

脈動オーロラ消光時に見られる発光強度の極端減少の原因

岸山 泰輝 [1]; 細川 敬祐 [2]; 野澤 悟徳 [3]; 小川 泰信 [4]; 大山 伸一郎 [5]; 三好 由純 [5]; 藤井 良一 [6]; 笠原 禎也 [7]; 尾崎 光紀 [7]; 松田 昇也 [8]; 篠原 育 [9]
 [1] 電通大・情報理工; [2] 電通大; [3] 名大・宇地研; [4] 極地研; [5] 名大 ISEE; [6] 情報・システム研究機構; [7] 金沢大; [8] ISAS/JAXA; [9] 宇宙研/宇宙機構

Origin of over-darkening pulsating aurora

Taiki Kishiyama[1]; Keisuke Hosokawa[2]; Satonori Nozawa[3]; Yasunobu Ogawa[4]; Shin-ichiro Oyama[5]; Yoshizumi Miyoshi[5]; Ryoichi Fujii[6]; Yoshiya Kasahara[7]; Mitsunori Ozaki[7]; Shoya Matsuda[8]; Iku Shinohara[9]
 [1] Information Science, UEC; [2] UEC; [3] ISEE, Nagoya Univ.; [4] NIPR; [5] ISEE, Nagoya Univ.; [6] ROIS; [7] Kanazawa Univ.; [8] ISAS/JAXA; [9] ISAS/JAXA

Pulsating aurora is a luminous phenomenon during which the upper atmosphere at ~100 km altitude pulsates with a period ranging from a few to a few tens of second by quasi-periodic precipitation of high energy electrons from the magnetosphere. It has been suggested that the interaction between the chorus waves and energetic electrons near the equatorial plane of the magnetosphere has a potential to cause of luminosity modulation of pulsating aurora. This hypothesis is supported by the existence of one-to-one correspondence between quasi-periodic variations in the luminosity of pulsating aurora and intensity of chorus waves. Recent analyses of high time resolution ground-based optical observations have reported that the brightness of pulsating aurora decreases below the diffuse background level either immediately before/after the ON phase of the main optical pulsation (e.g., Kataoka et al. [2012], Dahlgren et al. [2017]). To date, however, the generation mechanism of such 'over-darkening pulsating aurora' has not been investigated in detail; thus, the origin of this phenomenon is still unclarified.

In this paper, we investigate the characteristics and the origin of the over-darkening pulsating aurora by performing both statistical and case studies using several ground-based/satellite observations. The optical instruments employed in this study are the 5-channel photometer in Tromso, Norway (69N, 19E, 66MLAT) and an EMCCD all-sky camera in Sodankyla, Finland (67N, 26E, 64MLAT). The field-of-view of the 5-channel photometer is directed along the local magnetic field line and it measures the emission intensity of aurora/airglow with a temporal resolution of 20 Hz. The EMCCD all-sky camera captures auroral emissions with a temporal resolution of 100 Hz. In addition to these instruments, the wave instruments onboard the THEMIS and Arase spacecrafts are used for detecting the intensity variation of chorus waves with a temporal resolution of 1 Hz.

In the statistical analysis, we made simple time-series plots of data from the 5-channel photometer, and computed the occurrence frequency of the over-darkening pulsating aurora. The statistical result using data from one winter season in 2017 indicates that ~15% of all the ON/OFF pairs of pulsating aurora show over-darkening characteristics immediately after their ON phase. An additional analysis using the THEMIS satellites indicates that similar characteristics are not seen in the time-series of the chorus wave amplitude.

In the case study using the EMCCD data from March 29, 2017, we found that over-darkening area appeared in the outer boundary of pulsating aurora patches and moved in tandem with the poleward propagating patches. As seen in the analysis using the THEMIS satellites, over-darkening feature was not seen in the intensity of chorus waves observed by the Arase satellite. These results indicate that over-darkening pulsating aurora is not caused by the temporal variation of chorus wave, but produced by propagation of over-darkening area with patches of pulsating aurora. To evaluate this scenario, now we confirm if all the over-darkening pulsating aurora show similar spatio-temporal variation. In the presentation, we will discuss two patterns of over-darkening area (over-darkening before the ON phase and after the ON phase) based on the results, and suggest a model explaining their generation mechanism.

