

大気環境適応型ドップラーライダーの開発

Development of Doppler lidar system with adapting parameters to various atmospheric conditions

小竹 論季, 今城 勝治, 亀山 俊平, 浅田 均, 原田 大治, 田中 久理, 圓城 雅之
Nobuki Kotake, Masaharu Imaki, Shumpei Kameyama, Hitoshi Asada,
Taiji Harada, Hisamichi Tanaka, Masayoshi Enjo

三菱電機 (株)

Mitsubishi Electric Corporation

Abstract

Conventional wind lidar systems have an issue in the instability of performance, since signal-to-noise ratio (SNR) depends on the atmospheric condition such as the aerosol density, turbulence, and so forth. For example, it is known that the measurable range fluctuates distinctly even in an hour. To overcome this issue, we developed the wind lidar system with the adaptive parameter tuning for various atmospheric conditions, which automatically realize the best performance under the given atmospheric condition. In this presentation, we introduce the above mentioned functions and the advantageous effects.

1. あらすじ

ドップラーライダーの測定可能距離は受信 SNR (Signal to Noise Ratio) に依存し、その値は、大気中のエアロゾル濃度や乱流等の大気環境に影響される^[1]。

そこで、計測された距離-受信 SNR に対して、所望の測定距離の風速値を得るために最適なフォーカスや積算時間を自律的に調整する“アダプティブ制御”を可能としたシステムの構築を行った^[2]。

2. システム構成

本システム構成の効果を説明するために、ライダーにおける SNR と集光距離、積分回数の関係^[1]を以下に示す。

$$\text{SNR} = P \cdot \beta \cdot K \cdot \frac{\eta_F}{1 + \left(1 - \frac{L}{F}\right)^2 \left[\frac{\pi(A_c D)^2}{4\lambda L}\right]^2 + \left(\frac{A_c D}{2S_0}\right)^2} \cdot \frac{\lambda \pi D^2}{8hBL^2} \sqrt{N}$$

β 、 K 、 S_0 はそれぞれ後方散乱係数 ($\text{m}^{-1}\text{sr}^{-1}$)、大気透過率、散乱光のコヒーレンス径 (m) を表し、システムで制御不可な大気条件を表すパラメータを表す。対して、 D (m)、 F (m)、 N (回) はそれぞれビーム径、集光距離、パルス幅、インコヒーレント積算数を表し、システム内において変更可能なパラメータを表す。なお、 h 、 λ 、 P 、 η_F 、 B はプランク定数 (Js)、波長 (m)、送信光パルスエネルギー (J)、Far Field の送受信効率、受信帯域幅 (Hz)、 A_c は、光アンテナによってケラレたガウシアンビーム (NGB : Nearest Gaussian Beam) に対して相関の高い回折限界のガウシアンビームに置き換えるための近似係数を表し、 L は観測距離 (m) を表す。

本システムではシステムで変更可能な、上記焦点距離・インコヒーレント積算数を可変として上記大気環境の変動に起因する SNR 低下の問題を解決する。本自律制御の効果の 1 例として、自律的なフォーカス調整を実施した場合を Fig.1 に示す。(i)鎖線、(ii)破線、(iii)実線は (i)大気エアロゾル量が高い、かつフォーカスを無限遠にした状態、(ii)(i)の状態で大気エアロゾル量が低下した状態、(iii)(ii)の状態と距離 L_1 に集光した状態、それぞれの距離-SNR 特性を表す。

従来では、固定のフォーカス状態で連続観測を行っていた。その場合、日々の大気環境変動により、(i)から(ii)のように観測可能距離が低下する場合がある。これに対し、本システムでは、観測可能距離低下を判断基準としてフォーカスを(3)の状態にユーザが介することなく“自律的に”調整することで観測可能距離を安定化させる。

