

小型コヒーレントライダー用光源の開発

長澤 親生, 阿保 真, 柴田 泰邦

首都大学東京 システムデザイン研究科 (〒91-0065 東京都日野市旭が丘 6-6)

Development of the compact laser source for coherent detection

Chikao NAGASAWA, Makoto ABO, and Yasukuni SHIBATA

Tokyo Metropolitan Univ., 6-6 Asahigaoka, Hino, Tokyo 191-0065

Abstract: A new compact flash lidar system for observations of three-dimensional temperature and wind distribution in the atmosphere was proposed. This system uses a flash lidar technique with an eye-safe pulsed laser and an array sensor. Temperature broadened and Doppler shifted spectrum of receiving lidar signal is obtained by the coherent detection technique. We conduct the development of the compact laser source for coherent detection experiments.

Key Words: flash lidar, atmospheric temperature, wind, eye-safe, coherent detection

1. はじめに

気象予測のための基本的な観測要素として、気温と風の鉛直分布は極めて重要なデータである。現在定常的に行われているラジオゾンデによる気温と風の観測は、日本全国で数カ所の観測設備しかなく、下層大気の定常的な気温や風の鉛直分布観測に限っても、一部のタワー観測を除けば皆無の状態である。無人化が可能で3次元的な観測も可能な小型で気温や風の分布観測ライダーの実用化は、局地的気象災害予報などに極めて有意義である。

大気分子による散乱光のスペクトルはレイリーブリルアン散乱と呼ばれる主に分子の熱運動のドップラー広がりを持っている。このスペクトルの広がりには主に温度によって変化するため、この広がりや風によるドップラーシフトを同時に測定することにより、気温と風の同時測定が可能となる。下層大気中においては、散乱スペクトルの広がりやドップラーシフトの検出にコヒーレント検波が有効である。

我々は、従来のスキャン方式と異なり、カメラでフラッシュ撮影をする要領で広げたパルスレーザー光を空中に照射しアレイ状検出器で散乱光スペクトルを測定することにより、短時間で気温と風の立体構造の測定を行うフラッシュライダーを提案した¹⁾。このライダーの用途は、ヒートアイランド対策効果の測定、竜巻など局地的気象現象の予測、火山噴火監視、室内温度分布測定など多岐にわたる。さらに、装置の小型化、低コスト化、ネットワーク化することにより、広範囲の自然災害に対する防災/減災を強化し、安全で安心な社会の実現が可能となる。今回は新しい3次元気温・風分布の同時観測が可能なライダーシステム実現のための基礎実験に用いる小型コヒーレント光源の開発状況について報告する。

2. フラッシュライダー

風の測定には、電波を用いたドップラレーダが竜巻発生を検知などに利用されている。ドップラ

レーダでは、アンテナを回転スキャンし広い範囲を測定できるのが特徴であるが、直接風を検知できない上に（風の代わりに雨滴の移動量を検知している）、空間分解能はアンテナの指向性によって制限されるので高くない。

大気中の気体や微粒子の濃度や、風や気温等の物理量の空間分布を直接測定するために、レーザーを用いたレーザレーダ（ライダー）装置が開発され、ドップラライダーとして、すでに実用化されている。レーザー光は電波に比べて指向性が鋭いため高い空間分布測定が可能であるが、広い空間を測定するためにはレーザービームと受信視野をスキャンする必要がある、測定時間がかかる上に、送受信を一体化した機械的なスキャン機構が必要のため装置が大きくなるなどの問題点があった。

一方、物体の位置と距離情報を得るために、これとは異なるフラッシュライダーの研究が進められている。このライダーはレーザービームを広げて放射し、ハードターゲットからの強い反射光を直接検波し距離情報を取得するもので、スキャン機構が不要で小型化が可能である。しかしながら、この方式の大気観測への応用は、微弱な散乱光と広い受信視野角によるS/Nの低下など技術的な困難さからまだ実現されていない。さらに、気温と風の同時観測を行うためには、微弱な散乱光の高速でのスペクトル解析を必要とする。このような多くの課題の解決には、多くの技術的なブレイクスルーが必要である。

3. 小型コヒーレントライダー用光源

送信レーザーの波長は、光コヒーレント検波の効率を考慮すると赤外波長が適している。目への安全性を考慮すると1.5 μm より長い波長が有利であるが、フラッシュライダーではレーザーを広げて照射するため、アイセーフの制限は通常のライダーに比べると緩くなることが考えられる。またコヒーレント検波を行うためには送信レーザーのスペクトルが狭帯域である必要がある。一方、レーザーの絶対波長の制御は必要としない。またフラッ

シュライダ－としては近距離のみの計測を想定するため、高繰り返しパルス方式が効率の観点から有効である。

レーザー光源の候補としては、一般には共振器を持つ Q-SW 方式の固体レーザーが考えられが、この場合インジェクションシーディング技術が必須となるため波長整合システムを含む装置の大型化が懸念される。

現在、複数のレーザー発振方式を検討中であるが、今回 DFB 狭帯域半導体レーザーを、共振器を設定しない LD 励起の Nd:YAG レーザーに注入するパルス増幅方式を紹介する。Fig.1 にフラッシュライダ－の基礎実験用に開発しているレーザー光源のブロック図を示す。DFB 安定化 CW ファイバーレーザーの出力はポッケルズセルを用いて、パルス幅 $1\mu\text{s}$ に切り出され、LD 励起 YAG モジュールでアンプされる。アンプ段をマルチパスにすることで効率の改善を検討している。この方式は、インジェクションシーディング方式と異なり共振器長制御を必要としない。

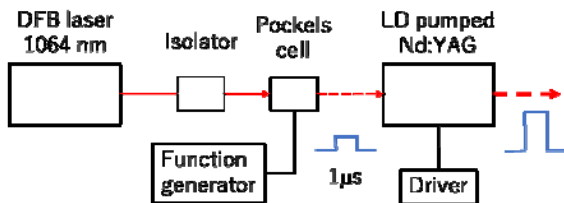


Fig.1 Block diagram of the DFB laser pumped Nd:YAG transmitter.

4. まとめ

フラッシュライダ－はコンパクトで面倒な調整が不要なシステムとなり得るので、コストを下げることが出来れば、多数のライダ－をネットワーク状に配置することにより、さらに広い大気空間の 3 次元構造を捉えることが可能となる。

コンパクトなフラッシュライダ－のキーテクノロジーの一つである単一モードのレーザーの開発に着手している。このレーザーは、コヒーレントライダ－としてのスペクトル分解能を上げるために、数マイクロ秒程度のパルス幅を必要とする。また、コンパクトであるが測定精度の向上のためにできるだけ大きいパルス出力を得ることが重要であるが、従来の Q-SW 方式の固体レーザーは、発振パルス長が短すぎるため採用できない。

謝 辞

本研究は科研費 (17K18956) の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 長澤親生他 PC-24, LSS34 (2016)
- 2) O. Elkhaili, et al.: IEEE J. Solid-State Circuits 39, (2004) 1208.
- 3) C. F. Abari et al.: EPJ Web of Conferences 119, 25005 (2016).