

2009年1月の成層圏突然昇温の熱帯への影響

小寺 邦彦(名大・太陽地球環境研；気象研)

江口 菜穂(国立環境研)

一丸 知子(九大・理)

1. 序

成層圏突然昇温は対流圏におけるプラネタリー波の増幅・成層圏への伝播によって成層圏子午面循環が駆動され極域成層圏の気温が急激に上昇する現象である。この子午面循環の強化は高緯度に昇温をもたらすと共に低緯度に降温をもたらす。このように成層圏突然昇温に伴い熱帯成層圏の気温が低下する事は衛星による成層圏気温の観測以来知られている(Fritz and Soules,1970)。最近になり成層圏突然昇温に伴う熱帯の変動は下部成層圏のみならず対流圏まで及ぶことが分かってきた(Kodera and Yamada, 2004; Kodera, 2006; Eguchi and Kodera, 2007)。

2009年1月には非常に大きな突然昇温が起こった。特にこの突然昇温に伴う熱帯の気温の低下は著しかった。図1に2006年から2009年の3年間の成層圏の気温を示す。この3年間は毎年突然昇温が起こっており冬期には10 hPaの極域(北緯80~90度平均)の気温の急激な上昇が見られる。2009年1月の突然昇温は非常に大きなものであるが、2008年にもこれに比肩する大きな昇温が起こっている。しかし、熱帯(南緯20~北緯20度平均)の下部成層圏(50 hPa)の気温を見ると他の例を凌駕する大きな気温の低下が見られる。ここではこの2009年1月の突然昇温に伴い熱帯の循環、特に対流活動がどう変化したかについて調べる。

2. 解析結果

図2に2009年1月の突然昇温を(a)初期(1月8-14日)、(b)発達期(1月16-22日)、(c)円熟期(1月24-30日)に分けて示す。上段の図は帯状平均東西風(彩色)とEliassen-Palm (E-P) Flux(矢印)の北半球子午面断面図、下段の図は熱帯域の帯状平均気圧座標系鉛直流の高度・緯度断面で30 hPaから100 hPa、100 hPaから1000 hPaの二つの範囲に分けて南緯40度から北緯40度の範囲について示してある。

成層圏突然昇温の初期には極夜ジェットは非常に強く、プラネタリー波の成層圏への伝播は抑制されている。発達期になるとプラネタリー波は西風ジェットに沿って成層圏に伝播する。成層圏では未だ西風ジェットが強く波は赤道方面に伝播している。円熟期になると対流圏から伝播するプラネタリー波はより高緯度に向かい成層圏ジェットは消滅する。帯状平均気圧座標系鉛直流を見ると成層圏にプラネタリー波が伝播する(b)発達期になると熱帯(30°S~30°N)成層圏での上昇流が増加し、これは(c)円熟期まで維持されている。対流圏の鉛直流を見ると、初期にはハドレー循環の上昇域は北半球と南半球に分かれている。発達期には北半球の上昇域は赤道上に移動すると共に南半球の上昇域も僅かに南進する。円熟期にはハドレー循環の上昇域は赤道から南半球にかけて一本にまとまり、成層圏子午面循環(ブリュワ

一・ドブソン循環)と結合した形になっている。以上は帯状平均した場についての循環場の特徴であるが、解析期間中には経度方向の分布にも大きな変化が見られる。

図3は図2と同じく(a)初期、(b)発達期、(c)円熟期で平均した熱帯における外向き赤外放射強度(OLR)である。初期には赤道域の対流活発域は海洋大陸付近に集中している。発達期になると海洋大陸付近、特に北半球の積雲対流活動は減衰する一方、南半球ではアフリカ、オーストラリア、南アメリカの大陸上で積雲対流活動が活発になる。円熟期になると赤道南半球のインド洋や西太平洋でも積雲対流活動が活発化しより帯状の分布を示す。ここに見るOLRの変化は図2の対流圏の帯状平均鉛直流の変化と整合的である。

成層圏での上昇流の急増に対応して対流圏の積雲対流活動がどの様に変化するかをより詳しく見る為に Moderate Resolution Imaging Spectrometer (MODIS)による雲頂気圧の変化を調べた(図4)。図の左列は初期、右列は発達期の平均雲頂気圧で上は昼間、下は夜間の観測である。初期にはOLRのデータから分かるように深い対流は海洋大陸付近に集中している。さらに図4からはこの対

