

オホーツク海の海氷減少が引き起こす波浪増大

発表のポイント

- ・ 過去 40 年間ににおける波浪シミュレーションから、オホーツク海における波浪の長期トレンドを解析。
- ・ その結果、冬季の波パワーが 12～15%/10 年で増加していることを世界で初めて証明。
- ・ さらに冬季の波パワー増加の主な原因が、海氷の減少にあることを提示。
- ・ 地球温暖化による海氷減少が懸念される海域において、将来の長期的な波浪予測の精度向上につながる大きな一歩。

【論文情報】

タイトル: Increase in the wave power caused by decreasing sea ice over the Sea of Okhotsk in winter

著者名: Shinsuke Iwasaki

雑誌名: Scientific Reports

DOI: 10.1038/s41598-023-29692-9

URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29692-9>

【概要】

北海道北部に隣接するオホーツク海は、地球温暖化による海氷の減少に伴い、波浪増大が懸念されています。しかし、この海域の波浪に着目した研究は非常に少なく、その長期的な変化については未解明のままでした。(国研)土木研究所寒地土木研究所・寒冷沿岸域チームの岩崎慎介研究員は、過去 40 年間ににおける波浪シミュレーションから、オホーツク海の波パワーの長期トレンドとその要因を調べました。その結果、オホーツク海における冬季の波パワーは 10 年あたり約 12～15%で増加していることがわかりました。また、波パワー増加には、海氷の減少と海上風の増加が影響していること、さらに、その海上風の増加も、海氷の減少により生じていることを解明しました。この結果は、海氷減少が、冬季における波パワー増加トレンドの主な要因であることを提示しています。

今後も温暖化に伴う海氷減少が予想される中、気候変動への適応策に貢献するべくオホーツク海における長期的な波浪の将来予測は、喫緊の課題です。

この研究成果は、英国のシュプリングー・ネイチャー社発行の国際科学誌『Scientific Reports』に 2023 年 2 月 13 日付で掲載されました。

【発表内容】

一般に、海氷は海洋へ輸送される風のエネルギーを抑える働きがあるため、波浪を減衰させる効果があります。近年、オホーツク海の家氷減少に伴い、沿岸域に來襲する波浪の増大や、それに付随する高波被害の増加、沿岸構造物の安定性低下、海岸侵食の進行などの災害事例の多発が危惧されています。しかしながら、オホーツク海の長期的な波浪変化に着目した研究例はほとんどなく、同海域の長期的な波浪の変化傾向や、その原因については、よくわかっていませんでした。

本研究では、1980年代から現在までの40年間の波浪シミュレーションを行い、オホーツク海における波パワーの長期トレンドを解析しました。この研究では、3種類の再解析データ(JRA55、ERA5、MERRA2)^{*1}と1種類の衛星データ^{*2}を用いて、3ケースの波浪シミュレーション(標準実験^{*3}と呼びます)を実施しました。また、波パワーの長期変化に対する海上風と海氷の影響を評価するために、海氷の長期変動を除去したシミュレーション(海氷気候値実験^{*4}と呼びます)も3ケース行いました。

その結果、全てのシミュレーションから、オホーツク海全域で平均した波パワーは、冬季の間(12-2月)、顕著に増加していることがわかりました(図1a,b)。また、波パワーのトレンド値は場所によって異なるものの、その傾向はほとんどの領域で正の値を示しています(図1c)。領域全体で平均すると波パワーは10年間で約12~15%増加していました。なお、冬季における波パワーの増加傾向は、国土交通省港湾局提供の北海道沿岸域に位置する波浪観測結果からも確認できました。この波パワーの増加要因として、「海氷減少による波浪減衰効果の低下」だけでなく「海上風増加による波浪の発達」の効果が挙げられます。この2つの効果による波パワーの変化を見るために、標準実験と海氷気候値実験を解析した結果、海氷減少と海上風増加の両方ともに波パワーの増加に寄与していることがわかりました(図2)。また、海氷の減少は、直上の海面気圧を低下させ、その周辺における海面気圧の空間勾配を強めることで、風速も増加させることが明らかになりました(図3)。この結果から、海氷の減少は、「直接的な波浪減衰効果の低下」に加えて、「海上風増加による波浪の発達」にも間接的に寄与することがわかりました。すなわち、海氷減少が、冬季における波パワー増大の主な原因であることが示されました。ここでは、図1a,bを除いて、主にJRA55によるシミュレーション結果を示していますが、他のシミュレーションでも同様の結果が得られています。

