

オホーツク海の海水変動に及ぼす熱帯海洋からの遅延効果

*竹端 光希¹, 立花 義裕¹, 安藤 雄太^{2,3}

1) 三重大院生物資源, 2) 新潟大院自然科学, 3) 鈴鹿高専

1. 研究背景

オホーツク海は世界で最も低緯度に海水が拡大する特異な海である。オホーツク海の海水面積は顕著な年々変動をしており、その変動要因は様々である。ローカルな影響としては冬季のシベリアからの北西風や、オホーツク海付近の気温の低下などが知られている^[1]。また、遠隔影響としてエルニーニョ現象の年にオホーツク海の海水面積が多くなることが指摘されている^[2]。しかし、この先行研究ではオホーツク海の海水変動と同時期のエルニーニョ現象との関係しか見えていない。遠隔影響には同時期の影響だけでなく遅延影響も存在している。よく知られたものとしてインド洋コンデンサー効果^[3]がある。これはインド洋の海面水温 (SST) がエルニーニョ領域に対して 2, 3 ヶ月遅れて変動しているというものである。このように熱帯海洋からの遅延影響は知られているがオホーツク海への遅延影響を考察した研究は存在しない。そこで本研究では、熱帯海洋からオホーツク海の海水変動への遅延影響は存在するのか、またどのようなメカニズムで影響を及ぼしているのかについて考察することを目的とする。

2. 使用データ・解析手法

a) 使用データ

オホーツク海の海水データには、気象庁の最大海氷域面積を使用した。SST のデータには HadISST^[4]を、大気場、陸面のデータには JRA-55 再解析データ^[5]を使用した。また、対流活動の指標としてアメリカ海洋大気庁の外向き長波放射 (OLR) を使用した。いずれも月平均のデータで解析期間は 1982-2021 年の 40 年間である。数値モデルは大気大循環モデル (AFES ver.4.1) ^[6]を用いた。

b) 解析手法

まず、オホーツク海の海水データからオホーツク海の海水インデックスを作成した (図 1)。続いて、Niño 3 海域 (5°S-5°N, 150°W-90°W) の SST を 3 ヶ月の領域平均した Niño 3 インデックスを作成した。各インデックスそれぞれ線形トレンド除去と標準化を行っている。そして海水インデックスに対して Niño 3 インデックスを作成する月を 1 ヶ月ずつずらしていき、両者の間の相関係数の時系列を作成した。また、Niño 3 インデックスと大気場や陸面データとの時間ラグ線形回帰分析を行った。さらに、熱帯の SST に対する大気の応答を確認するため数値モデルによる実験を行った。

3. 結果・考察

a) 熱帯海洋とオホーツク海の海水との 1 年遅れの相関

海水インデックスに対して、同時期の冬 (12-2 月) の Niño 3 インデックスとの相関は 0.14 となった (図 2)。この結果は先行研究^[2]と異なっているが、先行研究とは解析期間が異なるため、近年は気候場の変化によりオホーツク海の海水変動と同時期のエルニーニョ現象との関係が弱くなったと考えられる。一方、1 年前の冬 (12-2 月) の Niño 3 インデックスとの相関は -0.33 となった (信頼係数 95% で有意)。この結果は、ラニーニャ現象が起こった翌冬には、オホーツク海の海水が発達することを示唆している。

b) 遅延影響のプロセス

1 年間の過程を考察するため、以下のプロセスでラグ回帰を行った。

- i) ラニーニャ (1 年前の 12-2 月)
- ii) フィリピン海の対流 (6-8 月)
- iii) PJ パターン (6-8 月)
- iv) シベリアの土壌温度 (6-8 月)

v) シベリアの土壤温度 (11-1 月)

