

カリウムファラデーフィルタを用いた気温観測用ライダーの検討

High Spectral Resolution Lidar with a Potassium Faraday Filter for Temperature Measurements

石川 隆大、阿保 真、長澤 親生、柴田 泰邦

Takahiro Ishikawa, Makoto Abo, Chikao Nagasawa, 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:

A high-spectral-resolution lidar (HSRL) using potassium atomic absorption filters was proposed for temperature profile measurements in low altitude. In this paper, we propose new filter system replacing absorption filters with a Faraday filter to reduce the temperature measurement error in daytime.

1. はじめに

地表付近の気温の垂直分布測定は、気象予報の基礎データであるとともに竜巻、ダウンバーストなどの気象災害予測のためにも重要である。現在、気温の垂直分布測定は、主にラジオゾンデにより行われているが、観測頻度や観測場所が限定されており、ライダーによる気温測定が注目されている。これまでのライダーによる測定法であるレイリーライダー法や回転ラマンライダー法では、エアロゾルや雲からのミー散乱信号が大きな誤差要因となり、特に対流圏下部の測定が困難であった。

我々は、地表面付近から境界層までの気温観測を目的とし、受信部に小型のカリウム原子吸収フィルタを、送信レーザーとして波長可変なTi:Sapphire レーザーを用いた高スペクトル分解能ライダーの開発を行った^[1]。今回は、この対流圏気温観測用ライダーを特に昼間の気温測定誤差の低減を目的に、受信部に使用している原子吸収フィルタをカリウムファラデーフィルタに置き換える方法を提案する。

2. 気温測定原理

高スペクトル分解能ライダー^[2]による気温の測定原理はFig. 1に示すように、気体のレイリー散乱スペクトルの温度によるドップラ拡がり、帯域幅の異なる2つの狭帯域フィルタを用いて測定し、その強度比から温度を求める。従来、狭帯域フィルタにはエタロンや原子フィルタが用いられており、我々は共鳴波長770nmのカリウム原子吸収フィルタを狭帯域フィルタとして用いている。原子吸収フィルタは、金属原子をガラス

セルに封じ込めヒータにより温度制御した吸収フィルタで、温度を変えることにより吸収帯域幅を変えることが出来る。

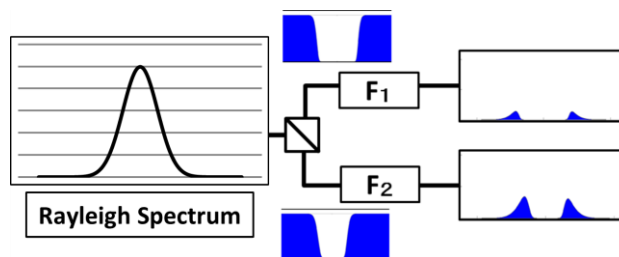


Fig.1 Block diagram of High Spectral Resolution Lidar for temperature measurement

しかし、原子吸収フィルタでは強いミー散乱成分を押さえつつ狭い帯域幅を得るのは困難であった。そこで我々は新たに、従来は昼間観測用の狭帯域バンドパス型フィルタとして用いられているファラデーフィルタに着目した。ファラデーフィルタ^[3]は原子フィルタに磁場をかけ、前後に偏光子を置いた構造となっており、磁場によるファラデー効果（偏光の回転）とゼーマン効果（共鳴波長の分離）を利用したフィルタであり、磁場、セル温度、セルの長さの組み合わせにより、様々な透過特性が得られる。

3. シミュレーション

今回、高度20kmまでの鉛直温度プロファイル測定を目標とするため、気温範囲 $-57^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$ でファラデーフィルタの最適なパラメータをシミュレーションによって求めた。また装置の簡略化のため1つのファラデーフィルタの磁場を電磁石

の電流により切り替える事を考え、セル温度 85～150℃、セル長 4～8cm、磁束密度 50～300G の範囲で最も測定誤差が小さくなる条件を求めた。

Fig. 2 にセル温度 120℃、セル長 7.0cm、磁束密度 50G および 300G としたファラデーフィルタの透過特性並びに標準大気の大気対流圏界面温度である気温-57℃のレイリー散乱スペクトルを示す。

