

オーストラリア大陸北部で発生した降水システムの 発達過程と非断熱加熱との関係

* 高橋千陽¹・上田 博¹・坪木和久¹(¹: 名古屋大学・地球水循環研究センター)

1. はじめに

オーストラリアモンスーンに伴う大陸北岸域の対流活動は、東進成分を持つ長周期波動 (MJO) と西進成分を持つ短周期波動によって決まるウインドシアと湿度プロファイルの変動に支配されるという事を明らかにした (2002, 秋季大会)。また海岸に近い領域では、長寿命の組織化した線状降水システムが多く発生発達し、それには地形や海陸風循環が重要であると考えられる。本研究では、雲-メソスケールでの降水システムの非断熱加熱効果 (降水システムと環境湿度場、風の場合との相互作用、降水システム自身の発達過程に果たす役割) について明らかにする事を目的とし、雲解像モデルを用いて調べた。対象とした事例は、モンスーン active, break 期に、組織化した線状降水システムがドップラーレーダー等で観測された、1999 年 1 月 15 日 (海洋性 MCS), 21 日 (大陸性 MCS) のケースである。

2. 実験概要と解析方法

主に使用した数値モデルは、CReSS ver2.0 である。計算領域は、観測地点の南緯 12.5 度、東経 131.5 度 (ダーウィン付近) をほぼ中心とし、大陸北西部と海洋を含む 800km × 600km × 18km である。水平格子 1km, 鉛直格子は最下層 100m, 平均 450m で、10 時間積分した。初期境界条件として、以下の様にネスティングをした結果を用いた。1) MM5 ver3.6: 水平格子 60, 20km, 鉛直 35 層, 39 時間積分 (初期境界条件は NCEP 再解析データ)。2) CReSS, 水平格子 5km, 鉛直格子平均 500m, 14 時間積分。計算結果の解析には、Tao et al. (2000) の方法を適用し、対流域と層状域に分離した。また Q1 は、Johnson et al. (2002) の式を用いて計算した。

3. 結果

大陸性 MCS の降水強度は、対流域、層状域、対流域と順に強弱を繰り返す。特に層状域では、約 1 時間周期での降水強度変動が見られる (図 1b)。これは層状域がピークに達する 500 分までは、対流性層状性降水過程の短周期相互サイクルが現れている。一方、海洋性 MCS 対流性降水強度は、240 分後とその約 5 時間後に強まっており、層状域の面積増加に伴ってより長周期になると考えられる (図 1a)。

大陸性対流域 (CC) の融解層 (約 4.8km) より上層では、Q1c' に対する凝結加熱率と鉛直エディ収束加熱率の寄与が大きい (図 2c)。海洋性対流域 (OC) では雪・霰粒子への昇華凝結加熱率の寄与が大きい (図 1c)。また海洋性層状域 (OS) は 4.9km, 大陸性層状域 (CS) では 4.10.5km にそれぞれ Q1s' の冷却率と加熱率のピークを持つ (図 2b,d)。OS の冷却層は 6.5km 以下に対し、CS の冷却層は 7.5km 以下と厚く値も大きい。特に CS における約 4.5km から 8km 間での昇華冷却率が大きい。これは大規模発達場であつ対流圏中上層が乾燥した環境状態におけるエントレインメント効果による。OS の対流圏上層の昇華加熱率寄与と 4km 付近の融解冷却率の寄与は、CS と比較して大きい (図 2b)。これは大規模収束場であつ対流圏下・上層の鉛直シアが大きく、ほぼ全高度で海洋から水蒸気の供給が持続する湿った環境状態にある為、雪・霰粒子の昇華成長率が大きい事に起因する。一方、CS でのそれらの寄与が小さいのは、上層への水蒸気供給が、対流雲に伴う上昇流によって、対流圏下層から輸送される過程にほぼ限られる為、雪・霰粒子の昇華成長率が小さい事に起因する。層状域の冷却率は、スコールラインに典型的な Rear Inflow に対応しており、CS の方が中層湿潤冷却、す

