

静止軌道衛星ひまわり 8 号による極中間圏雲の観測

津田卓雄,¹ 穂積裕太,¹ 川浦健斗,¹ 安藤芳晃,¹ 細川敬祐,¹ 鈴木秀彦,² 中村卓司,³ 村田健史⁴

¹ 電気通信大学, ² 明治大学, ³ 国立極地研究所, ⁴ 情報通信研究機構

Polar Mesospheric Cloud Observations with Geostationary-Earth-Orbit Satellite Himawari-8

T. T. Tsuda,¹ Y. Hozumi,¹ K. Kawaura,¹ Y. Ando,¹ K. Hosokawa,¹ H. Suzuki,²
T. Nakamura,³ K. T. Murata⁴

¹University of Electro-Communications, ²Meiji University, ³National Institute of Polar Research,
⁴National Institute of Information and Communications Technology

Abstract

Polar mesospheric clouds (PMCs) or noctilucent clouds (NLCs) consist of water-ice particles, which can be produced in summer at the mesopause region, mainly at high latitudes. Since the first report on PMCs in 1885, various methods have been used to perform PMC observations. Optical observations by ground-based cameras, imagers, or lidars are often limited by weather conditions because a clear sky is required for such observations. Hence, satellite observations from space are valuable for more continuous observations, which enable significant systematic data coverage. Such systematic data coverage would be of benefit, for example, for monitoring long-term PMC activity, which may be related to global changes, because water-ice particle production can be enhanced by CO₂ cooling and H₂O increase, which may be induced by increases in the greenhouse gases such as CO₂ and CH₄.

Many PMC observations have been done by low-Earth-orbit (LEO) satellites. By contrast, there are only few reports of PMC observations by Geostationary Earth Orbit (GEO) satellites, which includes Meteosat First Generation (MFG) and Meteosat Second Generation (MSG). This kind of GEO satellite can provide full-disk images including the Earth's limb, which would give valuable opportunities for PMC observations by continuous limb-viewing from its almost fixed location relative to the Earth. In this presentation, we make an initial report on PMC observations by the Japanese GEO meteorological satellite Himawari-8. Heights of the observed PMCs were estimated to be 80–82 km. Observed PMCs were active only during summertime in both the northern and southern polar regions. These characteristics are well consistent with known PMC behavior. From its almost fixed location relative to the Earth, Himawari-8

is capable of continuously monitoring PMC every 10 min with three visible bands: blue (0.47 μm), green (0.51 μm), and red (0.64 μm). Thus, Himawari-8 can contribute to PMC research in the near future.

はじめに

極中間圏雲 (Polar Mesospheric Cloud: PMC) (cf. *DeLand et al.*, 2005) は、夏季極域の中間圏界面付近に発生する氷雲である。PMC を構成する氷粒子の生成条件は中間圏界面付近の大気温度などに非常に敏感である為、PMC は地球温暖化 (地表付近の温暖化) に伴う中間圏の寒冷化の指標になると考えられている。これまで様々な PMC 観測が進められてきているが、衛星観測の主流は低軌道衛星で、静止軌道衛星による PMC 観測は非常に少ない。本発表では、静止軌道衛星ひまわり 8 号による PMC 観測 (*Tsuda et al.*, 2018) について紹介する。

ひまわり 8 号全球画像

静止軌道衛星ひまわり 8 号 (図 1) は日本の最新の気象衛星で、2015 年 7 月 7 日より観測運用が行われている。ひまわり 8 号に搭載された可視赤外放射計 (Advanced Himawari Imager: AHI) (*Bessho et al.*, 2016) は、可視 3 バンド (青: 0.47 μm , 緑: 0.51 μm , 赤: 0.64 μm) を含む計 16 バンドの観測波長で 10 分毎に全球画像を取得している。可視 3 バンドの空間分解能は、青と緑は ~ 1 km, 赤は ~ 0.5 km である。



図1 静止軌道衛星ひまわり 8 号による全球観測の概観。

PMC 観測

AHI 可視 3 バンドの 3 色合成カラー画像 (ひまわり全球 PNG 画像) の北極付近の拡大図を図 2 に示す. 空間分解能は ~ 1 km である. ひまわり全球 PNG 画像のオリジナルのカラースケール (図 2a) では不明瞭であるが, 50 倍のカラースケール (図 2b) で極域上空に青白い発光の存在が確認できる. この青白い発光が PMC を構成する氷粒子による太陽散乱光である. 全球画像の通常の使用法 (日本付近を見る場合など) は天底観測であるが, ここでは極域の上空を横から眺めるリム観測となる. 画像の各ピクセルについて, リム観測のタンジェンシャルポイントを計算し, 図 2c にタンジェンシャル高度とタンジェンシャル緯度を重ね書きした. PMC の高度は ~ 80 km 付近であり, 典型的な PMC 発生高度 80–85 km と一致する. PMC による散乱光の季節変化を確認するため, 全球画像の中で領域を限定 (緯度範囲 60–90°, 高度範囲 70–90 km) し, 領域内の発光輝度値の合計の季節変化を図 3 に示した. 北極域, 南極域の両方において,

