

# オホーツク海の海水変動に及ぼす熱帯海面水温からの遅延影響

気象・気候ダイナミクス研究室 517346 竹端 光希

指導教員：立花 義裕 教授

Keywords：オホーツク海，海水変動，ラニーニャ現象，遅延影響，相関・回帰分析

## 1. 序論

オホーツク海は北海道の北東に位置し，大陸や島々に囲まれた縁辺海である．この海域は，北半球の寒極であるユーラシア大陸北東部からの定常的な寒気移流場となっており，冬季には世界で最も低緯度に海氷が拡大するという特徴を持つ．海氷は大気海洋間の熱交換にとって断熱材として働くため，オホーツク海の海水域の変動は，中高緯度地域の気候場に影響を及ぼすことが知られている<sup>[1]</sup>．よってオホーツク海の海水変動を予測することができれば，中高緯度地域の気候変化を予測することにつながる．

そこで本研究では，ある現象が他の現象に対して遅れて与える影響「遅延影響」に着目する．オホーツク海の海水変動に対する遅延影響を考察した研究は，数少ないながらも存在する．その中の一つとして，Ogi et al. (2001)<sup>[2]</sup>は，夏季のアムール川の流量と，続く冬季のオホーツク海の海水域面積に負の関係があることを示した．この研究はオホーツク海の海水変動に対するローカルな遅延影響を考察している．しかし，より長い時間スケールで海水変動を予測するためには，オホーツク海の海水変動に対する遠隔な遅延影響を考察する必要がある．

ここで熱帯海洋に注目する．熱帯海洋の現象は，応答に時間を要するため遅延影響を引き起こすことが知られている<sup>[3]</sup>．また，熱帯海洋上の活発な対流活動は，オホーツク海を含めた中高緯度地域の気候に影響を与えることが明らかになっている<sup>[4]</sup>．このような特徴から，オホーツク海の海水変動に対する熱帯海洋からの遅延影響は十分に考えられるが，そのような研究はされていない．

一方，オホーツク海の海水変動には十年規模の長周期の変動成分も見られる<sup>[5]</sup>．しかし，オホーツク海の海水がなぜ長周期の変動成分を持っているのか，そのプロセスは解明されていない．長周期変動のメカニズムがわかれば，より長い時間スケールで海水変動の予測が可能となる．

以上のことを踏まえて，本研究では，オホーツク海の海水の年々変動に関して，熱帯の海面水温からの遅延影響について考察する．また，長周期変動に関して，その変動要因を解明する．これらを明らかにすることで，オホーツク海の海水変動の予報精度

向上につながることを期待できる．

## 2. 使用データ・解析手法

オホーツク海の海水データは，気象庁が公表している最大海水域面積<sup>[6]</sup>を使用した．期間は1970/71年の冬季から2018/19年の冬季までの49年間である．また海面水温(SST)のデータにはHadISST<sup>[7]</sup>を，大気場，陸面のデータには気象庁55年長期再解析データJRA-55<sup>[8]</sup>を使用した．いずれも月平均のデータで，海氷に対する1年前からの遅延影響を見るため1969年から2019年の期間を使用した．

本研究では，遅延影響の始点としてエルニーニョ/ラニーニャ現象に着目した．まず，オホーツク海の最大海水域面積データをオホーツク海の海水インデックスとした．続いてNiño 3海域(5°N-5°S,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(図1)．また，作成した海水インデックス，Niño 3インデックスと大気場や土壌温度，SSTとのラグ回帰計算を行った．さらに，長周期の変動成分を見るため，海水インデックスに7年の移動平均をかけて回帰計算を行った．

## 3. 結果・考察

まず海氷の年々変動に着目し，熱帯の海面水温からの遅延影響について考察する．ラグ相関分析から，海水インデックスに対して，1年前の冬(12~2月)のNiño 3インデックスとの相関が-0.26となり，他の月に比べて一番高いという結果がみられた(信頼係数90%で有意)(図1)．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可能性があることを示唆している．また，1年間のラグの過程を調べるために，海氷に対して1年前のNiño 3インデックスと海水インデックスそれぞれを，春(4~6月)の土壌温度に回帰すると，どちらもモンゴル付近に正偏差が確認された(図2)．このことから1年前の冬のラニーニャの情報が春のモンゴルの土壌温度に蓄積され，翌冬の海水を発達させているのではないかと推測される．

続いて海氷の長周期変動に着目する．移動平均を

かけた海氷インデックスと SST の回帰を見ると、太平洋十年規模振動 (PDO) の正のパターンに類似した水温分布が確認できる (図 3)。海氷インデックスを 975hPa 面のジオポテンシャル高度に回帰すると、北太平洋上に低圧偏差が見られた (図省略)。これは PDO が正のパターンの時にアリューシャン低気圧が強まることと整合的である。これらのことからオホーツク海の海氷の長周期変動は、太平洋の大規模な水温変動と同期していることが示唆された。

#### 4. まとめ・今後の展望

本研究では、オホーツク海の海氷の年々変動に関して、1 年前のラニーニャ現象との間に正の相関関係があることを示した。これにより、オホーツク海の海氷が変動する要因の一つとして、1 年前の熱帯海面水温からの遅延影響が新たに挙げられることを見出した。1 年間のラグの過程として、现阶段では春のモンゴルの土壌温度にラニーニャのシグナルが記憶されているのではないかと考えているが、その具体的なメカニズムを解明することは今後の課題としたい。

