

R006-19

A 会場 : 11/27 AM2 (10:30-12:00)

11:15~11:30

脈動オーロラの発光強度変化と降下電子エネルギースペクトルの相関: LAMP 観測ロケットと EMCCD 全天カメラによる同時観測

#平野 晶也¹⁾, 細川 敬祐¹⁾, 三好 由純²⁾, 浅村 和史³⁾, Lessard Marc⁴⁾, Mcharg Matthew⁵⁾, Jaynes Allison⁶⁾, Shumko Mykhaylo⁷⁾, Ledvina Vincent⁸⁾, Hampton Don⁸⁾, 坂野井 健⁹⁾, 三谷 烈史³⁾, 滑川 拓¹⁰⁾, 能勢 正仁¹¹⁾, 小川 泰信¹²⁾, Halford Alexa¹³⁾

(¹⁾ 電通大, (²⁾ 名大 ISEE, (³⁾ 宇宙研, (⁴⁾ ニューハンプシャー大学, (⁵⁾ アメリカ合衆国空軍士官学校, (⁶⁾ アイオワ大学, (⁷⁾ ジョーンズ・ホプキンズ大学応用物理研究所, (⁸⁾ アラスカ大学フェアバンクス校, (⁹⁾ 東北大・理・PPARC, (¹⁰⁾ NICT, (¹¹⁾ 名市大・DS 学部, (¹²⁾ 極地研, (¹³⁾ NASA ゴダード宇宙飛行センター

The correlation between the luminosity variation of pulsating aurora and energy spectra of precipitating electrons

#Masaya Hirano¹⁾, Keisuke Hosokawa¹⁾, Yoshizumi Miyoshi²⁾, Kazushi Asamura³⁾, Marc Lessard⁴⁾, Matthew Mcharg⁵⁾, Allison Jaynes⁶⁾, Mykhaylo Shumko⁷⁾, Vincent Ledvina⁸⁾, Don Hampton⁸⁾, Takeshi Sakanoi⁹⁾, Takefumi Mitani³⁾, Taku Namekawa¹⁰⁾, Masahito Nose¹¹⁾, Yasunobu Ogawa¹²⁾, Alexa Halford¹³⁾

(¹⁾University of Electro-Communications, (²⁾Institute for Space-Earth Environment Research, Nagoya University, (³⁾Japan Aerospace Exploration Agency, (⁴⁾University of New Hampshire, (⁵⁾the United States Air Force Academy, (⁶⁾University of Iowa, (⁷⁾Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, (⁸⁾University of Alaska Fairbanks, (⁹⁾Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University, (¹⁰⁾The National Institute of Information and Communications Technology, (¹¹⁾School of Data Science, Nagoya City University, (¹²⁾National Institute of Polar Research, (¹³⁾NASA Goddard Space Flight Center

Aurorae observed in the nightside auroral zone are primarily classified into two broad categories. The one is discrete aurorae, which have clear and distinct spatial structures, and the other is diffuse aurorae, characterized by vague and indistinct patchy shapes. It is known that most of diffuse aurorae show a quasi-periodic luminosity modulation called pulsating aurora (PsA). The energy of the precipitating electrons causing PsA tends to be higher than those causing typical discrete aurorae, and we sometimes refer to these precipitating electrons as "PsA electrons". The tail of the energy spectra of PsA electrons often extends to a few tens/hundreds of keV. Such sub-relativistic electron precipitations can be explained in association with whistler-mode chorus waves that originate near the equatorial plane of the magnetosphere. These waves propagate along the magnetic field lines and scatter electrons through the wave-particle interaction in the high-latitude regions of the magnetosphere. Regarding the relationship between PsA electrons and auroral emissions, simultaneous observations using electron detectors and multi-spectral auroral camera onboard the Reimei satellite suggested that a flux modulation, whose energy is above a few keV, is the primary cause of the luminosity modulation of PsA [Miyoshi et al., 2015]. However, the detailed correlation between the luminosity modulation of PsA and the energy spectrum of PsA electrons during relatively longer time interval (e.g., over several minutes) has not yet been clarified. In addition, the spatial extent of the region showing a strong correlation between PsA electrons and auroral emissions has not been visualized through actual observations. These issues fundamentally stem from the absence of spacecraft missions capable of conducting continuous electron measurements in the regions where PsA occur.