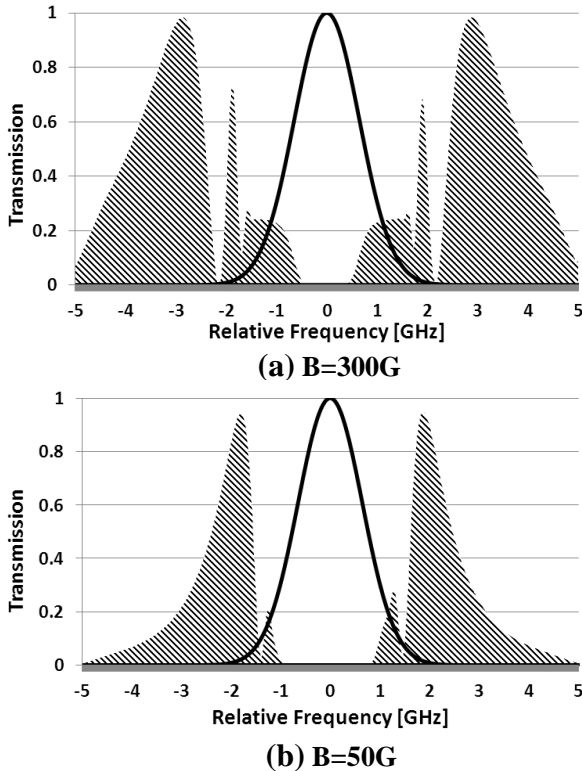


Fig.2 Transmission spectrum of a Faraday filter.
(Cell temperature: 120℃, cell length: 7cm)

次に Table. 1 に示す各条件の下で、高度 0～20km の昼夜間の気温測定誤差の計算結果を従来法と比較して Fig. 3 に示す。なお、昼間の背景光強度は実験値を用いている。従来法に比べ、ファラデーフィルタを使用した計測システムでは、高度 6km で 2K、高度 20km で 0.8K の誤差となり、昼間計測においても太陽光の影響を受けず、測定誤差の低減が確認できた。

4. おわりに

シミュレーションによりファラデーフィルタを使用することによって特に昼間の気温測定誤差の低減が可能であることがわかった。今後実際にファラデーフィルタを作成し特性を確認するとともに、温度プロファイル計測を行う予定である。

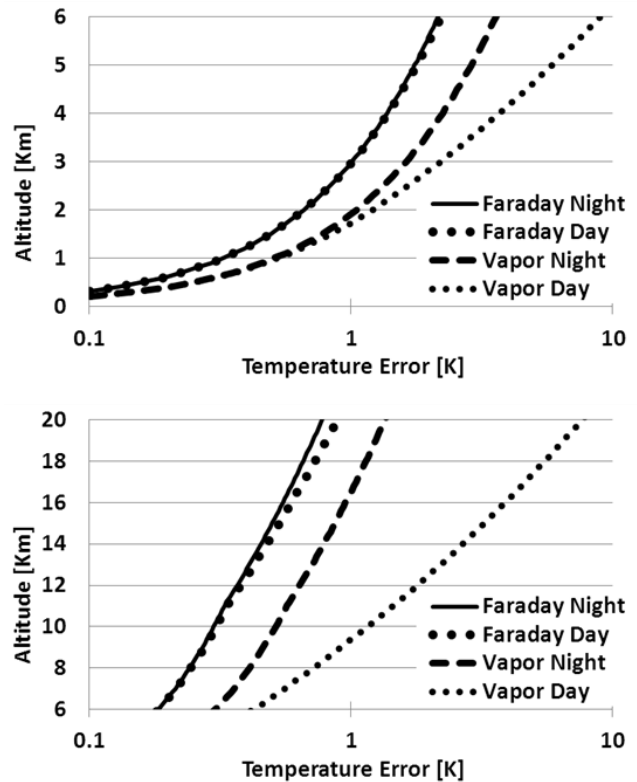


Fig.3 Temperature error as a function of altitude

Table 1. Lidar parameters for temperature measurement error simulation

Altitude	0km～6km	6km～20km
Pulse Energy	50mJ	
Repetition Rate	10Hz	
Telescope Diameter	20cm	50cm
Range Resolution	100m	200m
Accumulation Time	30min	60min
Optical Transmittance	20%	
Detector Efficiency	10%	

参考文献

- [1] 佐々木一秀他, K 原子フィルターを用いた気温測定ライダーの開発, 第 25 回レーザーセンシングシンポジウム No.D-1, 2007.
- [2] H.Shimizu et al., Appl. Opt. Vol.22, No.9, p.1373, 1983.
- [3] Zhang et al., IEEE J. Quantum Electron. Vol.37, No.3, p.372-375, 2001.