

# 2017/18年冬季の異常な中高緯度大気循環に影響した異常なチャクチ海の海水減少

気象・気候ダイナミクス研究室 515307 太田 圭祐

指導教員 立花 義裕 教授

Keywords : 2017/18年冬季, チャクチ海, 海氷後退, 熱フラックス, LBM

## 1. 序論

2017/18年冬季は日本全体で平年よりも気温が低く、冬季を通じて気温の負偏差が続く冬となった。特に西日本の平均気温平年差は $-1.2^{\circ}\text{C}$ で、1986/87年冬季以降の32年間では最も寒い冬となった<sup>1)</sup>。冬季の寒さを示す指標として北極振動があるが、2017/18年冬季はこの北極振動指数が冬季を通じて負であった(図1)。冬季を通じて負の北極振動指数であった年はいくつか見られた。しかし2017/18年冬季は北極上空の過去最高値の高気圧偏差を中心とした中高緯度大気循環場が冬季を通じて持続した異常な事例である(図2)。

東アジアに寒冬をもたらす要因としてラニーニャ現象は一般的にも知られている。ラニーニャ現象が発生すると東南アジアの積雲対流が活発化し、日本付近での亜熱帯ジェットの下向きさせる。また北極海、特にノルウェー北東沖のバレンツ・カラ海の水氷減少が東アジアに寒冬をもたらす大気場に影響する研究は近年数多くなされている<sup>2)3)</sup>。これらの要因は気象庁<sup>4)</sup>によって17/18年冬季の異常な大気場への影響の可能性は確認されている。しかし、ラニーニャ現象は2~7年の周期で発生する現象であり、バレンツ・カラ海を含む北極海の海水はここ10数年異常に溶け続けているが、冬季のバレンツ・カラ海の水氷は2017/18年冬季が過去最低値ではない。つまり、これらの要因は2017/18年の寒冬に寄与はしているが、約30年ぶりの異常な現象をこの2つの要因のみで説明することは難しい。

一方で、バレンツ・カラ海と同じく北極海の太平洋側に位置するチャクチ海の水氷は過去最低値を記録した(図3)。チャクチ海の異常な水氷減少と2017/18年の寒冬をもたらした異常な大気場との関係の考察は、2017/18年の事例を理解する上でも、今後の冬季の気候システムを考える上でも重要であると考えられる。

以上のことから、本研究では寒冬をもたらした2017/18年冬季の異常な中高緯度大気循環について、初冬の異常なチャクチ海水氷減少がもたらす影響について考察することを目的とする。

## 2. 使用データと解析手法

使用データは、大気場データとして気象庁55年

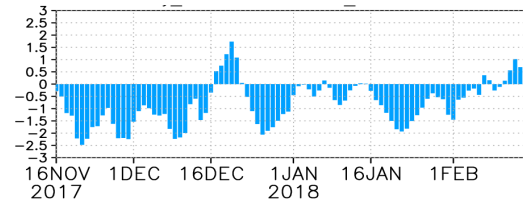


図1. 2017年11月16日から2018年2月15日までにおける日々の北極振動指数時系列図

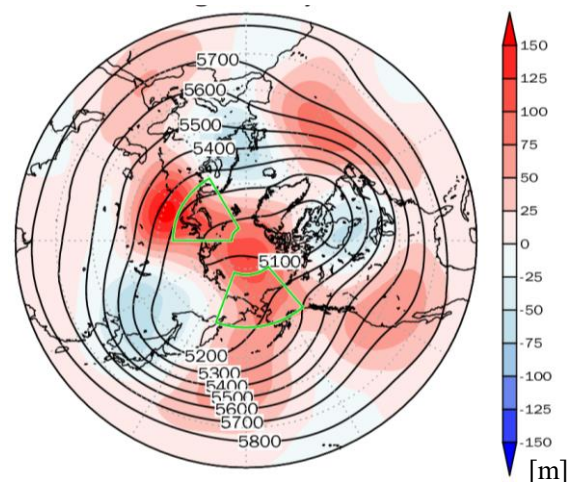


図2. 2017/18年の期間①(11月16日から2月15日)平均の500hPa面のジオポテンシャル高度偏差図 [m] 1988/89年から2017/18年の30年平均(線), 30年平均からの差(色)

