

波長 2 μ m のレーザを使ったコヒーレントドップラーライダーによる エアロゾルの分布

Distribution of the aerosol by the 2 μ m coherent Doppler

島袋 翼¹, 水谷 耕平², 石井 昌憲²

Tasuku Shimabukuro¹, Kohei Mizutani², Shoken Ishii²

¹都立科学技術大学, ²情報通信研究機構

¹Tokyo Metropolitan Institute of Technology,

²National Institute of Information and Communications Technology

Abstract

The 2 μ m coherent Doppler lidar has been developed at NICT. The derivation of a back scattering coefficient is needed to obtain distribution of detailed aerosol. There however is almost no data of the backscattering coefficient at the wavelength of 2 μ m. Moreover, it is not standardizable by the same method as other wavelength belts. The method of derivation of a back scattering coefficient is considered using the result of ground observation in Wakkanai in September, 2002.

1. はじめに

現在、独立行政法人情報通信研究機構では目に安全な波長 2 μ m を用いた、コヒーレントドップラーライダー (CDL) の研究開発を行っている。詳しいエアロゾルの高度分布を得るためには後方散乱係数の導出が必要となるが、2 μ m 帯の後方散乱係数のデータはほとんどない。また、1064nm や 532nm を使用しているミラーライダーと同じような方法で規格化することができない。そこで本報告では 2002 年 9 月に行われた稚内での地上観測の結果を用いて、後方散乱係数の導出について検討したのでその報告を行う。

2. コヒーレントドップラーライダー

各緒元を Table1 に示す。送信用レーザーの波長は目に安全な 2 μ m 帯の Tm:YAG レーザを用い、パルスエネルギーは 7mJ、パルス繰り返し周波数は 100Hz である。また、レーザーはシリコンを用いたウェッジプリズムにより天頂角を 20 度にし、真北を Az=0 とし、東西南北 4 方向に射出した。送受信部には直径 10cm の望遠鏡を使用し、ディテクターには InGaAs を使用している。A/D 変換には LeCroy 社製のオシロスコープ[waverunner LT264]を用いており、帯域幅が 350MHz、サンプリング周波数を 250MHz の 500MHz 二通りで記録し、積算数は前者が 500shot、後者が 1000shot である。データは GPIB を用いてパソコンに保存した。

3. 解析手法

後方散乱係数は、反射率が既知であるハードターゲットと、信号対雑音比(SNR)を用いてコヒーレントドップラーライダーの規格化を行い、得ることができる。そこで高速フーリエ変換法(FFT)により周波数空間に変換された信号を用いて SNR を求めることを考える。ここで、得られた信号電力 $P(t)$ は受信光とローカル光のパワー振幅をそれぞれ P_s 、 P_L とし、 f_s 、 ϕ_s 、 f_L 、 ϕ_L をそれぞれ受信光の周波数と位相、ローカル光の周波数と位相とすると、 $P(t) = P_s/2 + P_L/2 + \sqrt{P_s P_L} \cos(2\pi(f_s - f_L)t + (\phi_s - \phi_L))$ と表せる。これをフーリエ変換すると $\int_{-\infty}^{\infty} P(t) \exp[-j\omega t] dt$ となり、A/D 変換して得られたデータを $g(t)$ とするとその離散的なフーリエ変換はある時間 t_0 から $t_0 + t$ までを考えた

とき $G(f) = \sum_{t_0}^{t_0+\Delta t} g(t) \exp[-2\pi jft]$ となる。実空間での強度と周波数空間での強度は等しくなるので、周波数のパワースペクトルによる受信パワー $P(f)$ は $P(f) = \sum_0^\infty |G(f)|^2$ のように表される。FFT は変換の際にサンプル数を 512 ポイントとし、250MHz サンプリングではレンジ分解能が約 288m、周波数間隔が約 0.49MHz、500MHz サンプリングでは、レンジ分解能が約 144m、周波数間隔が約 0.98MHz である。手順としては Fig.2 に示すようにまず、ピーク周波数を決定し、その半値全幅を求める。ピーク周波数を中心とし前後に半値全幅の 4 倍の領域を取り、そこを信号領域であるとする。またその中心から前後に 5~10 倍の領域を取り、これをノイズ領域とする。ノイズ領域からノイズパワースペクトル密度を推定し、そこから信号領域のノイズ(Fig.2 (N))を算出、信号領域の全パワーからノイズを引いて信号パワー(Fig.2 (S))を得る。(S=S_{total} - N)このようにして得られた信号とノイズから SNR を算出する。

4. おわりに

高速フーリエ変換法を用いて、スペクトル解析を行い、信号対雑音比(SNR)の算出方法を検討した。今後、SNR を算出し、ハードターゲットを用いたライダーの規格方法と後方散乱係数の導出方法を考えていく。

Table1 Specification of coherent Doppler lidar

Transmitter			Receiver		
laser	Tm:YAG		Effective clear diameter	8	cm
Wave length	2.012	μm	Scan	Conical/Step and Stare	
Pulse energy	7	mJ/pulse	Elevation angle	70	degree
Pulse width	560	nsec	Wedge prism	Silicon(8° wedge angle)	
Pulse repetition	100	Hz	Pointing accuracy	0.1	degree
			Detector	InGaAs	

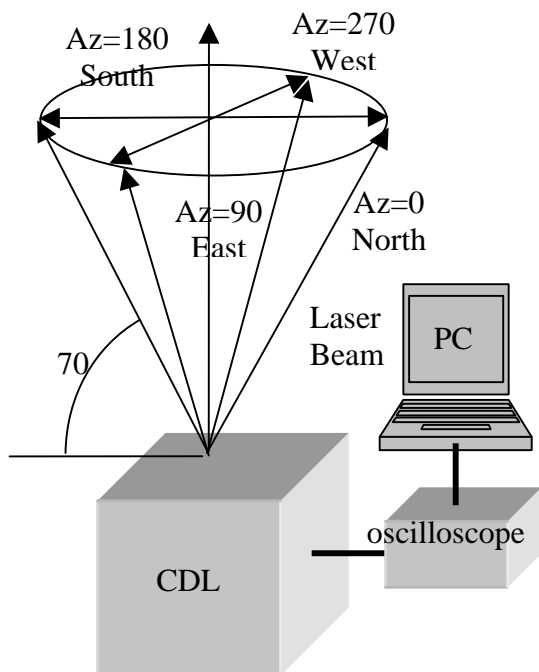


Fig.1 Schematic diagram of CDL system

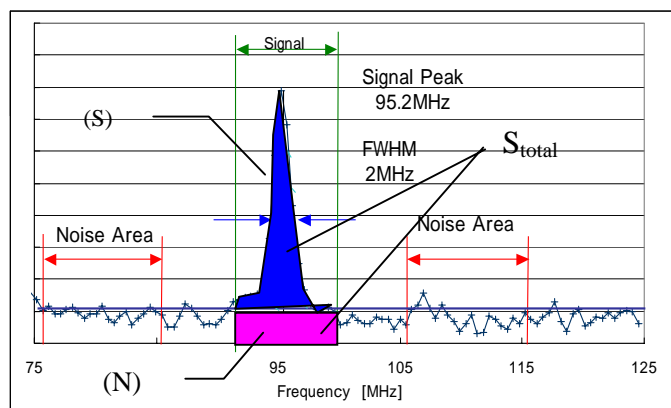


Fig.2 Spectrum of backscattering signal (S) signal power (N) noise power