To address this issue, this study analyzes the correlation between the in-situ low-energy electron data obtained from the EPLAS low-energy electron sensor onboard the LAMP sounding rocket and the PsA emission intensity data obtained from the EMCCD all-sky camera operated in Alaska during the launch window. The launch window of the LAMP sounding rocket was from 11:29 to 11:38 UT on March 5, 2022, and the onboard low-energy electron sensor, EPLAS, covered an energy range of 5 eV to 15 keV. Additionally, the EMCCD all-sky camera in Venetie, Alaska, observed the region containing the magnetic footprint of the rocket during the launch window with a temporal resolution of 100 Hz. This allowed us to conduct a longer time interval correlation analysis between the time-series data of the precipitating electron energy flux and the optical intensity from the ground-based camera, covering the downrange area of the rocket trajectory. As a result, we successfully visualized the correlation coefficients between the two datasets and confirmed that, during most of the time, higher correlation coefficients were obtained in a limited area near PsA patches. It was also revealed that the correlation between PsA luminosity modulation and low-energy electron flux is not always high and can be unclear depending on the time interval. Furthermore, the spatial extent of regions showing high correlation coefficients varied in time. In the presentation, we will show a video visualizing the spatial distribution of the correlation coefficients, where it changes with the motion of the rocket (shift of the observation region) and discuss the relationship between the PsA luminosity variation and the temporal changes in the PsA electron energy spectrum during the launch window. Based on this, we will consider the factors controlling the degree of correlation between PsA electrons and auroral emissions.

夜側オーロラ帯で観測されるオーロラは主に次の二つに分類される。一つ目は明瞭な空間構造を持つディスクリートオーロラである。二つ目はぼんやりとした空間構造を持つディフューズオーロラである。ディフューズオーロラの多く

は、準周期的な輝度変調を示すことが知られており、脈動オーロラ (Pulsating Aurora: PsA) と呼ばれる。PsA を引き起こす降下電子のエネルギーは典型的なディスクリートオーロラを引き起こすものよりも高いことが知られており、それらの降下電子をここでは「PsA 電子」と呼ぶ。PsA 電子のエネルギースペクトルは、その裾野が数十から数百 keV にまで及ぶこともある。このような準相対論的な電子降下は、磁気赤道面付近で発生する自然電磁波「ホイッスラーモードコーラス波」が磁力線に沿って伝搬し、磁気圏の高緯度領域において波動粒子相互作用によって電子を散乱することによって説明できる。PsA 電子とオーロラ発光の関連については、科学衛星「れいめい」に搭載された電子観測器と多波長オーロラカメラによる同時観測から数 keV 以上の変調が PsA の輝度変調の主要原因であることが示唆されている (Miyoshi et al., 2015)。しかし、数分間に渡る長時間の PsA の輝度変調と PsA 電子のエネルギースペクトルとの間の詳しい相関関係は明らかになっていない。また、PsA 電子とオーロラ発光の相関が良い領域がどれくらいの空間的な広がりを持っているのかについて、実観測から明らかにすることも成されていなかった。これらの問題は、PsA が発生している領域において長時間継続的に電子計測を行う飛翔体ミッションが存在しなかったことに本質的に起因する。

この問題を解決するために、本研究では、LAMP 観測ロケットに搭載された低エネルギー電子観測器 (EPLAS) のデータと、アラスカに設置されている EMCCD 全天カメラから得られた打ち上げウィンドウ中の PsA の発光強度データとの間の相関を解析した。LAMP 観測ロケットの打ち上げウィンドウは 2022 年 3 月 5 日 11:29 – 11:38 UT であり、搭載された低エネルギー電子観測器「EPLAS」は 5 eV から 15 keV までのエネルギー範囲をカバーしている。また、アラスカのベネタイに設置されている EMCCD 全天カメラは、LAMP ロケットの打ち上げウィンドウ中のロケットのフットプリントを含む領域を 100 Hz の時間分解能で観測していた。そのため、降下電子エネルギーフラックスの時系列データと地上カメラの発光強度の時系列データとの間で相関解析を長時間にわたって、かつ地上カメラの全視野を対象として行うことができた。その結果、両者の間の相関係数の可視化に成功し、多くの時間帯において、相関が良い領域が PsA パッチの近傍のみに限定されていることが確認された。また、PsA の輝度変調と低エネルギー電子フラックスの相関が常に高い訳ではなく、時間帯によって明瞭な相関が見えないことも明らかになった。さらに、高い相関係数を示す領域の空間的な広がりも時間帯によって変化することがわかった。発表では、ロケットの移動 (観測領域の移動) に伴って変化する相関係数の空間分布を可視化した動画を示し、打ち上げウィンドウ中の数分間の PsA 発光強度変化と PsA 電子のエネルギースペクトルの時間変化の間の関係性について議論する。それを踏まえ、PsA 電子とオーロラ発光の間の相関の程度を決めている要因について考察を行う予定である。