

# 熱帯上部対流圏における準定在循環の構造

\*西 憲敬<sup>1</sup>・西本 絵梨子<sup>2</sup>・塩谷 雅人<sup>2</sup>・林 寛生<sup>3</sup>・高島 久洋<sup>4</sup>・津田 敏隆<sup>2</sup>  
(1:京都大院・理 2:京都大・生存圏 3: JAXA 4:FRCGC/JAMSTEC)

## 1. はじめに

北半球夏季モンスーン領域の周辺域である赤道西インド洋において興味深い準定在温度構造を見いだした。赤道領域ではコリオリ力が小さいために、強い温度勾配を維持することは難しい。しかし、それでも局地的には独特な温度分布が準定常的に維持されていて、これらは波動伝播や物質輸送の観点から重要である。

2006年に運用を開始した衛星 COSMIC は GPS 測位を用いた掩蔽法による温度データを提供する(Anthes et al. 2008)。COSMIC は 6 個の低軌道衛星が投入されているために、以前よりはるかに多数の観測を行うことができる。この報告では、COSMIC 温度データを中心に、客観解析を併用することにより、西インド洋でみいだされた安定層の特徴と、それを取りまく循環構造について述べる。

## 2. データ

衛星COSMICによる掩蔽法観測で得られたNOAA提供の乾燥温度(Dry Temperature: 2006-2007)を用いる。この温度は、屈折率の変化が湿度や電離層のゆらぎではなく温度だけによると仮定して求めたものである。また、客観解析データは、ヨーロッパ中期予報センター(ECMWF)の再解析: ERA-40 (1979 - 2001)およびCOSMIC観測期間に当たる同センター作成の通常解析を用いる。ECMWF通常解析には、2006年12月以降COSMIC衛星による観測が同化されている。

## 3. 結果

### 3-1. COSMIC データによる温度構造

Fig.1 は、2007 年における赤道上、高度 14.5-15km(約 150hPa)における、大きな静的安定度が観測される頻度を示す経度・季節分布である。北半球夏季の西部インド洋に安定層が非常に多数検出される。また同じ季節の 300-360E 付近や、北半球冬季の西太平洋付近にも安定層がやや多数検出されている。興味深いことは、冬と夏にのみ検出数の多い経度があり、春と秋には見られないことである。

このような安定層の発生はその場所で定常的に安定度が大きくなっても起こるし、また規模の大きな擾乱が通過することによっても起こる。実際、この高

度では大きな振幅をもつ波動が卓越しており、温度場の経度時間断面では(not shown)、東進するケルビンモードが卓越している (Suzuki and Shiotani 2008)。しかし、今回解析の主題としている準定常な東西温度勾配もこれに重なるようにしてはっきりと認められる。これは、平均的な静的安定度の分布図ではより明瞭にみとめられる (not shown)。

準定常温度構造の鉛直構造を調べた。**Fig.2** は、2007 年 7-8 月平均の赤道上における鉛直温度勾配である。安定層は水平ではなく、東西に傾いた構造にみえている。16 km 付近では 100E 付近が最も安定であるが、高度が下がるにつれて次第に西へと移っていき、くさび形に対流圏へと食い込み、14km では 50E 付近にみとめられる。平均期間をいくらか長短してもこの構造はほとんど変化しない(not shown)ことから、このパターンは移動性擾乱によるものではなく、主に定常成分からできていると考えられる。また、温度の帯状平均からの偏差の経度時間断面を書くと、高温偏差が安定層の上側に検出されている(not shown)。

