

成層圏突然昇温に伴う下部熱圏全球平均温度変動

宮原 三郎(九大)・陳 穎雯(JAMSTEC)

1. はじめに

近年成層圏突然昇温(SSW)に伴って熱圏の温度や密度の変動, semidiurnal migrating tide の振幅増大などの現象が衛星観測や大循環モデルデータ解析などにより報告されている(Liu and Roble, 2002; Funke et al. 2010; Liu et al. 2011; Jin et al. 2012; Liu et al. 2013). しかしながら SSW 時の熱圏変動について, その振る舞いと変動の成因が十分に解明されていない. その解明を目的として九州大学中層大気大循環モデル(T42L250)の積分データを解析した. その結果 SSW に伴って下部熱圏の全球平均温度が低下することが判明した. SSW に伴う全球平均温度低下は, 成層圏・中間圏の SSW に伴う温度変動の様態とは明らかに異なっている. 本講演では, 全球平均温度低下をもたらす力学機構について解析データに基づいて考察する.

2. SSW に伴う下部熱圏全球平均温度変動

同じ SST の季節変動を与えて5年間積分を実行した結果, 年々変動はあるが SSW が毎年北半球冬期に起こり成層圏極域では昇温, 低緯度域では降温, 上部中間圏では極域で降温, 低緯度域で昇温となり, 全球平均温度は殆ど一定に保たれていることが確認された. 対照的に下部熱圏(120km~140km)の高度領域では, 年ごとに変動はあるが SSW に伴って全球平均温度が低下していることが確認された(図参照). SSW に伴う成層圏・中間圏の温度変動はプラネタリ一波に伴う EP flux の収束(発散)に起因する残差子午面循環による断熱加熱(冷却)で説明されている (e.g. Andrews et al. 1987). 残差子午面循環は連続の式を満たしており, 全球平均温度の変動は起こらない. 下部熱圏の全球平均温度低下は同じ機構では説明できない.

3. TEM 方程式系による説明

議論を簡単にするために, 線形化した局所直交対数圧力座標系で表現した Transformed Eulerian-Mean Equations(TEM 方程式系)に基づいて説明する. この場合 TEM 方程式系は以下のように表される.

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} - f \bar{v}^* = \nabla \cdot \mathbf{F} + X, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \bar{v}^*}{\partial y} + \frac{1}{p} \frac{\partial p \bar{w}^*}{\partial z} = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \bar{T}}{\partial t} + N^2 \bar{w}^* = Q - \frac{1}{p} \frac{\partial}{\partial z} \left[p \left(\frac{\overline{v'T'}}{N^2} \frac{\partial \bar{T}}{\partial y} + \overline{w'T'} \right) \right]. \quad (3)$$

\mathbf{F} は EP flux, \bar{v}^* , \bar{w}^* は残差子午面循環である.

TEM 方程式系において, (3)式右辺第2項は擾乱が定常非散逸であれば消えるが, 非定常散逸の場合でも通常は無視できるとされている. 成層圏・中間圏において温度変化に寄与する項は主に $N^2 \bar{w}^*$ と非断熱加熱項 Q とされており, SSW 時の平均温度変化は $N^2 \bar{w}^*$ によるため全球平均では変化しない.

これに対して下部熱圏では, 下図に示す通り, 潮汐振動や内部重力波に伴う $\overline{w'T'}$ に起因する項が, 全球平均でも無視できない負の大きさを持つ冷却項として常に働いており, 特に SSW の後に大きな負の値をとることにより, 下部熱圏(120km~140km)の高度領域の全球平均温度を低下させている. 全球平均ではなく局所的にみた場合でも, 最大で -90K/day 程度の大きさを持ち, 冷却において $N^2 \bar{w}^*$ よりも支配的役割を果たしている. 詳細な解析結果は講演で示す.

