

山本真之, 岸豊久, 中村卓司, 山本衛, 橋口浩之, 深尾 昌一郎

M. K. Yamamoto, K. Kishi, T. Nakamura, M. Yamamoto, H. Hashiguchi, and S. Fukao

京都大学生存圏研究所

Research Institute for Sustainable Humansphere (RISH), Kyoto University

Abstract

Preliminary reports on wind variations in and around midlatitude cirriform clouds are presented by a case study at the Shigaraki MU Observatory (136°06' 32"E, 34°51' 08"N) during 5-6 November 2004. Vertical profiles of wind velocity were observed by VHF-band (46.5 MHz) Doppler radar named the MU radar. Vertical profiles of backscattering ratio and linear depolarization ratio were observed by Rayleigh/Raman lidar to determine cloud region.

Cloud-top height as observed by the lidar was about 10.2 km around 18-19 LT 5 November, and then gradually decreased to be about 8.5 km around 03-04 LT 6 November. Zonal wind (U) observed by the MU radar showed a similar descending feature; a large shear region where U vertically increased from 20 m/s to 25 m/s within 300 m continuously located at 100-500 m above the cloud tops. Temperature profiles observed by radiosondes have revealed that a stable layer, where potential temperature vertically increased by larger than 4 K within 200 m existed within several hundred meters above the cloud tops. These observational results indicate that high time and altitude observation of wind velocity is important to clarify interactions between dynamical and microphysical processes in and around cirriform cloud.

1.はじめに

対流圏上層の氷雲(巻雲)は、対流圏の広い領域を覆うため地球の放射収支に大きく影響する。巻雲の放射効果を正しく数値モデルで再現するためには、巻雲に関連する微物理及び力学過程の観測による、巻雲の生成・維持・消失のメカニズムの解明が重要である。VHF 帯大気レーダーは、温度や水蒸気変動に起因する屈折率擾乱からエコーを受信し、受信したエコーの周波数パワースペクトルからドップラーシフトを計測することにより風速を測定する。そのため、雲の内外を問わず大気の上方向の風速(鉛直流)及び水平方向の風速(水平風)大気風速を数分・数 100m より優れた分解能で観測可能な特長を持つ。ライダーは数 μm 以上の大きさを持つ雲粒と同程度あるいは短い波長を持つ光を送信することにより雲粒子を検出する。そのため、VHF 帯レーダーでは検出が困難な非降水雲中の粒径の小さい雲粒の鉛直分布を観測可能である。そのため、滋賀県甲賀市の信楽 MU 観測所(136°06'32"E, 34°51'08"N)に設置された VHF 帯大気レーダー(MUレーダー)とライダー観測により、中緯度域巻雲内及びその周辺の風速変動を調べた。本報告では 2004 年 11 月 5-6 日の観測事例を述べる。

2. 観測データ

MUレーダーは中心周波数 46.5 MHz(波長 6.45 m)で運用されており、直径 103 m のほぼ円形に配置された 475 本の三素子八木アンテナで構成されるアクティブフェーズドアレイアンテナを備えている。観測は振幅の小さい鉛直流を精度良く取得するため鉛直方向にのみビームを指向した観測モードと、水平風を観測するために鉛直方向と東西南北の 5 方向にビームを指向した観測モードを切り替えて実施した。水平風と鉛直流の高度プロファイルは約 4 分毎に取得した。鉛直分解能は 150 m である。

レイリー／ラマンライダーの送信波長は 532.11 nm であり、1回あたり 600 mJ、50 回/秒のパルス送信を実施した。後方散乱比の高度プロファイルは直径 80cm の望遠鏡とフォトンカウンティング受信機により得られた弾性チャネル及び回転ラマンチャネル(530.70 nm 及び 529.20 nm)の観測データから求めた。また、直径 20cm の望遠鏡を別途設置することにより、偏光解消度(Linear Depolarization Ratio; LDR)を計測した。偏光解消度は受信機の感度を 3 種類に変更し広いダイナミックレンジで信号を受信できるよう工夫した。後方散乱比の時間及び鉛直分解能は約 1 分及び 72 m、偏光解消度の時間及び鉛直分解能は約 3 分(1 分×3)及び 30 m である。

