

配布先: 文部科学記者会、科学記者会、名古屋教育記者会

2024年1月10日

報道機関 各位

海洋の応答が温暖化による中緯度台風の強化を抑える

【本研究のポイント】

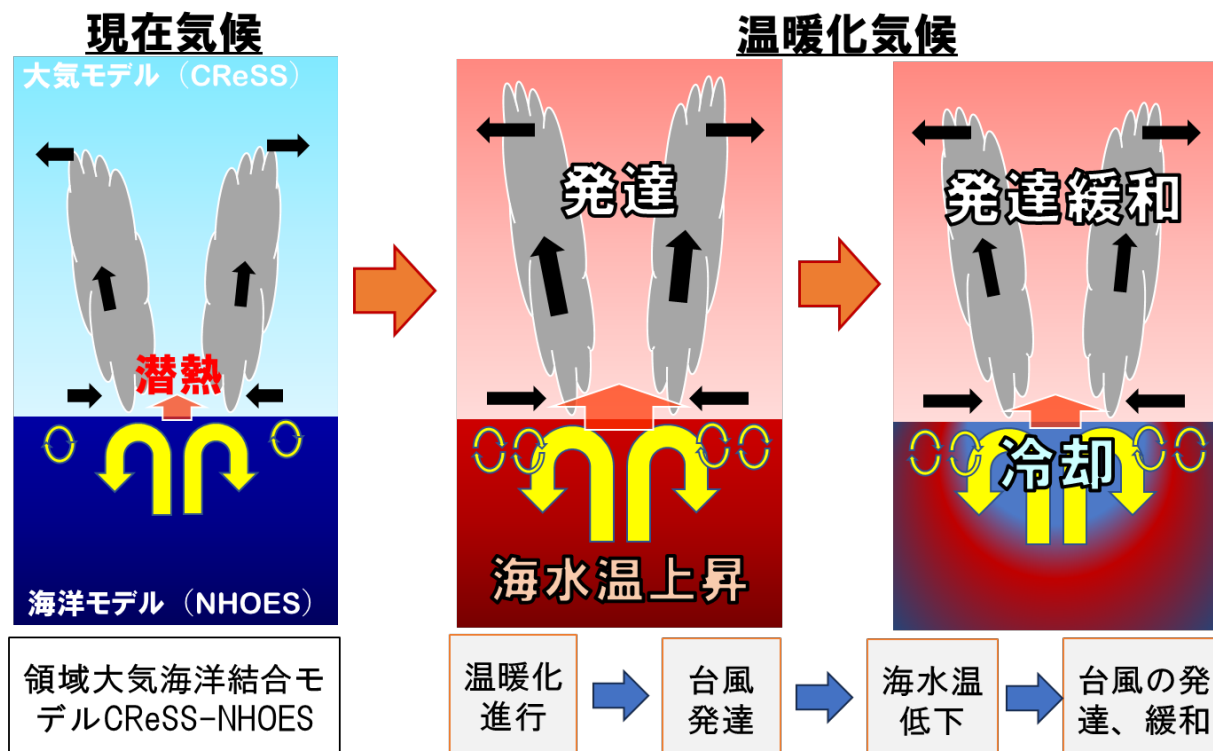
- ・日本に大きな影響を与えた4例の強い台風を対象に、高解像度領域大気海洋結合モデル「CReSS-NHOES」^{注1)}を用いて、将来、温暖化が進んだ環境下における最大強度を予測した。
- ・その結果、地球温暖化の進行とともに台風は強くなるも、その発達幅は台風毎に大きく異なることを発見した。
- ・大型で移動の遅い台風は、自身が引き起こす海面水温の低下の影響で、温暖化が進行しても発達幅が小さくなることを明らかにした。

【研究概要】

台風は大きな災害を引き起こす自然の脅威です。将来、地球温暖化が進行し海面水温が上昇した場合、台風もより強く発達することが危惧されています。一方で、強い台風は海面水温を低下させることも知られています。