vi) オホーツク海の海氷

1 年前の 12-2 月の Niño 3 インデックスを 6 ヶ月後の 6-8 月の OLR に回帰したところ、フィリピン海付近に活発な対流活動が見られた (図略)。その領域で OLR のインデックスを作成し、6-8 月の 850hPa 面のジオポテンシャル高度に回帰すると、フィリピン海付近に低気圧偏差、日本付近に高気圧偏差という正の太平洋・日本 (Pacific-Japan: PJ) パターン^[7]の気圧配置が確認された (図 3a)。この結果は、エルニーニョ/ラニーニャ現象の半年後の夏に PJ パターンが発生するという先行研究^[3]と整合的である。また、PJ パターンに伴いシベリア付近では低気圧偏差が見られており、OLR のインデックスを 6-8 月の土壤温度に回帰するとシベリア付近は低温偏差となっていた (図 3b)。その領域で土壤温度のインデックスを作成し自己ラグ相関を調べると、5 ヶ月後の 11-1 月まで有意な相関が持続していた (図 4)。11-1 月のシベリアが低温偏差であると北西風によってオホーツク海に寒気がもたらされるため、持続したシベリアの低温偏差がオホーツク海の海氷を増やしたのではないかと考えられる。

c) 再解析と数値モデルの比較

AFES を用いて 1) ラニーニャラン (12 月の Niño 3 インデックスの下位 4 年の SST/海氷)、2) ノーマルラン (12 月の Niño 3 インデックスの±0 から 5 年ずつの SST/海氷)、3) 熱帯変化ラン (熱帯域 (25°S-25°N) をラニーニャラン、それ以外をノーマルラン) の 3 種類の実験を行った。それぞれ最初の 2 年間で spinup とし 73 年間で積分した。また、ラニーニャ後の夏のフィリピン海の対流が活発であるという条件を加えるため、1) と 3) は夏に対流が活発な事例を、2) は不活発な事例を抽出しその差を見た。1) と 2) の差の結果より、PJ パターンとシベリア付近の低気圧偏差が確認された (図 5)。これによりラニーニャ時の SST 偏差と夏のフィリピン海の対流がシベリア付近の低気圧偏差に寄与することが示唆された。また 3) と 2) の差の結果より、シベリアの低気圧偏差は熱帯の SST の影響が大きいと考えられる (図 6)。

4. まとめ

本研究では、オホーツク海の海氷変動に及ぼす熱帯海洋からの遅延影響について統計解析を用いて調べた。結果、オホーツク海の海氷変動と 1 年前のラニーニャ現象との間に有意な相関関係があることを示した。1 年間のプロセスとして、ラニーニャ後の夏のフィリピン海の活発な対流活動による PJ パターンやそれに伴うシベリア付近の低気圧偏差、土壤の低温偏差の持続が効いている可能性を示唆した。数値モデルによる実験から、熱帯の SST がシベリア付近の低気圧偏差の形成に寄与していることを示した。

参考・引用文献

- [1] 山崎孝治, 2000: オホーツク海の海氷面積と冬の大気循環との相互作用. *日本雪氷学会誌*, **62**, 345-354.
- [2] 西尾文彦, 長幸平, 1996: オホーツク海海氷の変動. *日本リモートセンシング学会誌*, **16**, 26-31.
- [3] Xie, S.-P. et al. 2009: Indian Ocean Capacitor Effect on Indo-Western Pacific Climate during the Summer following El Niño. *Journal of Climate*, **22(3)**, 730-747
- [4] Rayner, N. A. et al. 2003: Global Analyses of Sea Surface Temperature, Sea Ice, and Night Marine Air Temperature since the Late Nineteenth Century. *J. Geophys. Res.*, **108(14)**, 4407-4410
- [5] Kobayashi, et al. 2015: General Specifications and Basic Characteristics. *J. Meteor. Soc. Japan.*, **93**, 5-48.
- [6] Ohfuchi, et al. 2004: 10-km Mesh Mesoscale Resolving Simulations of the Global Atmosphere on the Earth Simulator: Preliminary Outcomes of AFES (AGCM for the Earth Simulator). *J. Earth Simulator*, **1**, 8-34
- [7] Nitta, T. 1987: Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the northern hemisphere summer circulation. *J. Meteor. Soc. Japan*, **65**, 373-390