脈動オーロラは、磁気圏から電子が準周期的に降り込むことによって、高度 100 km 付近の大気が数秒から数十秒の周期で明滅する現象である。脈動オーロラの明滅を作り出す電子の降下は、準周期的に強度が変動する磁気圏コーラス波動と電子との相互作用によって生じると考えられている。これまでに、脈動オーロラの準周期的な輝度変化とコーラス波動の強度変化の間に高い相関関係があることが示されている。近年の高時間分解能光学観測データの解析から、脈動オーロラの主脈動が ON から OFF に切り替わった後、または OFF から ON に切り替わる前の消光時に、発光強度が背景の発光強度のレベルよりも低くなる事例が報告されている (e.g., Kataoka et al. [2012], Dahlgren et al. [2017])。しかし、コーラス波動と脈動オーロラの対応関係を研究する際に、このような脈動オーロラの発光強度に極端減少が見られる傾向に着目してデータが解析されたことは無く、その発生頻度及び発生メカニズムについて未だに明らかにされていない。

本研究では、高時間分解能の地上光学観測及び衛星電磁界波動観測から得られた脈動オーロラの発光強度及びコーラス波動の電磁界波動強度データを解析することで、脈動オーロラに見られる「発光強度の極端減少」事例について、発生頻度及び発生メカニズムを明らかにすることを目的とする。本研究で用いる地上光学観測機器は、ノルウェー・トロムソ (地理緯度: 69.6 度, 経度: 19.2 度, 磁気緯度: 66.7 度) に設置された 5 チャンネルフォトメーター、及びフィンランド・ソダンキュラ (地理緯度: 67.3 度, 経度: 26.4 度, 磁気緯度: 63.9 度) に設置された電子倍增型 CCD (EMCCD) 全天カメラである。5 チャンネルフォトメーターは 20 Hz の時間分解能で磁力線方向の観測を行っている。また、EMCCD 全天カメラは、100 Hz という高い時間分解能で脈動オーロラを観測している。これらに加えて、磁気圏における電磁界波動観測については、NASA の THEMIS 衛星、及び日本のあらせ (Arase) 衛星を用いた。THEMIS 衛星及びあらせ衛星は 1

秒の時間分解能で電磁界波動の計測を行っており、脈動オーロラと同様の周期性を持つコーラス波動の強度変化を同定することが可能である。

まず、5チャンネルフォトメーターにより2017年2-3月に取得された発光強度の時系列データから、全19晩分(総観測時間95時間)の脈動オーロラの事例について極端減少の検出を行い、その発生頻度について解析を行った。その結果、確認した全てのON/OFFペアのうちの約15%において、発光強度の極端減少が見られることが分かった。これらに加えて、THEMIS衛星によって得られたコーラス波動強度の時系列データを解析したところ、同期間に観測されたコーラス波動については、脈動オーロラの極端減少に対応するものは見られなかった。

続いて、EMCCDカメラ及びあらせ衛星による脈動オーロラとコーラス波動の同時観測事例(2017年3月29日)において、EMCCDカメラにより取得された撮像データを用い、極端減少領域の時空間変動の解析を行った。その結果、極端減少は脈動オーロラ領域の外縁部に存在し、脈動オーロラパッチの極方向伝搬に追従する形で移動していることが確認された。また、この同時観測事例についても、コーラス波動の強度変動に極端減少は見られなかった。以上のことから、脈動オーロラの極端減少はコーラス波動に起因するものではなく、オーロラパッチの外縁部に存在する極端減少領域の伝搬を定点で観測することによって形作られる現象であることが示唆された。現状では、脈動オーロラにおける極端減少が、「発光強度が極端に現象した領域が伝搬することにより発生する」という特徴を捉えた例はこの1例しかない。今後は、同様の事例を複数探すことにより、極端減少の発生メカニズムの普遍性を明らかにする。発表では、脈動オーロラに追従して伝搬する発光強度の極端減少領域についてのパターンを示し、その発現メカニズムに関するモデルを提案する。