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学宇宙地球環境研究所の金田 幸恵 特任助教、相木 秀則 准教授らの研究グループは、高解像度の領域大気海洋結合モデル「CReSS-NHOES」を用いて、台風と台風に伴う海洋応答をともに水平解像度 1-2km という高解像度で初めて同時にシミュレートすることで、中緯度の顕著台風の温暖化に伴う強度変化が台風の引き起こす海面水温の低下によって緩和されることを定量的に明らかにしました。本研究では、大型で移動の遅い台風は温暖化の影響を受けづらく、対して小型で移動の速い台風は温暖化とともに発達しやすいことを示しています。現在、台風強度の気候変動予測研究は、強い台風の強度や構造を再現することが難しい水平解像度が粗いモデルや大気のみモデルで実施されています。強い台風の強度・構造と海洋の応答も高い精度で再現しうる高解像度領域大気海洋結合モデルを用いた本研究の取り組みは、温暖化気候下の台風強度の定量的な予測だけでなく、現在の台風強度の予報精度向上にも寄与することが期待されます。

本研究成果は、2023年12月29日付 American Geophysical Union の論文誌「Geophysical Research Letters」に掲載されました。



大気海洋相互作用による温暖化気候下の台風発達緩和メカニズム

【研究背景と内容】

<背景>

台風は、それに伴う大雨・暴風・高潮・高波により、日本をはじめとする各国の沿岸域の人々の生活や経済活動に大きな影響を与えます。最新の気候変動予測研究によると、地球温暖化による海面水温の上昇に伴って、さらに強い台風が日本の大都市といった中緯度の人口過密域まで北上してくる可能性が危惧されています。それは、台風が暖かい海から供給される熱エネルギー(潜熱)を駆動源としていることからです。一方で、強い台風は海をかき混ぜて海面水温を大きく低下させることも知られています。では、将来、温暖化が進行し、海面水温の上昇とともに台風が強くなり、より大きな海面水温の低下を引き起こすとき、台風の強度はどのように変化するのでしょうか？ これまでは、「強い台風の強度・構造」と「台風に伴う海面水温の低下」を同時に表現することができるモデル実験がなかったため、「大気海洋相互作用(具体的には、台風が海をかき混ぜ海面水温を低下させる効果)を考慮したとき、温暖化の進行とともに台風の最大強度はどのように変化するか」という問題(図1)は未解明のままでした。

