

気候モデル“WACCM”で再現された ENSO 的 SST 強制に伴う

成層圏突然昇温の発現頻度の変化

講演者：田口正和（生存圏研究所 COE 研究員）

報告者：小石和成（地球惑星科学専攻 M2）

高度約 10~50km 上空の成層圏と呼ばれる領域では、特に冬半球に数日で 20~40K も温度が上昇する現象が起きることがある。図 1 は、1978/79 年における北半球成層圏での温度の年変化を示している。これは「成層圏突然昇温(SSWs)」と呼ばれ、成層圏に大きな変動を生み出している。図 2 は、高度約 30km での北半球上空からみた気圧分布であり、左図に示されるように冬季の成層圏では、極渦(青色)が北極上に位置する。そこに惑星波活動の影響によって極渦外の空気が運び込まれると、右図のようなパターンとなり、これが成層圏突然昇温に対応する。

いま、中高緯度対流圏と成層圏とを一つの系とみなすと、その年々変動の要因は“系に及ぼす外力”と“系の内部過程”とに分けることが出来る。

既存のモデル実験では平衡状態に注目しているが、今回の研究では、特に外的要因である熱帯太平洋の海面温度(SST)を ENSO 的な状態にしたときに限定して、ENSO に伴う突然昇温への影響を調べた。また、データに有限な観測データを用いると、ENSO の位相と QBO(成層圏でみられる約 2 年周期の東西風振動)の位相とが一致しやすいために、両者の影響を区別するのは困難である。そのため、ENSO 条件のみを与えた数値実験を行った。実験には NCAR で開発された気候モデル“WACCM(高度上限 110km、水平解像約 110km)”を用いた。これは本研究の対象とする現象について十分な解像度がある。

このモデルを用いて熱帯太平洋に ENSO 的な 1 月の SST 強制を与え(ラニーニャ的な状態での実験をラン COLD、エルニーニョ的な実験をラン WARM と呼ぶこととする) 各々の条件について 25 年(100 冬)ランさせた。

これにより、「成層圏突然昇温はエルニーニョ時により多く起きる」という結果が得られた。また、メカニズムとしては、「エルニーニョに伴う SST 偏差が 対流圏で PNA パターンを誘起し 高緯度で東西波数 1 の惑星波を強化する。(これらは全て成層圏突然昇温をより多くもたらせずセンスに働く。)」という知見を得た。これらを以下説明していく。

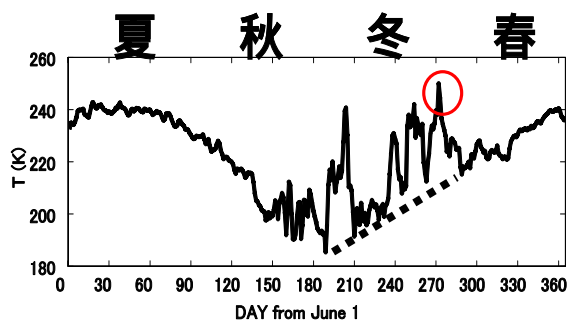
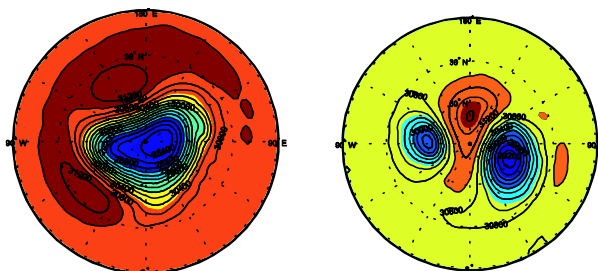


図 1 . 北半球成層圏の温度変化



寒冷低気圧性の“極渦” “極渦”がまっぶたつに
が極域を覆う(普通の時) 分裂(突然昇温)

