

PRESS RELEASE (2025/12/01)

夏季東アジアの台風による極端降水の将来予測において 日本の災害リスクの増大が明らかに ～台風の疑似温暖化実験～

ポイント

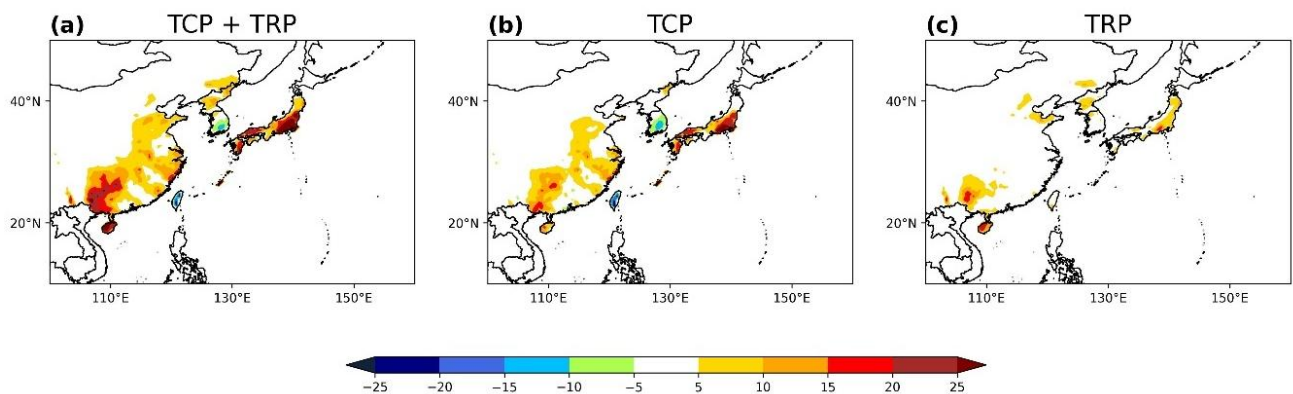
- ① 夏季東アジアの豪雨災害には台風による極端降水によって発生している事例が多数ありますが、温暖化の進行に伴い、東アジア各地域の台風降水が将来どのように増減するのか、地域毎の具体的な将来予測はまだ示されていませんでした。
- ② 先行研究で考案された、台風本体の降水（以降、コア降水）と台風の間接的な影響（以降、遠隔降水）を分離・同定する客観的手法を基に、台風の疑似温暖化実験（※1）で台風降水が東アジア全域でどのように変化し得るのかを予測した結果、特に日本の豪雨災害リスクの増大が顕著であることが明らかになりました。
- ③ 本研究の成果は、日本のみならず東アジア各国の台風災害リスクの将来予測に重要な知見を与えるもので、将来予測の不確実性を今後さらに低減していく事にも繋がります。

概要

台風の強度や発生数が温暖化に伴いどのように変化するかについては多くの研究がありますが、台風による極端降水の地域別の将来予測はほとんどありませんでした。特に日本を含む東アジアにおける台風災害リスクの将来予測は喫緊の課題です。本研究で、九州大学大学院理学府博士後期課程3年の呉 継煒大学院生、同大学院理学研究院の川村隆一教授らの研究グループは、過去に発生した台風の再現実験と温暖化シナリオ SSP245（※2）に基づく疑似温暖化実験との比較解析を行いました。また地域別の台風による極端降水の将来変化を正確に把握するために、コア降水と遠隔降水を分離・同定する客観的手法を適用しました。解析結果から、東アジア全体では今世紀末には台風降水は約126%も増加し、特に遠隔降水の増加率が顕著でした。地域別でみると、朝鮮半島南部では減少する一方、中国南部と日本では増加し、特に日本では210%もの増加となっており、台風の経路変化に伴う台風コア降水の増加が主要因であることなどを明らかにしました。

