

インライン型マイクロパルスライダーを用いた低空氷晶雲計測と解析 Low-altitude ice-crystal cloud measurement and analysis by in-line typed Micro Pulse Lidar

中郷敦、椎名達雄
Atsushi Nakago, and Tatsuo Shiina
千葉大学大学院融合科学研究科

Graduate School of advanced Integration Science, Chiba University

Abstract

Low-altitude ice-crystal is the important meteorological parameter associated with lightning strike and heavy rain. In our previous study, long-term low-altitude ice-crystal cloud measurement was conducted by the in-line typed Micro Pulse Lidar system. In this study, low-altitude lidar signals were corrected by the overlap function. We evaluated the corrected lidar echoes with the depolarization ratio and the particle fall velocity.

1.はじめに

低空の氷晶雲および大気をモニターすることは集中豪雨や落雷といった局所的な気象変化のメカニズムを知る上で非常に興味深い。本研究で開発したライダーは偏光解消成分を計測可能であり、水粒子と氷晶の識別を行うことができる。先行研究において集中豪雨の予測を目的としたインライン型マイクロパルスライダーを製作し低空氷晶雲の計測を行った[1]。本ライダーは送受信光学系が共通であるため最近距離からの計測が可能である。また、受光視野を 0.11mrad と狭くすることで多重散乱の寄与をカットしている。さらに、昼夜の観測が可能となっている。P 偏光のビームを大気中に射出し、後方散乱光を光サーキュレータによって P・S 偏光成分に分離して同時に計測することができるため、氷晶の動きを観測することができる。また、多重散乱を除去した計測により、氷晶による偏光解消の効果を選択的に計測できる。本報告では製作したライダーによる観測で得た低空氷晶雲の計測結果を重ね関数を用いて補正し、氷晶の落下速度・偏光解消度を用いて解析した結果について報告する。

2.ライダーシステム概要

Fig.1 にインライン型マイクロパルスライダーのシステム構成図を示す。レーザには LD 励起 YLF レーザを用い、受光器には APD を使用している。送信光の波長は 1047nm で、出力は 80 μ J である。望遠鏡の視野角は 0.11mrad と狭めている。本ライダーは、インライン型ライダーであり、送受信がひとつの望遠鏡で行われるため常に視野が重なり、狭い視野角で近距離の計測が可能である。また、光サーキュレータを用いることにより送受信を分離し、かつ偏光成分別に計測することができる。これにより多重散乱を除去して偏光消光比>20dB で水粒子と氷晶の識別が可能である。アキシコンプリズム対・アイピース・ピンホールで送信光を直径 30cm の環状光に変換することで、送信効率を向上すると共に目に対する安全性を確保しているため、都市部での計測も可能となっている。さらに、光学系・受光器・レーザヘッドが望遠鏡と一体となっており自由な角度で計測可能である。ライダーを窓から室外に出すことで天頂方向の計測を行っている。現在、APD 周りの冷却性能を向上および断熱処理を行うことでより安定した計測が可能となった。また、ロングパスフィルターと新たな干渉フィルターを組み合わせることで、バンド幅が狭くなり、かつ、透過率が向上した。さらに、フォトンカウンティングが可能なマルチチャンネルスケーラーの導入を行った。なお、本報告で解析しているデータはこれらの変更を行う以前に得たものとなりオシロスコープで計測を行ったものである。

