

地上多視野角・多重散乱偏光ライダーによる雲物理特性解析

石橋 勇人¹, 岡本 創¹, 佐藤 可織¹, 及川 栄治¹, 藤川 雅大¹,
石井 昌憲², 西澤 智明³, 神 慶孝³

¹九州大学応用力学研究所 (〒816-8580 福岡県春日市春日公園 6-1)

²情報通信研究機構 (〒184-8795 東京都小金井市貫井北町 4-2-1)

³国立環境研究所 (〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2)

Analysis of cloud physical properties by using the 355-nm multiple-field-of-View multiple-scattering polarization lidar

Hayato ISHIBASHI¹, Hajime OKAMOTO¹, Kori SATO¹, Eiji OIKAWA¹, Masahiro FUJIKAWA¹,
Shoken ISHII², Tomoaki NISHIZAWA³, and Yoshitaka JIN³

¹Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, 6-1 Kasuga Park, Kasuga, Fukuoka 816-8580

²National Institute of Information and Communications Technology, 4-2-1 Nukui-kitamashi, Koganei, Tokyo 184-8795

³National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8506

Abstract: We analyzed macroscale and microphysical properties of clouds by the 355-nm multiple-field-of-view multiple-scattering polarization lidar (MFMSPL-2). The MFMSPL-2 is designed to measure enhanced backscattering and depolarization ratio of clouds comparable to space-borne lidar. It has five sets of parallel and perpendicular channels mounted with different zenith angles. Depolarization detected by off-beam channels of optically thick ice clouds was larger than vertically pointing channel. Those increases are attributed to the multiple scattering. Atmospheric Dynamics Mission Aeolus (ADM-Aeolus) consists of the 355-nm high spectral resolution direct detection Doppler lidar, which is the first wind lidar in space. Aeolus was launched in 22 August 2018 by European Space Agency. Aeolus measures line-of-sight velocity with backscattering and extinction of particles. We examined clouds during the overpasses of Aeolus. Cloud boundaries are in agreement between Aeolus and the MFMSPL-2. We also report the analysis of horizontal wind velocity by Aeolus and cloud properties.

Key Words: Multiple scattering, clouds, depolarization, Doppler

1. はじめに

衛星ライダーによる雲観測においては、その地上におけるフットプリントの大きさから、多重散乱の効果が卓越する。例えば CALIPSO 衛星に搭載されたライダーによって取得された水雲の偏光解消度は、30%を大きく超える場合があることが観測から明らかになっている¹⁾。これは、光学的に厚い雲の内部でライダーの信号が多重散乱の影響を強く受けるため、衛星ライダー特有の現象であると考えられる。このため衛星ライダーでは、偏光解消度だけで雲粒子の相識別を行う事は困難で、そのため減衰の情報を組み合わせる必要があった。

CALIPSO 衛星搭載ライダーの信号を地上で再現するため、波長 532nm の多視野角・多重散乱偏光ライダー(MFMSPL)の開発を行った²⁾。水雲を MFMSPL の受信部を鉛直上向きの場合と傾斜した場合で比較した所、傾斜したチャンネルの場合

方がより雲頂高度が高くなり、雲レーダとよく一致していた。斜めのチャンネルによって得られた同じ雲の偏光解消度は、CALIPSO と同等の大きな値を検出できる事を初めて示す事に成功した。

本研究ではこの MFMSPL を改良し、日欧共同衛星 EarthCARE に搭載予定の Atmospheric lidar (ATLID)や 2018 年 8 月 22 日に ESA によって打ち上げられた Aeolus 衛星搭載のドップラーライダーと同じ波長 355nm で 10 チャンネルの MFMSPL-2 を開発し、東京小金井にて連続観測を実施している。

この MFMSPL-2 と、多重散乱型の高スペクトル分解ライダー、直接検波型ドップラーライダー、コヒーレントドップラーライダー、雲レーダで構成された次世代型複合観測システムを構築しつつある。このシステムを利用して ATLID や Aeolus 衛星のアルゴリズムやプロダクトを検証する事ができる。

2. MFMSPL-2

MFMSPL-2 では、1つの受光部の視野角は10mradで、それを10mradずつ鉛直方向から傾け合計5つの異なる角度で減衰の影響を受けた後方散乱係数と偏光解消度が得られる。

3. 解析結果

2018年10月30日にMFMSPL-2の鉛直上向きのチャンネル(Ch1)によって観測された雲の減衰の影響を受けた後方散乱係数と、同じ雲の10mradだけ傾けたCh3による観測結果をそれぞれ図1(a)と(b)に示す。氷雲の場合、光学的に厚い領域のみでCH.3で信号が取得されている事が分かる。

