

成層圏準 2 年振動が熱帯対流活動を通して初冬の南極海氷に与える影響

山崎 孝治 (北大北極センター)・中村 哲 (北大地球環境)

1. はじめに

南極海の海氷密接度は、様々な時間スケールで変動している。長期的には増加傾向にあるが、年々の変動も大きい。ここでは赤道成層圏の準 2 年振動(Quasi-Biennial Oscillation; QBO)が冬季(6-8 月)の南極海氷に与える影響をデータ解析と数値実験から明らかにする。研究手法は QBO と初冬の北極の極渦の関係を示した Yamazaki et al.(2020)とほぼ同じである。

2. データ、解析方法とモデル

大気データは ERAinterim 再解析データを使用した。外向き長波放射(OLR)は NOAA から取得、海氷密接度は HadISST2 を使用した。いずれも 1979-2018 年の 40 年間のデータである。QBO の位相は 50-hPa の赤道域 (5N-5S) の 6 月の西風偏差から決定した。偏差の絶対値が 3m/s 以下の場合を除外した。QBO が東風位相(EQBO)の 14 年と西風位相(WQBO)の 20 年を選び(図 1)、差の合成図解析を行った。熱帯の対流に伴う非断熱加熱に対する大気の線形応答を Linear Baroclinic Model (LBM, Watanabe and Kimoto, 1999)で求めた。さらに、大気大循環モデル (AFES-AGCM) でも同様の実験を行った。

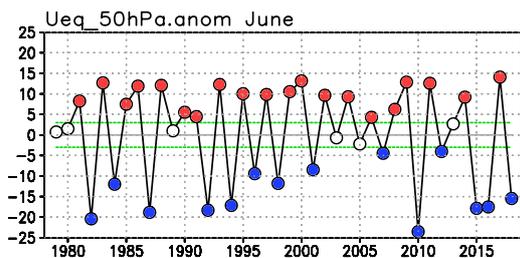


図 1 赤道 50hPa の 6 月の西風偏差の時系列。青は EQBO の年、赤は WQBO の年。

3. 結果

QBO の位相で顕著に南極海氷に差があるのは 6,7 月であった(図 2)。EQBO のとき、ロス海で海氷が増加し、その東のアムゼン海で減少し、南極半島からウェッデル海で増加する。また 90E 付近でも増加する。全体として波数 3 のパターンが見られる。8 月には海氷の QBO シグナルは弱くなる(図 2)。

この海氷偏差は地上風の偏差と良い対応が見られる。すなわち、南風(沖向き:南極から吹く風)の場所では海氷が多く、北風の場所では海氷が少ない(図略)。気温変化による融解・生成効果と風による海氷の移流効果と整合的である。

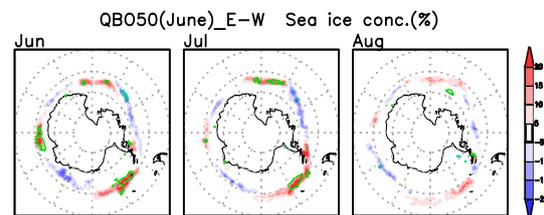


図 2 海氷密接度の QBO シグナル(EQBO-WQBO)。単位は%。緑線は差が 95%で有意な所。(左から 6, 7, 8 月)。

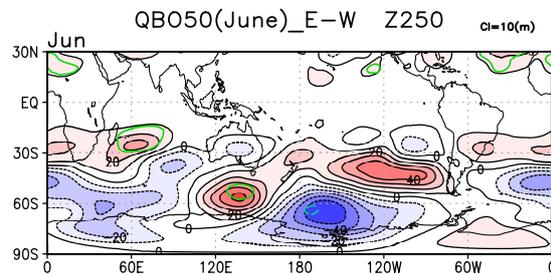


図 3 6 月の 250hPa 高度の QBO シグナル(EQBO-WQBO)。緑線は差が 95%で有意な所。等値線間隔は 10m。

この大気循環偏差は順圧的で対流圏全層で同様に見られる。対流圏上層の QBO 偏差を見ると、インド洋マダガスカル沖からロス海への波列が目につく (図 3)。

この波列の源は熱帯域にありそうなので、対流活動の指標として OLR の差を見ると (図 4)、北半球インド洋で OLR が負、即ち、EQBO のときに対流活動が活発な傾向がある。これは、EQBO のときに熱帯対流圏界面で寒冷化し、雲頂高度が高くなり対流活動が活発になるためと思われる。この時期、気候値として元々対流活動が活発で圏界面が低温であるインド洋域で対流が上層の寒冷化に敏感に反応すると考えられる。

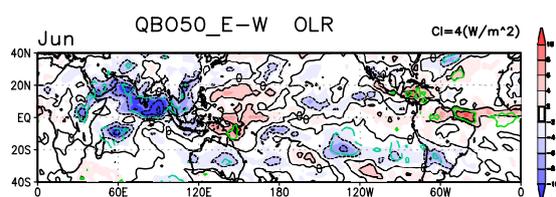


図 4 外向き長波放射(OLR)の QBO シグナル (EQBO-WQBO)。6月。等値線間隔は $2\text{W}/\text{m}^2$ 。緑線は差が 95%で有意な所。

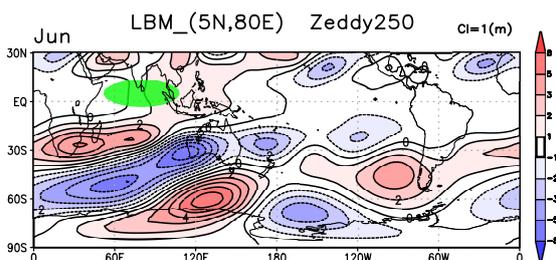


図 5 インド洋の (5N, 80E) を中心に置かれた楕円形の加熱 (位置は薄緑で示す) に対する 250hPa 高度の線形 (LBM) 応答。6月の平均場。等値線間隔は 1m。ほぼ全域で高度が上昇するので、東西平均からの偏差を示す。

インド洋域での対流加熱に対する大気の線形応答を LBM で求めると (図 5)、インド洋からオーストラリア南方、ロス海へと伝播するロスビー波列パターンが見られる。高緯度の偏差は観測の QBO シグナル (図 3) と良く一致している。ただし、応答の振幅は観測に比べて 1 桁小さい。これは非線形効果もあるが主に総観規模擾乱との相互作用が LBM では無視されているからである。そこでインド洋に LBM で与えたものと同じ対流加熱を与え AFES-AGCM で数値実験を行った所、ほぼ観測に近い大きさの応答を得た。

4. まとめ

成層圏 QBO は南極海の海水に以下のようなプロセスで影響を与えることが明らかになった。

E-QBO の時：対流圏界面の気温が低い

→インド洋域で対流活動が活発

→対流がロスビー波を励起、高緯度伝播

→下層風系が海水を変動させる

QBO は 2-2.5 年の周期的現象なので、1 年ほど前から南極海の海水がある程度予測できることになり、本研究は長期予報の観点からも有用である。

参考文献

- Watanabe, M. and M. Kimoto, 1999: Tropical-extratropical connection in the atmosphere-ocean variability, *Geophys. Res. Lett.*, 26, 2247-2250.
- Yamazaki, K., T. Nakamura, J. Ukita and K. Hoshi, 2020: A tropospheric pathway of the stratospheric oscillation (QBO) impact on the boreal winter polar vortex, *Atmos. Chem. Phys.*, 20, 5111-5127.