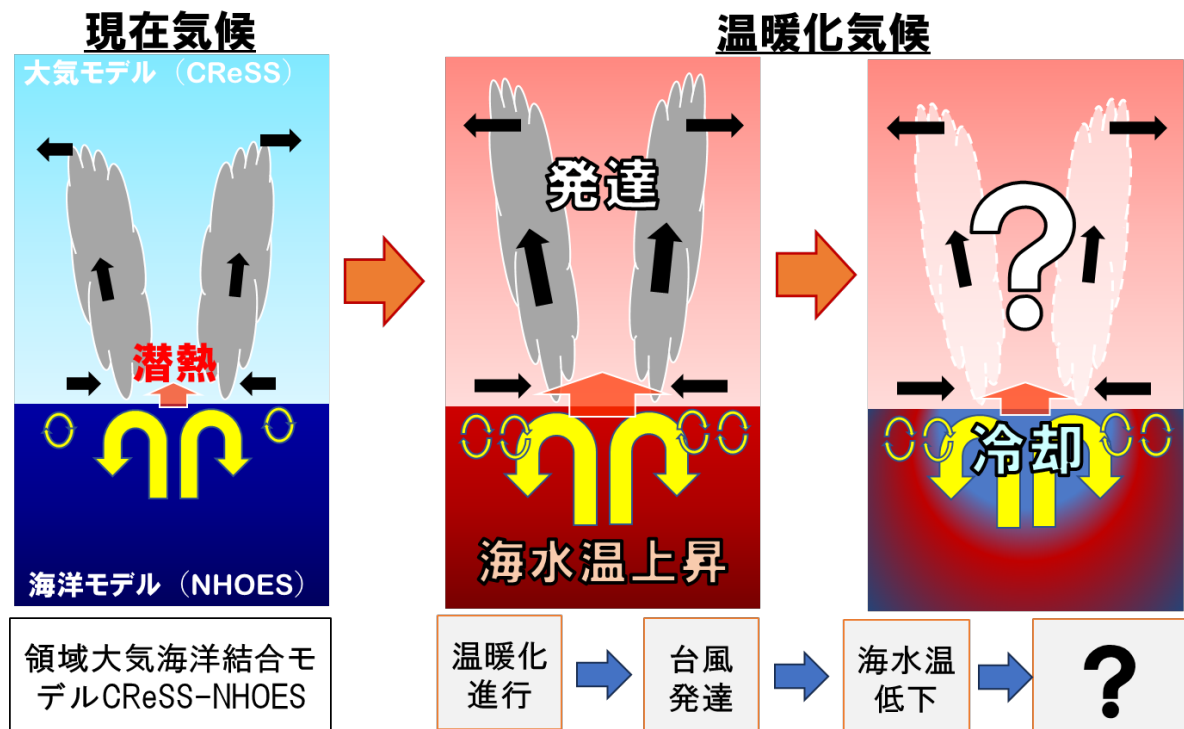


図1 「大気海洋相互作用を考慮したとき、温暖化の進行とともに台風の最大強度はどのように変化するか」という問題をあらわす模式図。

<研究内容>

【手法の開発】

◆ポイント1:【領域大気海洋結合モデル CReSS-NHOES】

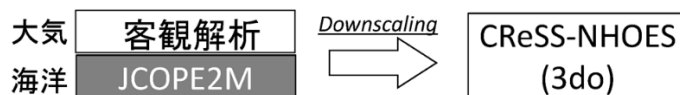
実験には「領域大気海洋結合モデル CReSS-NHOES」を用いました。先行研究より、強い台風の強度や構造を再現するには、水平解像度が 2km 以下である必要があるとされています。本研究では、すべての実験を大気・海洋モデルともに水平解像度 2km 以下で実施することで、台風の強さ・構造と台風が海をかき混ぜ海面水温を低下させる効果を同時にシミュレートしました。

◆ポイント2:【領域大気海洋結合モデル用の擬似温暖化実験】

台風の温暖化に伴う将来変化を予測するため、「擬似温暖化実験」という手法を用いました。擬似温暖化実験は、別名「量的ストーリーラインアプローチ」とも呼ばれています。台風といった着目した現象を、将来の温暖化が進んだ環境下に置き、台風の強度がどのように変化するか量的に見積もります。既存の手法は、大気モデルのみの手法だったため、金田ら名古屋大学 宇宙地球環境研究所のグループが領域大気海洋結合モデル用に改良しました(図2)。

この CReSS-NHOES と領域大気海洋結合モデル用の擬似温暖化実験を組み合わせることで、「大気海洋相互作用を考慮した、温暖化の進行に伴う強い台風の最大強度の変化」をより精度よく予測することが初めて可能になりました。