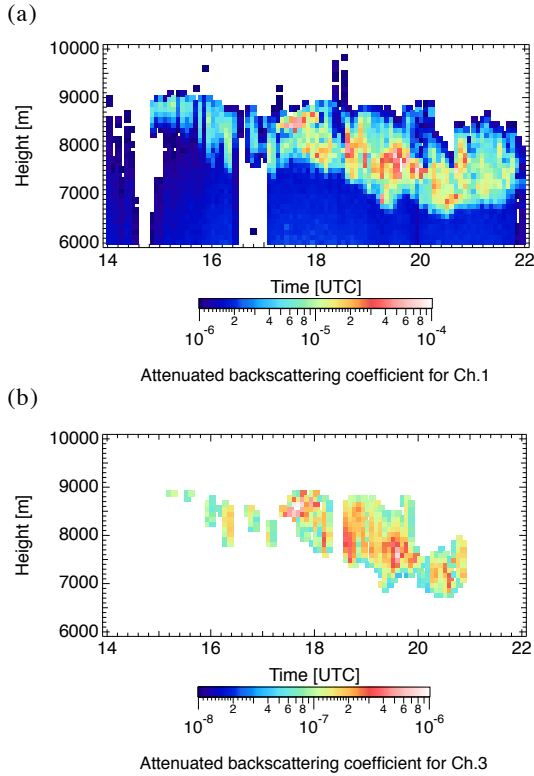


Fig.1 Attenuated backscattering coefficient detected by the 355-nm Multi-le-field-of-view Multi-le-Scattering Polarization Lidar (MFMSPL-2) (a) Channel 1 corresponds to a vertical pointing channel with a 10 mrad field of view. (b) channel 3.

次に真上向きと10mrad傾斜したチャンネルの組で観測から得られた偏光解消度を図2に示す。真上のチャンネルでは10%から40%程度まで変動していたが、10mrad傾斜したチャンネルでは40%から80%程度と大きくなっていった。これは氷雲でも光学的に厚い雲の場合は多重散乱の影響によって偏光解消度が増加する事を示している。

後方散乱係数と偏光解消度は雲の微物理特性

の詳細を反映していると考えられる。近年開発したモンテカルロ法より数桁高速にライダー後方散乱を計算可能な手法Physical Model(PM)と偏光解消度を計算可能なVectorized Physical Model(VPM)を適用する事でこのような解析が進展すると思われる。

2018年10月に小金井上空のAeolusとMFMSPL-2で同時に観測された事例では、同様の高度に氷雲が検出されていた。

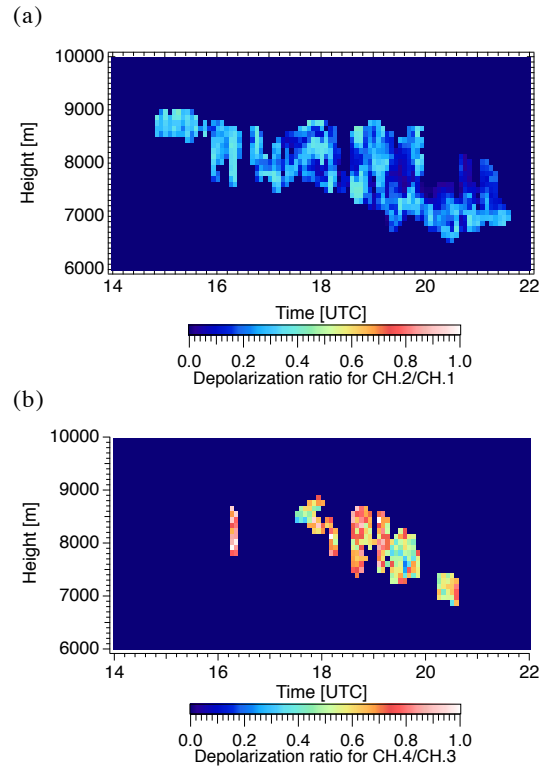


Fig.2 Same as Fig.1 but for depolarization ratio. (a) for on-beam channel, (b) for 10mrad channel.

謝辞

本研究課題は、科研費JP17H06139, JP18K03745の支援を受けました。また、Aeolus衛星のデータは、ESAに提供して頂きました。

参考文献

- 1) Yoshida, R., H. Okamoto, Y. Hagihara and H. Ishimoto, J. Geophys. Res., 115, D00H32 (2010)
- 2) Okamoto, H., K. Sato, T. Nishizawa, N. Sugimoto, T. Makino, Y. Jin, A. Shimizu, T. Takano and M. Fujikawa, Opt. Express 24(26), 30053-30067 (2016)
- 3) Sato, K., H. Okamoto and H. Ishimoto Opt. Express 26(6), A301-A319 (2018)
- 4) Sato, K., H. Okamoto and H. Ishimoto Opt. Express 27(4), A117-A132 (2019)