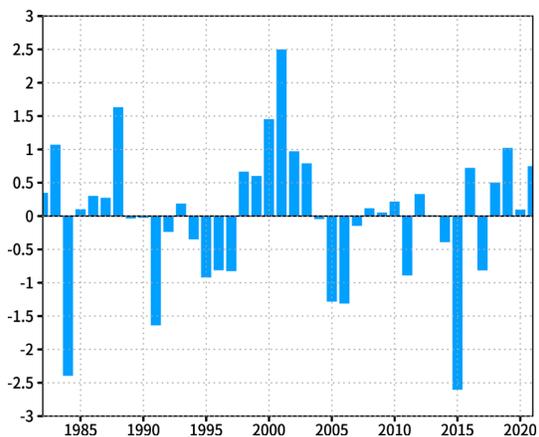


図 1. オホーツク海の海氷インデックス

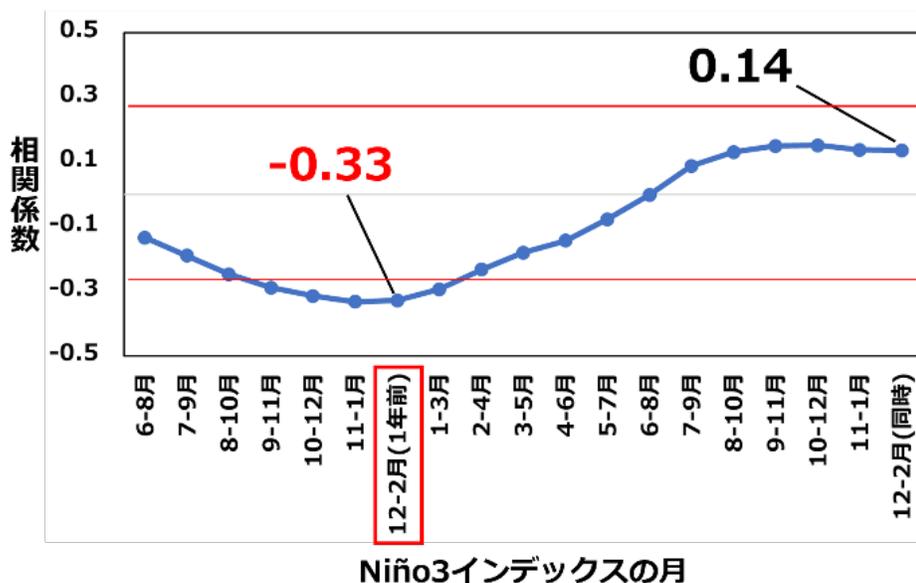


図 2. オホーツク海の海氷インデックスと Niño 3 インデックスの相関係数の時系列
赤線：信頼係数 95%

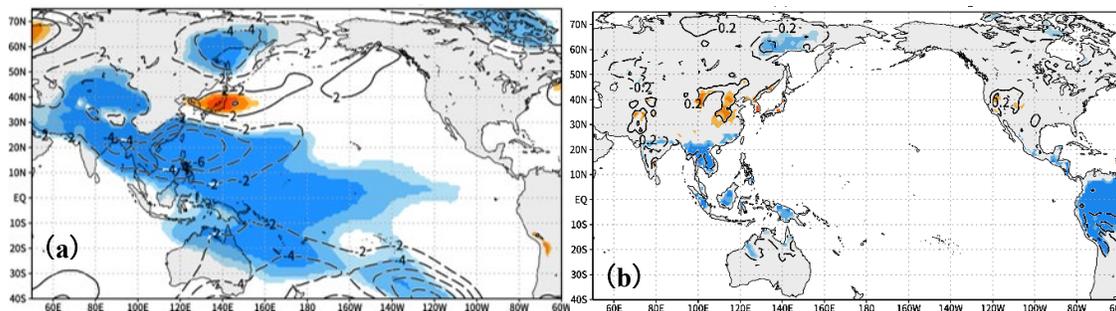


図 3. 6-8 月のフィリピンの OLR インデックスと (a) 6-8 月の 850hPa 面のジオポテンシャル高度
(b) 6-8 月の土壌温度との回帰。
(対流が活発な場を示すため OLR インデックスの符号は反転させている)
等値線：回帰係数 (m) , (°C) , 陰影：信頼係数 90%以上