流活動は昼夜を問わず維持されている事が分かる。ところが発達期においては深い対流は南半球の大陸上に移るのみならず、この対流活動は昼間には弱く夜間には強いというように顕著な日変化を伴っている。この事は熱帯の大陸上でよく見られるような成層圏界面付近まで届くような深い対流の変調を通して成層圏循環の変動が対流圏に及ぶ可能性を示唆している。

3. まとめ

2009年1月の突然昇温に伴う熱帯の循環、対流活動の変化を調べた。この結果突然昇温に伴う成層圏南北循環の強化の結果赤道域の下部成層圏で上昇流が増加する。それに伴い熱帯対流圏でも非常に大きな対流活動の変化が見られた。対流活動の変化は上昇流の変化と整合的ではあるが、成層圏循環の変化との因果関係についてはこの解析結果のみから求めるのは難しい。モデルを用いた研究など今後進めて行く必要がある。

謝辞

解析の一部に気象庁のITACS作画システムを利用して頂きました。

参考文献

- Eguchi N. and K. Kodera (2007), Impact of the 2002, Southern Hemisphere, stratospheric warming on the tropical cirrus clouds and convective activity, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L05819, 10.1029/2006GL028744.
- Fritz, S., and S. D. Soules (1970), Large-scale temperature changes in the stratosphere observed from Nimbus III, *J. Atmos. Sci.*, 27, 1091–1097.
- Kodera, K. (2006), Influence of stratospheric sudden warming on the equatorial troposphere, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L06804, doi:10.1029/2005GL024510.
- Kodera, K., and K. Yamada (2004), Impact of the SH major stratospheric warming on the Hadley circulation: A case study, *Pap. Meteorol. Geophys.*, 54, 111–116.

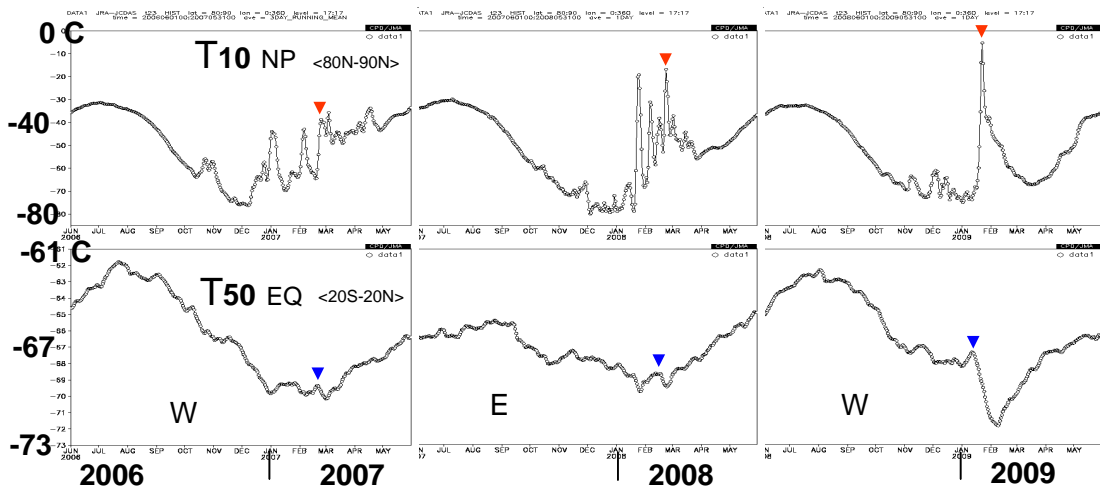


図1. 2006年から2009年の3年間の成層圏の日平均気温の時系列。(上) 10hPa 極域気温、(下) 50hPa 赤道域気温.