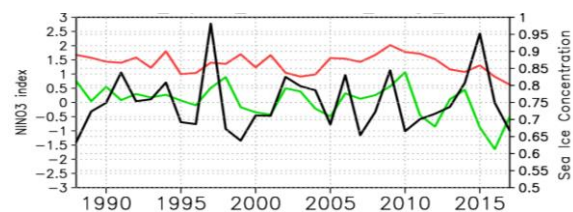


図3. 期間①のバレンツ・カラ海(緑色)とチャクチ海(赤色)の海水氷濃度とNINO3(エルニーニョ監視海域)の海面水温から作成したNINO3インデックスの年々変動図(海水氷濃度の領域平均はそれぞれ図2の緑色の扇型で囲われた領域で行った.)

長期再解析データ JRA-55<sup>4)</sup>、海面水温及び海水氷濃度のデータとして OISST<sup>5)</sup>を使用した。いずれも時間スケールは日平均データである。解析に使用した期間は2017/18年冬季の北極振動インデックス(図1)と比較して、11月16日から2月15日の3か月間の平均(期間①)、チャクチ海水氷が平年よりも異常に減少していた11月16日から2月15日の1か月間の平均(期間②)である。本解析における気候平均値(気候値)は、期間①、②の1988/89年から2017/18年の計30年間において

算出した。

本研究ではこの気候値と 2017/18 年との差 (偏差) を算出し, 2017/18 年のチャクチ海付近の何が異常であったかを検討した。

また, 解析の結果を考察するために, Watanabe and Kimoto (2000) によって開発された線形傾圧モデル (Linear Baroclinic Model, LBM) を用い, 実験を行った。境界条件として, 熱源を与える場合は JRA55 より算出した気候値場であり, 水平解像度約  $2.8^\circ$ , 鉛直 20 層で実験を行った。チャクチ海海氷減少域に非断熱加熱偏差を与えた定常大気熱源応答を検討した。

### 3. 結果

#### 3.1 チャクチ海上の偏差場

チャクチ海上にて期間②の海氷密度度の負偏差に対応して上向きの熱フラックス (潜熱と顕熱の和) の正偏差がみられた (図 4)。期間②の平年のチャクチ海はほとんど海氷で埋まっている (図 4)。気候的に冬季は海氷が張り出す動きにあるため, 2017/18 冬季は海水が凝結する際の凝結熱 (潜熱) が期間②で平年よりも多いことがわかる。地表面から放出された熱は顕熱となって直上の大気を温めると考えられるが, チャクチ海地上気温偏差は正偏差であった (図略)。以上のことから, チャクチ海の異常な海氷減少は直上の大気の高温暖差に影響していると考えられる。

また, チャクチ海上付近にジオポテンシャル高度, 鉛直速度, 温度共に正偏差が見られた (図略)。温められた地表面大気が直上の大気の高気圧偏差に対応している可能性が考えられる。

#### 3.2 LBM 実験

前述の可能性を検討するため, 気候値場のチャクチ海上に熱源 (非断熱加熱偏差) を与えた実験を行い, 再解析データで得られた結果 (図 2) と比較した。LBM 実験の結果からチャクチ海上の高気圧偏差とそれによって発生したと考えられる東アジアや北米の低気圧偏差が見られた (図 5)。この偏差場は 2017/18 年冬季の異常な大気場にも類似性が見られたため, チャクチ海上に熱源があると 2017/18 年の冬季の異常な大気場の一部が強化される可能性を示唆する結果となった。