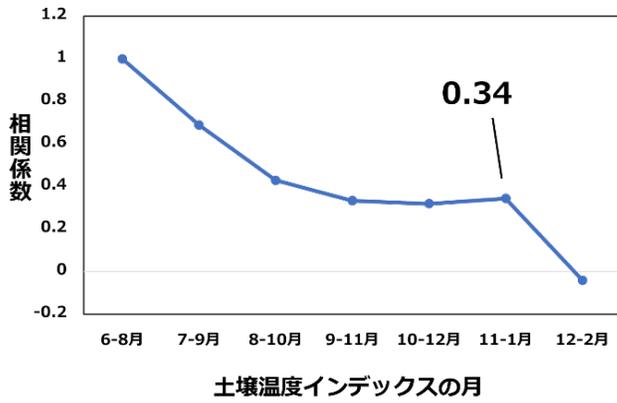


図4. 土壤温度インデックスの自己ラグ相関の時系列

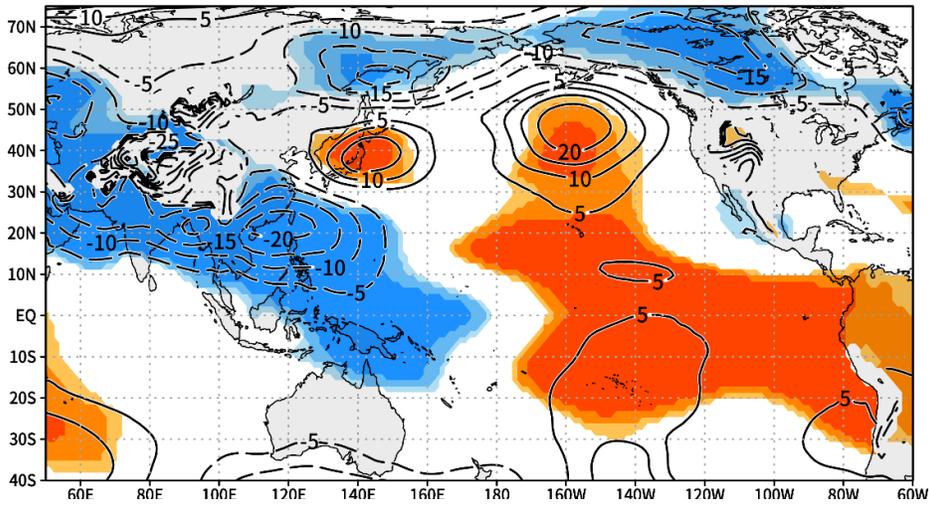


図5. ラニーニャランとノーマルランの6-8月の850hPa面のジオポテンシャル高度の差等値線：差 (m)，陰影：信頼係数90%以上

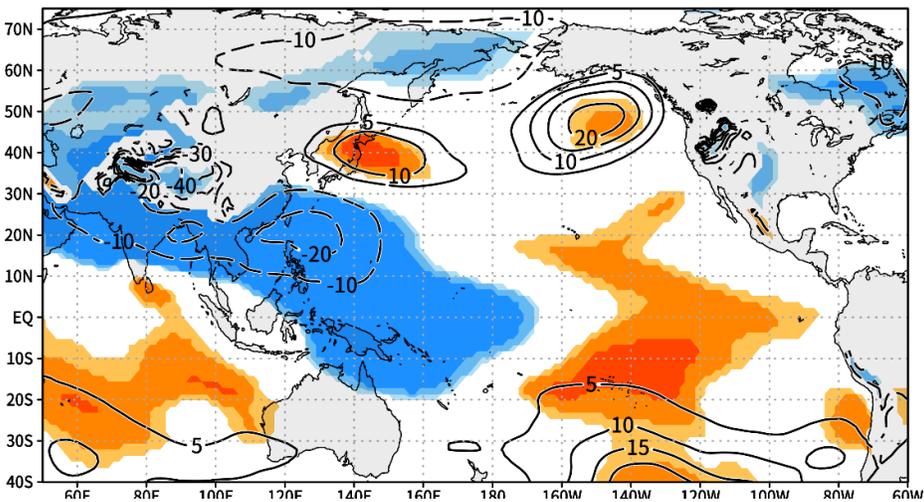


図6. 熱帯変化ランとノーマルランの6-8月の850hPa面のジオポテンシャル高度の差等値線：差 (m)，陰影：信頼係数90%以上