これらの知見は、将来気候下の台風災害のリスクを考えるにあたって、地域特性を評価すると同時に、台風コア降水と遠隔降水を適切に評価する必要性を強く示唆しています。また本研究で用いた領域気象モデルによる台風の再現実験や疑似温暖化実験の精度向上によって、対象とする台風のサンプル数を大幅に増やすことで、将来予測の不確実性を更に低減していくことに繋がります。

本研究成果は、2025年11月23日(日)に国際学術誌「International Journal of Climatology」にオンライン掲載（早期公開）されました。また本研究はJSPS 科研費補助金（JP24H00369）の助成を受けました。



【参考図】 東アジア全域の夏季（7～9月）の台風による月平均降水量の将来変化（暖色系は増加、寒色系は減少）。(a)コア降水と台風遠隔降水の合計。(b)コア降水のみ。(c)台風遠隔降水のみ。

【研究の背景と経緯】

温暖化の進行に伴い台風による豪雨災害が激甚化していくのかという将来予測は学術的意義のみならず台風災害のリスクアセスメントの観点からも喫緊の課題です。地球全体をカバーする気候モデル（全球気候モデル）による温暖化予測に基づいて（台風を含む）熱帯低気圧の活動は詳しく調査されており、「カテゴリー4 から 5 に相当する非常に強い熱帯低気圧の割合が増加する」、「最大強度の増大に伴い台風コア内の極端降水も増加する」等の予測結果が出ています。しかしながら、最も高解像度の大気モデルでさえ水平解像度が 20km 程度であるため、台風の内部構造を十分に解像することができず極端降水の予測に大きな不確実性が存在します。その他、台風の遠隔降水が全く評価されていないという問題もあります。また台風災害に脆弱なアジア地域における台風降水の将来予測等の地域特性に関する研究もほとんどなされていません。

一方、日本も含め東アジア各国で過去に甚大な被害をもたらした台風に焦点を当てて、将来気候下でその台風の強度や経路、台風による極端降水がどのように変化するのかを領域気象モデルを適用して調べた研究も多くあります。領域気象モデルなので台風の内部構造を十分に表現できる水平解像度を確保することができます。また温暖化影響については、全球気候モデルから得られる温暖化シグナルを加味した（温暖化差分を加えた）疑似温暖化実験という手法を用いています。ただ、多くは事例解析に留まっているため、東アジアの台風降水の将来変化という全体像を描くには至っていません。

【研究の内容と成果】

そこで本研究では、領域気象モデルを用いて、より多数の台風の再現実験を実施し再現性が高かった台風を抽出して、並行して疑似温暖化実験を実施しました。具体的には、2010 年から 2019 年までの 10 年間の夏季（7 月～9 月）に発生した全ての台風の再現実験（台風中心近傍の水平解像度は約 2.2km）を試みました。台風の強度及び経路の再現性について客観的な評価基準を設け、その基準をクリアした台風 43 個を抽出しました。そして各台風について疑似温暖化実験を行い、構造が崩れてしまった一部の弱い台風を除いた計 38 個について両実験の比較解析を行いました。採用した温暖化シナリオは SSP245 で、今世紀末までに産業革命以前に比べて全球平均気温が約 2.5～3°C 上昇するというシナリオです。第 6 期結合モデル相互比較プロジェクト（CMIP6）の最新のモデル群から 26 個の気候モデルのアンサンブル平均から温暖化差分を得ています。また、先行研究で考案された、コア降水と遠隔降水を分離・同定する客観的手法^[1]を適用しました。本研究で明らかになった主な知見は以下の通りです。

(i) 台風による降水の将来変化においては、中国南部と日本では降水量が増加し、朝鮮半島南部では減少するという明瞭な地域特性が得られました。また、このような降水量の地域的な増減は主としてコア降水の変化に起因していることがわかりました（1 ページ目参考図参照）。

(ii) 東アジア全体では今世紀末には台風降水は約 126% も増加し、増加率としては台風コア降水よりも遠隔降水の方が顕著でした。国別でみると、日本では 210% もの増加が予測され、特に日本の豪雨災害リスクの増大が顕著であることが明らかになりました（図 1）。

