

キルナにおける夜光雲スペクトルの地上観測

#増田 歩音¹⁾, 遠藤 哲歩¹⁾, Dalin Peter²⁾, 津田 卓雄³⁾, 鈴木 秀彦¹⁾

(¹ 明治大学, (² Swedish Institute of Space physics, (³ 電気通信大学

A ground-based observation of spectra of noctilucent clouds in Kiruna

#Ayune Masuda¹⁾, Akiho ENDO¹⁾, Peter Dalin²⁾, Takuo TSUDA³⁾, Hidehiko SUZUKI¹⁾

(¹ Meiji University, (² Swedish Institute of Space physics, (³ University of Electro-Communications

Noctilucent clouds (NLCs) are ice clouds that appear mainly in subpolar regions (between 50 and 60 degrees latitude) during the summer in both hemispheres. NLCs typically appear at altitudes between 80 and 90 km. These clouds provide valuable information on the mesopause region and are considered to be important indicators of this region. Imaging is a most common method for observing NLCs, as even ordinary digital cameras can easily capture their wave detailed features. Spectroscopic observation is also an effective method for studying NLCs because it provides information about the ice cloud's physical properties (e.g., particle size distribution and shape). Recent progress in developing sensitive, low-cost sensors allows us to easily implement spectroscopic observations of NLCs, as well as imaging methods. We have developed a compact spectrometer consisting of imaging lenses, a diffraction grating, a slit, and a CMOS sensor. Additionally, a color camera is installed outside the spectrometer to control its field of view (f.o.v.). The spectrometer registered its first light between August 15 and 22, 2024, in Kiruna, Sweden (67.86° N, 20.42° E). Fortunately, we successfully observed NLCs with the spectrometer during the test observation on the night of August 19-20. However, it was difficult to separate a pure NLC signal from the background sky signal (Masuda et al., 2024). The radiance of the background sky signal varies dynamically in both time and space during twilight. Thus, in general it was difficult to estimate the background signals from "NLC + sky" spectra. To overcome this problem, we narrowed the spectrometer's field of view from 67 degrees to 20 degrees. This improved the spectrometer's spatial resolution and made it possible to resolve fine NLC structures, such as ripples. The ripple structure is a wavy pattern in the clouds, which makes it possible to estimate the background signal in neighboring gap areas within the same image. The improved spectrometer has been operational since August 6, 2025, and has already succeeded in detecting ripple structures on the night of August 20-21, 2025. This presentation will report early results of the initial analysis of the NLC spectrum data. In particular, we will discuss the history of particle size during the event using the color ratio of the NLC spectrum taken under various scattering angles.

夜光雲 (NLC) は、両半球の夏季の極域 (緯度 50-60 度) に発生する氷の雲である。NLC の典型的な発生高度は 80-90 km であり、中間圏界面領域のダイナミクスを可視化する貴重な現象として知られている。夜光雲は短時間の露光時間でも微細構造を容易にとらえることができるため、そのイメージング観測は同領域の乱流の研究にとって強力な武器となる。分光観測もまた、氷の雲の物理的特性 (平均粒子サイズや粒径分布など) を推定できる有効な観測手段である。近年、低コストかつ高感度なイメージングセンサーの登場によって、NLC の分光観測を容易に導入することが可能になった。そこで我々は、夜光雲を観測するためにレンズ、透過型回折格子、スリット、CMOS センサーから構成される小型イメージング分光計を開発した。観測時には視野確認用のカラーカメラ (F.O.V カメラ) も併置し、事前校正により分光器のスリットに対応する視野領域が、視野確認用カメラの画角のどの領域を見ているかを対応付けしてある。2024 年には 8 月 15 日から 22 日までの期間、スウェーデンのキルナにおいて本分光器を用いた夜光雲の分光観測を行う機会を得た。この期間中の 8 月 20 日の晩には夜光雲の分光観測に成功したものの、解析によって背景光と夜光雲の信号が含まれるデータから、夜光雲の信号のみを抽出することが困難であることが判明した (Masuda et al., 2024)。これは夜光雲が観測される薄明時間においては、背景光の強度が空間的にも時間的にも大きく変動するため、空間的に広がりを持つ夜光雲の分光データを得たとしても、そこから背景光の信号を推定することが難しいためである。そこで、分光器の前面レンズを交換し、スリットに沿った視野角を 67 度から 20 度に狭め、空間分解能を高める修正を行った。夜光雲にはリップル構造と呼ばれる微細構造がしばしば観測されるが、空間分解能を高めることでこの構造を空間的に分解して観測することが可能となる。リップル構造は、雲の部分と隙間の部分が近接して観測されるため、雲の部分の背景光信号を近傍の隙間部分の信号から推定することが可能になる。この改良型分光計を 2025 年 8 月 6 日から再びキルナにて設置運用し分光観測を行っている。同年の 8 月 25 日の晩には、複数のリップル構造の分光観測に成功している。本発表では、2025 年に改良型の分光器で得られた NLC の分光データの初期解析結果を報告する。特に、様々な散乱角で得られた NLC スペクトルの Color Ratio を用いて、イベント中の粒子サイズの変化について考察する。