

E 3

ドップラーライダーエコー解析のための周波数分析法

Mean Frequency Estimation for Analysis of Doppler Lidar Echo

浅井和弘、板部敏和*、石津美津雄*

Kazuhiro Asai,*Toshikazu Itabe,*Mituo Ishizu

東北工業大学、*郵政省通信総合研究所

Tohoku Institute of Technology,*Communications Research Laboratory of MPT

SYNOPSIS: The measurements of wind velocity and direction are very important for not only meteorology but also our social activities. There are Doppler lidars as the remote sensing technique for monitoring wind velocity. In this study, we discuss a mean frequency estimation for analysis of Doppler lidar echo.

1. はじめに 近年の社会活動の発展は、我々の周りの二酸化炭素やメタンなどの増加による地球の温暖化、フロンガスや窒素酸化物などの増加による成層圏オゾン層の破壊など、人工的な要因によって生じるであろうと予測されている地球規模の気候変動の問題を引き起こしつつある。従って、これら気候変動プロセスの解明のためには、地球大気のより精密な監視体制の確立と同時に、新しい気象パラメータ測定法の研究開発が強く望まれている。上層大気に置ける風の情報すなわち風向・風速は、気温、気圧と並んで気象モデリングを行う上で最も大切なパラメータの一つである。筆者らは、この様に社会的要請の強い下部成層圏での風向・風速のレーザーリモートセンシング技術の確立のために、大気中エアロゾルをトレーサとしたドップラーライダーの装置の開発に着手した。

2. ドップラーライダーの原理 図1は、風向・風速測定のためのドップラーライダーの原理を示す。マスターレーザーの発振周波数 F_0 より Δf のオフセットをかけられたパルスレーザーの周波数を F_1 とする。このレーザー出力は、送信望遠鏡を通して大気に照射される。大気中に浮遊しているエアロゾルの動きは、大気の流れすなわち風速にはほぼ等しく、エアロゾルからの散乱光は、ドップラーシフト f_D を受ける。したがって、受信散乱光の周波数分析をすることにより

風に関する情報が得られる。通常は、ドップラーシフト周波数に比べレーザー自身の周波数のほうが高いので、光ヘテロダインにより一旦 I F 信号 $\Delta f + f_D$ に変換した後、周波数解析を行い最終的に風向・風速に対する情報を得る。

表1は、広帯域、高分解能特性を有する各種周波数解析法を示す。表1が示すように、大きく分けると、デジタル式とアナログ式になる。現在のところ、cwドップラーライダーではおもにアナログ方式で、またパルスドップラーライダーではデジタル方式でエコー解析が行われている。

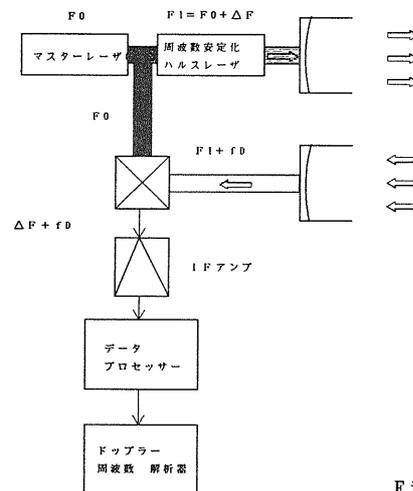


Fig. 1

ドップラー周波数解析	
デジタル方式	FFT デジタルフィルター
アナログ方式	フィルターバンク 光音響フィルター(AO) 弾性表面波(SAW)

Table 1

3. 測定精度 連続的に分布している散乱体からのドップラーエコーの信号解析手法として、1対のパルス間の複素共分散から偏移周波数並びにスペクトル幅を求める方法が、マイクロ波パルスドップラーレーダ技術の中に確立されている。この手法を風向・風速測定のためのコヒーレントライダーに応用した結果が、下に示される信号帯雑音比に対する風速の測定誤差式である。

$$\delta v = \frac{\lambda}{4\pi} \cdot \left(\frac{f}{2NLt} \right)^{1/2} \left(\frac{1}{\text{SNR}^2} + \frac{16\pi^2 W^2}{\text{SNR}} + 2\pi \frac{3}{2} W \right)$$

ここで、 λ は波長、 f はデジタイザーのサンプリング周波数、 N はレーザショット数、 t はレーザパルス幅、 L はレンジゲート長に対するパルス長の比をそれぞれ表す。そして、 W は如何なる雑音も存在しない場合のレーダエコーの周波数拡りであって、次式で書き表される。

$$W = (Vbw^2 + V_{atm}^2)^{1/2} / V_{Ny}$$

ここで、 V_{Ny} はナイキストの判定条件によって決まる測定可能な最大速度(= $f\lambda/2$)、 Vbw は送信パルスのバンド幅で決まる速度のuncertainty、 V_{atm} はパルス伝搬時や散乱時での大気効果により生じる速度分布の標準偏差をそれぞれ意味する。図2は、Nd:YAGレーザ($\lambda=1.06\mu\text{m}$)、Er:YAGレーザ($2.9\mu\text{m}$)、CO2レーザ($10.6\mu\text{m}$)の各波長に対する δv の計算結果である。

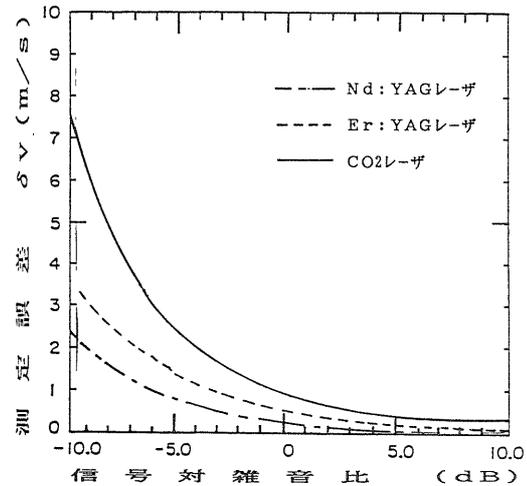


Fig.2

4. おわりに 以上、風向・風速測定のためのドップラライダーの原理、周波数解析法ならびに測定精度について論じた。本研究は始まったばかりであるが今後エアロゾルの後方散乱係数などを含めたドップラーライダー開発のための基礎データの把握に努めて行きたい。

参考文献

- 1.W.E.Baker and R.J.Curran(Editors),1985 Proceeding of the NASA Symposium on Global Wind Measurements,
- 2.R.M.Hardesty etal; IEEE Trans. on Geo.& Remote Sens.,GE-24,777(1986)
- 3.D.S.Zrnik;IEEE Trans. on Geo. Elec.,GE-17,113(1979)
- 4.T.J.Kane;Appl. Opt.,23,2477(1984)
- 5.浅井、板部、石津;第35回応物連合講演会講演予稿集第3分冊、31p-ZM-4(1988)