

低コヒーレンスドップラーライダーの
感度に関するコヒーレンスの影響

The effect of coherence on the sensitivity of low-coherence Doppler lidar

千葉大学院 ○(M2)大久保 洸祐, ラゴロサス ノフェル, 椎名 達雄

Chiba Univ. °Kosuke Okubo, Nofel Lagrosas and Tatsuo Shiina

E-mail: kobo0404the25th@chiba-u.jp

はじめに

ドップラーライダーは大気で動いている流体から風情報を遠隔に獲得できる手法として広く用いられている。空港などで扱われているドップラーライダーは鉛直上空の風を対象とし、200m から数 km の広い測定範囲で長時間積算する必要がある。これは大気の流れが高度に依存して高いほど大きな塊として動き、時空間スケールが大きくなることによる。一方で地表近くの生活圏で風情報の需要も大きい。大気の時空間スケールが小さく既存のドップラーライダーは計測に適していない。高分解能で高速に計測する必要がある。

本研究では空間分解能 1m で高速に水平計測する低コヒーレンスドップラーライダーの開発を進めている。現在散布した粉塵の速度計測は行えているものの、大気エアロゾルの風計測を行う上で本ライダーの感度は1桁向上させる必要があると見積もられた¹。本報告では本ライダーの感度に時間・空間コヒーレンスの寄与を検証し、実験したことについて述べる。

装置

低コヒーレンスドップラーライダーの構成は送信系、受信系、ファイバ光学系、ヘテロダイン検出、信号処理からなっている (Fig.1)。光源には高出力 976nmDFB-LD のバルク素子 (浜松ホトニクス LE0697CWL D) を使用した。DFB-LD の駆動電流と素子温度を制御することで 0.8m のコヒーレンス長を得た²。DFB-LD による送信光の一部を参照ファイバに導入し、ドップラーシフトした受信光とファイバカプラ上で干渉させる。干渉信号にはドップラーシフトによるビート周波数が含まれており FFT 解析でその周波数を導出し速度を求める。参照光路に用いるファイバの長さを変更することで任意に計測距離を決定できる。本ライダーのパラメータを Table.1 に示す。

感度に関する時空間コヒーレンスの影響

低コヒーレンスバルク光源による干渉光強度劣化の要因を時空間コヒーレンスから検討した。時間的コヒーレンスでは複数のパーティクルからの干渉を考え、時間遅延したインターフェログラムをコヒーレンス長 (0.8m) 分重ね合わせた。1 波形のインターフェログラムと 100 波形分重ね合わせたインターフェログラムを最大値で正規化すると、半値全幅は 1.6m と 1.77m で大きな差が見られなかった。また粒径や濃度を変更しても半値全幅はどれも約 1.7m で大きな差はなかった。このことから時間的コヒーレンスは干渉光強度劣化の要因に寄与しないと考える。

一方空間的コヒーレンスではビーム径に着目し複素コヒーレンス度³を計算した。ビーム径を 3cm から 1cm にすると複素コヒーレンス度は 0.1 から 0.9 となった。

このとき光強度は約 3 倍大きくなった。実験にてビーム径による干渉光強度への効果を検証した。ターゲットには回転体を用い 6.5m 先に設置した。スポットサイズが 3cm のときと比較して 1cm のとき SN 比が約 4dB 上昇した (Fig.2)。このことから感度向上にはビームの品質と受光系のカップリング効率への寄与が大きいことが示唆された。今後はさらにライダーの感度を向上させ大気エアロゾルの風計測を実現する。

Table 1 Specifications of Low-coherence Doppler lidar.

Component	Qualification	Specification
Transmitter	Center wavelength	975 nm
	Laser power	0.7 W
	Coherence length	0.8 m
	(Drive current, Element temperature)	(2 A, 35 °C)
Receiver	Diameter of aperture	0.061 m
	Ligh receiving sensitivity of Blanced detector(PD)	0.75 A/W@λ=1.0μm
Data-Acquisition	Sampling rate	250 MSa/s
	Sampring time	5 ms

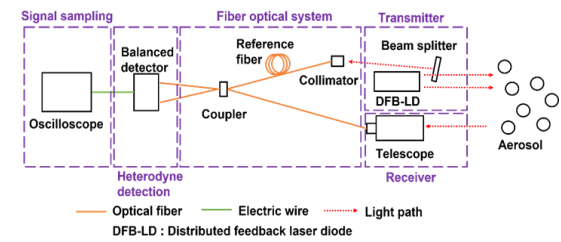


Fig.1 Low-coherence Doppler lidar configuration.

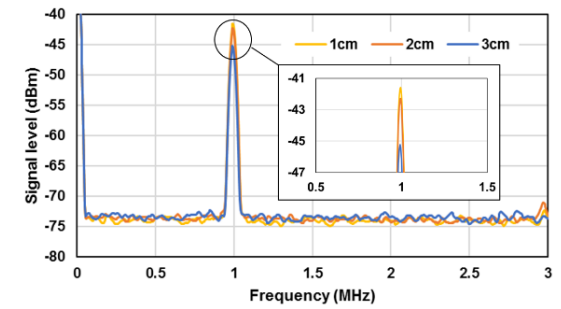


Fig.2 Doppler signal comparison among beam focusings.

参考文献

[1]Komiyaama, Ando, Asaka, Hirano, Industrial Applications of Laser Remote Sensing,2012

[2]島田,椎名,第 42 回レーザセンシングシンポジウム 予稿集,2017

[3]Max Born, Emil Wolf, Principles of optics,1975