

ナトリウム温度ライダーの昼間観測を目的とした  
狭帯域フィルタの開発と特性測定

Development of an ultra-narrow band optical filter and  
its transmission measurements for the sodium lidar daytime observation

大西 颯、川原琢也、斉藤保典、小林史利、野村彰夫、柴田泰邦\*、阿保 真\*  
A. Ohnishi, T. D. Kawahara, Y. Saito, F. Kobayashi, A. Nomura, Y. Shibata\*, M. Abo\*

信州大学工学部、\*首都大学東京

Shinshu University, \*Tokyo Metropolitan University

**Abstract:**

We are now developing a Faraday filter for the daytime observations with our Na temperature lidar. The filter needs an ultra-narrow bandwidth of ~10 pm which is 1/100 of a commercial type band pass filter to reject a blight background in a daytime observation. Upgrading the lidar enables us to picture 24 hour temperature variations which can be compared with the wind data. We measured a transmission of the filter with a special technique using a ring cw laser at 589 nm and a sodium cell for the absolute wavelength monitor at Tokyo Metropolitan University. We report the results of the experiments and the new Faraday filter which is now under construction.

1. はじめに

信州大学では、中間圏界面（80-110km）の温度構造や大気活動の高度情報を高時間高空間分解能で観測できるナトリウム温度ライダーを用いた観測を行っている。Na 原子散乱断面積内の2波長のレーザーを交互に打ち上げ、散乱断面積に比例した共鳴散乱光を受信し、その比から温度の高度分布を高時間高空間分解能で計測する。

Na 原子層からの共鳴散乱光に対し、太陽光による背景光が強い昼間は観測ができず、現在の装置では夜間のみでの観測に限られてしまう。そのため、レーザー観測（風）との比較や、潮汐波の観測ができない。そこで、我々は太陽光による背景光を除去するため、超狭帯域磁気光学フィルタ（ファラデーフィルタ）の開発と特性測定を行っている。

フィルタは、偏光面が直交するように置かれたグラントムソンプリズムと強磁場中に設置した加熱Naセルとから成る。Naセルは、1750Gの磁場中で約180°C程度に加熱して使用する。パイレックスガラス製のNaセルは、ガラスとNa原子が反応し特性が変化するため温度導出に大きな誤差を生じることが問題であった。そこでNaに対して極めて安定な単結晶サファイアをセルボディに用いる方向で開発を進めている。オプティカルコンタクトという手法でサファイア同士を接着し、ほぼ一体型セルとして製作が可能となりつつある。サファイアは他のアルカリ金属や酸に対しても極めて安定で、原理的には融点以下の高温（2000°C程度まで）で使用可能であるため、他の蒸気原子セルに応用し狭帯域フィルタに利用できる可能性を秘めている。

本講演ではファラデーフィルタと、絶対波長モニターを行うドップラーフリーシステムの実験手法の確立から、測定結果、セルの開発状況について報告する。

現在、サファイアセルが開発段階にあるため、特性測定は市販パイレックスセルを用いた。今後、サファイアセルが完成後、比較実験を行い安定性の確認を行う。

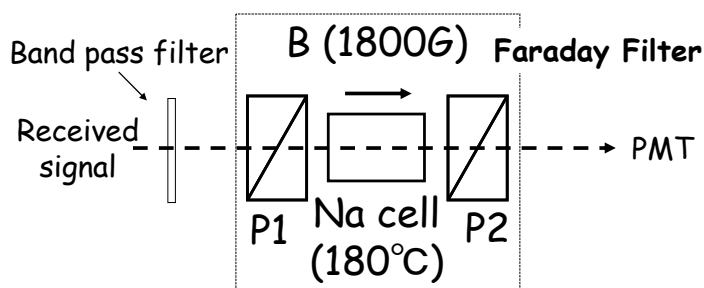


Fig.1 Design of Faraday filter. It consists of two polarizers which are placed in cross position and a high temperature sodium cell in between.

