

# Himawari-8/AHI リム観測を用いた中層大気温度リトリバル解析

津田 卓雄,<sup>1</sup> 安藤 芳晃,<sup>1</sup> 中川 広務,<sup>2</sup> William E. WARD,<sup>3</sup> 堤 雅基<sup>4,5</sup>,  
穂積 裕太<sup>6,7</sup>, 細川 敬祐<sup>1</sup>, 村田 健史<sup>8</sup>

<sup>1</sup> 電気通信大学 (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1)

<sup>2</sup> 東北大学 (〒980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3)

<sup>3</sup> University of New Brunswick (UNB) (Fredericton, New Brunswick E3B 5A3)

<sup>4</sup> 国立極地研究所 (〒190-8518 東京都立川市緑町 10-3)

<sup>5</sup> 総合研究大学院大学 (〒190-8518 東京都立川市緑町 10-3)

<sup>6</sup> National Aeronautics and Space Administration (NASA) (8800 Greenbelt Road Greenbelt, MD 20771)

<sup>7</sup> Catholic University of America (CUA) (620 Michigan Ave., N.E. Washington, DC 20064)

<sup>8</sup> 情報通信研究機構 (〒184-8795 東京都小金井市貫井北町 4-2-1)

## Data analysis for temperature retrieval in the middle atmosphere using limb sounding by Himawari-8/AHI

Takuo T. TSUDA,<sup>1</sup> Yoshiaki ANDO,<sup>1</sup> Hiromu NAKAGAWA,<sup>2</sup> William E. WARD,<sup>3</sup> Masaki TSUTSUMI,<sup>4,5</sup>  
Yuta HOZUMI,<sup>6,7</sup> Keisuke HOSOKAWA,<sup>1</sup> and Ken T. MURATA<sup>8</sup>

<sup>1</sup> *University of Electro-Communications (UEC), 1-5-1 Chofugaoka, Chofu, Tokyo 182-8585*

<sup>2</sup> *Tohoku University, 6-3 Aoba, Aramaki, Aoba-ku, Sendai 980-8578*

<sup>3</sup> *University of New Brunswick (UNB), Fredericton, New Brunswick E3B 5A3*

<sup>4</sup> *National Institute of Polar Research (NIPR), 10-3 Midori-cho, Tachikawa, Tokyo 190-8518*

<sup>5</sup> *Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), 10-3 Midori-cho, Tachikawa, Tokyo 190-8518*

<sup>6</sup> *National Aeronautics and Space Administration (NASA) (8800 Greenbelt Road Greenbelt, MD 20771)*

<sup>7</sup> *Catholic University of America (CUA), 620 Michigan Ave., N.E. Washington, DC 20064*

<sup>8</sup> *National Institute of Information and Communications Technology (NICT), 4-2-1 Nukui-Kitamachi, Koganei, Tokyo 184-8795*

Abstract: Himawari-8 is the Japanese Geostationary Earth Orbit (GEO) meteorological satellite, that is equipped with Advanced Himawari Imager (AHI). Himawari-8/AHI provides full disk images every 10 min in 16 observation bands, including three visible bands: blue (0.47  $\mu\text{m}$ ), green (0.51  $\mu\text{m}$ ), and red (0.64  $\mu\text{m}$ ). These full disk images are normally used as nadir observations mainly for meteorological purposes. On the other hand, the full disk images by Himawari-8/AHI can also provide limb-sounding data utilizing the edges of images with near-global coverage. As an example, there are a couple of reports on polar mesospheric cloud (PMC) observations by Himawari-8/AHI limb-sounding. In the present work, we consider temperature retrieval in the middle atmosphere as a further application using Himawari-8/AHI limb-sounding data. In the limb-sounding, Rayleigh scattering of the sunlight can be observed, and thus we can obtain height profiles of line-of-sight (LOS) integrated Rayleigh scattering signals. By inversion methods, such as the Abel transforms, the onion peeling, etc., the LOS-integrated signals can be converted into local signals, which could be considered to be proportional to the local number densities of the atmospheric molecules. Then, applying the Rayleigh scattering temperature lidar technique, height profiles of temperature can be derived from height profiles of the local signals under an assumption of the hydrostatic equilibrium. There are a couple of previous works demonstrating this kind of temperature retrieval method using limb-sounding data from low-Earth-orbit (LEO) satellites. On the other hand, there is no previous example of GEO satellites, which have an advantage in providing continuous observations from a fixed point in space. In the presentation, we will show our initial data analysis for temperature retrieval in the middle atmosphere using Himawari-8/AHI limb-sounding data, and discuss the potential of the retrieved temperature data.