### 4. まとめ・今後の課題

本研究では 2017/18 年冬季の異常な大気場に対して, チャクチ海の海水が平年よりも極域側へ異常に後退することで発生する下層大気加熱応答が及ぼす影響を再解析データの比較と, LBM 実験によって, その可能性を見出した。

しかし, チャクチ海の海氷減少がもたらすメカニズムとしてはいくつかの課題が残る。海氷の変動のみによる影響を考察することは, その一つであるが, モデルによる感度実験が妥当であると考えられる。大気大循環場の研究で一般的に用いら

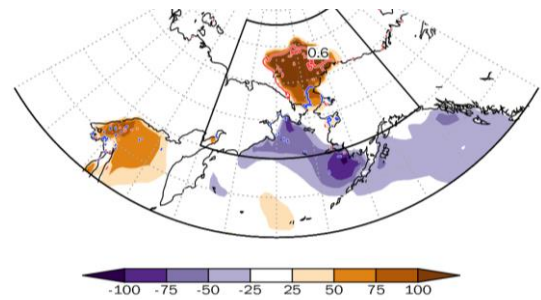


図 4. 期間②の熱フラックス (潜熱と顕熱の和) 偏差 [ $\text{W m}^{-2}$ ] (色) と海水密度度が 0.6 の等値線図 (赤色: 2017/18 年, 青色: 気候値)

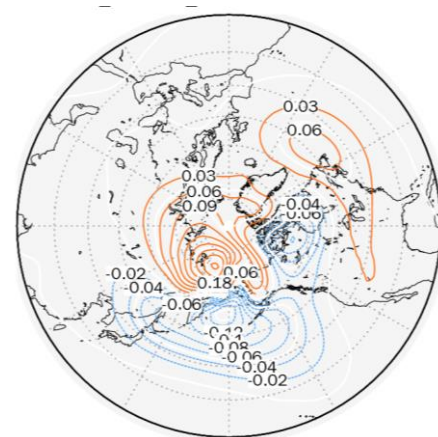


図 5. 12 月の気候値場に対し, チャクチ海上に非断熱加熱偏差 [ $^{\circ}\text{C day}^{-1}$ ] を与えた 500hPa 面におけるジオポテンシャル高度偏差 (色, 線) [m] を示した。

れる GCM (大気大循環モデル) を用いた感度実験を行うことを目標に, 引き続きチャクチ海上での熱収支や期間②以降の大気場の解析を行っていきたいと思う。

### 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小松謙介氏, 安藤雄太氏, 関陽平氏, 杉原直樹氏, 永田桃子氏, 松岡優輝氏そしてその他研究室の皆様には感謝の意を表します。

### 6. 引用文献

- 1] 気象庁気候情報課 2017/18 年冬の天候と大気循環場の特徴 平成 29 年度異常気象分析検討会 (2018 年 3 月 5 日発表)
- 2] Petoukhov, V., and V. A. Semenov, 2010: A link between reduced Barents-Kara sea ice and cold winter extremes over northern continents. *J. Geophys. Res.*, **115**, D21111, doi: 10.1029/2009JD013568.
- 3] Yang X-Y, Yuan X and Ting M 2016 Dynamical link between the Barents-Kara Sea ice and the Arctic Oscillation *J. Clim.* **29** 5103–22.
- 4] Kobayashi, S., Y. Ota, Y. Harada, A. Ebata, M. Moriyo, H. Onoda, H. Kamahori, C. Kobayashi, H. Endo, K. Miyaoka, and K. Takahashi, (2015) The JRA-55 Reanalysis: General Specifications and Basic Characteristics. *J. Meteor. Soc. Japan.*, **93**, 5-48.
- 5] Reynolds, R. W., N. A. Rayner, T. M. Smith, D. C. Stokes, and W. Wang, 2002: An improved in situ and satellite SST analysis for climate. *J. Climate*, **15**, 1609-1625.