3. 観測結果

図 1 は 2004 年 11 月 5 日 1800LT から 6 日 0600LT における、MU レーダーで観測された東西風とライダーで観測された LDR の時間高度断面図を示す。LDR で見られる巻雲の雲頂は 18-19LT には 10.2 km 付近であり、時間とともに降下し 03-04LT には 8.5 km 付近であった。雲頂高度の時間変化は東西風が 20 m/s 以上となる下端の高度と対応しており、東西風はその上数 100m 以内に 25m/s 以上となる急激な増加を示す。

図 2 は 5 日 20LT、6 日 00LT、6 日 04LT に放球されたラジオゾンデ観測で得られた温位と東西風の高度プロファイルを示す。5 日 20LT、6 日 00LT、6 日 04LT のそれぞれにおいて、高度 10.0 km 付近、9.0 km 付近、8.0 km 付近に数 100 m 内で 4 K 以上の急激な温位の増大(静的な大気安定度の増大)が見られる。これらの温位の増大が見られる高度は、LDR に見られる巻雲の雲頂高度と良く対応している(図1参照)。また、これらの温位の増大

が見られる高度において、数 100 m の高度範囲で西風が 5 m/s 以上増加することにより西風は 25 m/s 以上となる。これは、MU レーダーに見られる東西風の変動が温度変動と良く対応することを示している。

4. まとめ

本報告では、風速の鉛直プロファイルの高い鉛直・時間分解能で観測可能な VHF 帯大気レーダーとレイリー／ラマンライダーの同時観測により中緯度上部対流圏の巻雲内及びその周辺における風速変動の詳細を示した。ライダーで観測された雲頂高度はラジオゾンデで観測された静的安定度の高い高度とよく一致していた。この静的安定度の高い高度の時間変動は、東西風の時間高度変動と良い関連を持っており、大気波動等に起因する熱力学的過程が数時間スケール以下での巻雲の維持・消失に大きく影響することを示唆している。今後は大規模場における力学場、温度場と、レイリー／ラマンライダーで初めて可能となる雲微物理量(光学的厚さ、消散係数など)と力学場との関連を今後詳細に調べることで、観測結果の解釈を深める予定である。