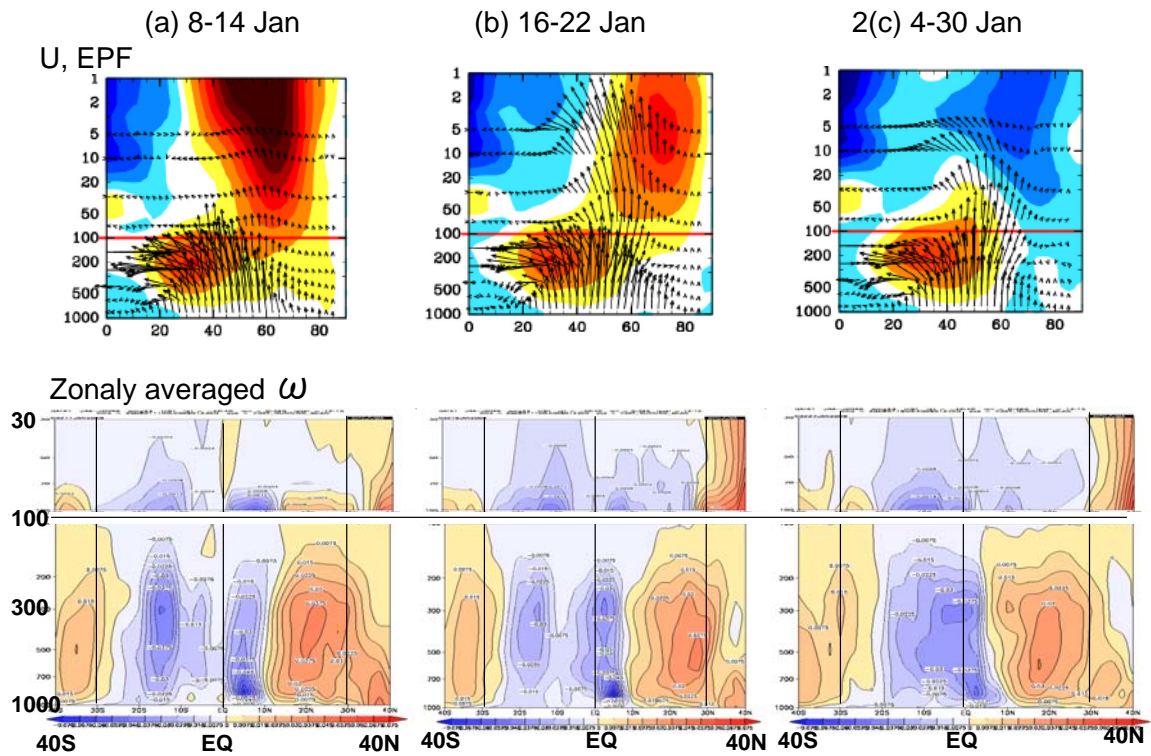


図2. 2009年1月の突然昇温 : (a) 初期 (1月8-14日)、(b) 発達期 (1月16-22日)、(c) 円熟期 (1月24-30日) . (上) 北半球 E-P flux 断面図. 彩色は带状平均東西風、矢印は E-P Flux. (下) 带状平均気圧座標系鉛直の赤道域子午面断面図. 青は上昇域、柿色は下降域. 100 hPa の上下で分けて描画.

