

2009年1月の成層圏突然昇温における対流圏から下部熱圏全域に生じる力学的結合の解析とモデル実験

* 越智健太¹、藤田茂¹、三好勉信²、品川裕之³、陣英克³、藤原均⁴

1) 気象大学校、2) 九州大学、3) 情報通信研究機構、4) 成蹊大学

1. はじめに

成層圏突然昇温(SSW)は対流圏から上方伝播する惑星規模波と、その東西風との相互作用によって生じると考えられている(Matsuno,1971)。その解析の際、変形オイラー平均(TEM)方程式がよく用いられる。その式で波動の効果はE-P(Eliassen and Palm)フラックスとして表現される。Harada et al.(2010)は、2009年1月のSSW前後で波数2の惑星規模波に伴うE-Pフラックスの鉛直成分が1979年以降最大であり、その成層圏における収束がSSWの発生原因であったことを指摘した。

SSW発生に伴う対流圏への影響として、北半球環状モード(NAM)指数の下方伝播(時間スケール10日~60日程度)が挙げられる(Baldwin and Dunkerton,1999-2001)。負のNAM指数が対流圏に伝播した場合、北米東岸・ヨーロッパ・シベリア・極東で寒波が起こりやすいと言われている。

本研究では、2009年1月のSSWにおける対流圏・成層圏・中間圏・下部熱圏の間の力学的な結合をTEM方程式の枠組みで明らかにする。また、中間圏・下部熱圏の領域を含めたNAM指数を計算することで、SSWの対流圏への影響を見る。

2. 数値モデル・使用データ

SSWの解析に使用したモデルは、情報通信研究機構、九州大学、東北大学で開発された全大気圏統合モデル(GAIA)である。これは地表面から熱圏・電離圏の全領域を対象とする中性大気と電離大気の相互作用を含めたモデルである。対流圏と成層圏中部(高度30km)まではJRA-25の再解析データでナッジングをかけている。本研究では2008年12月~2009年3月を対象としたGAIAの計算結果の解析を行った。

NAM指数の計算・解析には1979/80~2010/11(DJF)のJRA/JCDASの月平均高度場データを使用した。

3. 結果

(1)TEM方程式各項の計算結果

TEM方程式の東西方向の運動方程式・南北方向の運動方程式・熱力学方程式の各項の時間変化の計算結果を緯度ごと(北緯80度と60度)に比較した。

東西方向の運動方程式では、残差流の南北成分による極向きの負の運動量移流がSSW後の構造維持に寄与していた。熱力学方程式に関して、北緯60度では北緯80度と比べると、残差流の南北成分による極向き温位移流は温位の減少に寄与するが、昇温に対する波動の効果は大きかった。これは北緯60度では波動による直接的な温位変化が大きいことを示す。南北方向の運動方程式は波動による影響が小さい時に限り近似的に地衡風の関係が成り立っていた。

また、図1のように波数2の惑星規模波によるE-Pフラックスの収束は高度0.01hPa(75km)付近から見られた。これは昇温に必要な上層の東風場が惑星規模波により中間圏から始まったことを示す。

(2)北半球環状モード指数の計算結果

中間圏を含めたNAM指数の計算結果は図2のようになった。負のNAM指数の下方伝播はSSW前後の西風から東風への変化に対応して中間圏下部(0.1hPa付近)から見られている。ただし、北緯80度では対流圏の下層まで等圧面高度の南北傾度の変化が見られたが、北緯60度ではNAM指数に見られるほど対流圏における等圧面高度の変化は起こっていなかった。

4. 結論

SSW発生時の昇温やSSWの構造の維持に寄与する効果は惑星規模波の卓越する北緯60度と極域の北緯80度で大きく異なることが分かった。また、E-Pフラックスの計算から中間圏の東風先行は惑星規模波(波数2)によるものであることが分かった。

NAM指数の下方伝播は東風への変化に対応して中間圏下部から始まる。この影響は高度場の南北傾度の変化として極域の対流圏で顕著にみられた。

5. 今後の課題

- ・他のSSW事例(波数1型)の同様な解析
- ・NAM指数の下方伝播による影響が大きい冬季の解析

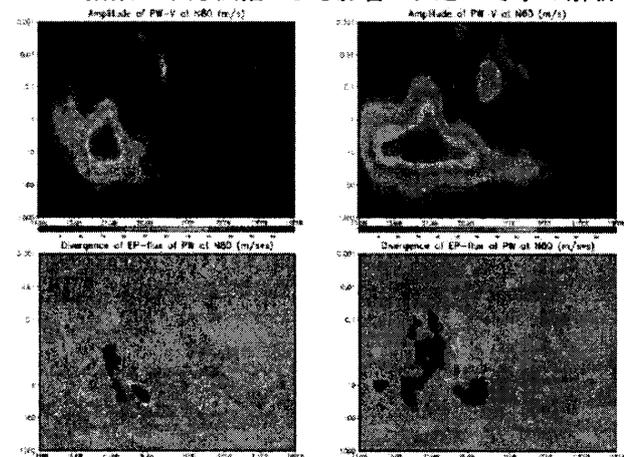


図1 定常プラネタリー波(波数2)の振幅(m/s)(上段)とそのE-Pフラックス発散項(m/s²)(下段)の時間-高度断面図。左は北緯80度、右は北緯60度の値である。高度は気圧で示す。

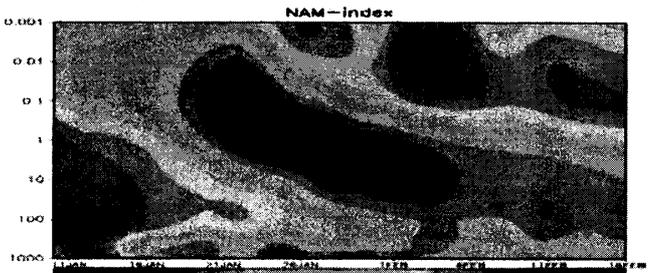


図2 NAM指数の時間-高度断面図。領域は高度1000hPa~0.001hPa(約90km)、期間は2008/12~2009/3を示す。