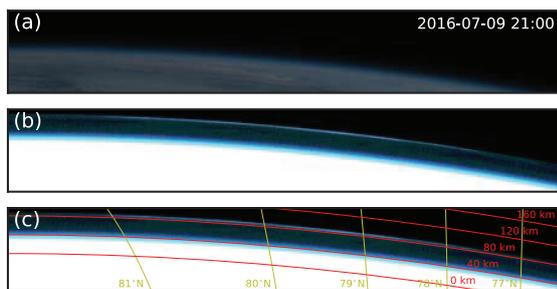


図2 (a) 2016 年 7 月 9 日 21:00UT, 北極上空付近の可視 3 バンドの 3 色合成カラー画像. (b) 図 2a のカラースケールを 50 倍にした画像. (c) 図 2b にタンジェンシャル高度とタンジェンシャル緯度を重ね書きした画像. (adopted from Tsuda *et al.*, 2018)

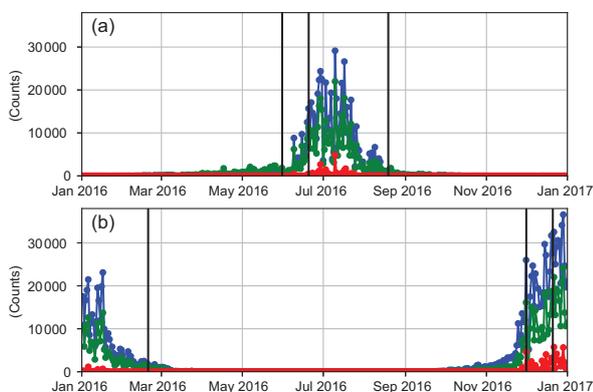


図3 (a) 北極域 (緯度範囲 60–90°N, 高度範囲 70–90 km) の PMC 輝度値の合計の季節変化. 青, 緑, 赤は, AHI 可視 3 バンドの青, 緑, 赤に対応する. (b) 南極域 (緯度範囲 60–90°S, 高度範囲 70–90 km) の PMC 輝度値の合計の季節変化. (adopted from Tsuda *et al.*, 2018)

PMC の活動度が夏季に高まる様子が確認でき, 典型的な PMC の季節変化の特徴と一致する.

今後の展望

ひまわり 8 号 AHI で取得される全球画像の地球リム領域に注目することで PMC の観測が可能であることを示した. 次の展開として, 現在, 全球画像データを用いた PMC の自動検出手法の開発を進めている. PMC 自動検出は長期連続データの解析に必須となるが, 加えて自動検出結果の評価を通じ, ひまわり PMC 観測における PMC の検出限界を明らかにすることも重要である. 一方で, PMC の検出だけでなく, ひまわり全球画像データから PMC パラメータ (粒径, 存在量, etc.) を抽出する手法の開拓にも挑戦している. 第一段階として, PMC による太陽光のミー散乱を静止軌道で計測する場合の forward model の基礎開発に着手している. また, ひまわり 8 号以外の静止軌道衛星への応用, 特に, ひまわり 8 号 AHI と同種の放射計である Advanced Baseline Imager (ABI) を搭載した最新の GOES 衛星への応用を検討している. 静止軌道という宇宙からの定点観測によって得られる広視野, 高頻度の PMC データは貴重であり, 以上のような研究活動を通じて従来の低軌道衛星による PMC 観測を補充しながら新しい PMC 研究が展開されていくことが期待される.

謝辞

ひまわり 8 号の全球画像データは情報通信研究機構 (NICT) サイエンスクラウドより提供されています.

参考文献

- Bessho, K., K. Date, M. Hayashi, A. Ikeda, T. Imai, H. Inoue, Y. Kumagai, T. Miyakawa, H. Murata, T. Ohno, A. Okuyama, R. Oyama, Y. Sasaki, Y. Shimazu, K. Shimoji, and Y. Sumida (2016), An introduction to Himawari-8/9 – Japan’s new-generation geostationary meteorological satellites, *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, *94*, 151–183, <https://doi.org/10.2151/jmsj.2016-009>.
- DeLand, M. T., E. P. Shettle, G. E. Thomas, and J. J. Olivero (2005), A quarter-century of satellite polar mesospheric cloud observations, *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.*, *68*, 9–29, <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2005.08.003>.
- Tsuda, T. T., Y. Hozumi, K. Kawaura, K. Hosokawa, H. Suzuki, and T. Nakamura (2018), Initial report on polar mesospheric cloud observations by Himawari-8, *Atmos. Meas. Tech.*, *11*, 6163–6168, <https://doi.org/10.5194/amt-11-6163-2018>.