

多視野角・多重散乱偏光ライダによる雲・降水・エアロゾル識別手法

藤川 雅大¹, 岡本 創², 佐藤 可織², 片桐 秀一郎², 西澤 智明³,
杉本 伸夫³, 神 慶孝³, 工藤 玲⁴, 鷹野 敏明⁵

¹九州大学大学院総合理工学府 (〒816-8580 福岡県春日市春日公園 6-1)

²九州大学応用力学研究所 (〒816-8580 福岡県春日市春日公園 6-1)

³国立環境研究所 (〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2)

⁴気象庁気象研究所 (〒305-0052 茨城県つくば市長嶺 1-1)

⁵千葉大学大学院工学研究院 (〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-13)

Particle discrimination method by Multi Field of view Multiple Scattering Polarization Lidar

Masahiro FUJIKAWA¹, Hajime OKAMOTO², Kaori SATO², Shuichiro KATAGIRI², Tomoaki NISHIZAWA³,
Nobuo SUGIMOTO³, Yoshitaka JIN³, Rei KUDO⁴, and Toshiaki TAKANO⁵

¹Interdisciplinary Graduate School of Engineering, Kyushu University, 6-1 Kasuga Park, Kasuga, Fukuoka 816-8580

²Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, 6-1 Kasuga Park, Kasuga, Fukuoka 816-8580

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

⁴Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki 305-0052

⁵Graduate School of Engineering, Chiba University, 1-13 Yayoicho, Inage, Chiba, Chiba 263-8522

Abstract: We have developed a particle type discrimination method using Multi Field of view Multiple scattering Polarization Lidar (MFMSPL) system. The MFMSPL has 4-parallel and 4-perpendicular channels. Based on the different characteristics in multiple scattering characteristics among channels, a multi channel discrimination scheme was developed. It can distinguish clouds, rain, and aerosols. For the evaluation of the scheme, rain data from 95GHz cloud radar, rain gauge and rain sensor were used. The results of the discrimination between rain and aerosol by the MFMSPL agreed with the cloud radar and rain sensors.

Key Words: Cloud, Rain, Aerosol, Multiple Scattering

1. はじめに

雲-エアロゾル相互作用は、雲や降水の形成にも大きな役割を果たしていると考えられるが、その詳細な機構についてはいまだ理解が不十分である。この事も関係し、雲は気候変動評価における最大の不確定性要因であるとされる。この解明のためには観測によって雲、降水やエアロゾルの特性をより正確に把握することが求められる。通常の地上設置ライダでは下層雲のように光学的に厚い雲の場合、雲底付近しか情報を得る事ができなかった。また、エアロゾルと降水の信号強度はしばしば同程度であるため、両者をライダのみから識別することが難しかった。

本研究に用いられる多視野角・多重散乱偏光ライダ(MFMSPL)は、波長 $0.532\mu\text{m}$ で射出されるレーザー光の電場の平行成分(Ch.1, 3, 5, 7)及び垂直成分(Ch.2, 4, 6, 8)の観測を別々に行うため、 10mrad の視野角を持つ鏡筒 2 本を 1 セットとし、計 4 セットすなわち全 8 チャンネルでの独立した観測を行っている。1 セットごとに天頂方向から 10mrad ずつ傾けて固定され、天頂方向のチャンネル(Ch.1, 2)単散乱を含むライダ光を(on-beam チャンネルと呼ぶ)、傾いたチャンネル(Ch.3~)からは 2 回散乱以上の散乱光を受信する(off-beam チャンネルと呼ぶ)¹⁾。これらの 8 つのチャンネルの情報を利用して、雲、降水、エアロゾルを識別できるアルゴリズムの開発と検証を行った。

2. 解析手法

2.1 雲底高度の検出

雲底の検出には、観測船「みらい」による先行研究²⁾により算出された後方散乱係数 β の閾値を用いた。通常の地上ライダと同等の観測を行う Ch.1, 2 において地表高度から上方向に対して最初に閾値を超える高度を雲底高度とした。ただし、下層大気においてこの閾値のみではエアロゾルより大きい β を示す雨と雲の識別が不十分な場合があるので、検出された雲底高度が 500m 以下の場合、地表面から i 番目の高度の減衰後方散乱係数 β_i の微係数 $\beta_{i+1}/\beta_i > 2.0$ を満たす高度を雲底として更新した。

2.2 雲域の決定

ライダ光が減衰した領域における多重散乱の影響を受けた薄い信号までを雲として捉えるために、基本的には 2.1 節で求めた雲底高度より上の高度の有意な信号を全て雲として扱う。ただし、各チャンネルにおいて微係数 β_{i+1}/β_i が 2.0 を超える高度ビンがさらに存在する場合、2 層目の雲を検出していると見なした。この時、1 層目の雲が 2 層目の雲の雲底高度までに存在するエアロゾルよりも光学的に薄いと仮定することで β の減衰が小さくなる位置、すなわち微係数 β_{i+1}/β_i が 0.9 より下回ったビンまでの高さを 1 層目の雲頂とみなした。

