

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 29 日現在

機関番号：14101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25800261

研究課題名(和文)極域成層圏の顕著な気温変動イベントとその長期変動メカニズムの解明

研究課題名(英文) Study on extreme events of polar stratospheric temperature change and their long term variability

研究代表者

西井 和晃 (Nishii, Kazuaki)

三重大学・生物資源学研究科・准教授

研究者番号：50623401

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：冬季北極域の成層圏の気温は数日で数10度も上昇するような現象が発生する一方、普段よりも顕著に気温が低下する現象も発生する。本研究では過去に観測された顕著な気温上昇事例と低下事例を抽出し、それぞれを持続期間によって分類した。その持続期間は対流圏から上向き伝播してくる惑星波の強弱の持続期間に依存し、かつその強弱は特定の地域の対流圏の大気循環変動の存在に大きく影響を受けていることが明らかとなった。また惑星波の強弱に影響する西太平洋パターンの持続過程について明らかにした。また複数の境界条件のもとでの大気大循環モデル実験により成層圏気温長期変動の要因の調査し、北太平洋の海洋前線変動の影響を示唆した。

研究成果の概要(英文)：In winter, temperatures in the Arctic stratosphere experience large variability. The duration of each extreme temperature event differs from event to event, and the frequency of those extreme events shows decadal-scale variability. We classified stratospheric extreme events into short and long events, and found that the duration is dependent on the duration of associated incoming planetary waves from the troposphere. The intensity of the planetary waves depends on tropospheric local circulation anomalies in particular domains. We investigated the mechanism of the Western Pacific pattern that affects the intensity of planetary waves. We also performed ensemble experiments of an atmospheric general circulation model to investigate factors that affect the Arctic stratosphere under various boundary conditions. We found that the midlatitude oceanic front can be one of such factors.

研究分野：対流圏と成層圏の大気力学

キーワード：成層圏突然昇温 成層圏極端現象 北大西洋パターン 中緯度海洋前線 海氷 十年規模変動

### 1. 研究開始当初の背景

2011年春に北極域成層圏のオゾンの顕著な減少が観測された。これには1ヶ月以上持続した異常な気温低下がオゾンの破壊を促進したことが明らかになっているが、そもそもなぜこのような長期間の気温低下が発生したのかは不明である。また、逆に冬の極域成層圏の気温が数日のうちに急上昇する現象(成層圏突然消音)が平均すると2,3年に一度の頻度で発生している。しかしその発生頻度は10年程度で変動していることが指摘されているが、その要因は明らかでない。

### 2. 研究の目的

本研究の最終的な目標は、極端な極域成層圏気温変化の持続性が事例によって大きく異なる理由を明らかにすること、及び、その発生頻度の長期変動の仕組みを明らかにすることである。この目標のために、個々の素過程について詳細な研究を行う。

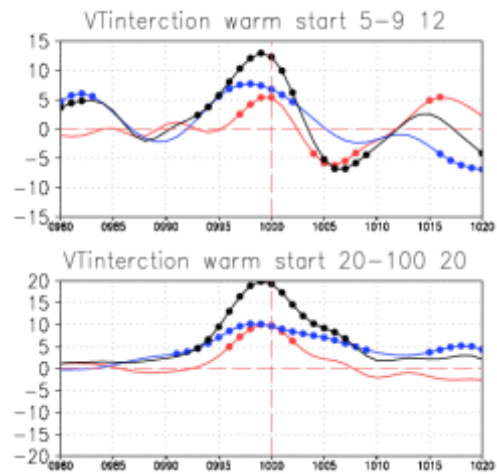
### 3. 研究の方法

気象庁が作成した長期大気再解析データに基づき、過去観測された極端な気温変化現象を抽出し、その平均的特徴を明らかにする。また予報モデルの出力結果を用い、現実大気との比較を行った。同様に顕著な北太平洋パターンイベントを抽出し、そのエネルギー収支解析を行った。さらに海面水温や海水変動の大気循環変動への影響を調査するために大気大循環モデルによる実験を、複数の海面水温や海水の条件のもとで行った。

### 4. 研究成果

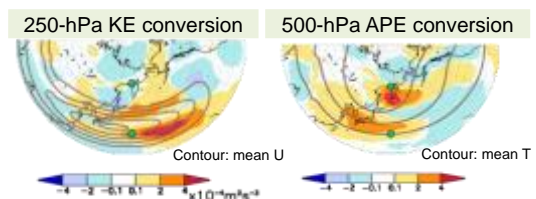
(1)2011年春の極端な気温低下現象について解析を行った。数日間程度と短期間の対流圏から成層圏への惑星波の上向き伝播が、成層圏の西風を力学的に不安定化させた。この不安定が波活動度の発散を齎らすことで、極域成層圏の気温低下の引き金になったことを明らかにした。

