

地球温暖化による台風並進速度変化

理学専攻・情報科学コース 大和田 真由

1 はじめに

将来地球温暖化の進行は台風の並進速度に影響を与える可能性が高いものの、影響は明確にされていないため、不確かさが大きい。そこで本研究では、擬似温暖化手法を用いてやや理想化された条件下で 2015 年台風 18 号の気象シミュレーションを行い、どのように気象が変化するのかを評価する。

現在気候の実験においては地域気候モデルの過去再現実験を行う。擬似温暖化の実験においては現在気候実験に用いた再解析データに大規模場の変化を与えたデータセットを用意し、これを境界値として実験を行う。そして行った現在気候実験と擬似温暖化実験を比較することで、変化を評価する。これが擬似温暖化手法である。

温暖化すると台風の移動速度に影響を与えるとされている。台風の速度が遅くなればなるほど、影響を受ける時間が長くなり、被害が甚大になることが予想される。そのため、どのような変化をするのか評価することは極めて重要な課題となる。Kossin (2018)[1]によると、地球温暖化により熱帯循環が弱まり、台風の移動速度が 1946 年から 2016 年の間に世界的に 10 パーセント減少したと指摘している。これに対して、Moon et al. (2019)[2]によると衛星以前の時代のデータも含むため、台風の検出に系統的なバイアスが存在する可能性が高いとして、減速は実際の気候変化ではない、または誇張されているのではないかと述べている。また、Yamaguchi et al. (2020)[3]によると、地球温暖化により、偏西風が北偏することで中緯度帯の台風を移動させる風が弱まり中緯度帯の台風の移動速度は遅くなるのではないかと指摘している。しかし、Ito et al. (2021)によると、海面水温が高かったため 2019 年台風 19 号 Hagibis は加速したという研究もある。暖かい海面水温が台風エネルギーを与え上向きマスフラックスが強化され、ジェットにより台風の流出は北向きになり、北への圧力低下と西向きの流れのために北東方向の変位を引き起こした結果 Hagibis は中緯度の西向きジェットに早く乗ったという考えであった。そこで本研究では、Kosuke et al. (2021) から類推するに温暖化により一律に海面水温が高まることによって台風が速くなる効果がありそうと考え、それをシミュレーションをし、分析を行うことで、変化の傾向を明らかにしたいと思う。

2 数値シミュレーションの設定

2.1 設定

領域大気モデルである SCALE Regional Model(SCALE-RM) の Version 5.3.3 を用いてシミュレーションを行う。データは NCAR の FNL-data(全球最解析データ)の 2015 年 9 月 8 日 0 UTC から 2015 年 9 月 10 日 0 UTC までの 72 時間のデータを用いた。擬似温暖化実験は、海面水温 (SST) に加算することで行った。海面水温にだけ加算を行うこと

で不自然な不安定が生じる可能性があるものの、十分境界から離れていれば、境界や初期条件の気温は加算しないほうが海面水温のみの効果を取り出せるのではないかと考えた。

- ・ 現在気候実験 (control)
- ・ 擬似温暖化実験
plusXK:SST に XK 加算 (X=1,2,3,4)

2.2 移動速度の求め方

台風の中心位置を求める。その時刻とそれから 6 時間後の中心位置の大円距離を計算し、距離を 6 で割ったものを、その時刻の移動速度とする。これを各々の時刻ごとに求めた。

3 結果と考察

3.1 再現性

数値シミュレーションを現在気候条件で行い、得られた台風強度に対して、気象庁のベストトラックデータ (RSMC Best Track Data) と対比することで精度の検証を行った。Fig3.1.1 に示したように、比較的ベストトラックに近い経路をとる台風をシミュレーションすることが出来た。これにより経路が同じであった場合に 2015 年台風 18 号がどこまで強まるかという議論が可能になった。

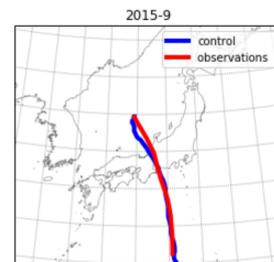


Fig.3.1.1: 台風の進路

また、最低気圧は現在気候実験 (control) が 982.1hPa で、ベストトラック (observations) が 985hPa だったので再現性が確認できた。

3.2 現在気候実験と擬似温暖化実験の比較

現在気候実験では最低気圧は 982.1hPa であり、SST を 1K 足すと 979.0hPa に、SST を 2K 足すと 978.9hPa に、SST を 3K 足すと 977.3hPa に、SST を 4K 足すと 976.8hPa となり、加算すればするほど台風の発達が見えた。(Fig3.2.1 参照)

また、Fig3.2.2 に示したように、移動速度の変化を比較してみたところ、上陸までの平均移動速度は、control が 33.46(km/h)、plus1K が 33.90(km/h)、plus2K が 35.21(km/h)、plus3K が 35.72(km/h)、plus4K が 36.55(km/h) となり、SST を加算すればするほど速くなった。上陸後の移動速度は control の方が早くなっていった。

