

風速2次元分布計測のための紫外域ドップラーライダーの動作特性 Characteristics of the UV Doppler Lidar for Two-Dimensional Wind distribution Measurements

今城勝治、小林喬郎

Masaharu Imaki and Takao Kobayashi

福井大学 大学院工学研究科

Graduate School of Engineering, University of Fukui

Abstract: The UV Doppler lidar system using high-spectral-resolution technique has been developed for wind field measurement. Two high spectral resolution filters are used for measuring Doppler shift of the aerosol Mie backscattering and detecting the aerosol Mie backscattering and the molecular Rayleigh backscattering, separately. By detecting the Mie scattering, the two-dimensional wind distribution was measured with a range resolution of 150m in an observation time of 35s.

1. はじめに

近年、超高層建築物によって発生するビル風などの風環境問題やヒートアイランド現象は無視できないものとなっている。これらの環境問題は超高層建築物の周囲に生じるものだけではなく、立地条件や気象条件によって中高層建築物にも発生するため、これらの風環境メカニズムの解析が必要となる。また、最近の異常気象の解明のため、風などの気象パラメータの観測が切望されており、高精度で風速分布を測定するセンサの開発が要求されている。

ドップラーライダーは光の検出方法によりヘテロダイン検波方式と直接検波方式に分類される。ヘテロダイン検波方式はエアロゾルによるミー散乱を受信し、ビート周波数から風速を測定する方式であるため、短時間で高精度での風速測定が可能となっている。しかし距離分解能が数十mと制限され、局所的な風の測定は困難であり、システムの動作条件についても技術的課題が多く複雑になる。一方、直接検波方式はミー散乱と分子によるレイリー散乱を受信し、光フィルタを用いてドップラー効果による周波数変化を光強度の変化によって検出する方式である。ドップラーシフト周波数に対する光強度の変化量はドップラー感度として定義される。この方式は上層対流圏や成層圏の風速測定を目的としており、スペクトル幅の広いレイリー散乱を受信しているため、ドップラー感度が低い。したがって、観測時間が長く、乱流やビル風などの急激な気流変化の測定は難しい。

本研究では高スペクトル分解能法を用いてミー散乱とレイリー散乱を分離し、直接検波法でミー散乱のドップラーシフトを検出する紫外域ドップラーライダーを開発した。^{1, 2, 3} ミー散乱によるドップラーシフト周波数を検出することにより、ドップラー感度を高くし、高い距離分解能で高精度での風速測定を可能とした。また、レーザビームのスキャンにより2次元断面の風速測定を実現した。ここでは、その動作特性について報告する。

2. 紫外域ドップラーライダーシステムの構成

光源にはNd:YAGレーザの第3高調波である355nmを使用しており、シーディング法により単一周波数にしている。レーザ光は直径400mmの反射鏡によって大気中に照射され、ミラーを回転することでビームをスキャンさせる。集光された散乱光は光ファイバに入射され、その出力光を3つに分離し、光フィルタである高分解能エタロンを透過してPMTにより検出される。各検出チャンネルで得られた信号は、高スペクトル分解能法によりミー散乱信号 P_m とレイリー散乱信号 P_r に分離され、ミー散乱によるドップラーシフト周波数を検出し、視線方向の風速を求める。紫外域ドップラーライダーのシステムパラメータを表1に示す。

Table 1 System parameter.

Transmitter		Receiver	
Laser	Nd:YAG 3 ω	Aperture	250mm
Wavelength	355nm	Field of view	100 μ rad
Pulse energy	120mJ	High-resolution filter	Fabry-Perot filter
Pulse width	10ns	Spectral width	300MHz
Repetition Frequency	20Hz	Detector	PMT

3. 風速の2次元分布計測

水平方向にビームをスキャンしたときの風速の2次元分布を図1に示す。測定の条件を積算数50ショット、距離分解能150m、ビームスキャンの角度分解能を3 $^{\circ}$ とすることにより、90 $^{\circ}$ の範囲を100秒の観測時間で測定した。観測結果から、大気中の平均の風向が求められる。受信された信号のSNRから、距離2kmにおける風速精度は0.25m/sとなった。

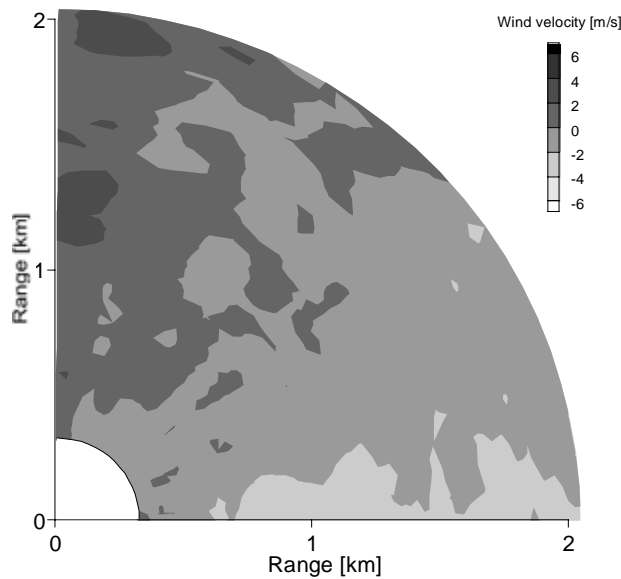


Fig. 1 Two-dimensional wind distribution by horizontal beam scanning.

4. まとめ

本研究では紫外域ドップラーライダーを開発し、風速の2次元分布測定を行った。本システムは、高スペクトル分解能法を用いてミー散乱とレイリー散乱を分離し、ミー散乱のドップラーシフトを検出する。直接検波法と比較して観測時間が短く、初めての風速2次元分布測定を行った。また、ヘテロダイン検波法と比較した場合、大出力のレーザーを用いて受信信号のSNRを得なければならないという点から風速の検出感度は劣るが、数mの高い距離分解能での風速測定が可能である。今後は実験を重ねて乱流などの局所的な風速の観測を行う予定である。

参考文献

- (1) M. Imaki, D. Sun and T. Kobayashi, "Direct-detection Doppler lidar for two-dimensional wind field measurements of the troposphere", Proc. of SPIE Lidar Remote Sensing for Industry and Environment Monitoring III, vol. 4893, pp303 - 310 (2002)
- (2) 今城勝治, 栗原康浩, 小林喬郎, "紫外域ドップラーライダーによる都市域風速の2次元分布計測", 第22回レーザーセンシングシンポジウム予稿集, O-6-05, pp.155-156 (2003)
- (3) 今城勝治, 野崎祐介, 小林喬郎, "2次元風速分布計測のための紫外域ドップラーライダーの高精度化", 2004年春季第51回応用物理学関係連合講演会講演予稿集, 28p-ZA-14, p1235 (2004)