

小型インコヒーレントドップラーライダーの実用化 Realization of a compact incoherent Doppler lidar

○柴田泰邦¹、長澤親生¹、阿保 真¹、加藤 正²、塚本 誠²、竹田智子²

Yasukuni Shibata¹, Chikao Nagasawa¹, Makoto Abo¹
Tadashi Kato², Makoto Tsukamoto² and Tomoko Takeda²

1 首都大学東京 システムデザイン学部、2 英弘精機株式会社

1 Tokyo Metropolitan University, 2 EKO Instruments

Abstract: In this study, utilization of the compact incoherent Doppler lidar at a low price for measuring three-dimensional wind profile is discussed. It is the goal to contribute to various environmental related matters such as the heat island of urban areas, improvement of the weather forecast and the generating-efficiency evaluation of an aerogenerator. The proposed incoherent Doppler lidar processes light signal using general-purpose optical-communication components. Therefore, the lidar system is miniaturized. The system requirements for this lidar are examined and it is shown that the wind profile within 2 km distance can be measured.

1. はじめに

天気予報や気候モデルを計算するためには気温・気圧・風速の 3 次元分布データが必要だが、風については、特に洋上においてデータの空白域が広がっている。風は局地性が強く、その詳細な実態を知る手段として、各種風速計による直接計測や、レーダーやライダーによる遠隔計測がある。日本各地でウインドプロファイラーが運用されているが、アンテナを設置するために広大なスペースが必要であること、測定範囲が地表付近から高度数 km 程度で、散乱体の少ない晴天時は測定範囲が狭くなるなどの問題がある。また、空港に気象用ドップラーレーダーを設置し、ダウンバーストの発生を検知・予測し、航空機墜落事故を未然に防ぐための研究が進んでいる。しかし、ドップラーレーダーは雲粒や雨滴からのドップラーシフトを含む散乱波から風を計測するため、晴天時は使えない。

一方、ドップラーライダーによる風測定は、コヒーレント方式とインコヒーレント方式に大別される。コヒーレント方式は 1 パルスごとに風速測定が可能であるが、受光系システムが複雑で、塵やダストなどのエアロゾルが卓越する領域においてのみ性能を発揮する。インコヒーレント方式は、地上からエアロゾルのない成層圏にわたる広範囲での風観測が可能であるが、ドップラー成分検出用の光学フィルターによる損失が大きく、十分な SN を得るために時間積算を要する。また、主だったインコヒーレント方式は、ハイパワーレーザーの Nd:YAG レーザーの基本波 1064nm, 第 2 高調波(532nm), 第 3 高調波(355nm)のいずれかを用いるため、アイセーフの観点から 3 次元観測に不向きである。

冒頭で述べた対流圏の 3 次元風分布を得るという課題を解決するために、インコヒーレント方式のドップラーシフト成分検出用フィルターに、アイセーフ波長 1.5 μ m 帯で使用可能な、光ファイバー通信で波長分別フィルターとして利用されているファイバー・ブラッグ・グレーティング (FBG: Fiber Bragg Grating) を用いる方法を提案し、1.55 μ m FBG フィルターを用いたドップラーシフト検出システムの開発を行ない、上記原理を用いたライダーシステムの有効性を示した。

2. 小型インコヒーレントドップラーライダーの実用化検討

我々は、ヒートアイランド等の都市気象の解明、天気予報精度の向上、風力発電機の発電効率評価等、様々な環境関連事項に貢献することを目的とする、距離 1~2km 内の 3 次元風分布測定が可能な可搬型インコヒーレントドップラーライダーの実用化を目指している。インコヒーレント方式であるので、ミー散乱の無い状態でも風速測定可能である。設計予定のライダーシステムを Fig.1 に示す。光源は 1.5 μ m 帯 DFB レーザーをパルス駆動し、光アンプで増幅し大気に照射する。大気からの散乱光は、光サーキュレーターを通り FBG フィルターで透過光と反射光に分離する。透過光はそのまま光検出器に入射し、反射光は再度光サーキュレーターを通り光検出器に入射する。使用する機器は、半導体レーザーをはじめ、汎用的な光通信部品を使っているため、大幅な低価格化が可能である。また、光ファイバーベースであ