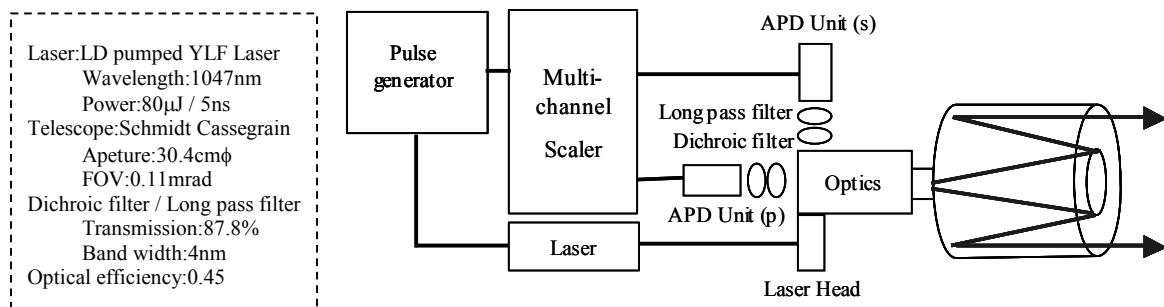


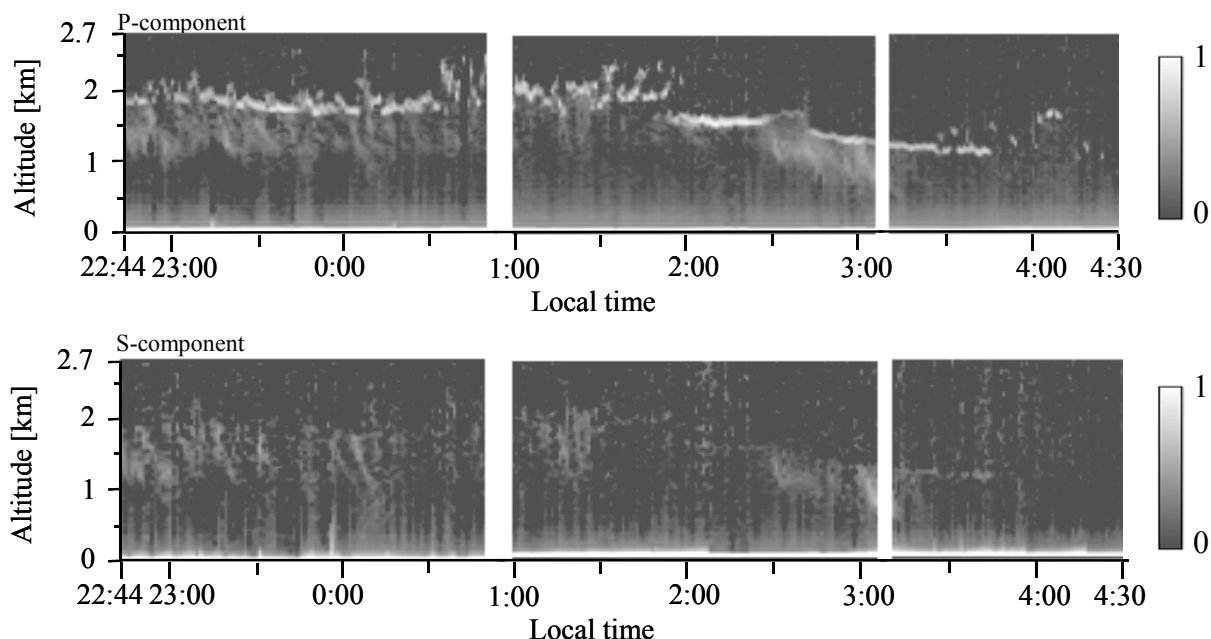
Fig.1 In-line typed MPL system

3.計測結果

Fig.2 はライダー仰角 86°、時間分解能 25 秒、空間分解能 3m で P 偏光 S 偏光成分を長時間同時計測できた例である。本計測では低空の氷晶雲と氷晶雲から落下する氷晶の信号が得られた。今回、距離二乗補正および重ね関数[2]を用いた補正を行っている。これらの補正を行うことで、氷晶雲および落下する氷晶からの信号がよりはっきりと現れ、補正前には見えなかった落下する氷晶の信号も見えるようになった。高度 600m 地点で氷晶からのエコーが得られており、インライン型ライダーを用いることで低空の氷晶が計測可能であることが確認できた。P 偏光において氷晶雲からの信号が得られているが S 偏光では氷晶雲からの信号は得られず落下する氷晶の信号だけが得られている。一般に、氷晶は地上に対して垂直に浮かんでいると言われている。ライダーを垂直方向から 4° 傾けた状態で計測を行ったが、レーザの偏光方向と同じ方向にライダーを傾けたため氷晶の水平面に対して垂直な偏光成分を持ったレーザ光が入射し、偏光解消が起こらなかったと考えられる。そして氷晶が落下することで氷晶の傾きが変わり、落下する氷晶からの偏光解消