(iii) 東アジア全体の台風降水の増加は台風強度の変化と密接に関連しています。具体的には、中心気圧は全台風の平均で約 5.4hPa 低下し、中心気圧が 930hPa 以下の強い台風のカテゴリーに限定すると約 12.6hPa も低下しています。関連して、急発達する（Rapid Intensification: RI を経験する）台風も増加することがわかりました。

(iv) 日本の降水量の急増は台風の経路変化（図 2）に伴う台風コア降水の増加が主要因であり、温暖化による大気循環場の変化、具体的には台風を移動させる指向流の変化（図 3）によって日本に接近または上陸する台風が増加することが見出されました。

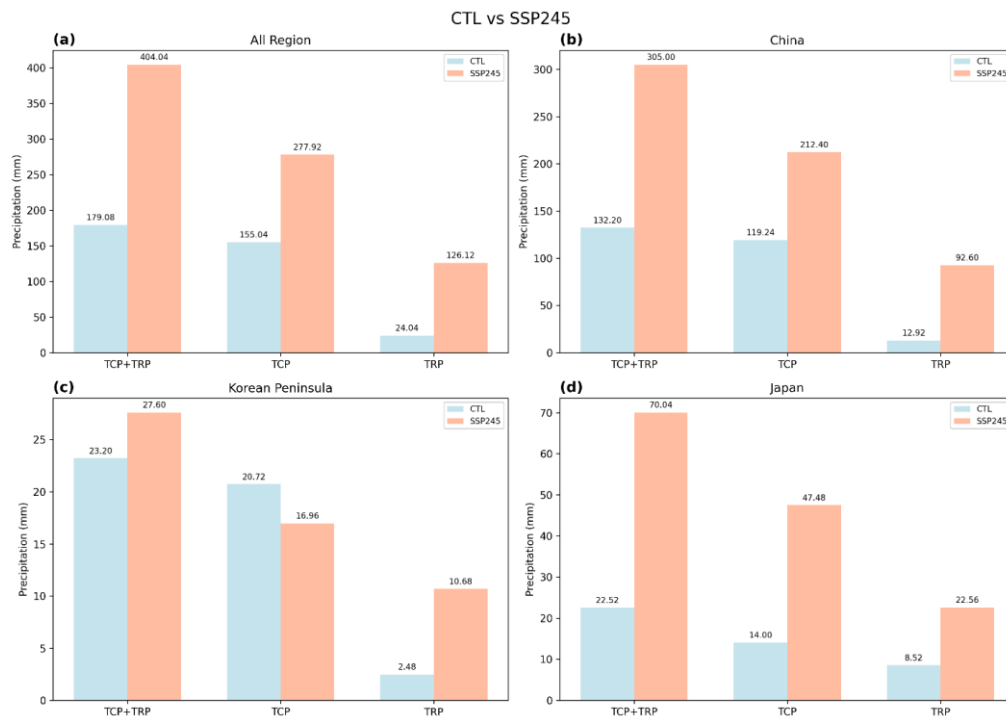


図 1

(a)：東アジア全体の台風降水（陸域各地点の降水量を積算）を、コア降水と遠隔降水の合計（TCP+TRP）、コア降水（TCP）のみ、遠隔降水（TRP）のみに分けて現在気候（薄青色）と将来気候（橙色）を比較した図。(b)：(a)と同様、ただし中国。(c)：(a)と同様、ただし朝鮮半島。(d)：(a)と同様、ただし日本。