るため、小型・軽量化が可能である。

3次元観測時の水平風速誤差のシミュレーション結果を Fig.3 に示す。ここで、Fig.2 に示すようなエアロゾルの濃い状態 (Model A) と薄い状態 (Model B) を仮定した。システムパラメータは、LD: 10W、波長: 1550nm、繰り返し: 20kHz、望遠鏡: ϕ 30cm、積算時間: 1秒、距離分解能: 30m とした。Model B ではミー散乱が希薄なため、SN が Model A より悪くなり、測定精度が劣る。しかし、インコヒーレント方式の特徴でもあるレイリー散乱でも風速測定が可能であることを示すよい例である。

本研究は、財団法人東京都中小企業振興公社 社会的課題解決型研究開発助成事業費によって行われる。

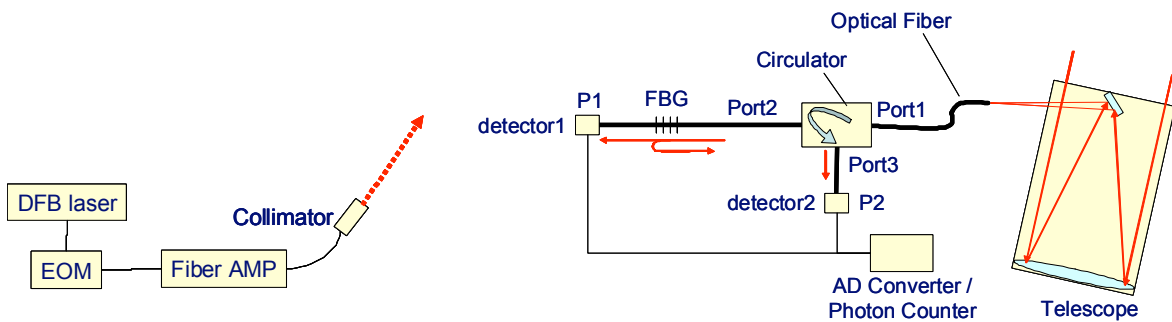


Fig.1 Block diagram of the compact incoherent Doppler lidar using a FBG filter.

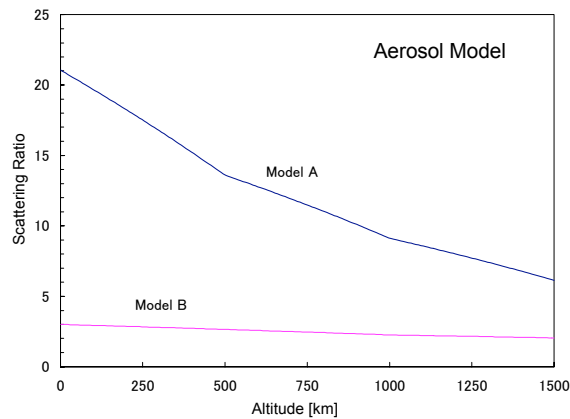


Fig.2 Aerosol model.

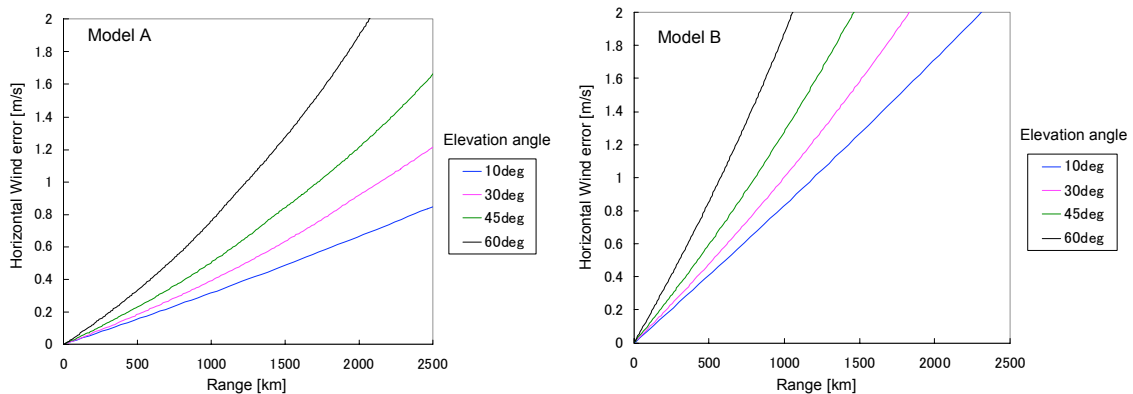


Fig.3 Simulation results of horizontal wind error in various elevation angles.