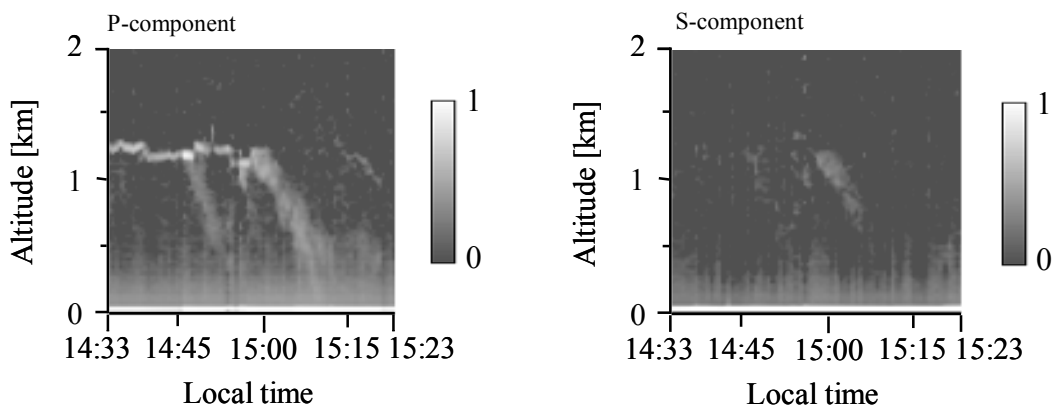
成分が得られた。0:04 から 0:08 における氷晶の落下速度は 6.2~9.1km/h となっている。また、偏光解消度は 0.63~0.87 と大きな値となった。あられの落下速度は一般に 4.3~10.8km/h と報告されている[3]。さらに、雪あられの偏光解消度は 0.7 付近であると報告されており[4]、氷晶雲からあられが落下し地上の気温によって蒸発したと考えられる。

Fig.3 はライダー仰角 48°、時間分解能 20 秒、空間分解能 3m で P 偏光 S 偏光成分を計測できた例である。距離二乗補正および重なり関数を用いた補正を行っている。これらの補正を行うことで、氷晶および雨が落下する信号がよりはっきりと現れた。15:08 に雨が観測され、15:21 から雨が強くなり 15:23 に計測を終了した。この計測においても氷晶雲からの信号は得られていない。この計測ではライダーを垂直方向から 42° 傾けて計測を行ったが、上の計測と同様にレーザの偏光方向と同じ方向にライダーを傾けたため S 偏光には氷晶雲からの信号が得られなかったと考えられる。また、落下する氷晶の偏光解消度はそれぞれ、0.26(14:49)、0.26(15:00)、0.28(15:04)となった。激しく解けた粒子の偏光解消度は 0.1~0.3 と報告されており[4]、氷晶が落下中に解けることで雨粒になり地上で雨が観測されたと考えられる。



January 24, 2009. Temp. 3.7deg Hum. 70% Cloud

Fig. 2 Long-term ice-cloud measurement.



February 09, 2009. Temp.7.3deg Hum. 46% Rainfall

Fig.3 Low-altitude ice-cloud measurement

4.まとめ

インライン型マイクロパルスライダーを用いて低空の氷晶雲および落下する氷晶を計測できた。重なり関数を用いて補正を行うことにより氷晶雲および氷晶が落下する信号の詳細が得られた。また、偏光解消度および落下速度を用いて落下する氷晶の粒子の特定を行った。現在、干渉フィルターを変更し、マルチチャンネルスケーラーを導入することで透過率と感度の向上を図り、PS 偏光同時計測のためのソフトウェアの準備を進めている。

参考文献

- [1]Atsushi Nakago, et al. : CLEO/Pacific Rim 2009, MEI-5 (2009)
- [2]Atsushi Nakago, et al. : ILRC 25th, S01P-34 (2010)
- [3]中谷宇吉郎 『雪』 岩波書店 (岩波文庫) (1994)
- [4]Kenneth Sassen : American Meteorological Society, Des.1999/ Vol.72, No.12 (1999)