2.3 降水とエアロゾルの区別

雲底下における雨とエアロゾルの区別のためには、同時観測を行っている 95GHz 雲レーダと降雨データ(雨量計・感雨計)との比較を行うことで雨滴の影響を受けたライダ信号の特性を求めた。さらにこれとは別の期間で三者の一致率を検証した。今回は off-beam 観測においてそれぞれある閾値を超える信号が雲から連続していれば雨とし、エアロゾルと区別することとした。

3. 解析結果

2015年3月6日における MFMSPL の Ch.3 の雲域における減衰後方散乱の時間高度断面図を Fig.1a に示す。今回開発した雲マスクを適用することで観測された幾何学的厚さが 2000m 程度の大きさの雲に対して、雲域を判定できていたことがわかる(Fig.1b)。

同日における MFMSPL の全チャンネルによって取得・判定された雲・降水・エアロゾル識別結果を Fig.2 に示す。Fig.3 に示された雲レーダによる観測結果と雲・降水域が良い一致を示していた。また MFMSPL によって検出された降水域も降雨データ(Fig.4)と合わせて良い整合性を示していた。

4. まとめと展望

MFMSPL の 8 つのチャンネルを用いて雲・降水・エアロゾルの識別手法を開発した。その結果は 95GHz 雲レーダや雨量計・感雨計と良い一致を示した。

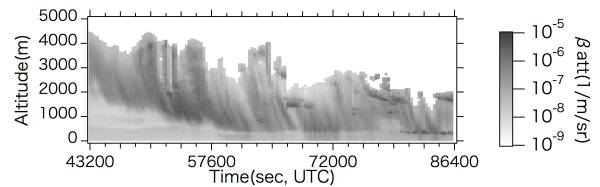
今回開発した粒子タイプ識別手法を用いて雲に近接したエアロゾル信号を特定し、消散係数を取得できる高スペクトル分解ライダとの同時解析を行うことで、雲-エアロゾル相互作用の研究を実施する予定である。

謝 辞

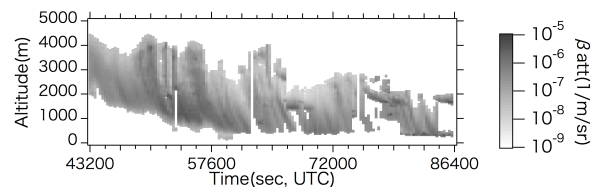
本研究は科学研究費補助金 基盤研究(S) : JP17H06139 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) Okamoto, H., K. Sato, T. Nishizawa, N. Sugimoto, T. Makino, Y. Jin, and A. Shimizu, T. Takano, M. Fujikawa (2016), Development of a multiple-field-of-view multiple-scattering polarization lidar: comparison with cloud radar, *Opt. Express*, 24(26), 30053-30067.
- 2) Okamoto, H., T. Nishizawa, T. Takemura, H. Kumagai, H. Kuroiwa, N. Sugimoto, I. Matsui, A. Shimizu, S. Emori, A. Kamei, and T. Nakajima (2007), Vertical cloud structure observed from ship-borne radar and lidar: Midlatitude case study during the MR01/K02 cruise of the research vessel Mirai, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 112, D08216, doi:10.1029/2006JD007628.



a.



b.

Fig.1 a) Time-height plot of the attenuated backscatter coefficient for Ch.3 of MFMSPL on March 6, 2015. b) Cloud mask results.

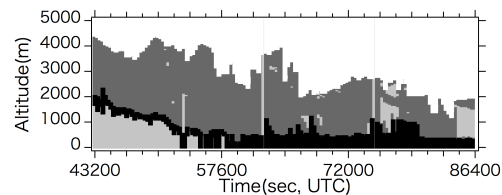


Fig.2 Discrimination results of cloud, rain, aerosols by all channels of MFMSPL during the same period as Fig.1.

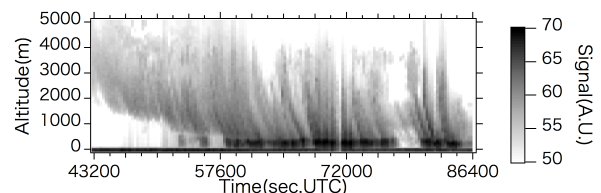


Fig.3 Time-height plot of the received signal values observed by 95 GHz cloud radar during the same period as in the Fig.1.

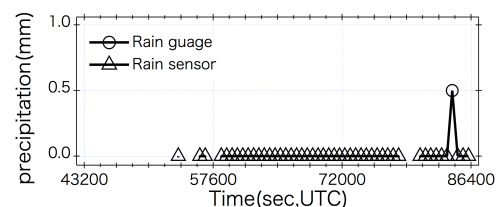


Fig.4 Precipitation rate observed by rain gauge(O) and the time when rain sensor reacted(Δ) during the same period as Fig.1.