

## 北欧全天カメラ及び Van Allen Probes を用いた脈動オーロラ同時観測事例の解析

川村豪[1]、細川敬祐[1]、栗田怜[2]、大山伸一郎[2,3]、三好由純[2]、小川泰信[3]、藤井良一[2,4]、John Wygant[5]、Aaron Breneman[5]、John Bonnell[6]、Craig Kletzing[7]

[1] 電気通信大学

[2]名大 ISEE; [3]極地研; [4] 情報・システム研究機構;

[5]University of Minnesota; [6]University of California, Berkeley; [7] University of Iowa

## Simultaneous observation of pulsating aurora with high time resolution all-sky cameras and Van Allen Probes

Suguru Kawamura[1], Keisuke Hosokawa[1], Satoshi Kurita[2], Shin-ichiro Oyama [2,3], Yoshizumi Miyoshi[2], Yasunobu Ogawa[3], Ryoichi Fujii[2, 4], John Wygant[5], Aaron Breneman[5], John Bonnell[6], and Craig Kletzing[7]

[1] University of Electro-Communications; [2] ISEE, Nagoya University; [3] National Institute of Polar Research; [4] The Research Organization of Information and Systems; [5] University of Minnesota; [6] University of California, Berkeley; [7] University of Iowa

Pulsating Aurora (PsA), which consists of diffuse patches/arcs blinking with various periodicities ranging from a few to a few tens of seconds, is known to occur frequently in a local time sector from the magnetic midnight to dawn. It has been suggested that the luminosity variation of PsA is controlled by the intensity modulation of whistler-mode chorus waves in the magnetosphere. Chorus is a kind of whistler-mode wave which often appears near the equatorial plane of the magnetosphere. It can scatter relatively high-energy electrons (more than a few keV) through wave-particle interaction, and then precipitate them into the atmosphere. There have been several studies which attempted to evaluate the correspondence between PsA and chorus waves quantitatively. To date, however, such a correspondence has not yet been confirmed due to poor temporal resolution of the measurements and the limited number of simultaneous observations.

In this study, we directly compare the optical intensity of PsA and the amplitude of chorus waves which were respectively observed by a high time resolution (100 Hz) EMCCD all-sky camera and the Van Allen Probes satellites (VAP). The EMCCD all-sky camera has been operative in Sodankyla, Finland since October 2016 with a temporal resolution of 100 Hz. We make use of the Filter Bank data (FBK data) from EFW/EMFISIS sensors onboard the VAP satellites whose temporal resolution is 8 Hz. By combining these two high time resolution data sets, we could resolve the possible association of the main pulsation of PsA with the bursts of chorus waves. By calculating the footprint of VAP satellites by using Tsyganenko 96 model, we extracted an event of PsA during ~2 h from 2300 UT on October 4, 2016 to 0100 UT on October 5, 2016, during which the footprint of one of the VAP satellites was located within the field-of-view of the EMCCD camera. We simply calculated the cross correlation coefficient between the optical intensity from each pixel of the EMCCD camera and FBK data from the VAP-A satellite. As a result, it is shown that the correlation between these two parameters (i.e., optical intensity and wave amplitude) is not always high at the estimated footprint of the satellite. This means that we need to calculate more precise footprint. In the presentation, frequency

analysis of the optical intensity and wave amplitude will also be presented, and the causal relationship between the bursts of chorus waves and the main pulsation of PsA will be discussed.

脈動オーロラは、数秒から数十秒の周期で準周期的に明滅を繰り返すオーロラであり、真夜中過ぎから明け方までの時間帯に頻繁に発生することが知られている。脈動オーロラを引き起こす準周期的な電子降下は、磁気圏コーラス波動と密接に関係していると考えられている。コーラス波動はプラズマ圏外部の磁気赤道面付近において、磁力線に平行に伝搬するホイッスラーモード波が非線形発展することによって発生し、強度が準周期的に変化する。この強度の時間変化が、数 keV 以上の高エネルギー電子を準周期的に散乱することで、脈動オーロラの明滅を作り出していると考えられている。脈動オーロラとコーラス波動の対応を定量的に比較する試みは、これまでにいくつかの研究においてなされてきた。しかし、観測機器の時間分解能や、イベント数が少ない等の問題により、未だその普遍性が確認するには至っていない。

本研究では、フィンランドのソダンキラに設置されている 100 Hz という高い時間分解能を持つ EMCCD カメラによって得られた脈動オーロラの発光強度と、同時刻に Van Allen Probes (VAPs) 衛星によって得られた電磁界波動のフィルタバンクデータを比較し、コーラス波動が脈動オーロラを駆動しているという仮説を検証することを目的としている。フィルタバンクデータは、周波数方向の分解能を落とすことによって、波動の電磁界強度を高い時間分解能(8 Hz)で取得することを可能にしている。高速地上光学観測とフィルタバンクデータを組み合わせることで、これまでの研究で問題となってきた時間分解能の問題を解決することができる。脈動オーロラとコーラス波動の強度を比較するためには、VAPs 衛星のフットプリントが、EMCCD カメラの視野に入っている必要がある。そのため、VAPs 衛星のフットプリントを Tsyganenko モデルによって算出し、比較解析を行うイベントを選定した。

その結果、2016 年 10 月 4 日 2300 UT - 2016 年 10 月 5 日 0100 UT に、カメラの視野内に VAP-A 衛星のフットプリントが位置し、かつ脈動オーロラが出現している事例を抽出することができた。このイベントでは、2016 年 10 月 4 日 2100 UT 頃に、サブストームのオンセットがあり、2300 UT 頃から脈動オーロラが継続的に観測された。イベントの前半部分では、視野の中央付近にアーク状の脈動オーロラが現れており、特に、2016 年 10 月 4 日 2330 UT 付近では、全天カメラの視野全体で、パッチ状の強い脈動オーロラが確認できた。この時、Van Allen Probes 衛星のフットプリントは、全天カメラの視野の東よりに存在しており、イベントの時間中に、1 時間ほど全天カメラの視野内に入っていた。さらに、同時刻に、Van Allen Probes 衛星がコーラス波動を観測していたことが確認でき、コーラス波動のフィルタバンクデータを確認したところ、脈動オーロラの発光強度が高い時間帯は、コーラス波動も強くなっていることがわかった。次に、このイベントについて、EMCCD カメラの各ピクセルについて、Van Allen Probes 衛星のフィルタバンクデータとの相関係数を計算し、その空間的な分布を視覚化した。その結果、相関係数が高くなる位置は存在するが、計算されたフットプリントの位置とは完全に一致しないことが分かった。但し、このフットプリントは、T96 モデルによって計算されたものであるため、より正確な磁力線のトレーシングを行い、相関係数が高くなる場所がフットプリントの位置とどの程度一致するかを確認する予定である。また、発表では、地上光学データとフィルタバンクデータの双方について周波数解析を行った結果についても報告を行う予定である。