

ポリゴンミラーを利用した 積乱雲発達検知のための高速スキャンングライダーの開発

Development of high-speed scanning lidar for measurement of cumulonimbus using the polygon mirror

関口将基、柴田泰邦

Masaki Sekiguchi and Yasukuni Shibata

首都大学東京

Tokyo Metropolitan University,

Abstract: The cumulonimbus clouds send down heavy precipitation after a few tens of minutes from occurring. The usual weather radar detect precipitation by observing the scattering of electromagnetic waves from raindrops. Thus, it is difficult to predict the heavy rain before precipitation. We propose a scanning lidar system for observation of cumulonimbus occurring. And, we developed the high-speed scanning laser beam using the polygon mirror. This system will realize the forecast of the heavy rain in the local area.

1. はじめに

近年、主に夏場に発生する積乱雲によってもたらされる突発的な局所豪雨の被害が叫ばれている。局所豪雨は積乱雲の発生から降雨までの時間が数十分程度と短く、降水の事前予測が困難とされてきた。このため急な豪雨による生活への影響や地下鉄への影響など都市機能への影響が問題となっている。

一般的な気象レーダーは波長 3~10 cm のマイクロ波を放射し、降水粒子からのレイリー散乱を観測することで雨量データを取得する。また NICT,大阪大学,東芝で共同研究されているフェーズドアレイ気象レーダー電波を電子走査することで高速 3次元スキャンが可能になると注目されている。しかしマイクロ波を利用したレーダーには雨粒が一定以上の大きさになるまで観測が困難であるという問題が存在する。一方、ライダーは一般的に波長 1 μm 前後のレーザー光を用いるため、直径 3~10 μm 程度の雲粒の観測も可能である。そこで、雨が降る前の積乱雲の発生と発達をライダーによって検知・計測するシステムを提案する。また積乱雲の観測にあたって、その成長速度から短時間で 3次元観測を行う必要が生じる。そこでポリゴンミラーをレーザー光送受信部に用いる高速スキャンシステムを採用する。

本講演では、ポリゴンミラーを用いたレーザー光送受信システムの開発状況について報告する。

2. ポリゴンミラーを用いた送受信部の開発

雲検知用のライダーシステムを設計するため、汎用品のポリゴンミラーを用いてレーザー送受信システムの試作機を開発し、その有効性について評価した。使用したポリゴンミラーは直径 50 mm、ミラーの高さ 8 mm の正六角形である。(Fig.1) またこのポリゴンミラーの回転数は $7,660 \pm 100$ r/m であり回転数に揺らぎが存在する。

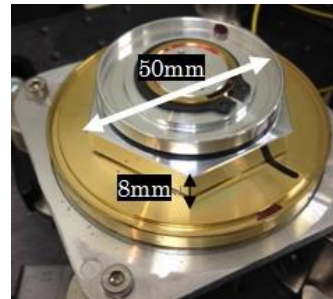


Fig.1 The polygon mirror of this scanning lidar.

2.1 レーザ送信システムの製作

回転数の揺らぎは方位角、仰角の揺らぎに直結する。±100 r/m の揺らぎがもたらす方位角、仰角の揺らぎは±4.7° と無視できない。そこでこの揺らぎの影響を抑制するパルス光送信システムを開発する。

アイセーフを考慮した波長 1.5 μm の DFB レーザから発振した連続光を光ファイバカップラーで 50 %ずつに分割し、片方をコリメートレンズで並行光にしたのち、ポリゴンミラーに入射する。反射光を PD1 で検出することで回転数に

応じたパルス信号を同期信号として得る。この同期信号を AOM (Acoust Optic Modulator) に入力し、50%分割したもう一方の連続光をパルス光に変換する。これにより、回転数に同期した光パルスを発振することができる。また、送信パルス光のミラー反射角が常に一定となり、PD2 では PD1 と同じ周期のパルス信号を検出することが可能となる。このレーザ送信系のブロック図を Fig.2 に示す。

PD1 で計測した同期信号と PD2 で計測した送信レーザパルスの関係を Fig.3 に示す。同期信号の各パルスは 100 r/m 程度の揺らぎが存在するが、PD2 のパルス波はこの同期信号と一致している。これは、常に PD2 に向けてパルス光が出力されていることを示す。よって、回転数の揺らぎによるレーザ出射方向の揺らぎが抑制できた。

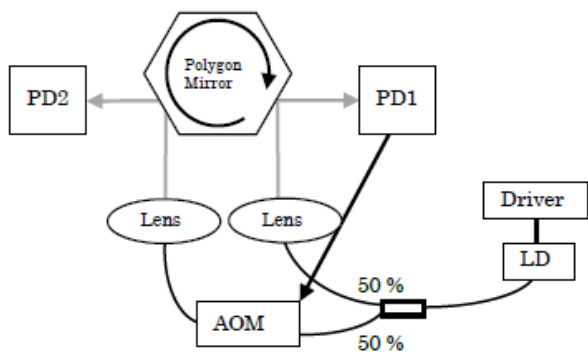


Fig.2 Block diagram of the pulse synchronization system to suppress the influence of the rotational speed fluctuation.