図 2 . 成層圏突然昇温による極渦の変化

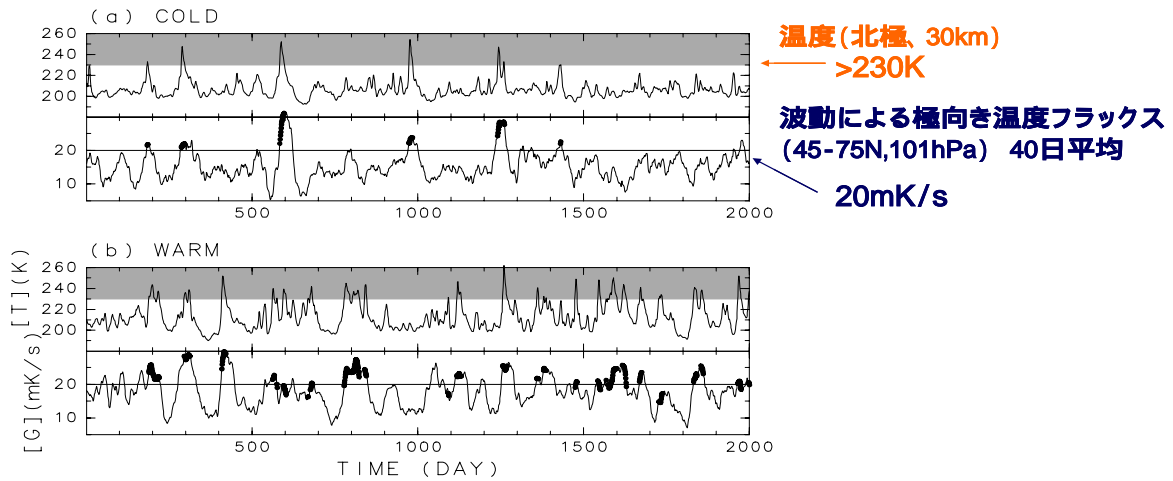


図3. 成層圏の温度変動と波強制

図3(a)(b)の上段に示されるように高度約30kmの北極における温度はランCOLD(a)よりもランWARM(b)で暖かくなることが多いと分かる。例えば、閾値を230KにとるとランWARMでは2.5倍多く昇温状態が起きている(COLD392例、WARM975例)。また、図2の説明で述べたように、突然昇温は極渦に波動が鉛直伝播したとき起こりやすいため、高度約15kmでの波動の活動性Gを図3(a)(b)の下段に示した。これをみると、230Kを超える高温状態は20mK/sを超える波活動とよく一致することが分かる。このような20mK/sを超える波イベントはランCOLDでは1304例であり、ランWARMでは2302例みられている(WARMのときは1.8倍の頻度で起きている)。

波強制と成層圏の温度変動との関係を図4のようにPDF(確率密度関数)で表すと、ランCOLDに対しランWARMでは、“温度 $T > 230\text{K}$ ” “ $G > 20\text{mK/s}$ ” において頻度が多くなっており、顕著な波動イベントの増加によって突然昇温が増加したことが分かる。また、ラン

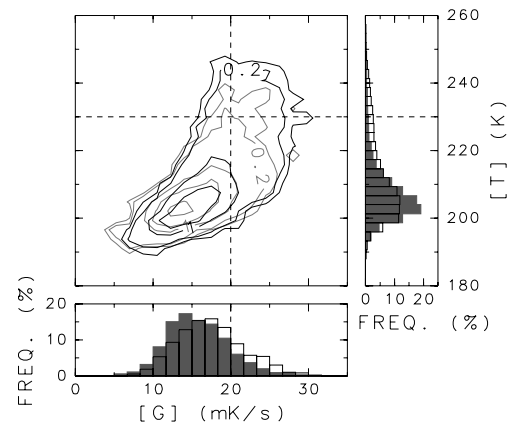


図4. 温度と波強制のPDF

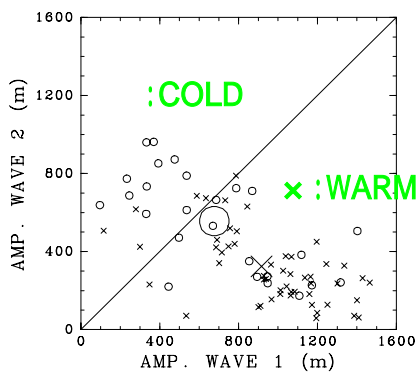


図5. 波数1・波数2のSSWs

WARMでは特に高緯度で波活動が大きくなっている。下部成層圏・上部対流圏での波数1成分の強化はエルニーニョに伴う、いわゆるPNAパターンからもたらされていることも分かった(図示しない)。以上を要約する。エルニーニョ時には対流圏・下部成層圏の高緯度で波数1の惑星波活動が強化され、(PDFシフトのために)極端なイベント頻度が増加、より効率的に成層圏突然昇温が誘起される。また、ランWARMでは波数1成分が強化されるため、波数1型の突然昇温が起きやすい(図5)。