・ 再現実験



・ 擬似温暖化実験

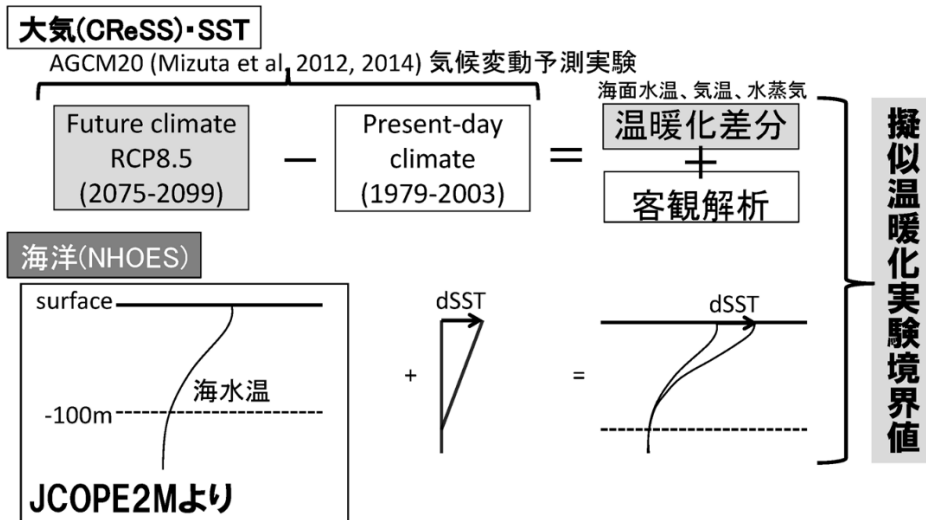


図2 領域大気海洋結合モデル用の擬似温暖化実験の模式図

【結果】

近年、日本に影響を及ぼした4つの非常に強い台風 Typhoon Trami (2018), Faxai (2019)(※令和元年房総半島台風), Hagibis (2019) (※令和元年東日本台風), Haishen (2020)を対象に、再現実験と地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース「database for Policy Decision making for Future climate change (d4PDF) 注2)」をもとに「産業革命以前の気候実験」、「2℃上昇実験」、「4℃上昇実験」の4気候分ずつの擬似温暖化実験を CReSS-NHOES を用いて実施しました(図3)。図3右が、各台風・各実験の結果「最低中心気圧」です。横軸に温暖化の進行の度合いをとりました。「0」が現在気候で、右に行けば行くほど温暖化が進んだ状態です。

◆ポイント1:すべての台風について、温暖化の進行とともに最低中心気圧が低下する(台風の強さが強くなる)。

◆ポイント2:ただし、海面水温1℃上昇あたりに台風がどのくらい強まるかは、台風毎に大きく異なることを発見した。たとえば海面水温が1℃上昇とともに、Tramiは3.1hPaしか強まらないが、Faxaiは16.2hPaも強くなる。