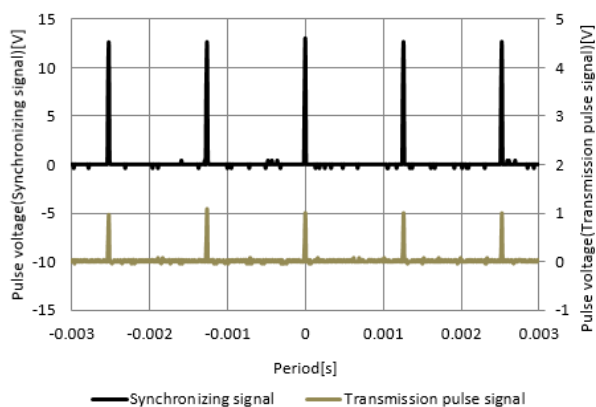


Fig.3 Comparison of the synchronization signal and the transmission pulse signal.

3. 送信パルス光のスキャンと高速化

上記のシステムではポリゴンミラーの一面に対して 1 発のパルス光を送信しているだけで、スキャンは行っていない。1 面 1 発ごとのパルス光の発振タイミングをずらしてスキャンするのではなく、一面辺りに複数のパルス光を送信することで、高速スキャンを実現する。

回転するポリゴンミラーの鏡面一面に対して時間を等間隔に空けた光を 10 回送信することで高速 10 line スキャンを実現する。PD1 で得た同期信号をトリガに、パルス幅 40ns (距離分解能 6 m) の TTL 信号をパルス間隔 100 μ s で 10 ショット生成する回路を作成した。パルス間隔 100 μ s における角度分解能は 4.7 度となる。このパルス信号を AOM に入射することにより、約 50 度の範囲を 4.7° 刻みでスキャン可能となる。Fig.4 に同期信号と AOM に入射する 10 ショットのパルス信号の比較を示す。

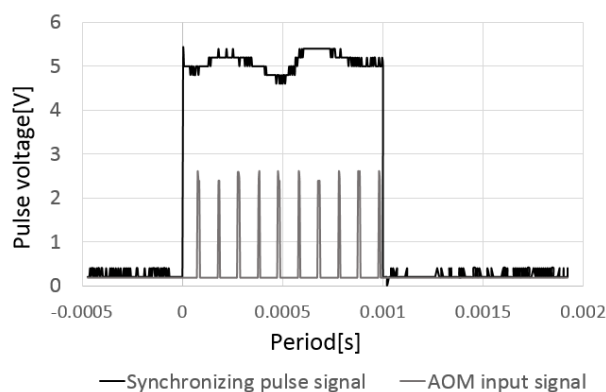


Fig.4 The sync pulse signal and the AOM input signal. 10 shots of the laser beam are incident on the polygon mirror 1 side.

4. まとめ

本研究では局所豪雨をもたらす積乱雲の発生・成長を計測するためのライダーシステムの開発を目的としている。

ポリゴンミラーを利用する送信スキャンシステムの試作機において、ポリゴンミラー自体が持つ回転数の揺らぎの影響を抑制したシステムを開発した。また 4.7° 刻みで高速 10 line スキャンを実現するパルス信号を生成した。今後はこのシステムを利用し、加湿器を使い水蒸気を雲に見立てることで実際の積乱雲観測を想定した小型実験に着手する。

参考文献

[1] Raymond M. Measures, Laser Remote Sensing: Fundamentals and Applications, 205-278, 1984.
 [2] 阿保真, 長澤親生, 柴田泰邦, 日本気象学会大会講演予稿集, 89号, 390, 2006.
 [3] 松本雅男, 竹内延夫, レーザー研究, 19号, 634-640, 1991.
 [4] 佐藤晋介, 水谷文彦, 牛尾知雄, 井口俊夫, 日本気象学会大会講演予稿集, 102号, 182, 2013