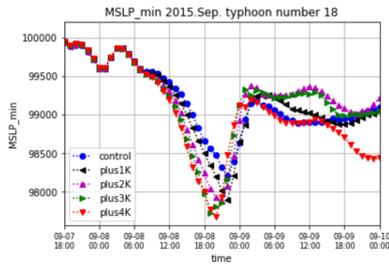


Fig.3.2.1: 台風を中心気圧の時系列（現在気候と擬似温暖化）

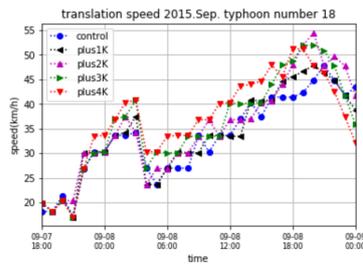


Fig.3.2.2: 移動速度の時系列

3.3 考察

現在気候実験でシミュレートされた台風と比較して、擬似温暖化させた台風の移動速度が上陸までは速く、上陸後は遅くなっていたことについて3つの点から考える。一つ目は、鉛直シアである。図 3.3.1 は control と plus4K で各々東西風 (U)200hPa 面から 850hPa 面の差を取り (鉛直シア)、取った差の差を取ったものである。黒い線は台風の移動経路を表している。青い部分が plus4K の方が鉛直シアが小さいことを示し、赤い部分が control の方が鉛直シアが小さいことを示している。鉛直シアが小さく台風の形を崩さなかったため勢力が維持されたと考えられる区間と、台風の移動速度が速かった区間が一致していたことが図から読み取れた。鉛直シアが台風の移動速度の変化に影響を与えていると言える。

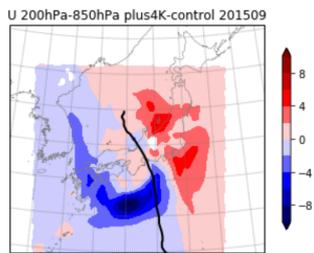


Fig.3.3.1: 鉛直シアの差

二つ目は、偏西風北偏である。図 3.3.2 は東西風 200hPa 面のシミュレーション期間中の平均である。先に紹介した Yamaguchi et al. (2020)[3] に偏西風が北上して中緯度地帯で台風周辺の風が弱くなるとあるように、plus4K の方が偏西風が北上しているのが確認できることから上陸後の台風の移動速度が遅い理由になっている可能性がある。本研究の設定では、Ito et al. (2021)[4] に基づいた「海面水温が高かったため西向きジェットに乗るのが早くなる」という予想とは逆の結果になった。

三つ目は、指向流である。台風は 500hPa 面の風に乗っていることから、500hPa 面の風速を見ることで台

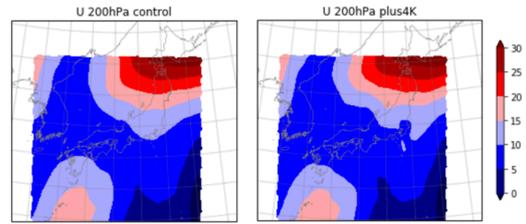


Fig.3.3.2: U200 面の平均

風が乗ったであろう風の強さにどれくらい影響を受けたのかを検証した。その結果台風の移動速度の差を説明できるほどの差はなかった。そのため、500hPa 面の風速という要素は台風の移動速度に大きな影響を与えているとは考えにくい。

4 まとめ

今回、2015 年台風 18 号を擬似温暖化させることでどのように変わるのかを評価した。SST を加算すると、中心気圧が下がり台風強度が強くなった。そして、上陸前の台風の移動速度が増加した。上陸前の鉛直シアを比較すると擬似温暖化した方が小さかったので勢力が維持された可能性がある。また、偏西風帯においては海面水温が高いことによって偏西風が北偏し、偏西風に乗るのが遅くなり台風の移動速度が遅くなった。そのため、台風の移動速度が温暖化によってどのように変わるのかは地球上の場所によって重要となるプロセスが異なるゆえ、台風の存在する位置・経路によって変わらうという結論を得た。他の台風でもシミュレーションを行い、最低気圧と台風の経路の精度が高かった 2013 年台風 18 号と 2012 年台風 7 号で同じ検証を行った。2015 年台風 18 号同様に鉛直シアが小さい領域と台風の移動速度が速かった領域が一致した。

今回行なった台風以外の台風でも同じ条件のもとシミュレーションを行うことで台風の移動速度に影響を与える要因を精査する必要がある。また、ハイトや風などの大気場の温暖化差分の違いを考慮した数値実験を行うことにより速度変化の原因を切り分けられる可能性がある。

参考文献

- [1] James P.Kossin. A global slowdown of tropical-cyclone translation speed, *Nature*, 558, 104-107 (2018).
- [2] Moon, I.-J., Kim, S.-H. Chan, J. C. L. Climate change and tropical cyclone trend, *Nature*, 570, E3-E5 (2019).
- [3] Munehiko Yamaguchi, Johnny C.L. Chan, II-Ju Moon, Kohei Yoshida, Ryo Mizuta. Global warming changes tropical cyclone translation speed, *Nature Communications*, 11, 47 (2020).
- [4] Kosuke Ito, Hana Ichikawa. Warm ocean accelerating tropical cyclone Hagibis(2019) through interaction with a mid-latitude westerly jet, *SOLA*, 17A-001, 10.2151 (2021).