また海氷の長周期変動に関して、PDO と関係があることが示唆された。PDO 正のパターンに伴い、アリューシャン低気圧が強まり、オホーツク海周辺が低温偏差になることで海氷が発達すると考えられる。

#### 5. 謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導をいただきました立花義裕教授には深く感謝いたします。また、数多くの助言をくださった同研究室の安藤雄太研究員、太田圭祐氏、中西友恵氏、加藤茜氏、中村祐貴氏、そしてその他研究室の皆様へ感謝の意を表します。

#### 参考・引用文献

- [1] Honda et al. 1996: Dynamic and Thermodynamic Characteristics of Atmospheric Response to Anomalous Sea-Ice Extent in the Sea of Okhotsk. *Journal of Climate*, **12**, 3347-3358
- [2] Ogi, Y. et al. 2001: Does the Fresh Water Supply from the Amur River Flowing into the Sea of Okhotsk Affect Sea Ice Formation? *J. Meteor. Soc. Japan*, **79**(1), 123-129
- [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] 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
- [5] Tachibana et al. 1996: The abrupt decrease of the sea ice over the southern part of the Sea of Okhotsk in 1989 and its relation to the recent weakening of the Aleutian low. *J. Meteor. Soc. Japan*, **74**, 579-584
- [6] 気象庁 HP 海氷域面積の長期変化傾向(オホーツク海) ([https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/a\\_1/series\\_okhotsk/series\\_okhotsk.html](https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/a_1/series_okhotsk/series_okhotsk.html))(参照 2020-09)
- [7] 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
- [8] Kobayashi, et al. 2015: General Specifications and Basic Characteristics. *J. Meteor. Soc. Japan.*, **93**, 5-48.
- [9] Mantua, N. J. et al. 1997: A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **78**, 1069-1079.

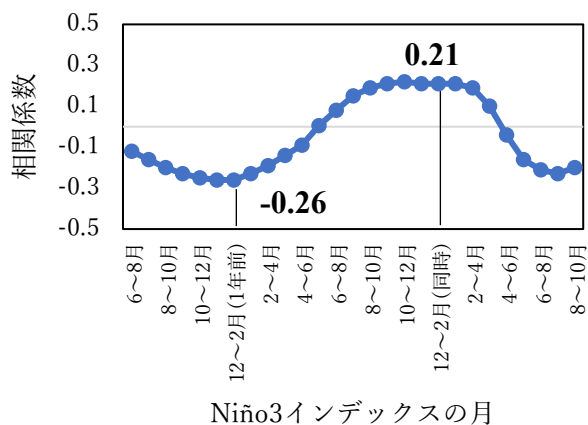


図 1. オホーツク海の海氷インデックスと Niño 3 インデックスの相関係数の時系列

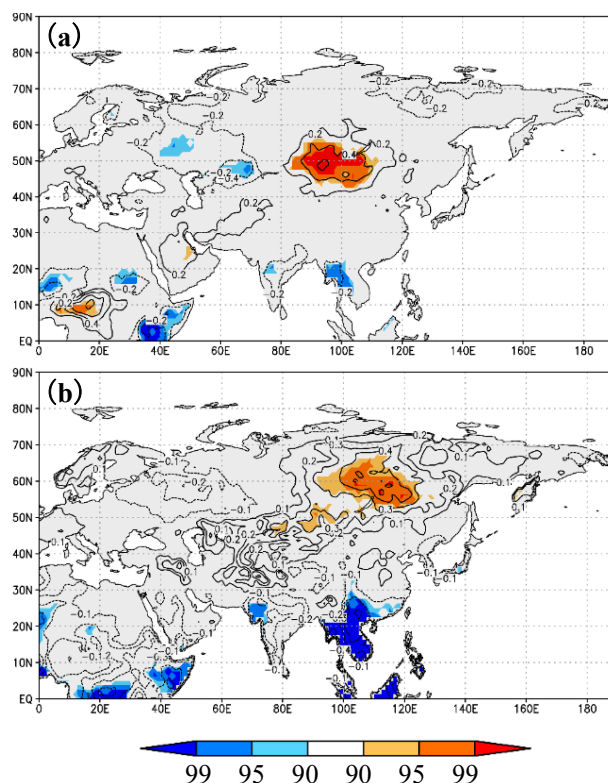


図 2. (a) オホーツク海の海氷インデックスと 4~6 月の土壌温度との回帰. (b) 1 年前の Niño3 インデックスと 4~6 月の土壌温度との回帰. Niño3 インデックスは符号を反転している  
等値線: 回帰係数 (°C), 陰影: 信頼係数 (%)

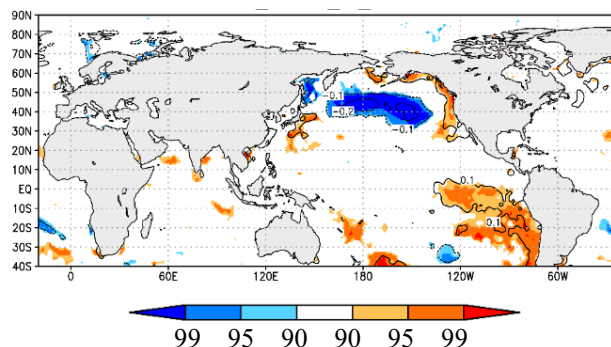


図 3. 7 年移動平均したオホーツク海の海氷インデックスと SST との回帰.  
等値線: 回帰係数 (°C), 陰影: 信頼係数 (%)