

Abstract : We have developed the CCD camera based on bistatic imaging lidar for observation of lower atmospheres. For daytime measurements, a gated image intensifier was used as a shutter synchronized with a laser pulse. The observations of the atmospheric boundary layer were carried out through 24 hours and the variations of the vertical profiles of fogs and aerosols were obtained. We report the results of observation and discuss the scattering angle dependence of received signals on the basis of a phase function calculated from aerosol model.

1. はじめに

近年、大気環境への感心が高まる中、各地でライダーによる大気観測が行われている。これらの観測には一般にモノスタティックライダーが用いられているが、モノスタティックライダーは送信ビームと受信視野の重ならない近距離の観測が困難である。そこで我々は、特にモノスタティックライダーで観測困難な地表付近のエアロゾル、霧、低層の雲などを観測するために、可搬型で昼夜観測可能なバイスタティックイメージングライダー（以下BIライダーと略す）を開発した¹⁾。本報告ではBIライダーを用いた昼夜連続観測の結果と、ミー散乱の散乱角依存性による信号誤差のシミュレーションについて述べる。

2. 観測システム

BIライダーの構成をFig. 1に、仕様をTable 1に示す。BIライダーは、大気中に送信したレーザ光の散乱飛跡をCCDカメラで撮影し、画像処理によって大気の散乱プロファイルを得るライダーであり、非常に低い高度から観測可能である。また、ゲート付きイメージンシファイア（I. I.）を背景光除去のためにレーザパルスと同期して動作する高速シャッタとして用い、昼間観測が可能である。観測はほぼ自動で行われ、結果はリアルタイムで処理・表示される。今回の観測はベースライン10m、CCDカメラの仰角83deg、CCDの積算時間は30s、ゲート時間30 μ s、時間分解能は1minで行った。

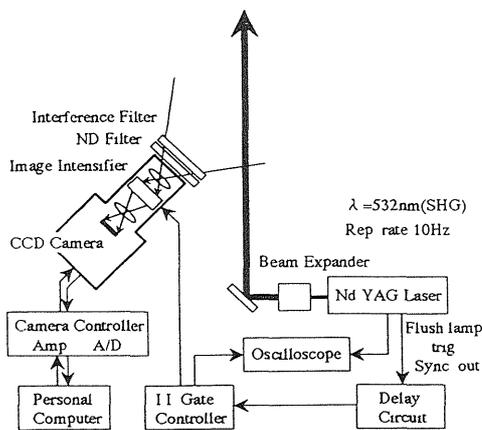


Fig. 1 Block diagram of bistatic imaging lidar

Table 1 Specifications of the bistatic imaging lidar.

Laser	Nd:YAG Surelite-10, Continuum
Wavelength	532nm
Pulse energy	20mJ/pulse, 10pps
CCD	C3140, Hamamatsu
Quantum efficiency	33% at 532nm
CCD size	6.6mm(H)×8.8mm(V)
Aperture efficiency	24%
Gated I.I.	C4723, Hamamatsu
Sensitivity	40mA/W at 532nm
Diameter	17.5mm
Camera lens	Nikkor 28mm F2.8, Nikon
Diameter	14mm
F.O.V.(vertical)	18.0deg.

3. フィールド観測及び観測結果

BIライダーによる昼夜連続観測は、1997年2月26日から3月1日までの4日間、長野市の千曲川河川敷にある千曲川リバーフロントスポーツガーデンで行われた。2月27日正午から28日正午までの観測結果をFig. 2に示す。観測中の天候は両日ともに日中は晴天に恵まれたが、27日夕方頃から上空に薄い霧が発生した。27日17:00頃から28日03:00頃にかけてこの霧による信号が捕らえられている。霧は断続的に現れ、最も高いときには高度300m付近にまで達した。また、28日07:00頃からは、大気混合層が発達