緯度方向の構造についても調べた。**Fig.3** は、2007 年 7-8 月における 60E での鉛直温度勾配である。**Fig.2** に見られた安定領域が赤道高度 14-15 km 付近に認められるが、この安定領域は北半球側でやや高高度、南半球側で低高度になるように、図上で斜めに位置しているようだ。特に北半球側ではチベット高気圧の中心付近である 30N の 19 km までつながっているようにさえ見える。ただし、亜熱帯(10N 以北)については、チベット高気圧自体がもつ安定度分布がこの経度帯に限らずより広範な経度領域で類似の緯度勾配をもっている。そのため、赤道付近の安定層形成過程と亜熱帯のそれが共通のメカニズムによるものかはさらに詳細な解析が必要である。

### 3-2. 客観解析データでの特徴

前節で述べた安定層の鉛直微細構造の詳細は、鉛直分解能の粗い客観解析ではとらえきれないが、それでも粗い構造や他の物理量との関係は解析できる。

**Fig.4** は、7 月における 100hPa での気候値(1979-2001)の月平均温度である。赤道上の 60E 付近にコンパクトな島状の高温域が認められる。類似の構造は北半球の冬の西太平洋にも弱いながら見られるが、春秋にはみられない(not shown)。時期的、経度的にモンスーン領域のみに認められることから、モンスーン循環との関係がうかがわれる。

次に、気候値での赤道上の鉛直構造を調べる(**Fig.5**)。温度場では、150hPa より上の 50-100E 付近に帯状平均からの高温偏差が認められ、150hPa 以下には低温偏差が検出される。この両者は、前節で COSMIC データを使って認められた安定層を形成している。高温偏差は 150hPa から 70hPa へと高度が上がるごとに東へ遷移しており、前節の解析と整合的である。

このような傾いた構造は高度場でも顕著で、60E, 150-200hPa 付近にある低圧

偏差の中心を最西端とするくの字型として、低圧偏差の中心が東へ行くにつれて、上および下へと伸びている。この低気圧偏差は静力学の関係により、上に述べたこの領域での温度構造と整合的である。

高度偏差が最大になる 150hPa は、東風モンスーンジェットが最大になる高さでもある。この高度において高度と風の間接な関係を考える。低圧偏差は強い東風の西端付近(50E)に認められるが、これは年々の変化を見ても堅固な特徴である。モンスーンジェットはその中心緯度における亜熱帯ではさらに西側、アフリカ方面まで吹き続けているが、赤道付近では 50E 付近以西ではごく弱い。この風分布と温度・高度場の島状構造とは密接な関係があるに違いない。

#### 4. 議論とまとめ

衛星 COSMIC による GPS 掩蔽法を用いて、対流圏上部での準定在な安定層の構造を調べた。その結果、赤道西インド洋で、北半球の夏に水平から傾いた薄い安定層を見いだした。安定層は成層圏からくさび形のように対流圏へとつながっているように見え、赤道上で最も顕著であり、高度が下がるほど西に位置していた。

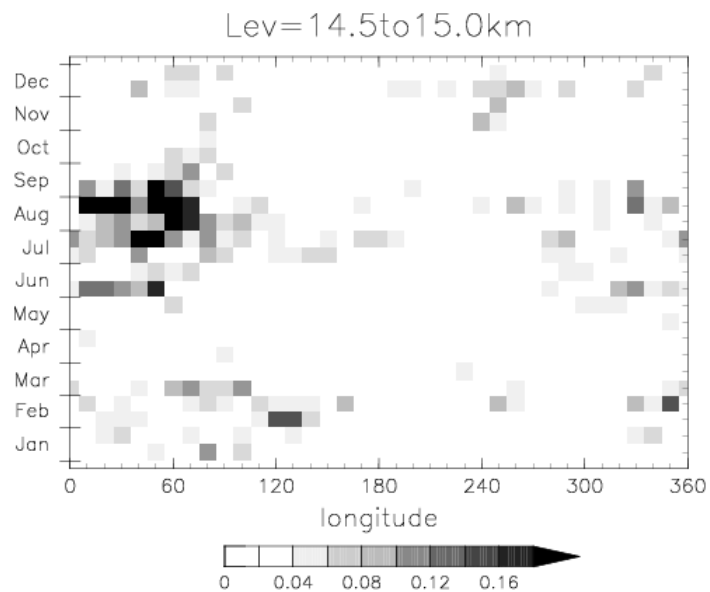
この安定層の上下にはそれぞれ高温・低温偏差がある。客観解析を用いた解析によると、その中間にあたるほぼ安定層の高度に低圧偏差がある。これらの偏差は赤道西インド洋付近に孤立した構造となって認められていた。また、この低圧偏差は東風モンスーンジェットの強風域西端付近にあった。

