

熱帯対流圏界面域の下降流層と水蒸気輸送

庭野 将徳¹・余田 成男¹・山本 真之²・深尾 昌一郎²

1: 京都大学大学院理学研究科, 2: 京大大学生存圏研究所

1. はじめに

熱帯の対流圏界面領域では、光学的・幾何学的に薄い巻雲 ($\sim 0.03 \text{ km}^{-1}$, $\sim 0.5 \text{ km}$) が頻繁に出現していることが知られている [e.g., Winker & Trepte, 1998]. 同領域の巻雲は、放射収支や成層圏水蒸気量に影響を及ぼすため、巻雲をモデルで再現することが希求されている. この薄い巻雲は、1) かなとこ雲の引き伸ばし、2) 断熱上昇流による冷却、3) 空気塊の寒冷域通過、により生成・維持されていると指摘されているが、観測が定点観測や分解能の粗い衛星測器によるものに限られているため、巻雲の生成・維持に寄与する力学場は統合的に理解されていない. 本研究では、2004年5月にスマトラ島西スマトラ州の観測サイト (100.32°E , 0.20°S) で行われた CPEA (Coupling Process of Equatorial Atmosphere) 集中観測における対流圏界面遷移層の鉛直分布と水蒸気輸送に焦点を当て、メソスケールモデルによる再現実験を行った.

2. データと解析手法

用いたモデルは、非静力学モデル NCAR MM5 ver.3.7.0 である. 初期値・境界条件には 1日4回の NCEP final analysis を用い、2004年5月5日 00Z を初期値として5日間の数値積分を行った. 積雲対流過程は Kain-Fritsch 2 [Kain, 2002] を、雲物理過程には Reisner 2 を用いた. Reisner 2 は過飽和を考慮し、氷、雪、および霰の数密度を予報変数としている. モデルの分解能は水平 $20 \times 20 \text{ km}$ 、鉛直 36層で、対流圏界面遷移層 (約 200-70 hPa) では約 500 m の鉛直分解能となっている. 計算されたデータを気圧座標に変換し、解析を行った.

3. 結果と考察

シミュレーションの結果、5月5-7日にかけて対流と結合した東進波動がスマトラ島を観測サイト上空を通過し、対流圏下層で北東風、対流圏上層で南西風、対流圏 700-150 hPa で高温偏差が出現していた. 観測サイト上空の対流圏界面域では、ケルビン波による西風偏差 (図1中) と高温偏差 (図1下) が $1/4$ 位相の関係で下方伝播していた. これらの特徴はラジオデンド観測で得られた特徴と一致しており、MM5 が現実大気の特徴を再現していることが確認できた. 対流圏界面領域の波動と同期して、鉛直速度 (図1上) に約 -4 cm s^{-1} の下降流層が6日 12Z から 70-100 hPa に出現し、8日 00Z には 90-120 hPa に下方伝播していることが確認された. この特徴は赤道大気レーダー (EAR) で観測された下降流層 (5日 16Z は高度 15-17.5 km, 8日 06Z は 13-16 km に存在, 平均値 -6.5 cm s^{-1}) と酷似していた. この値はケルビン波理論から予想される鉛直速度偏差 ($\sim 1 \text{ cm s}^{-1}$) より数倍大きかった.

下降流層の空間分布を明らかにするため、下降流層が見られた 90 hPa における鉛直速度 (図2上) と相対湿度 (図2下) の水平分布を調べた. 5月6日 18Z (図2左) における下降流域は、スマトラ島沿いに北西-南東方向に約 10° スケールで広がっており、水平 $1-2^\circ$ スケールの擾乱を内包していた. またこの下降流は、温位面の傾きに沿った北東風 (図2下) の断熱下降によって生じていることが判明した. 5月7日 18Z (図2右) には、下降流層は北東進する対流活動域とともに北東進しており、対流活動と結合した波動 (ケルビン波と南北風成分を持つ波動) と関係づけられる. またこの北東・下降流は相対湿度の高い空気塊を南西・下方に移流するため、低相対湿度の成層圏空気塊がスマトラ島より西で出現している. この強い下降流はかなとこ雲や巻雲の蒸発を促すため、脱水を妨げる働きもある. 当日は下降流層の成因や薄い巻雲が生成する機構について議論する予定である.

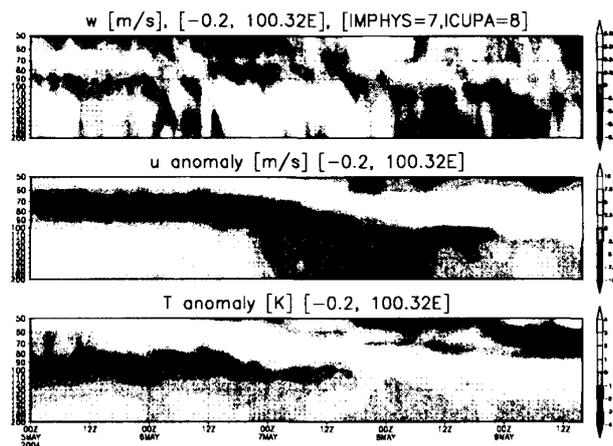


図1: 再現された 100.32°E , 0.20°S 上空の鉛直速度 (上), 東西風偏差 (中), 温度偏差 (下) の時間-高度断面. 2004年5月5-9日, 200-50 hPa を表す.

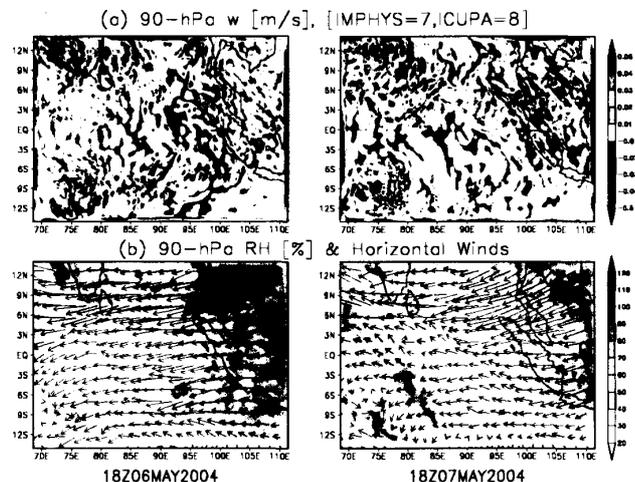


図2: 2004年5月6日 18Z (左) と 7日 18Z (右) における 90 hPa の (a) 鉛直速度 (m s^{-1}), (b) 相対湿度 (%)