

化学気候モデルと客観解析データを用いた太陽活動に伴う北極渦応答とその時間変化の解析

Response of the north polar vortex and its evolution to solar activity using chemistry-climate model and reanalysis data

山下 陽介^{1*}, 秋吉 英治¹, 高橋 正明²

YAMASHITA, Yousuke^{1*}, AKIYOSHI, Hideharu¹, TAKAHASHI, Masaaki²

¹ 国立環境研究所, ² 東京大学大気海洋研究所

¹National Institute for Environmental Studies, ²Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

太陽活動の11年周期に伴い、紫外線域の太陽放射や赤道上部成層圏のオゾンや気温が変化する(e.g., *Lean et al.*, 1997; *Gray et al.*, 2009)。太陽活動極大期には、それが北半球中高緯度で初冬(11~12月)に気温の南北勾配を強め、北極周辺の強い西風で特徴づけられる極渦をさらに強化すると考えられている(e.g., *Kodera and Kuroda*, 2002)。*Kodera and Kuroda* (2002)は、極渦強化がBrewer Dobson循環やそれに伴うオゾン輸送や断熱加熱を変えて赤道域のオゾン・気温分布にも影響する可能性を示した。*Yamashita et al.* (2010)は、CCSR/NIES CCMを用いて太陽活動極大期と極小期の間の成層圏循環の違いを調べ、赤道域のオゾン・気温分布の成因を定量的に考察した。また、140年程度の連続計算結果があれば、太陽活動に対する成層圏の応答を再現可能であることを示唆した。

ところで極渦強度は、太陽活動11年周期の他に赤道成層圏準2年周期振動(quasi-biennial oscillation: QBO)とも関連して変化する傾向にある(e.g., *Labitzke and van Loon*, 1988)。QBOに伴い赤道50 hPa付近の東西風が西風(東風)の場合、冬季を通じて平均的には極渦が強化(弱化する)傾向にあるため(e.g., *Holton and Tan*, 1980)西風相の太陽活動極大期には極渦強化が推測される。実際、初冬には極渦の強化が解析されている(e.g., *Gray et al.*, 2004)。しかし1~2月(晩冬)の西風相/極大期には極渦が弱化する傾向にある(e.g., *Labitzke and van Loon*, 1988)。このように、冬季の中でも初冬と晩冬において太陽活動とQBOの極域への影響が異なる理由は、まだ十分には理解されていない。また、QBOに伴うプロセスが太陽活動に伴いどのように影響を受けるのかについても、明らかではない。

Yamashita et al. (2011)では、QBOの極渦への影響に関し、これまで指摘されていた50 hPa付近のQBOに伴うプロセスのみならず、それより上空の10 hPa付近のQBOに伴うプロセスで極渦の変動が整合的に説明されうることをCCSR/NIES CCMとJRA-25の結果を用いて示した。

本研究では、CCSR/NIES CCMの計算結果とJRA-25を用いて、*Yamashita et al.* (2011)で提案したQBOに伴うプロセスが、太陽11年周期に伴うプロセスとどのように関連して極渦に影響するのか、冬の期間をより細かい時間スケールに分けて解析し、そのプロセスを考察した。なお太陽活動の影響を再現するため、CCMで1960~2006年までの連続計算を3つ行い、138年間の冬季のデータを得た。

50 hPaのQBOの西風相と東風相、太陽活動の極大期と極小期により4つに分類し、JRA-25とCCM実験結果から4つのコンポジット平均を計算した。その結果、12月から1月にかけて極大期(極小期)の西風相(東風相)で極域下部成層圏の低温(高温)、極渦の強化(弱化する)傾向が見られ、対応する中高緯度の波の上方伝播・散逸やBrewer Dobson循環の抑制(促進)が見られた。これらのケースでは、QBOの応答と太陽活動の応答が似ており、QBOと太陽活動の応答が互いに強化されたと考えられる。さらに冬季全体について細かい時間スケールで調べると、極渦の位置や強さに対応する東西風のコンポジット偏差が中高緯度で極向き・下向きに移動する特徴が見られた。偏差の移動に伴い、2月頃には極大期の西風相で上部成層圏に東風偏差が現れた。これは極渦の弱体化に対応し、*Labitzke and van Loon* (1988)で見つかった晩冬の特徴と整合的であった。一方、極大期(極小期)の東風相(西風相)では、冬季を通し両者の応答が逆傾向で偏差が小さい、すなわち気候値からのずれが小さかったと考えられる。

以上の結果から、太陽活動とQBOの極渦への影響は、初冬にはそれぞれの極渦への影響の重ね合わせで議論できるが、それ以降は季節進行の中で波と平均流の相互作用を受けて変化することが考えられる。

キーワード: 中層大気, 太陽11年周期, 化学気候モデル

Keywords: middle atmosphere, 11-year solar cycle, chemistry-climate model