本研究のように、海氷域の長期的な波浪変化に対する海氷と海上風の影響を定量的に示したものは、世界的に見てもあまり例がありません。この成果は、海氷域での長期的な波浪変化メカニズムの更なる理解につながり、同海域における波浪予測の高度化に貢献することが期待されます。また、温暖化進行によるオホーツク海の家氷減少は、これからも継続することが予想され、沿岸域における被災事例の顕在化が危惧されるでしょう。今後は、北海道をとりまく海域をターゲットに、「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(d4PDF)」^{*5}などを活用した波浪の将来予測や、私たちの生活圏に近い沿岸域に着目した研究に取り組んでいきます。

【問い合わせ先】

(国研)土木研究所 寒地土木研究所 寒地水圏研究グループ 寒冷沿岸域チーム
上席研究員 平野 誠治 (ひらの せいじ)
TEL: 011-841-1684 FAX: 011-842-9169 Mail: hirano-s82ab@ceri.go.jp

(国研)土木研究所 寒地土木研究所 寒地水圏研究グループ 寒冷沿岸域チーム
研究員 岩崎 慎介 (いわさき しんすけ)
TEL: 011-841-1684 FAX: 011-842-9169 Mail: iwasaki-s@ceri.go.jp

【謝辞】

本研究は、文部科学省気候変動予測先端研究プログラム領域課題4 (JPMXD0722678534)に参画し、行なったものです。

【参考図】

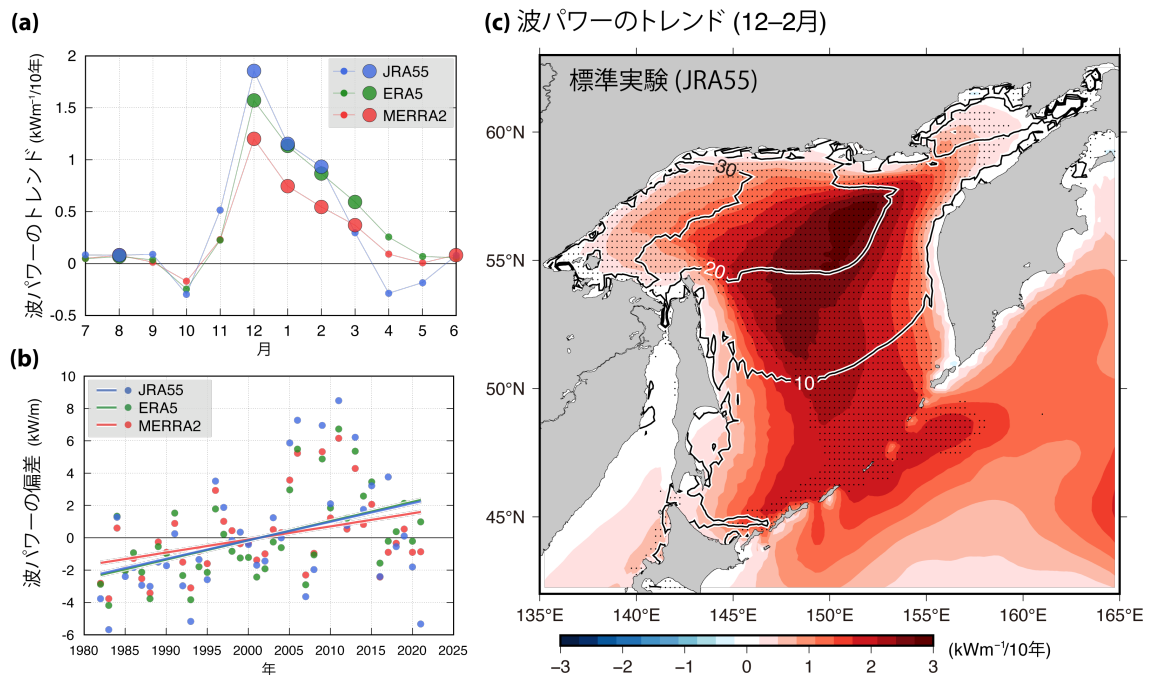


図1: (a)オホーツク海における月毎の波パワーの長期トレンド。大きい円は統計的に有意(90%)なトレンドを意味します。(b)冬季(12-2月)・オホーツク海における波パワー偏差(冬季平
均値－気候値)の時間変化とその回帰直線。JRA55とERA5の回帰直線が重なり合っていることに注意してください。(a,b)凡例のJRA55、ERA5、MERRA2はそれぞれJRA55、ERA5、MERRA2による標準実験から得られた結果を意味しています。(c)JRA55の標準実験から得られた冬季における波パワーの長期トレンドの空間分布。等値線はトレンドの割合(%/10年)を示します。点描は統計的に有意(95%)な領域を意味します。

