

北極振動と南極振動の「メタ・テレコネクション」 ～成層圏は両半球を繋ぐ航路～

"Meta - teleconnection" of the Arctic Oscillation & the Antarctic Oscillation
~ Stratosphere route connecting both hemispheres ~

気象・気候ダイナミクス研究室 井上裕介 (512309) : 指導教員 立花義裕教授
Yusuke Inoue

Keywords: Stratospheric Sudden Warming in the SH, AGCM, Brewer-Dobson circulation

1. 序論

気象学では、エルニーニョ・南方振動 (El Nino-Southern Oscillation; ENSO) のような熱帯海水温の変動が中高緯度の気候に影響を与えることが通説である。しかし近年、北半球中高緯度の大気場が、熱帯に影響を及ぼすことが指摘されている。例えば、冬季北大西洋振動が半年後に ENSO を引き起こし、翌冬の中緯度の西太平洋域の天候に影響を及ぼす研究がある [Oshika et al., 2014]¹⁾。また、冬季北半球の大気場において 1950 年代は ENSO との関連が強く、1980 年代からは北極振動 (Arctic Oscillation; AO) との関連が強くなったことが指摘されている [鈴木, 2015]²⁾。

この長期的な時間スケールに対する南半球、特に南極の気候変化を見ると、1980 年代を境に、オゾン層の大幅な減少や地球温暖化による影響で成層圏の極渦や海氷の分布が変化したこと知られている [Zhang, 2007]³⁾。南極の気候変動を示す現象として南極振動 (Antarctic Oscillation; AAO) があり、AAO も近年急激に変化している。しかし、南半球中高緯度が熱帯へ影響を及ぼすことについては未だ研究事例がない。これを解明することで現在の異常気象の解明につながるのではと考えている。

以上のことから南極の気候変動が、全球大気に対して重要な役割を持つ熱帯に影響を与えている可能性を探ることを研究の動機とした。本研究では、近年の南極の気候変動の影響が熱帯に及んでいるのか、それとも全球規模にまで及んでいるのかを明らかにすることを目的とする。

2. 使用データと解析手法

使用データには JRA-55 [Kobayashi et al., 2015]⁴⁾ の海面更正気圧 (Sea Level Pressure; SLP) と気温、風、ジオポテンシャル高度を使用した。

本研究では、南極が及ぼす影響を知るために、[Gong and Wang, 1998]⁵⁾ によって定義された AAO の強さを示す南極振動指数 (AAO index) を用いる。40°S と 65°S で東西平均した SLP の差を元に AAO

index を作成した。極域が高気圧偏差で、中低緯度域で低気圧偏差の時、index が負である。この指標を使用して、ジオポテンシャル高度と子午面でのロスビー波束の群速度伝播や基本場への影響を考えるのに役立つ Eliassen-Palm flux (EP flux) の回帰係数で作られる大気場に回帰することで、南極起源の影響による全球の応答を評価した。解析期間は、1985~2009 年の 10 月を対象とした。この期間は、オゾンホールや地球温暖化等で南極の気候が変化した時期であり、データの精度も信頼できるためである。また、南極の春 (9-11 月) は両半球共に西風ジェットが強まるため大気の波動が伝搬しやすい時期であると考えた。

上記の再解析データでの解析では、AAO 以外に ENSO など熱帯の影響など様々な現象が含まれているので、南極起源の応答と熱帯起源の応答を分類するため、大気大循環モデル (Atmospheric General Circulation Model; AGCM) を用いて、再解析データとの比較を行った。AGCM の境界条件として、南極の海氷を増減させた計算を各 50 年と気候値の海氷を与えた 50 年の計算の計 150 年の計算結果を用いた [緒方ら, 2013]⁶⁾。すべての計算で SST は月の気候値を与えているため経年変化することはなく、ENSO などの水温による熱帯の影響は発生しない。そのため南極の海氷条件の変化による南極の応答を明確に出来る。本研究では、この 150 年の計算に対して AAO index を作成し再解析と同様に解析を行った。その結果を南極起源の応答し、再解析の結果と比較することで、類似した点を AAO による影響と評価する。

3. 解析結果

まず初めに、10月の AAO index を全球で 1000hPa から 10hPa まで東西平均を行ったジオポテンシャル高度と EP flux と同時回帰場を作成した (Fig. 1)。再解析と AGCM 共に、両半球の極域で高気圧偏差、中低緯度域で低気圧偏差を示していて、AAO が負になると AO が負になることが分かる (Fig. 1a, 1b)。

また共に熱帯成層圏が低気圧偏差を示しているが、AGCMでは熱帯対流圏でも低気圧偏差を示しているのに対し、再解析では確認できない。EP fluxは、南極上空で上向きに伝播し、熱帯を横断して、北半球中高緯度に伝わっていることが分かる。次にFig. 1から、AOとAAOに相互関係を確認するために、再解析データを使用して1980年から2010年までの10月のindexの時系列を計算した(Fig. 2)ところ、AAOとAOが類似した変動をしていることが分かった。