(2)冬季北極域成層圏での極端な気温低下事例と昇温事例を再解析データから抽出し、さらにそれらを寿命の長い事例(20日間以上)と短い事例(10日間未満)に分類し、それらに付随する成層圏と対流圏の循環場や惑星波活動の平均的特徴を抽出した。気温低下事例と昇温事例ともに、寿命の短い事例は長い事例よりも対流圏から伝播してくる惑星波の持続期間が短い傾向にあることを明らかにした。また寿命の短い昇温事例では成層圏西風の不安定化によって事例が終了する傾向にあることを示した。また、この成層圏気温の変動をもたらす惑星波伝播の強弱には特定の地域の対流圏の循環変動が密接に関連していることが明らかになった。以上の知見に基づき、季節予報用の予報モデル中での成層圏循環変動を解析したところ、観測とほぼ同様な性質を有していることを確認した。



(上)短寿命、(下)長寿命の昇温事例に伴う100hPa極向き渦熱フラックス偏差(黒)であり惑星波の上向き伝播を示す。赤は非線形成分、青は線形干渉項。

(3)対流圏の北西太平洋域で発生する「西太平洋パターン」と呼ばれる大気循環変動が、極域成層圏気温変動を引き起こす要因の1つであることが先行研究によって指摘されている(引用文献①)。この維持過程をエネルギー収支の観点から調査した。強い亜熱帯ジェットが存在とともに、西の比較的冷たいユーラシア大陸と東の暖かい北太平洋の気温コントラストが、効率的に有効位置エネルギーを供給することが、この循環変動の維持にとって重要であることを明らかにした。また強い亜熱帯ジェットが存在に伴う運動エネルギーの供給や移動性擾乱からの寄与は副次的であることを明らかにした。

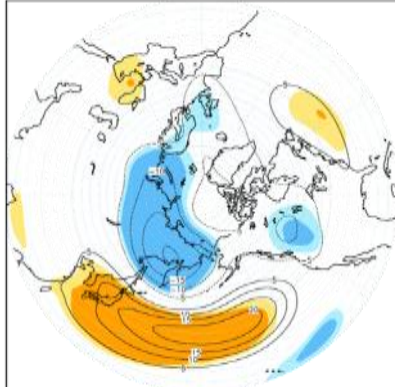


西太平洋パターンに伴う(左)250hPaでの基本場からの運動エネルギー変換、(右)500hPaでの基本場からの有効位置エネルギー変換。

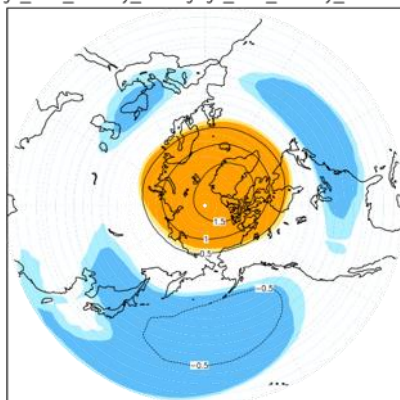
(4)海洋や海水の変動の成層圏循環への影響を評価するために、海洋や海水の状態をさまざまに変えた複数の境界条件のもとで大気大循環モデルのアンサンブル実験を実施した。中緯度海洋では海面水温の大きな南北勾配を伴う海洋前線帯が存在する。大気大循環モデル実験の結果は、北太平洋の中緯度海洋前線は、冬季の北極域の成層圏気温を上昇させる働きを持っていることが明らかとなった。これは、海洋前線が負の「西太平洋パターン」の励起を通じて対流圏の惑星波とその成層圏への伝播が強化するためである。近年観測され

ている北極海の海水減少の影響や熱帯海面水温変動の影響についても評価を行った。

goga\_P12\_icevary\_ens-goga\_P12\_icevary\_smthMNP\_



goga\_P12\_icevary\_ens-goga\_P12\_icevary\_smthMNP\_



標準実験と北太平洋の海洋前線を緩和した海面水温を与えた実験との冬季(12~2月)気候平均の差。(上)500hPa高度場、(下)50hPa気温。黄色と青色はそれぞれ90または95%の水準で有意な差を示す。

#### <引用文献>

- ① Nishii, K., H. Nakamura, Y. J. Orsolini (2010): "Cooling of the wintertime Arctic stratosphere induced by the Western Pacific teleconnection pattern", *Geophys. Res. Lett.*, 37, L13805,

