

低コヒーレンスドップラーライダーによる接地境界層の砂塵・風場計測

Measurement of dust and wind fields in the surface layer

using a low-coherence Doppler lidar

千葉大学 ○(B)原 悠大, 大久保 洸祐, 椎名 達雄

Chiba Univ., °Yudai Hara, Kosuke Okubo, Tatsuo Shiina

E-mail: 21t1238b@student.gs.chiba-u.jp

1. はじめに

低層大気の流れや粉塵の流は高層大気に比べ急峻に変化し複雑化している。近年 PM2.5 など浮遊粒子状物質が度々問題になり、地表近くの風場や砂塵の動きの計測および可視化の需要が高まっている。計測手法には計測場を乱さずに遠隔でおこなうドップラーライダーが有用である。しかし、空港などに導入されている既存のドップラーライダーでは時空間スケールの大きい鉛直上空大気を 200m から数 km の広範囲で長時間積算するため、数秒・数 m の小さい時空間スケールとなる低層大気の動きを追従しきれない。

本研究では空間分解能 1m で高速計測する低コヒーレンスドップラーライダー (LCDL) の開発を行い、接地境界層での風場をモニタリングするためにグラウンドでの砂塵計測および室内での風場を計測し、砂塵と風の信号の出方が大きく異なり浮遊粒子状物質の区別ができることを報告する。

2. 装置

LCDL の構成は送信系、受信系、ファイバ光学系、ホモダイン検出系、信号処理系からなる。LCDL の仕様を Table 1 に示す。送信系で用いた低コヒーレント光源は DFB-LD (II-VI Incorporated 社の CM96Z400) である。可干渉距離はおおよそ 1m である。送信光の一部を参照光として 99:1 ファイバカプラで取り出す。参照光量は約 1mW である。受信系には開口径 75mm のレンズを用い受信しファイバ結合する。参照光と受信光を 50:50 ファイバカプラで干渉させてバランス検出器で検出する。ドップラーシフトしたビート周波数を FFT 解析することで風速を求める。参照光路に用いるファイバ長を変更することで任意に計測距離を決定できる。

3. LCDL による接地境界層での砂塵・風場測定

まず、開発した LCDL を用いてグラウンドで砂塵計測をおこなった[1]。砂塵の計測結果を Fig.1 の青線に示す。砂塵の信号は速度幅を広く持ったスペクトルで得られた。これは地表の様々な粒子が舞上がったことによる。Fig.1 の赤線は砂塵なしの信号である。バックグラウンドに見られる 3-4MHz 付近の信号については装置に起因するノイズである。

一方、同装置で室内にて風場計測をおこなった。10.5m 先に長さ 1m の風洞を設置し、サーキュレーターで向かい風をつくって測定した。風洞内には風速計 (testo 405i Smart Probe) を設置した。風場の計測結果を Fig.1 の緑線に示す。風の信号は砂塵と異なりスペクトル

ルの狭い単一の形状が見られた。砂塵と風でノイズレベルが異なっているのは参照光量を変化させたことによって発生している。風信号の出方が狭いのは Single Particle Detection の状態になっているからだと考えられる[2]。LCDL で得られた風信号を同時計測の風速計と比較したのが Fig.2 になり、風速計とよい一致を示している。砂塵と風の信号の出方が異なることから、大気中の浮遊粒子状物質の区別が可能となる。

今後は、現在 3~4MHz に発生しているノイズの原因解明および、実風場計測を行っていく予定である。

Table 1. Specifications of low coherence Doppler lidar.

Componet	Qualification	Specification
Transmitter	Center Wavelength	975nm
	Coherence length	1m
	Drive current, Temperature	650mA, 25°C
	Laser power	0.25W
Receiver	Diameter of aperture	75mm
	Bandwidth of balanced detector	200MHz
	Sampling Rate	250MSa/s
	Sampling Time	5ms

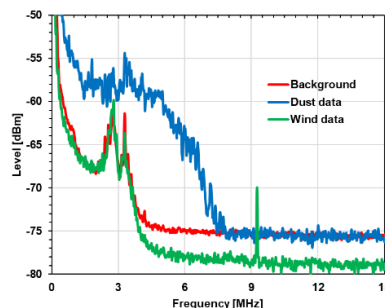


Fig.1. Sand and Wind Signal measured by LCDL

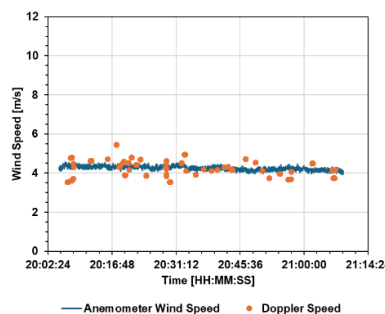


Fig.2. Comparison of velocities obtained from simultaneous anemometer and Doppler lidar measurements

参考文献

- Kosuke Okubo and Tatsuo Shiina, Proc. SPIE 13265, Lidar and Optical Remote Sensing for Environmental Monitoring XVII, 1326502 (2024)
- Shumpei Kameyama, Japanese Journal of Applied Physics 63(4) 042002 (2024).