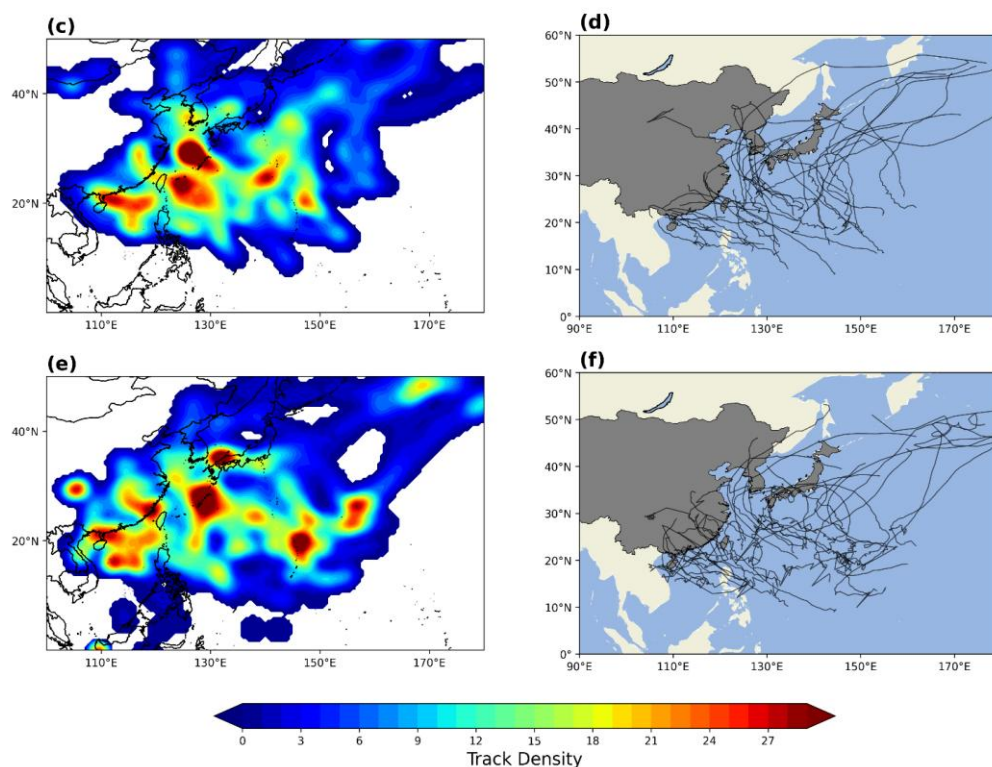


図 2

台風の再現実験（上図）と疑似温暖化実験（下図）における台風経路の空間分布図。左図は経路の空間密度分布を陰影で示したもので、暖色系の地域ほど台風が通過した数が多いことを示す。右図は各台風の経路を描画したものである。

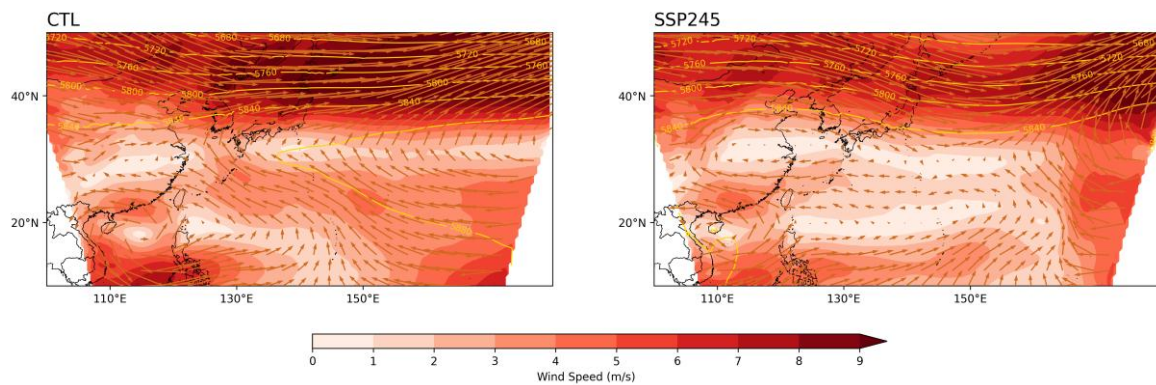


図 3

台風の再現実験（左図：CTL ラン）と疑似温暖化実験（右図：SSP245 ラン）における指向流（ベクトルと陰影）と 500hPa ジオポテンシャル高度（等値線）の空間分布図。SSP245 ランでは日本の南方海上の太平洋高気圧が弱化して東へ後退している様子が見られる。