これらの安定層を中心とする一連の循環場の構造の成因について考察を行った。赤道から離れた場所に加熱強制を置いた簡単な数値実験によって、類似の島状を示す低圧域構造が赤道上にみられている例もあるため(Norton 2006)、温度・高度場におけるこの構造は、赤道から離れた強制に対する定常応答問題として理解できるのではないと思われる。しかし、温度偏差が最大になる経度を決める要因や、COSMIC で観測された安定層の傾きはそれだけでは簡単に説明されない。チベット高気圧をもたらし現実的地形や、より精密な平均風分布を考えることによって説明可能かもしれないし、またモンスーン東風中に定在可能な東進赤道捕捉波を合わせ考えることが必要なのかもしれない。これらをさらに解明するためには、より現実的な数値実験が必要であろう。

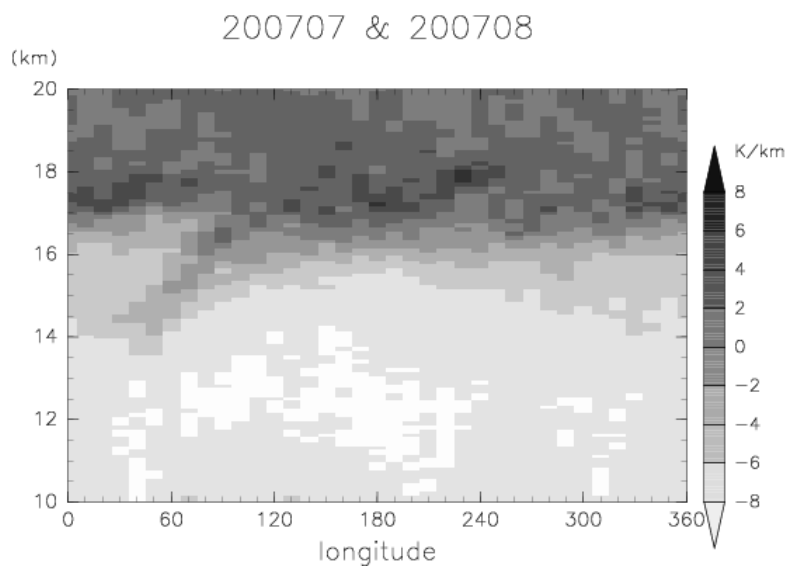
#### References

- Anthes, R.A., P.A. Bernhardt, Y. Chen, L. Cucurull, K.F. Dymond, D. Ector, S.B. Healy, S.P. Ho, D.C. Hunt, Y.H. Kuo, H. Liu, K. Manning, C. McCormick, T.K. Meehan, W.J. Randel, C. Rocken, W.S. Schreiner, S.V. Sokolovskiy, S. Syndergaard, D.C. Thompson, K.E. Trenberth, T.K. Wee, N.L. Yen, and Z. Zeng, 2008: The COSMIC/FORMOSAT-3 Mission: Early Results. **Bull. Amer. Meteor. Soc.**, 89, 313–333.

