

Mammatus clouds (乳房雲) と背景乱流の 3 波長帯レーダーによる同時観測

深尾昌一郎^{1,2}, 山本真之², H. Luce³, 妻鹿友昭², 橋口浩之², 山本衛²,
田尻拓也⁴, 中里真久⁴

(¹ 福井工大, ² 京大生存研, ³ Universit du Sud-Toulon Var, ⁴ 気象研)

1. はじめに

Mammatus clouds は高積雲、乱層雲、積乱雲などの雲底から袋状に垂れ下がった雲で、その形状から乳房雲と呼ばれている。その存在は既に 20 世紀初頭から知られていながら、レーダーなどを用いた定量的な観測はようやく近年になって始まったばかりである。

本講演では最近の観測結果からシア不安定が生成機構に重要な役割を演じている可能性について論じる。

2. 観測

乳房雲の降水粒子を Ka-帯 (35-GHz) と X-帯 (10-MHz) のレーダーで、一方背景大気の力学場を 50-MHz 帯 MU レーダーで観測した。乾燥大気の運動を測定できる MU レーダーを同時に用いた点が新規である。MU レーダーの高度分解能を他レーダー並みにするため、周波数領域干渉計映像法 (RII モード) を適用した。また同じ場所でライダーも運用された。

3. 結果

従来から乳房雲として知られている様態と同一のレーダーエコーが X-および Ka-帯レーダーにより、高度 3~6 km 域に、2008 年 10 月 8 日午前 4 時頃から約 20 分間観測されている。同じ時間帯、同じ位置に MU レーダーでも等方的な大気エコーが観測されている (図 1)。図 1 の結果は乳房雲の生成にともない、大気も乱されていることを示す。乳房雲はほぼ 3~4 分の間隔で 4、5 個生成されている。その高度の水平風速から乳房雲の水平スケールは 3~4 km 程度、また鉛直スケールは 0.6~1.1 km と推定される。雲底が糸が振れた (twisted) ような形状を示しているのはケルビンヘルムホルツ不安定 (KHI) によることを示唆している。

水平風の鉛直シアは乳房雲の生成高度 5 km 近傍で 25m/s/km 超の値となり、シア不安定が生成されていることが示唆される。また MU レーダーにより、乳房雲の発生にともない背景大気に ±3 m/s 以上の上昇・下降流が生成されているのが観測された。上下

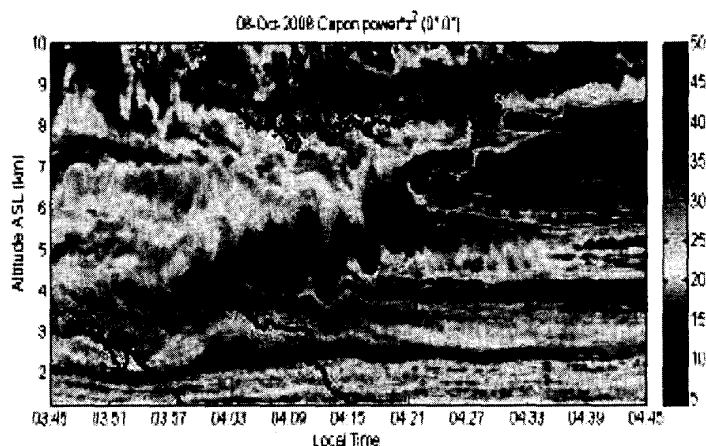


図 1 MU レーダーにより観測された乳房雲エコーの高度・時間変化。黒実線は Ka-帯レーダーで観測された雲底高度のエコー強度。

の風速変動が完全に逆対称 (位相差 180 度) になっていることからこの上下動は KHI に起因するものである。下降流域が乳房雲エコーの位置に、その間は上昇流域に対応している。これから下降流が乳房雲を作っているものと考えられる。

X-帯レーダー観測から、氷晶の鉛直速度が KHI によって生じた大気の鉛直流により上下に変動を受けていることが明確である。つまり雲内の氷晶が下方へ押し下げられたところで乳房雲が生成されることになる。

4. まとめ

雲底部の強い風シアが KHI を励起し、それにもなう 3 m/s 以上にもなる大きな下降流が乳房雲を生成していることが明らかとなった。この場合、必ずしも従来有力視されていた Cloud-base Detrainment Instability (CDI) が乳房雲生成の必要条件とはならない

謝辞

MU レーダーは京都大学生存圏研究所により所有・運用されている。また X-帯レーダーおよび Ka-帯レーダーは気象研究所が科学技術振興調整費「渇水対策のための人工降雨・降雪に関する総合的研究」 (<http://jcsepa.mri-jma.go.jp/>) により整備した。