なわち Rear Inflow が強い事を示唆している (図 2d)。また高度 1-2km で大きな雨水蒸発冷却率により、最下層の cold pool の発達も促進される。OC, CC の融解層以下の凝結加熱ピーク (4.5km) は、Front to Rear Flow と Rear Inflow との水平収束による上昇流極大高度を反映している (図 2a,c)。CC の融解層以下での凝結加熱率の鉛直勾配が OC より大きいのは、大きな下層鉛直シアによって、雲水や水蒸気の鉛直分布がより傾くためである (図 2c)。

4. まとめ

モンスーン break, active 期に発生発達した、海洋性 MCS、大陸性 MCS の大気非断熱加熱効果を収支解析により調べた。大陸性 MCS の対流域は、雨水蒸発により対流圏最下層を冷却させ、鉛直エディフラックス収束と水蒸気凝結により中上層を加熱させる効果が大きく、層状域は、昇華と雨水蒸発によって、中層以下を冷却させる効果が大きい。一方、海洋性 MCS 層状域は、昇華凝結によって上層を加熱させる効果が大きい事が分かった。以上の結果は、ドップラーレーダー観測によって見積もられた Q1 の結果を支持するものである。

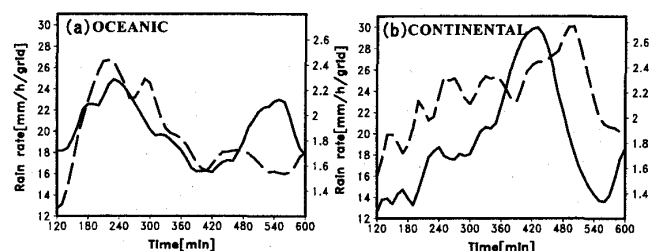


図 1: 対流域 (実線) と層状域 (破線) のエリア平均降水率の時間変化 (初期時刻から 120~600 分間)。(a)1999 年 1 月 15 日 (海洋性), (b)1999 年 1 月 21 日 (大陸性)。左右の縦軸はそれぞれ対流域と層状域の降水率を示す。

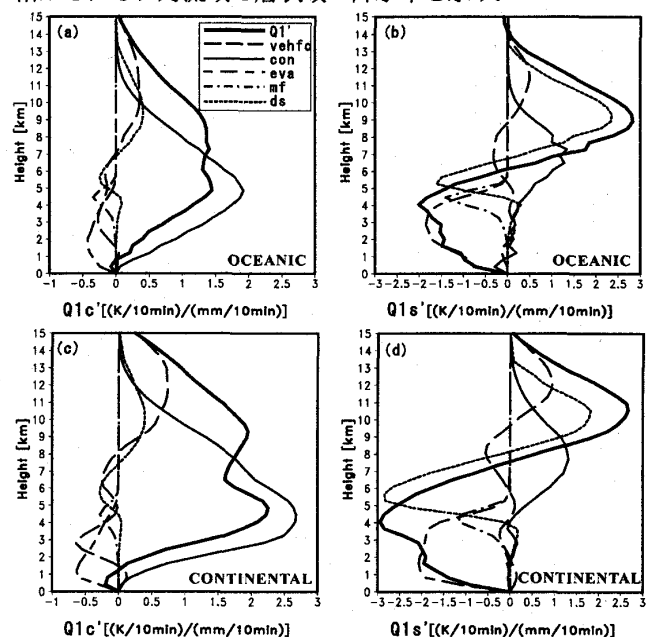


図 2: 対流性、層状性降水率で正規化した領域平均 Q1 収支鉛直プロファイル (Q1'), (初期時刻から 120~600 分間の平均値)。(a) 海洋性対流域, (b) 海洋性層状域, (c) 大陸性対流域, (d) 大陸性層状域。図中の vehfc は鉛直エディ熱フラックス収束項, con は水蒸気-雲水凝結蒸発項, eva は雨水蒸発項, mf は融解/凍結項, ds は昇華凝結項を示す。