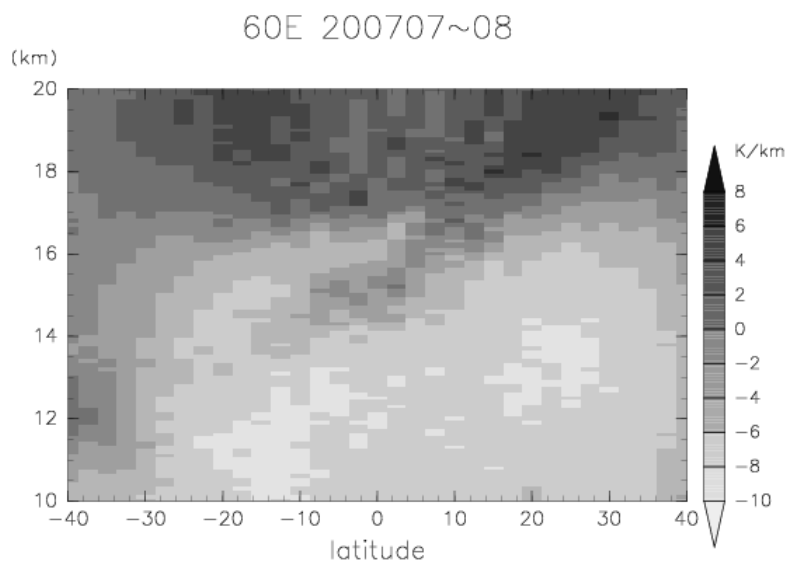
- Norton, W. A., 2006: Tropical wave driving of the annual cycle in tropical tropopause temperatures. Part-II: Model Results. **J. Atmos. Sci.**, 63, 420-1431.
- Suzuki, J., and M. Shiotani (2008), Space-time variability of equatorial Kelvin waves and intraseasonal oscillations around the tropical tropopause, **J. Geophys. Res.**, 113, D16110, doi:10.1029/2007JD009456.



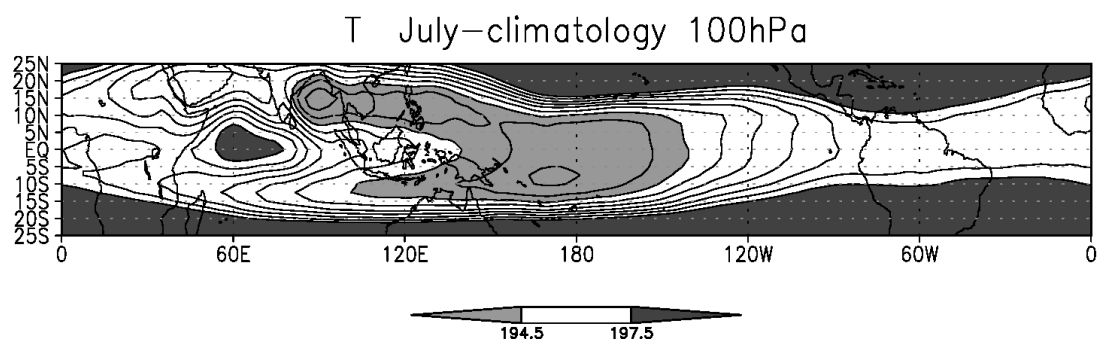
**Fig.1** COSMIC データによる, 2007 年の赤道域(2.5S-2.5N), 高度 14.5-15km における, 逆転層  $[dT/dz > 0]$ の半月ごとの平均出現回数. 安定度は  $\Delta z=100$  の高度差で計算し、0.5km の間にひとつでも逆転層があれば安定層の発生とみなす.



