

雷検知を目的とした高精度偏光計測用 インライン型ライダーシステムの開発 —基礎計測— In-line typed high-precision polarization lidar for lightning detection —Fundamental Measurement—

椎名達雄¹、宮本正和¹、本田捷夫¹、馬木大²、伊達聡²、野口和夫²、福地哲生³
Tatsuo Shiina¹, Masakazu Miyamoto¹, Toshio Honda¹, Dai Umaki², Satoshi Date², Kazuo Noguchi²,
And Tetsuo Fukuchi³

1.千葉大学大学院融合科学研究科, 2.千葉工業大学工学部 3.電力中央研究所,
1.Chiba University, 2.Chiba Institute of Technology, 3.Central Research Institute of Electrical Power Industry

Abstract

A high-precision polarization lidar for lightning detection is developed. The lidar system has in-line optics and polarization-independent optical circulator, whose polarization extinction ratio is >30dB. It can detect lidar echoes from the nearest distance of >30m thanks to the in-line optics. In this report, the fundamental characteristics of the measurement was examined in terms of observation range.

1. はじめに

本研究では放電に伴う電磁界分布の変化が伝搬光偏光角に変化を与えるファラデー効果に着目し、雲中放電のライダー計測を目標として、電離した大気中に雷放電の電磁界変化によって生じる微弱な伝搬光偏光面の回転角を測定する高精度偏光測定用ライダーの開発を始めた。可視光に対する雷放電の電磁作用に関して、雲対地帰還放電モデルによる数値解析ならびに高電圧放電実験によって検証を行ってきた[1]-[3]。その結果を踏まえ、微弱な伝搬光偏光面回転角の測定のため偏光無依存型光サーキュレータ光学系を開発し、かつ最近距離から遠方までの計測を可能とするインライン光学系を導入したライダーシステムを開発し、そのコンセプトと装置の設計について報告した[4]。本報告では開発したライダーシステムの諸特性をまとめるとともにそのライダー計測波形の特性について報告する。

2. ライダーシステム概要

図1に高精度偏光計測用ライダーシステムの送信光学系概観を示す。偏光面回転角 1° を十分な精度で計測するために挿入損失 1dB、偏光消光比 30dB 以上をもつ高出力レーザ用高精度偏光無依存型光サーキュレータを開発した(図1)。直交偏光成分 (p, s) に調整されたレーザ光(出力 200mJ [max] @532nm) がサーキュレータ内の各光路でそれぞれ p, s 相互に変換され、レーザの初期偏光 (p) に対して 45° の偏光角で出射される。ライダーエコー光はサーキュレータ内を通る際、ファラデー回転素子(FR)の非可逆性により、レーザヘッドへは戻らずに p, s 偏光成分毎に受光ポートで計測される。 p, s 偏光成分はバランスをとって出射され、

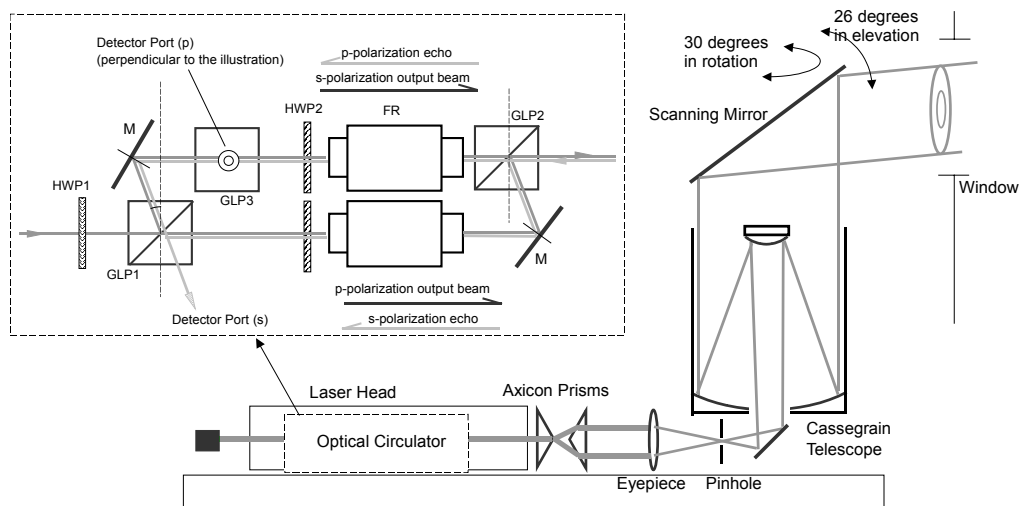


Fig.1 Schematic diagram of in-line typed high-precision polarization lidar system.