【今後の展開】

地球温暖化に伴う台風活動の将来予測において、全球モデルからの直接ダウンスケールという手法では全球モデルによる現在気候の再現性に強く依存するため、台風の将来予測に大きな不確実性を伴っています。その欠点を解消するために本研究では、過去に実際に観測された台風を領域気象モデルで精度良く再現し、再現性の高い台風グループについて疑似温暖化実験を行いました。

10 年間の夏季（7 月～9 月）に発生した全ての台風の総数は 111 個でその内、本研究で厳格な品質管理をして再現実験と疑似温暖化実験との比較解析ができたのは 38 個で、約 34%の割合を占めています（図 2 で示されているように、再現実験の台風経路は夏季の統計的な特徴を良く捉えています）。この割合をさらに高めることが、将来予測の不確実性の低減に繋がります。また 10 年間の統計期間を延ばすことで比較解析を行う台風のサンプル数を増やすことが可能です。これらの研究課題を遂行することで、本研究で得られた台風降水の定量的な変化の信頼性がさらに増すものと期待されます。

また従来の台風災害のリスクアセスメントにおいては台風の遠隔降水は全く考慮されていませんでした。本研究の結果から、東アジア全体でみると、現在気候下では遠隔降水は台風降水の13.4%に過ぎませんが、今世紀末のSSP245シナリオでは遠隔降水の寄与は31.2%に上昇するという予測が得られています。そのため、台風による豪雨災害ハザードにおいては台風の遠隔降水の評価と予測が今後益々重要になってくるものと考えられ、いかにリスクアセスメントに組み込んでいくのかという課題を解決していく必要があります。

【用語解説】

注 1) 疑似温暖化実験

地球温暖化の将来予測において、台風やそれに伴う局地的豪雨などの空間規模の小さい現象を直接全球モデルで予測するのは水平解像度の問題などで容易ではありません。そこで、例えば台風による豪雨災害が発生した事例について、どの程度温暖化の影響を受けるのかを予測するために、全球気候モデルで予測された大気・海洋環境場の変化（温暖化差分）を高解像度の領域気象モデルの初期条件・境界条件に与えた数値実験が行われています。これを疑似温暖化（Pseudo Global Warming: PGW）実験と呼んでいます。現在気候下での大気現象の再現実験と比較することで温暖化影響を定量的に評価することが可能です。

注 2) SSP245

“Middle of the Road”（緩和と適応の困難さが中程度）と呼ばれる中庸な社会（気候政策が導入されている）を想定する未来シナリオです。このシナリオでは今世紀末までに産業革命以前に比

べて全球平均気温が約 2.5～3℃上昇し、二酸化炭素濃度は 600ppm 前後に達します。

【謝辞】

本研究は JSPS 科研費補助金（JP24H00369）の助成を受けて行われました。

【参考文献】

[1] Wu et al. (2024): <https://doi.org/10.1016/j.wace.2024.100714>

【論文情報】

掲載誌：International Journal of Climatology

タイトル：Response of Tropical Cyclone-Related Precipitation during Boreal Summer Season over East Asia to Pseudo-Global-Warming Climates

著者名：Jiwei Wu, Ryuichi Kawamura, Takashi Mochizuki, and Tetsuya Kawano

D O I : 10.1002/joc.70201

【お問合せ先】

<研究に関すること>

九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門 教授 川村 隆一（かわむら りゅういち）

TEL：092-802-4233

Mail：kawamura.ryuichi.130@m.kyushu-u.ac.jp

<報道に関すること>

九州大学広報課

TEL：092-802-2130 FAX：092-802-2139

Mail：koho@jimu.kyushu-u.ac.jp