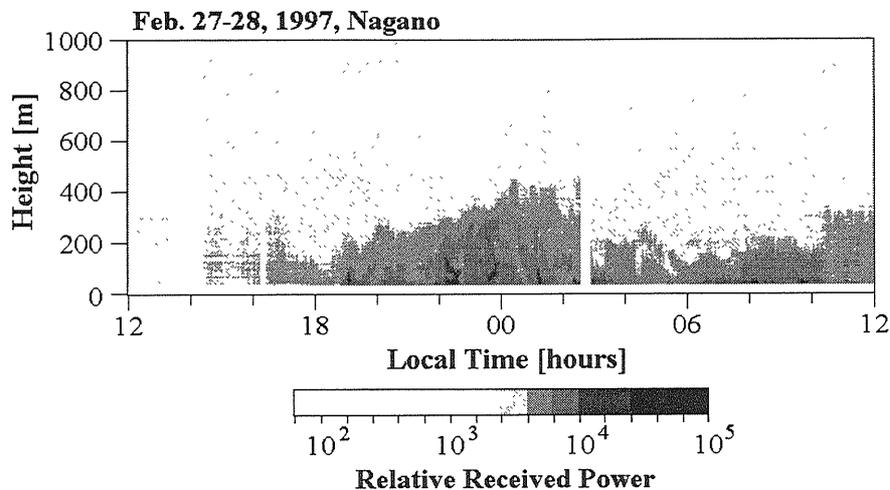


Fig. 2 Gray-scale time-height variation of laser return signal intensity obtained at Nagano from noon Feb. 27 to noon Feb. 28, 1997.

する様子も観測された。

4. ミー散乱の散乱角依存性の検討

本システムによる観測では観測する高度によって受光する散乱光の散乱角が変化するため、散乱角依存性が受信信号に与える影響を考慮する必要がある。そこで、エアロゾルモデルから位相関数を計算し、散乱角依存性による信号誤差を検討した。計算に用いたモデルは、粒径分布 $n(r)$ が次式²⁾

$$n(r) = \begin{cases} 0 & r \leq 0.03\mu\text{m} \\ 10^{-3} m^{-3} \mu\text{m}^{-3} & 0.03\mu\text{m} < r < 0.1\mu\text{m} \\ 10^{-5} r^{-4} m^{-3} \mu\text{m}^{-3} & r \geq 0.1\mu\text{m} \end{cases}$$

(r は粒子半径)で表される水滴(球形, 屈折率1.33)とした。入射光の波長は532nmとし、偏光の状態は直線偏光で散乱面に垂直に偏光しているものとした。計算結果をFig. 3に示す。グラフの縦軸は後方散乱を1としたときの相対値である。本ライダーで受光する光の散乱角は162~180degであるから、計算から予想されるミー散乱の散乱角依存性による信号誤差は後方散乱を基準として30%程度であることがわかる。実際に観測した散乱粒子の種類を特定することは困難であるため通常の観測で誤差の補正はできないが、観測結果の詳しい解析を行う場合には、誤差補正の方法を検討する必要がある。

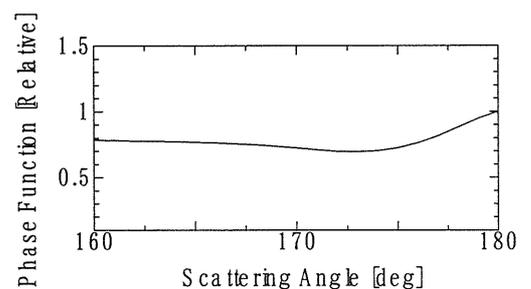


Fig. 3 Phase function perpendicular to the scattering plane for water drops illuminated by 532nm. Its magnitude is normalized by backscatter.

5. まとめ

本報告ではゲート付きI. I. を用いた昼夜連続観測可能な低層大気観測用BIライダーによる24時間観測の結果について述べた。観測結果は本システムが霧や大気混合層などの低層気象現象をよく捉えていることを示している。また、位相関数から推測される散乱角依存性による信号誤差は30%程度であり、詳しい解析を行う場合には補正の必要があることがわかった。

- 1) K. Meki, X. Li, F. Kobayashi, T. D. Kawahara, Y. Saito and A. Nomura : Proc. 18th Int. Laser Radar Conf., Berlin, 1996 (Springer-Verlag, Berlin, 1996) p.131.
- 2) D. Deirmendjian : Appl. Opt. 3 (1964) 187.