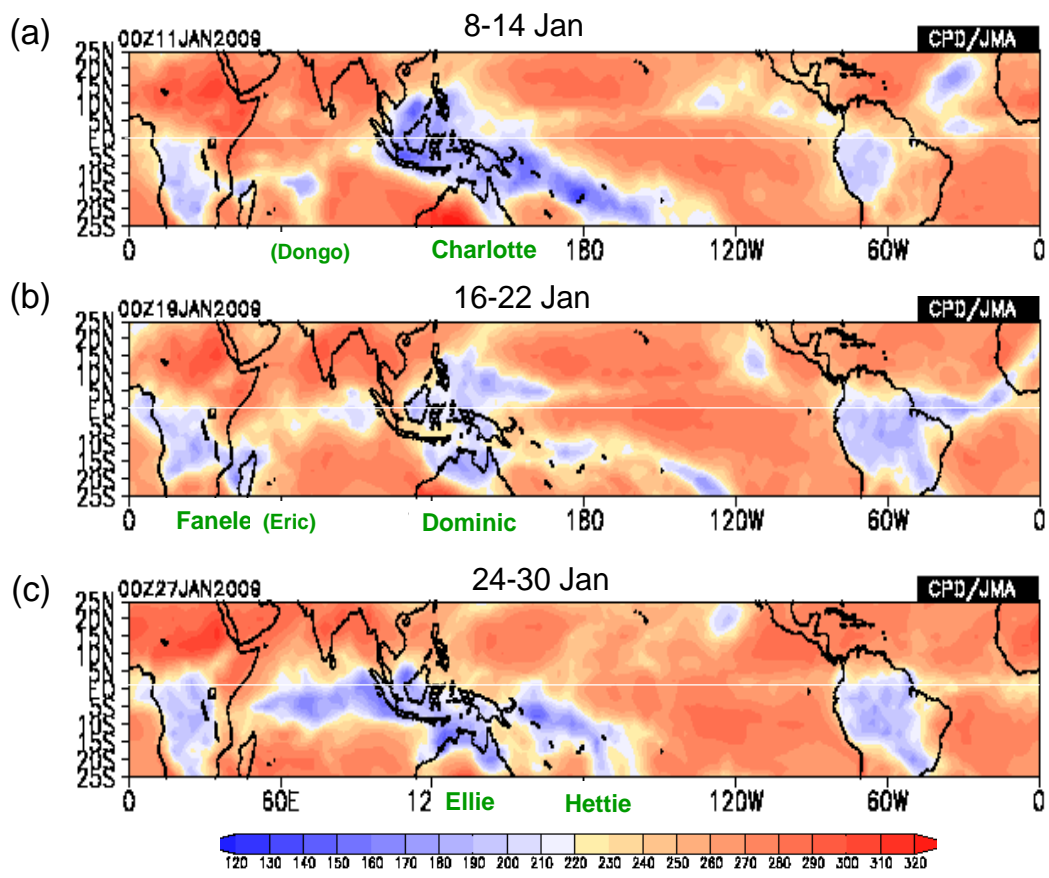


図3. 7日平均外向き赤外放射強度：(a) 初期、(b) 発達期、(c) 円熟期

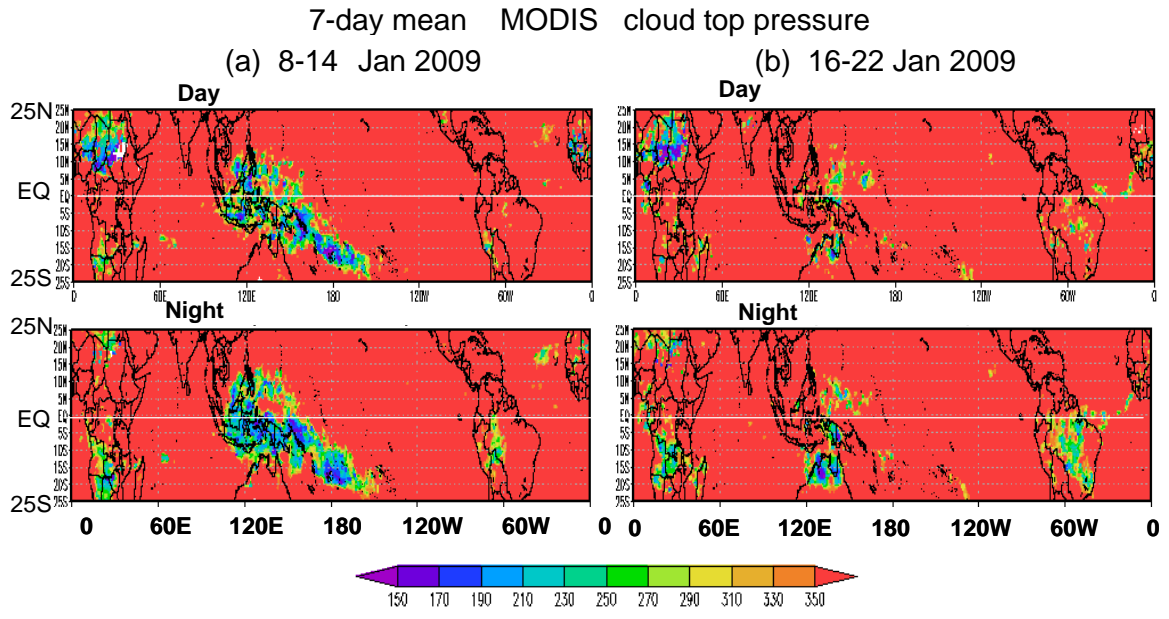


図4. MODISによる7日平均雲頂気圧 (< 300hPa) . (a) 初期、(b) 発達期.
(上) 昼間、(下) 夜間観測.