Keywords: Himawari-8/AHI, Limb-sounding, Rayleigh scattering, Abel transform, Temperature retrieval

## 1 はじめに

ひまわり 8 号 (Himawari-8) は, 日本の静止地球軌道 (Geostationary Earth Orbit: GEO) 気象衛星であり, 高性能ひまわりイメージャ (Advanced Himawari Imager: AHI) を搭載している. Himawari-8/AHI は, 青 (0.47  $\mu\text{m}$ ), 緑 (0.51  $\mu\text{m}$ ), 赤 (0.64  $\mu\text{m}$ ) の 3 つの可視バンドを含む 16 の観測バンドで 10 分毎に全球画像を撮像している. 全球画像は, 通常, 主に気象目的の nadir

観測として使用される。一方、全球画像の端のデータを利用することで limb 観測としてデータを利用することも可能である。その一例として、Himawari-8/AHI の limb データを活用した極中間圏雲 (Polar Mesospheric Cloud: PMC) の観測に関する報告<sup>1-3)</sup>もある。本研究では、Himawari-8/AHI の limb データを用いたさらなる応用として、レイリー散乱光のデータを利用した中層大気温度の観測手法に取り組む。

## 2 解析

Himawari-8/AHI の limb データにおいて、大気のレイリー散乱信号の高度分布を得られている。但し、limb データである為、レイリー散乱信号は LOS (line-of-sight) 方向に積分したデータである。そこで、Abel 変換<sup>4)</sup>などの逆変換手法を用いて、LOS 積分データを local データに変換する。逆変換した local データの信号強度は大気分子の数密度に比例すると考えることができるので、local データにレイリー温度ライダーの手法<sup>5)</sup>を適用し、静水圧平衡の仮定の下で local データの高度分布から大気温度の高度分布を推定することが可能となる。同様の手法を地球低軌道 (Low-Earth-Orbit: LEO) 衛星の limb データに適用した先行研究<sup>6-9)</sup>は幾つかあるが、宇宙空間からの連続定点観測という特徴を持つ GEO 衛星を用いた例は過去に無い。初期解析の結果を Fig. 1 に示す。全球画像の端の limb データ (LOS 積分データ) について、高度方向 1-km、水平方向 (LOS に対して垂直の水平方向) 400-km のグリッドで平均化したデータセットを作成し、そのデータについて 1 時間平均値を計算した (Fig. 1a)。1 時間平均データについて、背景光成分を除去し、Abel 変換を行った (Fig. 1b)。最後に、レイリー温度ライダーの手法で大気温度の高度分布を求めた (Fig. 1c)。本発表では、これらの手法と初期結果についての詳細を紹介し、今後の可能性について議論する予定である。

## 謝辞

本研究に関連する研究活動は、日本学術振興会科学研究費助成事業 (JP20H01962, JP20K20940, JP21K18315, JP21H01144, JP21H01152, JP21H04516, JP22H01289, JP23H03532) 等の支援により実施している。

## 参考文献

- 1) T. T. Tsuda, Y. Hozumi, K. Kawaura, et al.: Atmos. Meas. Tech. **11** (2018) 6163.
- 2) Y. Hozumi, T. T. Tsuda, K. Hosokawa, et al.: J. Geophys. Res. Atmospheres **126** (2021) e2021JD035081.
- 3) T. T. Tsuda, Y. Hozumi, K. Kawaura, et al.: Earth and Space Science **9** (2022) e2021EA002076.
- 4) C. J. Dasch: Appl. Opt. **31** (1992) 1146.
- 5) A. Hauchecorne, and M.-L. Chanin: Geophys. Res. Lett. **7** (1980) 565.
- 6) R. T. Clancy, and D. W. Rusch: J. Geophys. Res. **94** (1989) 3377.
- 7) M. G. Shepherd, B. Reid, S. Zhang, et al.: J. Geophys. Res. **116** (2001) 24,813.
- 8) P. E. Sheese, K. Strong, E. J. Llewellyn, et al.: Atmos. Meas. Tech. **5** (2012) 2993.
- 9) A. Hauchecorne, L. Blanut, R. Wing, et al.: Atmos. Meas. Tech. **12** (2019) 749.

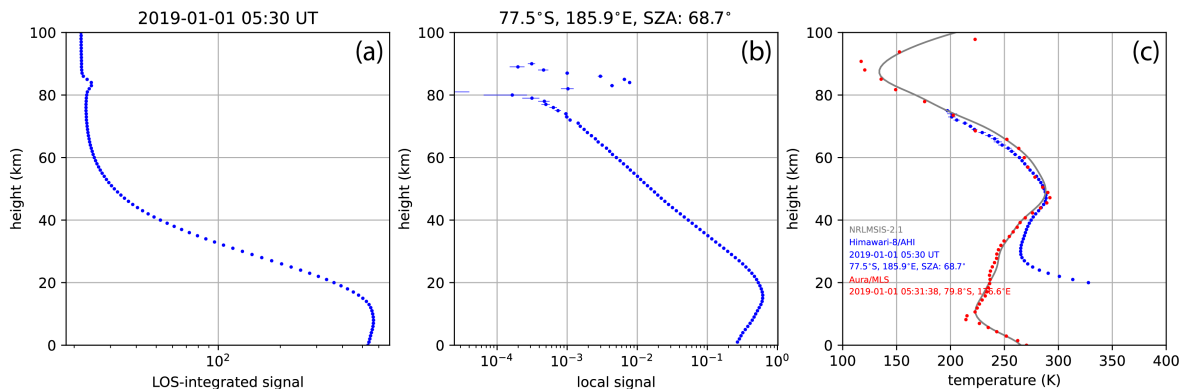


Fig. 1 (a) An example of height profile of 1-hour averaged data from Himawari-8/AHI limb sounding. (b) Height profile of the data after background subtraction and Abel transformation. (c) Height profile of temperature data which are derived from the Avel transformed data (blue). Temperature profiles from Aura/MLS (red) and NRLMSIS-2.1 (gray).