

カリウム原子フィルターを用いた気温観測用ライダーの開発 II Development of High-Spectral-Resolution Lidar for Temperature Measurement with Potassium Absorption Filter II

阿保 真, 長澤親生, 柴田泰邦

Makoto Abo, Chikao Nagasawa, and Yasukuni Shibata

首都大学東京・システムデザイン研究科

Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University

Abstract

The multi-purpose lidar system for survey of atmospheric structure over troposphere, stratosphere, mesosphere and low thermosphere over Kototabang (100.3E, 0.2S), Indonesia in the equatorial region has been constructed. The Rayleigh and Raman lidar are used for stratospheric and mesospheric temperature measurements and the Fe Boltzmann lidar for temperature measurements in the mesopause region. A high-spectral-resolution lidar (HSRL) with a potassium atomic absorption filter is proposed for temperature measurements in the lower troposphere. This lidar system consists of a Ti:sapphire laser as a transmitter and potassium vapor cell as an atomic absorption filter. We developed laser pulse discrimination system using a balanced photodetector and a potassium vapor cell for longtime precise temperature observations.

1. はじめに

我々が赤道直下のインドネシア・コトタバンに設置している高機能ライダーでは、共鳴散乱ライダーによる中間圏界面領域、レイリーライダーによる成層圏～中間圏領域、ラマンライダーによる対流圏上部～成層圏の気温分布観測が可能となっているが、対流圏下部はエアロゾルの影響により上記手法では測定が不可能である。しかし、赤道域の対流圏下部の気温プロファイルは、境界層の発達機構の解明、高度 5～6km 付近に発生する雲の発生機構の解明、水蒸気混合比の短周期変動機構の解明などに必要な情報である。そこで、共鳴散乱ライダーに用いている Ti:sapphire レーザーとカリウム原子吸収フィルターを組み合わせ、地表面付近から境界層までの気温観測を目的とした高スペクトル分解能ライダーの開発を行っている。既に国内での初期観測には成功しているが、長時間の安定観測のために、今回レーザー波長弁別器を製作したので報告する。

2. カリウム原子吸収フィルターを用いた気温測定

気温の測定原理は Shimizu らが提案し、従来ヨウ素フィルター等を用いて行われている高スペクトル分解能ライダー法であるが、波長 770nm に共鳴波長を持つカリウム原子を用いている点が異なる。カリウム原子吸収フィルターは Fig. 1 のように温度を変えることにより帯域幅を変えること出来る。原子吸収フィルターによりミー散乱成分を吸収させ、気温により変化するレイリー散乱スペクトルの裾の透過成分を、温度の異なる 2 つのカリウムフィルターにより測定しその透過光信号強度比から気温をもとめる。特にエアロゾルの多い下層域ではミー散乱成分の除去ができ、フィルターの温度制御も容易な本方式は他のエタロン方式や回転ラマン方式に比べて有利である。

送信レーザー光の波長は吸収フィルターの中心に合わせる必要があるため、インジェクションシーディング方式の Nd:YAG-SHG 励起 Ti:sapphire レーザーを用いている。受信系にはカリウム原子を封入した蒸気セルフィルターを 2 つ使い、異なる温度に制御している。

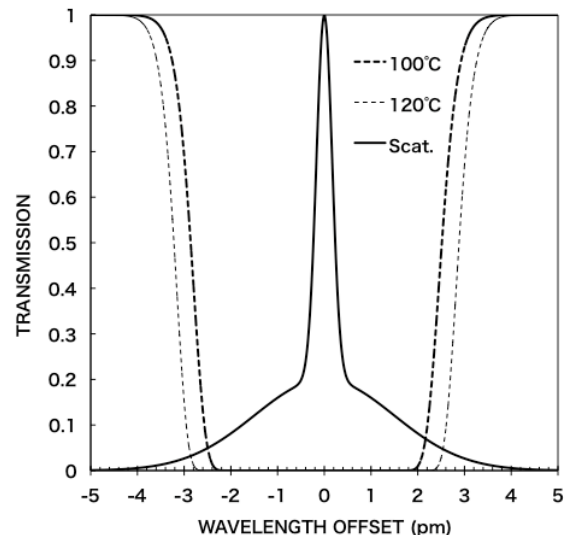


Fig.1 Rayleigh/Mie light scattering spectrum of air molecules consisting of a sharp aerosol peak and a broadened molecular Rayleigh spectrum. The transmission curves of two potassium atomic filters at lower temperature and higher temperature are shown.

3. レーザー波長弁別器

現在国内において試験観測を行っているが、長時間の観測の間に大きな誤差が生じる場合があることが分かった。調べてみると、インジェクションシーダーの波長は安定しているが、インジェクションシーディングをかけているパルス Ti:sapphire レーザーの波長が、シーダー波長とずれていることが分かった。Ti:sapphire レーザーは共振器長をピエゾ素子によりシーダー光の波長と一致するように制御しているが、これが何らかの原因で外れることが原因と考えられる。パルスのレーザー波長は正確にカリウムの共鳴波長に一致していないと、受信のカリウムフィルターでミー散乱成分を吸収することができなくなり、1パルスでも大きな誤差要因となる。

そこで、波長がずれた場合にはデータを加算しないように、送信パルスの波長を瞬時に判別して弁別するレーザー波長弁別器を開発した。ブロック図を Fig.1 に示す。波長弁別器はカリウム蒸気セルと高速差分増幅ディテクターを用いている。差分増幅ディテクターは2つのフォトダイオードの差分を電気信号で得ることができる検出器で、1つの入力にカリウム吸収セルを通したパルス光を、もう一つの入力にはセルを通さない参照パルス光を入射する。レーザー波長が正確にカリウムの共鳴波長と一致している場合のみに差分のパルス信号が得られるので、これをトランジェントレコーダのトリガー信号として用いることにより、1パルス毎のレーザー波長弁別が可能となる。

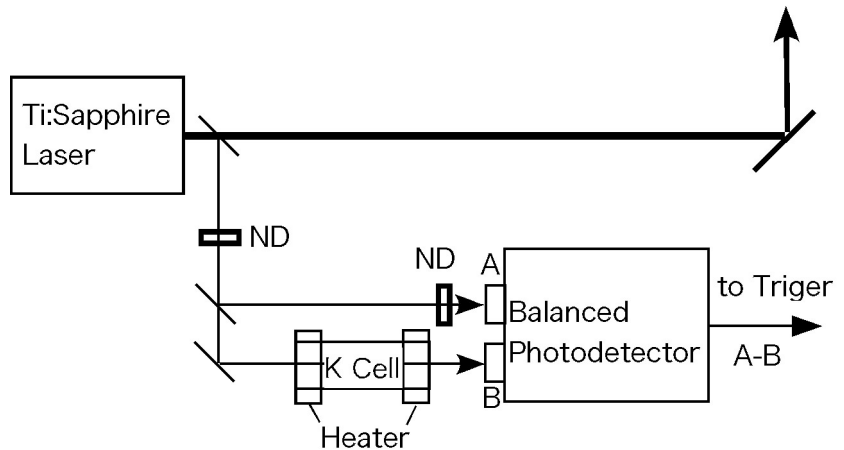


Fig.1 Block diagram of laser pulse discrimination system using a balanced photodetector and a potassium vapor cell.

4. おわりに

開発した波長弁別器を用いて国内において試験観測を行うとともに、京都大学信楽 MU 観測所において、ライダーとラジオゾンデ及び RASS との同時観測を行い精度の検証を行う。その後熱帯域における気温観測を行う予定である。

参考文献

H.Shimizu et al., Appl. Opt. Vol.22, No.9, p.1373, 1983.