波パワーのトレンド (12-2月)

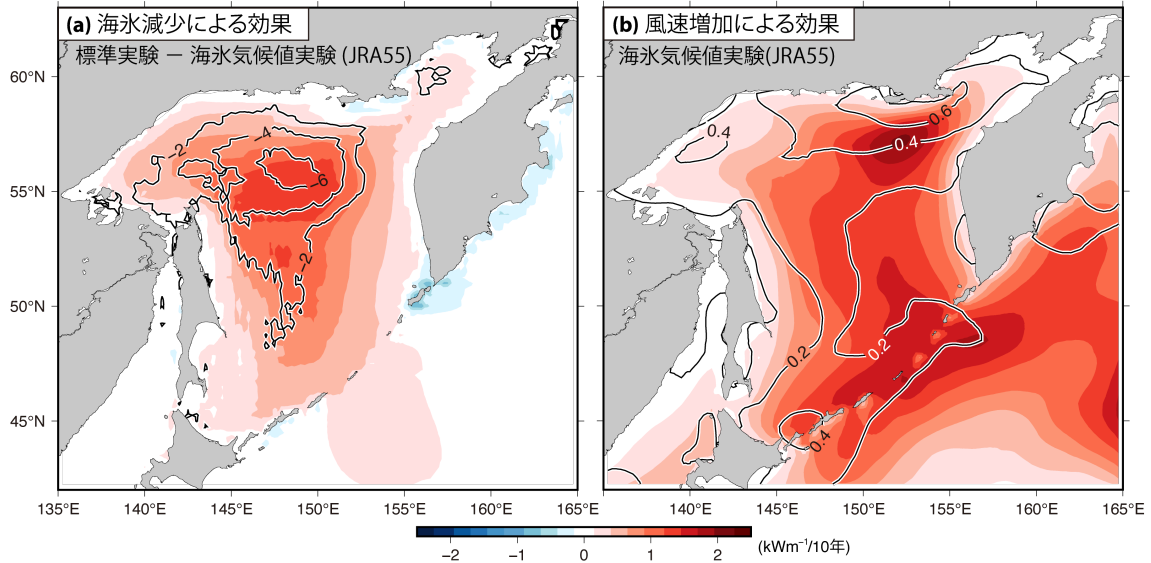


図2: 冬季における(a)海氷と(b)風速の変化による波パワーの長期トレンド(カラー)。等値線は (a)海氷密接度(%/10年)と(b)風速($\text{ms}^{-1}/10\text{年}$)の長期トレンド。JRA55 による標準実験と海氷気候値実験から得られた結果。海氷と風速のトレンド値は、それぞれ NOAA による衛星データと JRA55 による再解析データから計算しました。波パワー増加の領域は(a)海氷減少と(b)風速増加の領域とそれぞれ一致していることがわかります (特に海氷減少の領域)。