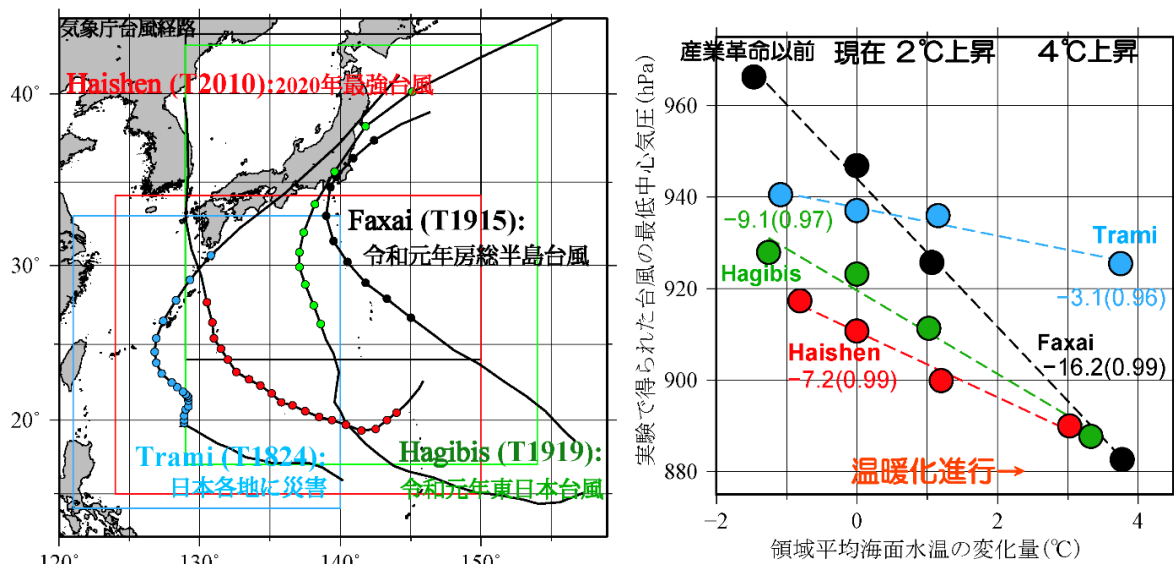


図3 実験対象とした4台風の名前と経路及び計算領域(左)。温暖化の進行度と実験で得られた台風の最大強度(右)。温暖化の進行度は計算領域で平均した海面水温の再現実験(現在)からの差で、また台風の最大強度は最低中心気圧で定義した。

この差を生み出した要因を明らかにするために、台風を中心付近(台風中心から半径200km以内)の平均海面水温の計算開始時から最大強度時までの低下量を調べました(図4左)。

◆ポイント1: 全台風において、温暖化の進行とともに台風に伴う海面水温低下量が増加。

◆ポイント2: 海面水温1°C上昇あたりの台風の強化幅が小さい台風(例: Trami)ほど海面水温低下量が大きい。逆に発達幅が大きい台風(例: Faxai)は海面水温低下量が小さい。

つまり、温暖化が進行し台風が発達すればするほど台風が引き起こす海面水温低下量も増加する。そして、海面水温の低下量が多い台風ほど、温暖化に伴う台風の発達が緩和されるということを意味します。

では、台風毎に大きく異なる海面水温低下量は、台風のどのような特性が決められているのでしょうか。観測に基づく先行研究より、台風に伴う海面水温の低下は「台風の移動速度」と「台風の最大風速半径」に大きく依存することが知られています(強い台風の最大風速半径は、2倍するとおおむね台風の目の直径にあたります)。この二つのパラメータに着目したところ、大きな海面水温低下を引き起こした Trami と低下量が小さい Faxai では全く異なる特性を持つことを明らかになりました(図4右): Trami は最大風速半径(目)が非常に大きく移動速度が極めて小さい一方、Faxai は非常に小さくかつ移動速度が大きい台風でした。

これらの結果から、目が大きく移動速度が小さい台風は大きな海面水温低下が台風の中心付近で発生し台風の発達を阻害する一方、目が小さく移動速度が速い台風は、海面

水温の低下が起きたとしても、すぐにその海域から離れてしまい台風を中心付近の海面水温は比較的暖かい状態が保たれ、その結果、温暖化の進行とともに効率よく発達することができる、という台風の特性的によって温暖化に対する強度変化が異なることをさらに明らかにしました。

