

新しい大気環境ライダーネットワークの提案

Proposal of New Lidar Network for Sensing Atmospheric Environments

小林喬郎
福井大学T. Kobayashi
University of Fukui

Abstract : A new lidar network system is proposed for sensing atmospheric environments and precise meteorological and atmospheric conditions are collected and predicted in real time. Compact high-spectral-resolution lidars are mainly used and practical requirements of the lidar for the network are discussed.

1. はじめに

ミー散乱ライダーは装置の小型化や計測の自動化が進んでおり、世界各地に設置した観測局のデータを集めるネットワーク化が進んでいる。

近年、都市域を中心にヒートアイランド現象や局地的な竜巻や豪雨などが多発しており、それらのリアルタイム観測や現象予測の必要性が叫ばれている。そこで、現状のエアロゾルの観測を中心とした構成に対し、気象現象の観測機能を付加した新たなライダーネットワークの構成とその技術的な条件を検討する。

2. ライダーネットワークの機能

現在、環境研を中心としたAD (Asian Dust) ネットワークではアジア大陸からの黄砂などが観測されている¹⁾。また、アメリカを中心として、マイクロパルスライダーを利用するMPLNETが数10ヶ所に配置されている。また、ヨーロッパではエアロゾル観測ネットEARLINETが構成されており、多波長のラマン・ミー散乱ライダーによりサハラ砂漠等のエアロゾル粒径とライダー比測定などの共同観測を進めている。またロシアを中心とするエアロゾル・オゾンライダーによるCIS- LiNetや南米などでの設置も進んでいる。

これらのライダーネットワークでは主にミー散乱ライダーを利用したエアロゾルや雲の測定を行って、体積後方散乱係数や偏光解消度、それらの波長変化から粒子の種類や形状、粒径などが求められる。さらに、ラマン散乱ライダー併用により、大気分子密度を基準にして光学的厚さや消散係数、ライダー比が求まり、粒子の種類や吸収特性の観測が可能となり、温暖化要因の解析が可能となっている。しかし、ラマンライダーは散乱効率が低いため、大出力レーザーと大型の受信鏡を利用して長時間を費

しての観測が行われている現状である。

これに対して、高スペクトル分解能(HSR)ライダーではライダー比が求められとともに、受信効率がラマン散乱の約2桁以上大きいため、装置が小型で短時間での測定が可能である。さらに気温や風速などの気象要素の観測も可能である²⁾。そこで、このHSRライダーの利用を中心とするネットワークについて検討する。

3. 高スペクトル分解能ライダーの条件

HSRライダーでは安定な単一波長動作のレーザーと高分解能フィルタが技術要素となる。まず、小型で高感度のライダーを構成するため、光源としてのレーザーが最も基本技術であり、固体化に加え低コスト化が必要条件となる。

そこで、まず最近に至り高出力化が進んできた半導体レーザー(LD)自体を送信レーザーとする極限的に簡素な構成の可能性を検討する。図1にLDスタックを用いる高出力パルスレーザーの構成の概念図を示す。電流による動作でパルス幅 $1\mu\text{s}$ 、ピーク出力100W、平均出力1WのQ-CW動作が現状技

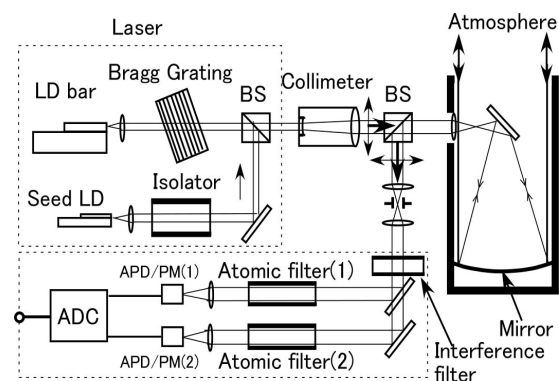


図1 LD発振器と原子フィルタ利用の高スペクトル分解能ライダーの構成例

術で可能である。また、共振器ミラーにはブラッググレーティング等を利用して狭帯域化し、さらに外部から LD 光を注入して単一波長動作が可能である。また、LD 励起固体レーザも利用できる。