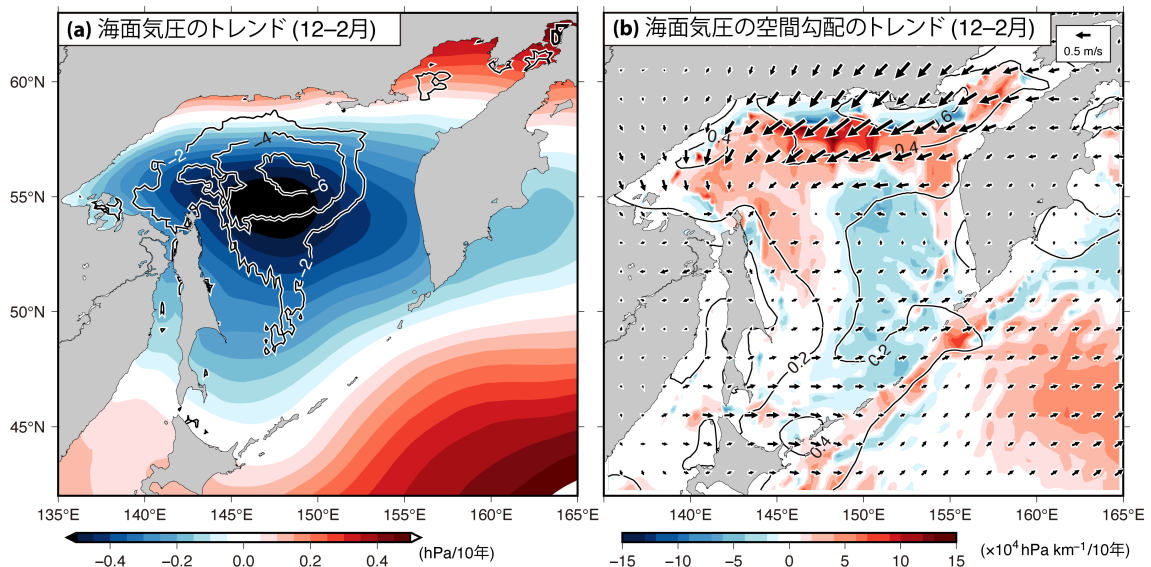


図3: 冬季における(a)海面気圧と(b)その空間勾配(水平方向)の長期トレンド(カラー)。(a) 等値線は海氷密接度の長期トレンド(図 2a の等値線と同様)。(b)ベクトルと等値線は風速の長期トレンド(等値線は図 2b のそれと同様)。海面気圧には JRA55 の再解析値を使用しています。海氷の減少領域で海面気圧が低下し(a)、その周辺領域(特に北部)の海面気圧の空間勾配が強化している場所で風速が増加していることがわかります(b)。

【語句説明】

*1：3種類の再解析データ（JRA55、ERA5、MERRA2）

観測データを数値モデルに取り込む客観解析を行なって得られた欠損値のない均質なデータセットを再解析データと呼びます。本研究では、日本の気象庁（JMA）による JRA55、ヨーロッパ中期予報センター（ECMWF）による ERA5、アメリカ航空宇宙局(NASA)の全球モデルデータ同化局(GMAO)による MERRA2 の3種類の再解析データセットを使用しました。

*2：衛星データ

本研究では、アメリカ海洋大気庁（NOAA）で作成されている衛星データに基づいた全球海面水温データセットに含まれる海氷データを用いました。

*3：標準実験

現実の波浪を再現するために、3種類の再解析データ（JRA55、ERA5、MERRA2）から提供されている海上風と海氷を用いて、3ケースの波浪シミュレーションを過去40年間（1981年9月初めから2021年8月末まで）で実施しました。ただ、JRA55では海氷が提供されていないため、代わりに NOAA の海氷を使用しました。この実験ではオリジナルの時間解像度の海上風と海氷を用いてシミュレーションを行なっています。

*4：海氷気候値実験

この実験では、海上風は標準実験と同じデータですが、海氷はオリジナルの時間解像度ではなく、気候学的にのみ変化する海氷を用いています。この方法によって海氷の長期的な変化が除去されるため、海上風の効果による長期的な波浪変化だけを見ることができます。また、海氷の効果による波浪変化は標準実験と海氷気候値実験の差（標準実験－海氷気候値実験）と考えました。海氷気候値実験も、標準実験と同様に3種類の再解析データに基づいて3ケースのシミュレーション（ただし JRA55 の実験では NOAA の海氷を使用）を同じ期間で駆動しました。本研究では3ケースの標準実験も含め、トータルで6ケースのシミュレーションを実施しました。

*5：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（d4PDF）

文部科学省・気候変動リスク情報創生プログラムの下で作成された高解像度大規模データベース。d4PDF では気候シミュレーション実感の不確実性を統計的に考慮するため、初期条件をわずかに変化した多数の実験（アンサンブル実験）を行なっています。

【関連する研究成果】

「冬季オホーツク海の波浪に対する海氷の役割を明らかに～風の強弱で変化する自然の防波堤～」2022年12月15日プレスリリース

URL: <https://www.ceri.go.jp/data/files/20221215.pdf>