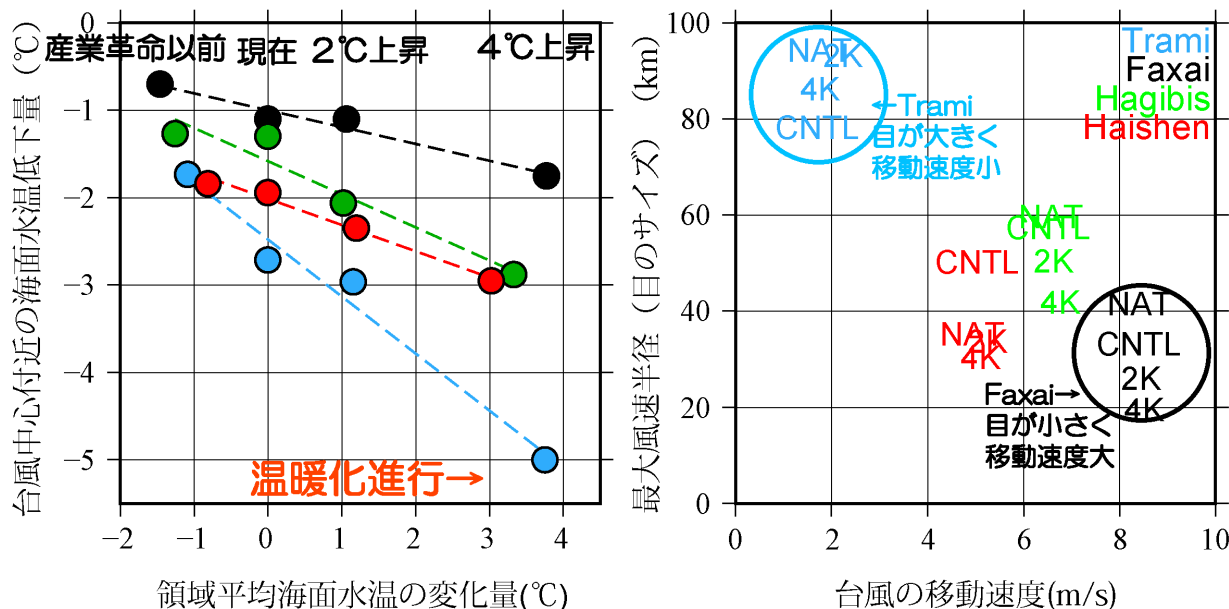


図4 温暖化の進行度と台風を中心付近の海面水温低下量(右)。シミュレートされた各台風・各実験における台風の移動速度と最大風速半径の関係。

【成果の意義】

本研究は、高解像度の領域大気海洋結合モデル「CReSS-NHOES」と独自に開発した「領域大気海洋結合モデル用の擬似温暖化実験手法」を組み合わせ、「強い台風の強度及び構造(たとえば目のサイズ)」と「台風に伴う海面水温の低下」を同時に表現することで、温暖化に伴う台風の強度変化を予測した初めての研究です。大型で移動速度の遅い台風は温暖化の影響を受けづらく、対して小型で移動速度の速い台風は温暖化とともに発達しやすいことも示しています。現在、台風強度の気候変動予測研究は、強い台風の強度や構造を再現することが難しい水平解像度が粗いモデルや大気のみモデルで実施されています。強い台風の強度・構造と海洋の応答も高い精度で再現する高解像度領域大気海洋結合モデルを用いた本研究は、温暖化気候下の台風強度の定量的予測に留まらず、現在の台風強度の予報精度向上にも寄与することが期待されます。

【謝辞】

本研究は、2019年度から始まった文部科学省の科研費・新学術領域研究『変わりゆく気候系における中緯度大気海洋相互作用hotspot』の計画研究「台風・爆弾低気圧の予測可能性とスケール間大気海洋相互作用(課題番号:19H05696)」ならびに公募研究「高解像度大気海洋結合領域モデルによる中緯度台風の気候変動応答メカニズム解明(課題番号:20H05166)」の支援のもとで行われたものです。本研究は名古屋大学のス

ーパソコンコンピュータ「不老」の一般利用を利用して実施しました。

【用語説明】

注 1) 高解像度領域大気海洋結合モデル「CReSS-NHOES」:

台風の壁雲やレインバンドといった構造を精巧に表現する3次元領域雲解像モデル CReSS と黒潮といった精緻な海洋構造を表現する3次元海洋モデル NHOES を結合した領域大気海洋結合モデル。大気モデル CReSS と海洋モデル NHOES を同一の水平格子で結合する。

注 2) 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース「database for Policy Decision making for Future climate change (d4PDF)」:

水平解像度約 20km の高解像度全球大気モデルおよび水平解像度 5km の高解像度領域大気モデルを用い、これまでにない多数（最大 100 メンバ）のアンサンブル実験を行うことによって、確率密度分布の裾野にあたる極端気象の再現と変化について、十分な議論ができる。

<https://www.miroc-gcm.jp/d4PDF/index.html>

【論文情報】

雑誌名: Geophysical Research Letters

論文タイトル: Buffering Effect of Atmosphere–Ocean Coupling on Intensity Changes of Tropical Cyclones under a Changing Climate

著者: S. Kanada, and H. Aiki (ともに名古屋大学 宇宙地球環境研究所 所属)

DOI: 10.1029/2023GL105659

URL: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2023GL105659>