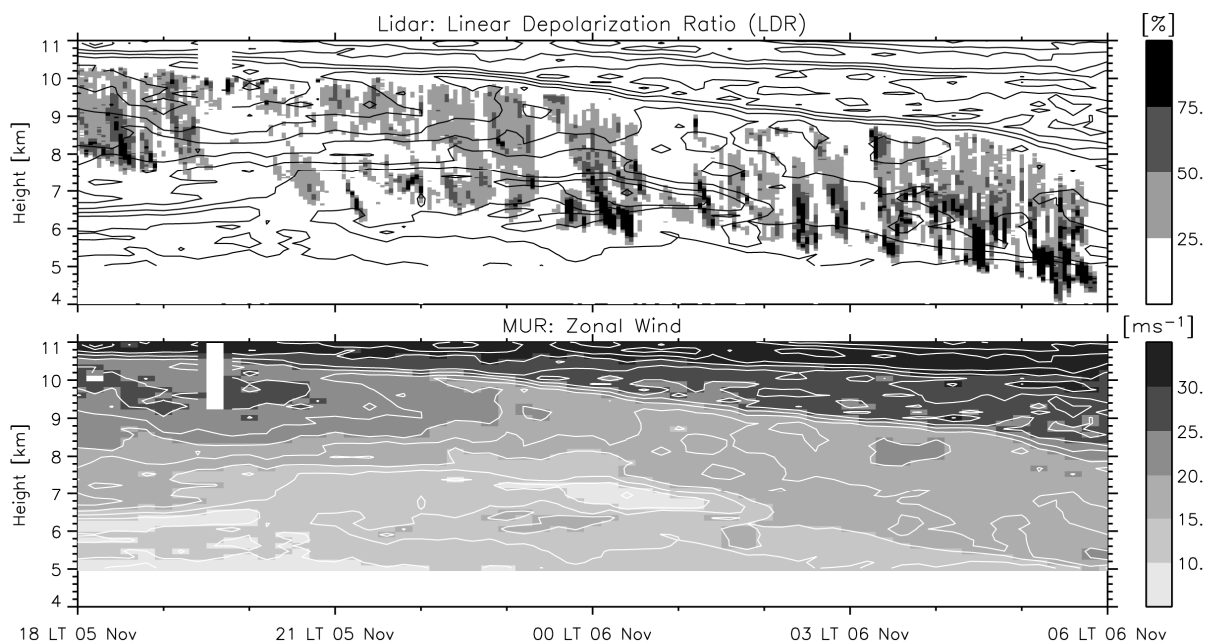


Fig. 1: (Upper panel) Time-altitude plot of linear depolarization ratio (shaded) observed by the lidar from 1800 LT 5 November to 0600 LT 6 November 2004. Solid contours in the upper panel are the same as white solid contours in the lower panel. (Lower panel) Time-altitude plot of zonal wind observed by the MU radar. Positive values show eastward (westerly) wind.

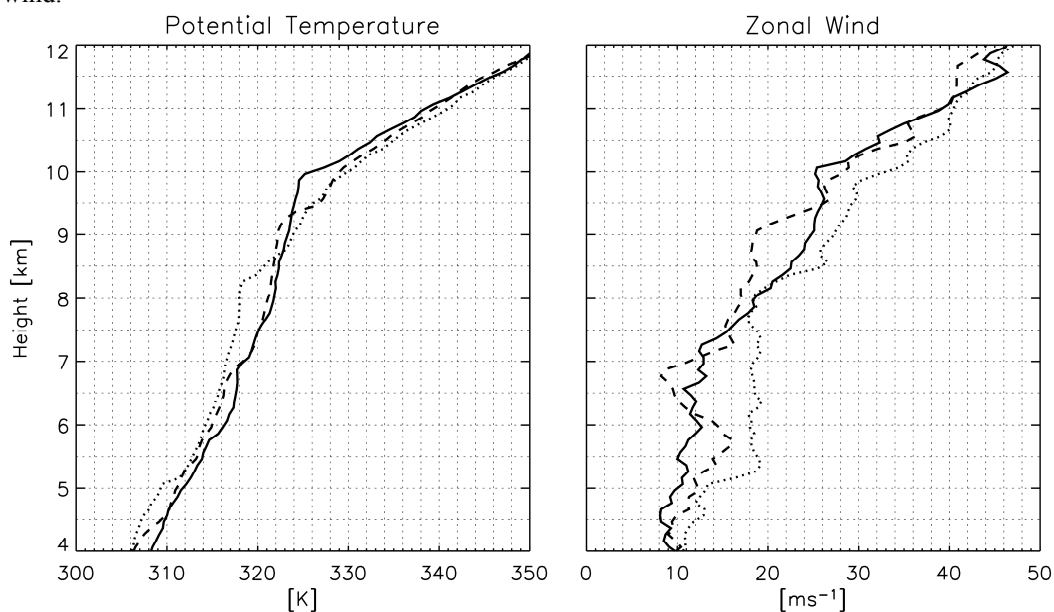


Fig. 2: (Left panel) Vertical profiles of potential temperature measured by radiosonde launched at 20 LT 5 November (solid), 00 LT 6 November (dashed), and 04 LT 6 November 2004 (dotted). (Right panel) Same as the left panel except for zonal wind measured by radiosondes.