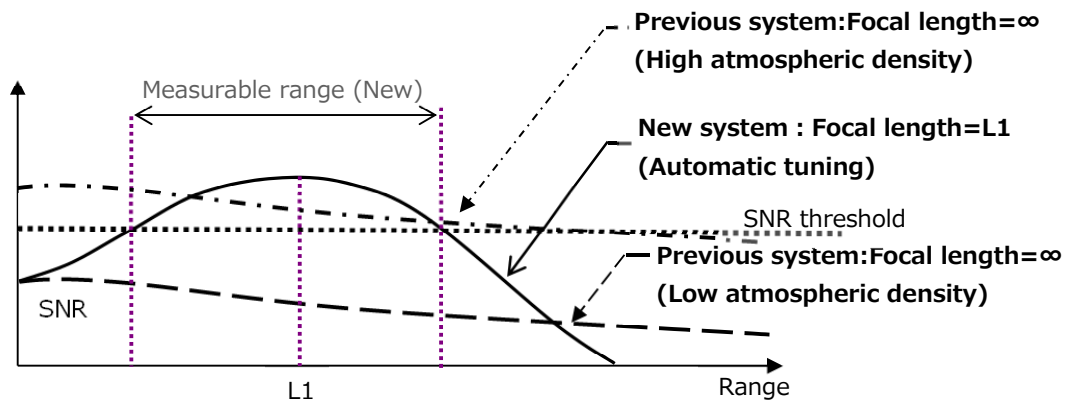


Fig1. Schematic explanation for the effect of the focal range tuning

本機能を実現する、アダプティブパラメータ制御機能を搭載したドップラーライダーの構成を Fig.2 に示す。本構成ではパルスレーザ光を大気中に照射しており、大気中のエアロゾルからの反射光を受信し、ヘテロダイン検波によりドップラーシフトを計測して風速値を求める。このとき、ユーザは所望観測距離を入力することで、信号処理装置内部にて取得された距離-SNR 特性より、左記観測距離を最大化するために最適なフォーカス位置と積算時間をリアルタイムに設定する。これにより、長期連続観測時においても安定な計測性能を確保することができる。上記機能を搭載した当社新製品のドップラーライダー外観図を Fig.3 に示すと共に、本機器を用いた上記効果の詳細については講演にて報告する。

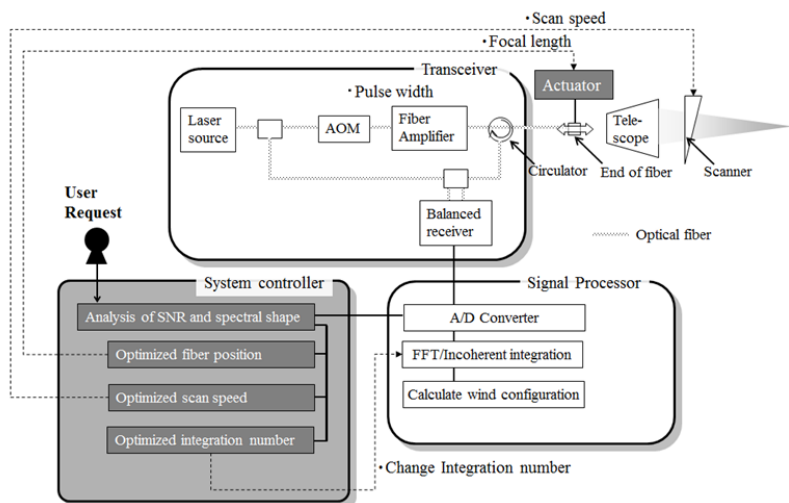


Fig2. System configuration

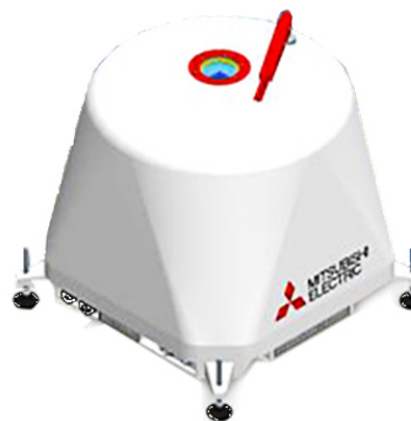


Fig.3 Photograph of the new product of lidar^[3]

参考文献

- [1] S. Kameyama *et al*, Appl. Opt, **46**, No.11, pp.1953-1962, 2007.
- [2] N. Kotake *et al*, Proceedings of 17th Coherent Laser Radar Conference , 2013.
- [3] <https://www.mitsubishielectric.co.jp/lidar/products/wind/index.html>