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 8件)

- ① F. Ogawa, H. Nakamura, K. Nishii, T. Miyasaka, A. Kuwano-Yoshida: Importance of mid-latitude oceanic frontal zones for the annular-mode variability: Inter-basin differences

in the southern annular-mode signature, *Journal of Climate*, 29, 2016, 6179-6199. 査読あり

- ② S. Tanaka, K. Nishii, Nakamura, Vertical Structure and Energetics of the Western Pacific Teleconnection Pattern, *Journal of Climate*, 29, 2016, 6597-6616, doi: 10.1175/JCLI-D-15-0549.1. 査読あり
- ③ R. Masunaga, H. Nakamura, T. Miyasaka, K. Nishii, B. Qiu: Interannual modulations of oceanic imprints on the wintertime atmospheric boundary layer under the changing dynamical regimes of the Kuroshio Extension, *Journal of Climate*, 29, 2016, 3273-3296. 査読あり
- ④ Masunaga, R., H. Nakamura, T. Miyasaka, K. Nishii, Y. Tanimoto: Separation of climatological imprints of the Kuroshio Extension and Oyashio fronts on the wintertime atmospheric boundary layer: Their sensitivity to SST resolution prescribed for atmospheric reanalysis, *Journal of Climate*, 28, 2015, 1764-1787 査読あり
- ⑤ F. Ogawa, N.-E. Omrani, K. Nishii, H. Nakamura, and N. Keenlyside: Ozone-induced climate change propped up by the Southern Hemisphere oceanic front. *Geophysical Research Letters*, 42, 2015, 10056-10063. 査読あり
- ⑥ K. Nishii, H. Nakamura, Y. J. Orsolini: Arctic summer storm track in CMIP3/5 climate models, *Climate Dynamics*, 44, 2015, 1311-1327, DOI: 10.1007/s00382-014-2229-y. 査読あり
- ⑦ S. Okajima, H. Nakamura, K. Nishii, T. Miyasaka, A. Kuwano-Yoshida: Assessing the importance of prominent warm SST anomalies over the midlatitude North Pacific in forcing large-scale atmospheric anomalies during 2011 summer and autumn, *Journal of Climate*, 27, 2014, 3998-3903, DOI: <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-13-00140.1> 査読あり

[学会発表] (計 23 件)

- ① Tanaka, S., K. Nishii, H. Nakamura, "Vertical Structure and Energetics of the Western Pacific

- Teleconnection Pattern”, CLIVAR Open Science Conference 2016, Qingdao, China, 20th September 2016 (poster)
- ② Nishii, K., H. Nakamura, Y.J. Orsolini, “Duration and decay of extreme vortex events in the polar stratosphere”, International Symposium on the Whole Atmosphere, 東京大学 (東京都・文京区), 15th September 2016 (poster and oral)
- ③ 西井和晃, 田口文明、吉田聡、中村尚、小坂優、宮坂貴文「中緯度海洋が大気の潜在的予測可能性に与える影響」, 日本海洋学会 2016 年度春季大会, 国立オリンピック記念青少年総合センター (東京都・渋谷区), 2016 年 3 月 15 日 (口頭)
- ④ 西井和晃, 中村尚, 中村哲「オホーツク海海水減少に対する大気応答」, 日本気象学会秋季大会, 京都テルサ (京都府・南区), 2015 年 10 月 30 日 (口頭)
- ⑤ Nishii, K., H. Nakamura, Y.J. Orsolini, “Persistent cooling of the polar stratosphere in 2011 winter and spring”, Asian Conference on Meteorology, 京都大学 (京都・左京区), 26th October 2015 (poster and oral)
- ⑥ 西井和晃, 中村尚, 小川史明, 「気候モデル中の夏季南半球対流圏の亜寒帯ジェットと海面水温前線帯」, 日本気象学会 2014 年度春季大会, 横浜市開港記念会館 (神奈川県・横浜市), 2014 年 5 月 21 日
- ⑦ Nishii, K., H. Nakamura, Y. J. Orsolini, “Blockings and upward planetary-wave propagation into the stratosphere”, SPARC 2014 General Assembly, Queenstown, New Zealand, 14th January, 2014 (oral)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

西井和晃 (NISHII, Kazuaki)  
三重大学・大学院生物資源学研究科・准教授

研究者番号 : 50623401

### (4) 研究協力者

Yvan J. Orsolini (Yvan J. Orsolini)  
ノルウェー大気科学研究所

中村尚 (NAKAMURA, Hisashi)  
東京大学・先端科学技術研究センター・教授