

南西諸島におけるミー散乱ライダーを用いた海上混合層の鉛直構造の推定

*栗林 正俊 (筑波大学大学院 生命環境科学研究科)、大原 利眞・清水 厚 (国立環境研究所)

1. はじめに

東アジアにおける大気汚染物質の越境輸送機構の1つに、汚染物質が海上混合層(MAML: Marine Atmospheric Mixed Layer)内で鉛直拡散されつつ長距離輸送される現象がある。この現象においてはMAMLの構造が重要であるが、東シナ海・日本海のMAMLに関する知見は、AMTEXなど一部の集中観測の結果に限られる。そこで本研究では、主に沖縄辺戸岬のミー散乱ライダー(鉛直分解能30m、時間分解能15分)と南大東島の現業ゾンデを用いて通年でMAMLの高度(H_M)を推定し、季節変動とその要因、および、MAMLの鉛直構造に関して解析した。

2. 方法

対象期間は2008年3月-2010年2月とし、各観測地点において高度850hPa面以下の全高度で海から 1 m s^{-1} 以上の風が吹き、かつ、高度3000m以下に雲がない時を解析対象とした。上空の風はMSMの0時間解析値を使用し、雲の有無はライダー後方散乱強度プロファイルの最大値に閾値を設定し判別した。ゾンデで H_M を推定する場合は、温位(θ)の鉛直勾配($\Delta\theta/\Delta z$)が 6 K km^{-1} 以上となる最低高度を H_M と定義し、ライダーで H_M を推定する場合は、 532 nm の球形粒子消散係数(α)の絶対値が $5.0 \times 10^{-5}\text{ m}^{-1}$ より大きく、鉛直変化率($(\alpha_z - \alpha_{z-\Delta z})/\alpha_z$)が -8% 未満となる最低高度を H_M と定義した。なお、陸地の影響を避けるため、高度300m以上のデータを対象とし、この高度付近のゾンデ観測点が H_M を検出した場合はMAMLの存在しない安定状態とした。また、MAMLの鉛直構造を解析するため、10秒間隔(鉛直分解能6m)の後方散乱強度のデータを5分間(30データ分)平均した値(μ)とその標準偏差(σ)を使用し、それらのプロファイルからMAMLの乱流強度を大気安定度(SST-850hPa面気温)別に推定した。

3. 結果と考察

図1に南大東島ゾンデと辺戸岬ライダーによる8:30JSTと20:30JSTの季節平均 H_M を示す。この図から、①ライダーはゾンデに比べて H_M を若干低く評価するが両者の整合性は高いこと、② H_M は、夏に低く(約600m)、冬に高い(約1100m)が、8:30と20:30で顕著な差がないこと、③全季節でMAML存在率が90%以上で年間を通してMAMLは存在すること、が分かる。次に、辺戸岬ライダーによる各季節の H_M と大気安定度の相関関係を図2に示す。これによると両者の相関係数は0.81(年間)と有意な正の相関があり、 H_M の季節変化は大気安定度に支配されている。最後に、辺戸岬ライダーが捉えたMAMLの鉛直構

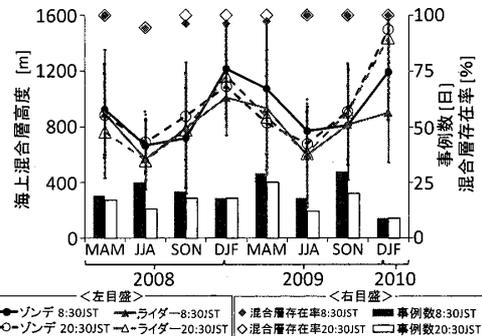


図1. 南大東島ゾンデと辺戸岬ライダーによるゾンデ放球時刻(8:30, 20:30JST)の季節平均海上混合層高度と混合層存在率および解析事例数

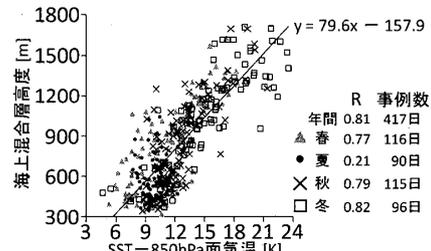


図2. 辺戸岬ライダーによる日平均混合層高度と大気安定度(SST-850hPa面気温)の相関関係

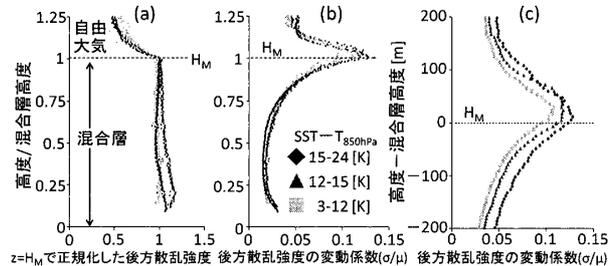


図3. ライダー後方散乱強度の大気安定度別の鉛直プロファイル。(a) μ の平均値(H_M の μ で正規化)、(b),(c) σ/μ の中央値。ただし、(a)と(b)の高度は混合層高度(H_M)で無次元化した。

造を図3に示す。図3(a)より、後方散乱強度がどの大気安定度においてもMAML内では鉛直一様で自由大気では上空ほど小さい。これは自由大気に比べMAML内で鉛直拡散が活発であることに由来する。また、図3(b)より、 H_M に対して約 $\pm 10\%$ の高度範囲で変動係数(σ/μ)が大きく、MAML上端のエントレインメントによる粒子濃度の乱れを反映している。さらに、図3(c)より、 H_M よりもやや上($H_M+10\text{ m} \sim +30\text{ m}$ の高度範囲)に σ/μ の極大があり、この高度範囲においてMAMLと自由大気間の物質交換が最も活発である。また、大気安定度が不安定な場合ほど σ/μ が大きくエントレインメント強度が大きい。