偏光面に回転がなければ p, s 成分は等しい光量で受光される。放電に伴うファラデー効果によって偏光面が僅かに回転した際、ライダーエコーの p, s 成分のバランスが崩れる。その信号を基に、偏光面回転角を算出する。

インライン型ライダーの送受信効率を向上するためにアキシコンプリズム対による環状光の導入を行っている。システムには観測方向を任意に設定するためのスキャニングミラーを搭載している。インライン型の構成をとることで送受信視野角 0.177mrad 以下でブラインドエリアのない理想的なライダーエコー受信特性を得る。最近距離から 20 km までを観測範囲としている。

3. 基礎計測

近距離および遠距離のライダーエコー受光特性を Fig.2 に示す。インライン型光学系により最近距離からの計測としてレーザー発射から $0.2\ \mu\text{ s}$ 、距離にして 30m 先からのライダーエコーが計測できている。Fig.2(a)で 100m 付近に現れた波形は近距離ハードターゲット(樹木)からのライダーエコーである。 100m 以遠では p, s 偏光成分のバランスが崩れているが、これはハードターゲットの散乱特性に起因すると考えられる。受光器のゲート機能により、任意の遅延時間で光学系内の迷光を除去したライダーエコー計測が可能である。Fig.2(b)に遠距離のライダーエコー特性を示す。 p, s 偏光成分は遠距離にいたるまでバランスをとって計測できている様子が見える。大気や雲の偏光解消効果を精度よく計測するためにはレーザー光射出時の p, s 偏光成分のバランスをとることが不可欠であり、本システム光学系ではその安定した計測が可能である。数百mの近距離から数十kmの遠距離までを観測する場合、受光器のダイナミックレンジが課題となる。今後実計測を通してレンジの選択方法の最適化、ならびに計測波形解析を行う必要がある。

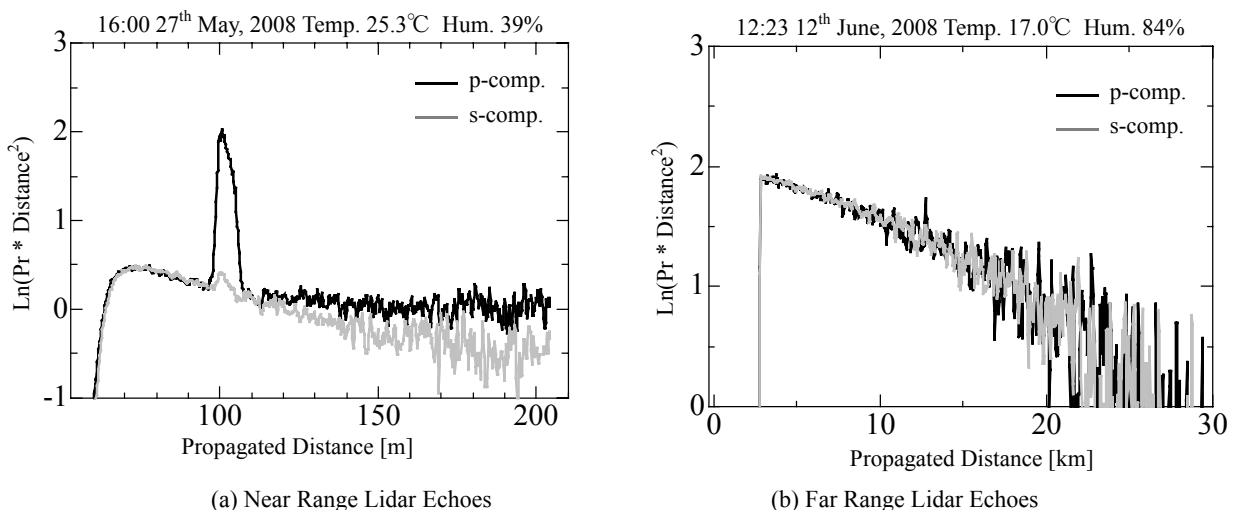


Fig.2 Fundamental measurement using high-precision polarization lidar.

4. まとめ

大気中における雷放電に伴う電磁界変化によって生じる伝搬光偏光面の回転角を測定する高精度偏光測定用ライダーを開発し、その基礎計測特性について報告した。インライン光学系を採用したことで近距離からのライダーエコーが計測可能であり、設計を満足する結果を得た。現状では光学系内の迷光が計測時に残るといった課題があるため、受光器の配置を含む光学素子の光軸調整の最適化を図り、背景光を含むノイズ除去を行う必要がある。今後、大気や雲の偏光解消効果の評価を進めていく予定である。

参考文献

- 1) Tatsuo Shiina, Toshio Honda, Tetsuo Fukuchi, "Precise measurement of polarization plane rotation of propagating beam due to atmospheric discharge", Advanced in Geosciences,(Accepted)
- 2) 椎名 達雄、本田 捷夫、福地 哲生、"電離大気高圧放電下における伝搬光偏光回転角の測定"、電気学会論文誌 A 128 巻 7 号 pp.478-482, 2008
- 3) 椎名 達雄、本田 捷夫、福地 哲生、"電離大気高圧放電下における伝搬光偏光回転角の評価"、電気学会論文誌 A 127 巻 4 号 pp.187-192, 2007
- 4) 椎名 達雄、宮本 正和、本田 捷夫、福地 哲生、野口 和夫、"雷検知を目的としたインライン型ライダーシステムの開発 -計測原理とシステム設計-"、第 25 回レーザーセンシングシンポジウム予稿集、pp.137-140, 2007