MWR-D-11-00078.1.

Zhang, W., G. A. Vecchi, H. Murakami, G.
Villarini, and L. Jia, 2016: The Pacific
meridional mode and the occurrence of
tropical cyclones in the western North
Pacific. J. Climate, 29, 381–398,
doi:10.1175/JCLI-D-15-0282.1.