4. 考察

結果から、AGCMと再解析で共通した南極の影響が確認でき、現実大気でも南極が熱帯や北半球中高緯度まで影響を及ぼすことが示唆された。特に、Fig. 1のAGCMの結果からAAOの影響が北半球の高緯度にまで影響を及ぼし、AOに影響している可能性が考えられる。この過程は、次のように考えられる。8-10月の時期は南極上空において成層圏と対流圏が相互作用し易い。よってAAOが弱まる(AAO indexが負になる)ことで、その影響が成層圏に伝搬し成層圏でも対流圏と同様の現象が発生する。成層圏の大規模な西風の循環である極渦が弱まることで温度風バランスの結果、気温が南半球成層圏の極域で上昇し、中低緯度域で下降する。その温度偏差が熱帯を越えて北半球低緯度にまで広がる時、熱帯下部成層圏が変化し、成層圏下部で赤道から両半球中高緯度に向かう大気大循環であるブリューワー・ドブソン循環(Brewer-Dobson circulation; BDC)を強める。その結果、北半球のBDCにも影響を与え、北半球でも温度勾配を発生させる。この過程を経て北半球に、AAOの影響が伝搬した可能性が考えられる。このような過程は2002年9-10月に実際に発生した南半球成層圏突然昇温でも確認した。

しかしこの過程は成層圏での南北の伝播であり、AAOからAOへの過程を証明するには、北半球成層圏とAOとの関連について現状では不十分であり、今後成層圏圏界面まで考慮したモデルや大気海洋結合モデル等でより詳細な力学過程を解明していく必要がある。

5. 謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導を頂いた立花義裕教授には深く感謝いたします。また様々な点で多くの助言をして頂きました小寺邦彦先生、山

崎孝治先生、AGCMの結果について教えて下さった緒方香都氏、研究におけるアドバイスを下さった小松謙介氏、西川はつみ氏、安藤雄太氏、川崎健太氏、堀口桃子氏、そしてその他研究室の皆様に感謝の意を表します。

6. 引用文献

- 1) Oshika M, Y. Tachibana, and T. Nakamura, 2014: Impact of the winter North Atlantic Oscillation (NAO) on the Western Pacific pattern in the following winter through Arctic sea ice and ENSO. Part I: observational evidence. *Climate Dynamics*, **45(5)**, 1355-1366.4, DOI: 10.1007/s00382-014-2384-1.
- 2) 鈴木はるか, 2015: 近年の北極振動の増幅と変調は何故生じたのか?. 三重大学大学院生物資源学研究科修士論文
- 3) Zhang J, 2007: Increasing Antarctic Sea Ice under Warming Atmospheric and Oceanic Conditions. *Journal of Climate*, **20(11)**, 2515-2529, DOI: 10.1175/JCLI4136.1
- 4) Kobayashi S, and Coauthors, 2015: The JRA-55 Reanalysis: General Specifications and Basic Characteristics. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **93(1)**, DOI: 10.2151/jmsj.2015-001.
- 5) Gong D, and S. Wang, 1999: Definition of Antarctic Oscillation index. *Geophysical Research Letters*, **26(4)**, 459-462, DOI: 10.1029/1999GL900003.
- 6) 緒方香都,立花義裕,宇田川佑介,大島和裕,吉田康平, 2013: 南大洋太平洋セクターの水温偏差がその上空の大気循環に及ぼす影響. *海と空*, **89(1)**, 19-23

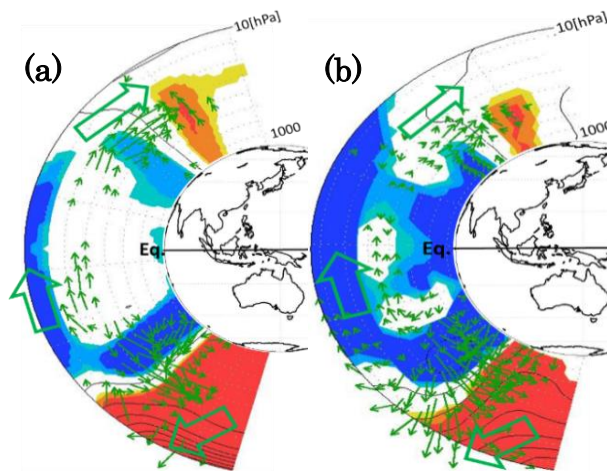


Fig.1 Regression of AAO index and geopotential height averaged latitudes (shadings), EP flux (vectors) in Oct. The sign is reversed. (a) Re-Analysis, (b) AGCM. Shadings and Vectors indicate significances above the 90% level. Contours are regression coefficients.

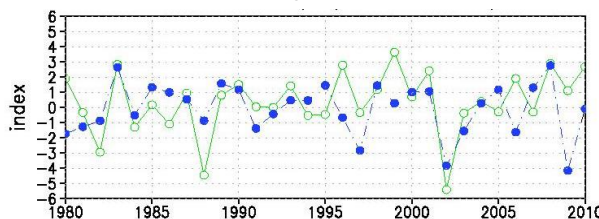


Fig.2 Line graph indicates time series of AAO index (green) and AO index (blue) in Oct (1980-2010).