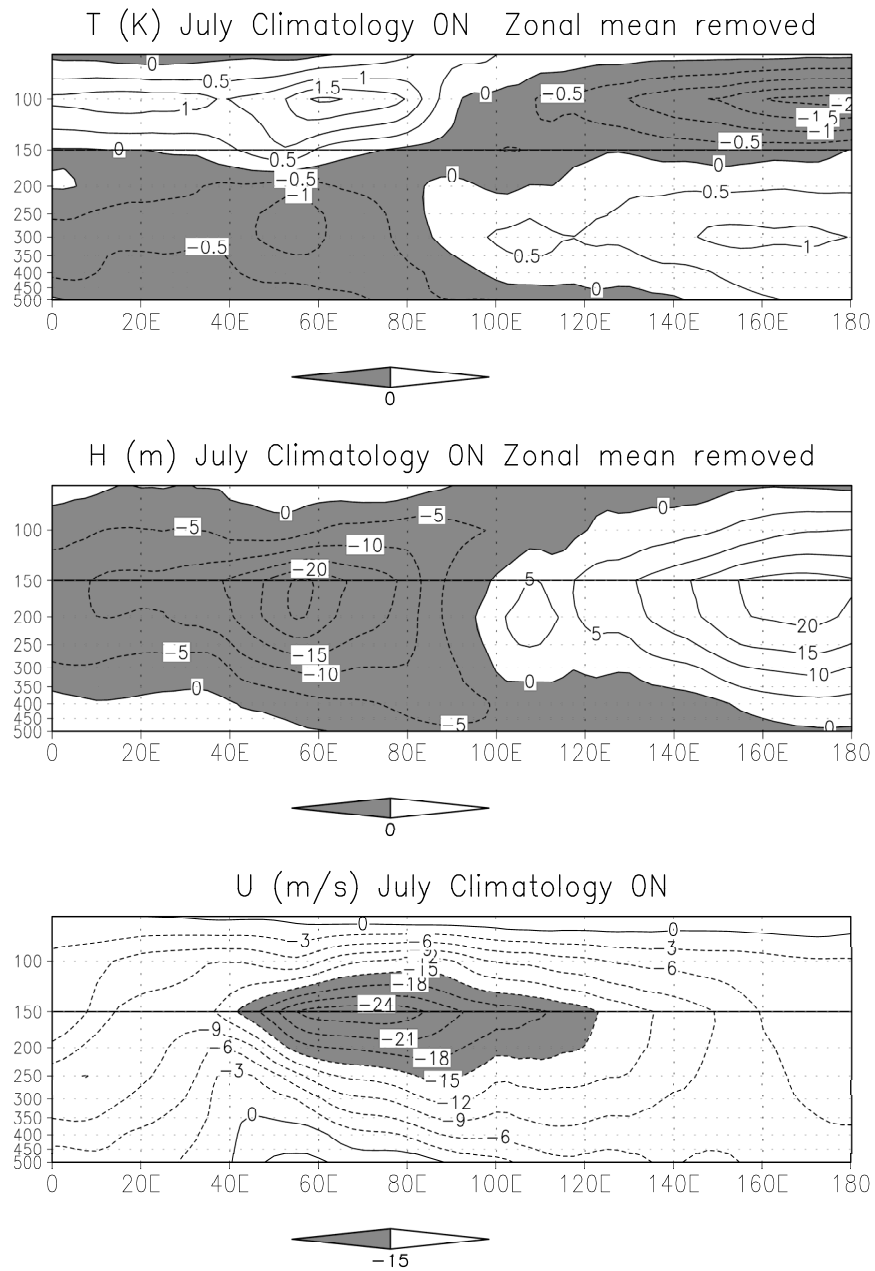
**Fig.2** COSMIC データによる, 2007 年 7-8 月, 赤道域(2.5S-2.5N)における平均鉛直温度勾配(K/km)の経度高度断面.



**Fig.3** COSMIC データによる, 2007 年 7-8 月, 経度 60 度における平均鉛直温度勾配 (K/km)の緯度高度断面.



**Fig.4** 気候値(1979-2001)7 月の月平均温度(K). 等値線間隔は 0.5K で、197.5K 以上は省略されている.



**Fig.5** 赤道上 7 月気候値(1979-2001)における(上)温度の帯状平均からの偏差(K), (中)高度の帯状平均からの偏差(m), (下)東西風(m/s)の経度高度断面 (ERA-40).