

北海道における夜光雲出現頻度の朝夕非対称性のメカニズム

#遠藤 哲歩¹⁾, 富川 喜弘²⁾, Dalin Peter³⁾, 坂野井 和代⁴⁾, 岩本 勉之⁵⁾, 西谷 望⁶⁾, 津田 卓雄⁷⁾, 中村 優里子¹⁾, 面 征宏¹⁾, 鈴木 秀彦¹⁾

(¹ 明治大学, (² 国立極地研究所, (³ Swedish Institute of Space physics, (⁴ 駒澤大学, (⁵ 紋別市役所, (⁶ 名古屋大学, (⁷ 電気通信大学

A strong local-time dependency on the occurrence of noctilucent clouds over Hokkaido, Japan.

#Akiho ENDO¹⁾, Yoshihiro TOMIKAWA²⁾, Peter DALIN³⁾, Kazuyo SAKANOI⁴⁾, Katsushi IWAMOTO⁵⁾, Nozomu NISHITANI⁶⁾, Takuo TSUDA⁷⁾, Yuriko NAKAMURA¹⁾, Masahiro OMOTE¹⁾, Hidehiko SUZUKI¹⁾

(¹ Meiji University, (² National Institute of Polar Research, (³ Swedish Institute of Space physics, (⁴ Komazawa University, (⁵ Monbetsu city, (⁶ Nagoya University, (⁷ University of Electro-Communications

Noctilucent clouds (NLCs) are the highest clouds in the Earth's atmosphere, occurring at altitudes of about 82 – 85 km, and are typically observed in high-latitude regions (50 – 60° in latitude) during summer. Observations of NLCs is the effective method to monitor the atmospheric dynamics in the mesopause region with high spatial and temporal resolution. In recent years, a latitudinal expansion of NLC occurrences toward lower latitudes has been reported. In particular, a number of NLC cases at midlatitudes (below 50°) is increasing. For example, 36 events were reported in North America between 2003 and 2011 (Russell III et al., 2014). In Europe, more than five events per year were recorded from 2005 to 2021, with as many as 22 cases in 2009 (Dalin et al., 2023). In Asia, NLCs were first observed in Hokkaido, Japan (42° N), in 2015 (Suzuki et al., 2016), and later in Beijing, China (40° N) in 2020 (Jiaxuan et al., 2022). In Japan, the NLC imaging network has been updated since the first NLC detection in Hokkaido in 2015. Four more events were observed in 2020, one in 2021, and four in 2025, giving a total of ten NLC cases at present. Except for one case, all events occurred in the early morning hours (2:00 – 3:00 LT). Although the occurrence of NLCs is theoretically possible after sunset as well as before sunrise, the actual observations show a strong local time dependence on the occurrence. A similar local time dependence of NLC occurrence has also been reported by lidar observations in the European polar mesopause region (69° N, 16° E) (Fiedler et al., 2011).

To investigate the causes of this local time dependence of NLC over Hokkaido, we compared multiple ground-based NLC events with temperature and water vapor fields obtained from AURA/MLS satellite data. The analysis revealed a persistent local-time-fixed variation pattern in the temperature field, with relatively high temperatures after sunset and low temperatures at dawn. This pattern is consistent with the fact that most NLCs in Japan occur in the early morning. A likely explanation is the influence of solar atmospheric tides. To examine this assumption, we investigated meteorological fields in the upper mesosphere around North Japan using the JAGUAR-DAS Whole neutral Atmosphere Reanalysis (JAWARA) data, which includes assimilation up to lower thermosphere ($z = 150$ km). The results suggest that modulations caused by tidal waves are responsible for the strong local-time dependence of NLC occurrence in Japan.

夜光雲 (Noctilucent Clouds: NLCs) は、地球上の雲の中で最も高高度 (約 82 – 85 km) に形成される雲であり、高緯度地域 (緯度 50 – 60 度) の夏季に観測される。夜光雲のイメージ観測は、中間圏界面領域の大気状態を高い時空間分解能で把握する手段として有効である。近年、夜光雲の出現範囲が低緯度側へ拡大している傾向が報告されており、中緯度 (緯度 50 度以下) における観測例も増加している。たとえば北米では 2003 年から 2011 年の間に 36 例の観測が報告されている (Russell III et al., 2014)。ヨーロッパでは 2005 年から 2021 年まで毎年 5 例以上が観測され、2009 年には最大で 22 例が記録された (Peter et al., 2023)。アジア域でも観測例があり、2015 年には日本・北海道 (42° N) で夜光雲が初めて観測された (Suzuki et al., 2016)。また 2020 年には中国・北京 (40° N) において観測例が報告されている (Jiaxuan et al., 2022)。

日本での夜光雲観測は 2015 年の北海道での初観測を契機に観測体制が強化され 2020 年には 4 例、2021 年には 1 例、さらに 2025 年には 4 例の追加検出に成功している。これらの観測例計 10 例のうち 1 例を除きすべてが明け方 (LT 2-3 時) に集中して発生している。夜光雲の出現条件は太陽高度角によって制約されるため、日没後にも観測の機会はあるが、観測事実は強い朝夕非対称性を示している。同様に地方時依存性を示した一例として欧州 (69° N, 16° E) で行われた極域中間圏界面のライダー観測の結果が報告されている (Fiedler et al., 2011)。

本研究では、北海道上空における夜光雲出現時間の地方時依存性の原因を解明するため、複数の観測事例に対して衛星観測 (AURA/MLS) による温度・湿度場との比較を行った。その結果、日没後の薄明時間帯と明け方の薄明時間の温度場にはローカルタイムに固定された変動パターンが存在することが分かった。この固定パターンは、日没後は高温、明け方が低温というパターンを示しており、北海道で観測された夜光雲が明け方の時間帯に集中していることと整合している。ローカルタイム依存する温度変動パターンとしては潮汐波動によるものが有力である。そこで、本研究では上部中間圏領域までのデータ同化が実装された気象再解析データ JAWARA を用いて同時期における日本周辺の上部中間圏領域の気象場の典型的な特徴を調査した。その結果、日本における夜光雲出現時間の偏りをもたらすものは同領域に伝搬する潮汐波動によるものであることが強く示唆された。