表 1 アルカリ原子フィルタの波長特性

Atom	Cesium (Cs)		Rubidium (Rb)	Potassium (K)	Sodium (Na)
Wavelength	D1:388.9nm	D1:894.3nm	D1:795nm	D1:769.9nm	D1:589.6nm
	D2:387.6nm	D2:852.1nm	D2:780nm	D2:766.5nm	D2:589.0nm
Transition	D1: $6^2S_{1/2}-6^2P_{1/2}$	D1: $6^2S_{1/2}-6^2P_{1/2}$	D1: $5^2S_{1/2}-5^2P_{1/2}$	D1: $4^2S_{1/2}-4^2P_{1/2}$	D1: $3^2S_{1/2}-3^2P_{1/2}$
	D2: $6^2S_{1/2}-6^2P_{3/2}$	D2: $6^2S_{1/2}-6^2P_{3/2}$	D2: $5^2S_{1/2}-5^2P_{3/2}$	D2: $4^2S_{1/2}-4^2P_{3/2}$	D2: $3^2S_{1/2}-3^2P_{3/2}$
Oscillator strength	D1: 2.8×10^{-3}	D1:0.32	D1:0.32	D1:0.34	D1:0.33
	D2: 5.6×10^0	D2:0.66	D2:0.67	D2:0.68	D2:0.67
Atomic number	132.9		85.47	39.1	22.99

さらに、HSR フィルタとして原子蒸気フィルタがエタロンなどに比べて優れている。表 1 にアルカリ原子フィルタの種類と波長等を示す。近赤外から紫外域での多くの波長での動作が可能である。また、図 2 に原子フィルタの透過スペクトルと大気のレイリー散乱とエアロゾルのミー散乱

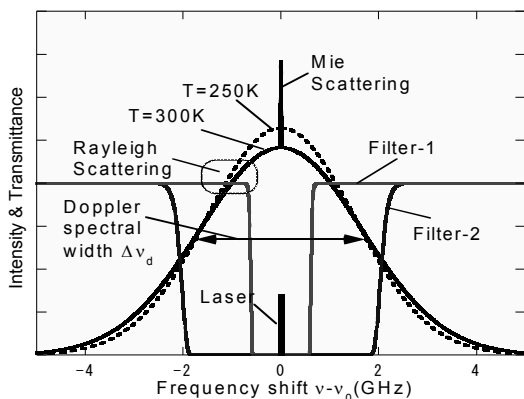


図 2 原子フィルタ透過スペクトルと大気散乱スペクトル

スペクトルを示す。原子蒸気の温度を変化させてスペクトル幅が可変でき、ミー散乱の 6 桁以上の遮断率とレイリー散乱光の高い透過効率が実現できる。しかし、原子フィルタは寿命が有限であることなど多少の技術課題がある。

このシステムにより、距離約 10km に至る領域の気温や風速・風向などの気象要素とエアロゾルや雲の詳細な特性の測定が可能である。

5. 大気環境ライダーネットワークの概要

図 3 に大気環境ライダーネットワークの構成と運用目的等を示す。都市域を中心として固定型 HSR ライダを約 10km 間隔で配置して、その間を長光路の吸収分光型の分子濃度測定光路も設置して、高精度の気象観測や気象災害の予報、大気汚染物質や大気質の予報、そしてエアロゾル等の気候変動要因の測定などの機能を可能とする。都市域から広域、さらには国内全域をカバーすることが必要で、さらにはグローバルネットやスペースライダーネットと連結される。安全で快適な大気環境を確保するための環境監視システムとなる。

5. 結び

このシステムは現状技術でほぼ実現可能な域に至っているが、その実現には国などの支援が必要である。それにより研究教育の活性化や新産業の創出などが期待される。

参考文献

- 1) A. Shimizu et al.: Abstract of 24thILRC, S070-01, 103 (2008) .
- 2) T. Kobayashi et al.: Abstract of 24thILRC, S10P-09, 144 (2008) .

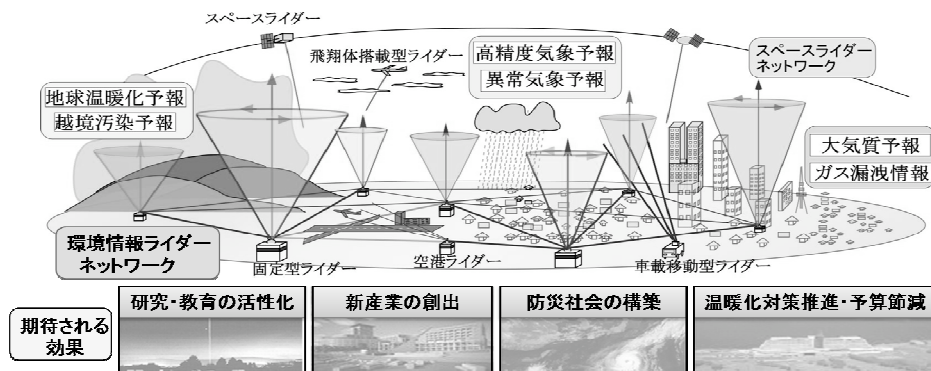


図 3 大気環境ライダーネットワークの構成と概念