## 2. 特性測定システム

ナトリウム温度ライダーでは、二波長のレーザー（波長差が約 1 pm）による Na の共鳴散乱光の散乱断面積の比から温度を導出する。したがって、観測する 2 波長でのフィルター透過率が、正しい温度を導出するために最も重要となる。

ファラデーフィルタは特殊な透過特性(透過波長幅 ~20 pm)を持ち、数 pm 程の波長差でも透過率に差が出るため、超高分解能で透過率計測をした結果を用いて補正解析することが必要不可欠となる。

我々は、図 1 に示したファラデーフィルタを製作し、首都大学のリングレーザー（線幅 1kHz 以下）を光源に用いて、Na D<sub>2</sub> を含む 589.150~589.170nm の波長の光をスキャンすることで透過率測定を行った。図 2 に示すように、ハーフミラーで二つに分けた光は、ファラデーフィルタ透過率とドップラーフリーの同時計測に使用される。PMT で取得した光の強度は、PC に実装した A/D 変換ボードを介して、データを保存した。

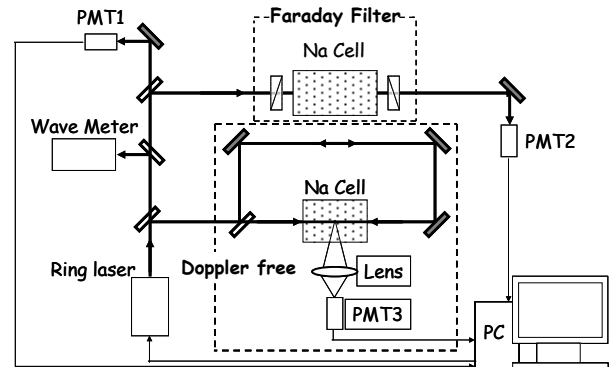


Fig.2 Schematics of a Faraday filter transmission measurement system including Doppler free measurement system.

## 3. 測定結果

図 3 には、計測したファラデーフィルタの透過プロファイルを示す。ただし、透過率の補正ができていないため、縦軸は計測値である。透過幅、形状はほぼ理論の通りの結果が得られた。

図 4 にはドップラーフリーの測定結果を示す。Doppler Free ではセルからの散乱光に見られる特徴的な形状（図の↑部）が、絶対波長の指標となる。

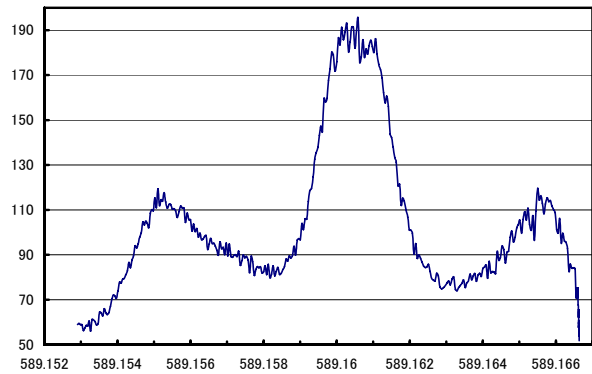


Fig.3 Measured transmission of Faraday filter. The cell temperature was 165C in 1750G.

## 4. 考察

ファラデーフィルタの透過率測定、Doppler free 計測初期結果として得ることができた。今後のファラデーフィルタ透過率計測の課題は、(a)透過率をだすこと、(b)理論カーブを fitting することで、セル内での実効的溫度の導出、(c)セルを長時間高温にしておくことで透過率の時間変化の調査、(d)様々なセル温度条件で計測することにより、最も効率の良い透過率の選択、などを行う。Doppler free のほうは、(a)S/N を高めること、(b)よりシャープな dip が計測できるセル温度、光学的条件を見つけること、(c)ファラデーフィルタの透過率と同時に計測することで、絶対波長の指標として利用できるようにすること、などがあげられる。

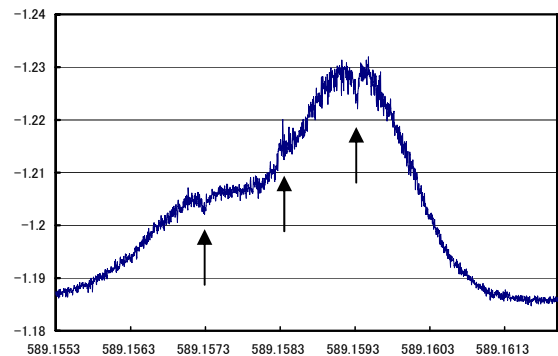


Fig.4 Measured Doppler free spectrum. Dips at specific wavelength are clearly seen.