

【助成 38 -05】

ひまわり超高層寒冷化 モニタリング 実現に向けた地上 レーザセンシング 用狭帯域 フィルタ の開発

研究者 電気通信大学 大学院情報理工学研究科 准教授 津田 卓雄

〔研究の概要〕

地球規模の温暖化に伴う超高層領域の大気温度、即ち超高層寒冷化の全球変動をリアルタイムで連続的に捉える環境モニタリングシステムの実現に向けて、(1) 静止軌道衛星ひまわりによる夜光雲モニタリングシステムの開発、(2) 地上レーザセンシングによる日照時大気温度計測の為に超狭帯域フィルタの基礎開発、を中心に研究を進めた。今後、ひまわりによる夜光雲変動と地上レーザセンシングによる夜光雲発生時期（日照時）の大気温度変動の同時観測の実施、両者の対応関係の調査を進めることで、将来的には、夜光雲モニタリングを通して超高層領域の大気温度環境をモニタリングするシステムの実現へと寄与することが期待される。

〔研究経過および成果〕

(1) 静止軌道衛星ひまわりによる夜光雲モニタリングシステムの開発

ひまわり 8 号による全球輝度画像データから夜光雲を自動で検出する手法の開発を行なった。手法開発の試行錯誤の中で、輝度値の小さい（暗い）夜光雲も検出する為に、背景光成分に含まれる大気分子のレイリー散乱光成分を再現・除去した後に閾値判定で夜光雲/極中間圏雲による散乱光を抽出する方法を考案し、検出感度を向上させた。

開発した夜光雲の自動検出手法をひまわり 8 号の全運用期間（2015 年 7 月 7 日 ~ 現在）の可視 3 バンド（バンド 1（青: 470 nm）、バンド 2（緑: 510 nm）、バンド 3（赤: 640 nm））の観測データに適用して、夜光雲の検出結果をデータベース化した。並行して、ひまわりデータをリアルタイムで定常的に処理し、夜光雲の自動検出結果を電気通信大学のウェブサイト [<http://ttt01.cei.uec.ac.jp/himawari/>] で公開するシステムを構築した。

ウェブサイトで公開している観測データの例として、図 1 に、2020 年 7 月 1-10 日の 10 日間の夜光雲の検出結果を示す。北半球の夏期における夜光雲の発生を広い緯度範囲（38-81°N）で連続的にモニタリングしており、例えば、5 日周期大気波動の影響に伴う夜光雲が 5 日周期で消長する様子も確認できる。北半球と同様に、南半球のモニタリングも可能であり、現在も継続的に夜光雲/極中間圏雲の発生状況のモニタリングを続けている。

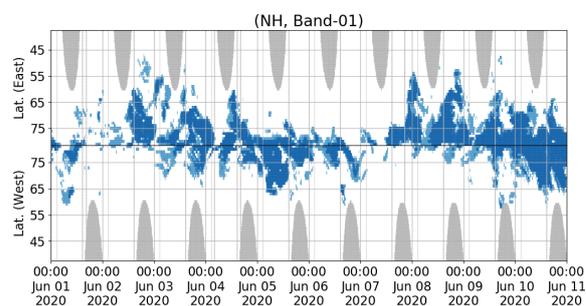


図 1. ひまわり 8 号全球輝度画像のバンド 1（青: 470 nm）で、2020 年 7 月 1-10 日（10 日間）に検出された夜光雲。

ひまわり 8 号全球輝度画像から検出した夜光雲データの検証として、夜光雲観測で実績がある NASA の低軌道人工衛星 Aeronomy of Ice in the Mesosphere (AIM) による夜光雲観測データを利用した。ひまわりと AIM の同時観測データを選択的に抽出し、夜光雲の発生頻度について比較した結果、両者の変動には非常に良い一致が見られ、本研究で新規開発したひまわり全球輝度画像に適用する夜光雲の検出手法の十分な有効性が示された。加えて、定量的な比較においても一致が見られることから両者の検出感度がほぼ同程度であることも判明した。夜光雲の観測に特化した AIM による低軌道（近距離）からの観測と同程度の検出感度を、ひまわりによる静止軌道（超遠距離）からの観測で達成している点は予想以上の成果である。AIM の夜光雲/極中間圏雲データは広く研究者に用いられており、これまでに多数の実績をあげている。同様に、今後、ひまわり夜光雲/極中間圏雲データも広く活用されていくことが期待できると考える。

以上の研究成果について論文として纏め、学術雑誌にて発表した [発表論文 1]。

(2) 地上レーザセンシングによる日照時大気温度計測の為の超狭帯域フィルタの基礎開発

夏期極域（日照時）の現象である夜光雲の背景の大気温度を計測する為には、極域で稼働中の地上レーザセンシングシステムに日照時における温度計測の機能を実装する必要がある。その為、日照時（昼間）の背景光ノイズを大幅に抑制する為の超狭帯域光学フィルタとして、磁気光学フィルタシステムの基礎開発を進めた。

本研究で試作した磁気光学フィルタシステムの外観

を図 2 に示す。フィルタシステムの中心に配置した強磁場・高温状態の Na 原子蒸気セルを通過する際のゼーマン効果と偏光面のファラデー回転を利用して Na D₂ 線の波長を選択的に透過させる磁気光学フィルタであり、透過特性が絶対波長で厳密に決まること、半値全幅 10 pm の超狭帯域であること、高透過率 (> 90 %)、という特徴を有し、本用途に対して十分な性能が期待される。試作フィルタにおいて、強磁場環境は永久磁石で構成した磁気回路で構成し、加熱用ヒーターと断熱材でセルを高温状態で保温できるようにした。今後、試作システムの性能評価実験を進めることを予定している。

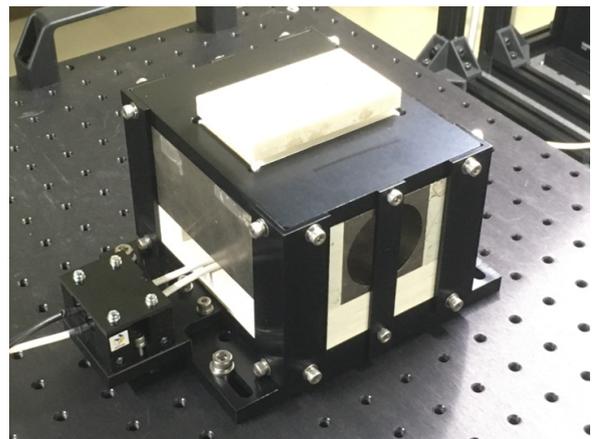


図 2. 試作した磁気光学フィルタシステムの外観。

[発表論文]

1. T. T. Tsuda, Y. Hozumi, K. Kawaura, K. Tatsuzawa, Y. Ando, K. Hosokawa, H. Suzuki, K. T. Murata, T. Nakamura, J. Yue, and K. Nielsen (2022), Detection of polar mesospheric clouds utilizing Himawari-8/AHI full-disk images, Earth and Space Science, 9, e2021EA002076. <https://doi.org/10.1029/2021EA002076>