

R005-04

Zoom meeting C : 11/1 AM1 (9:00-10:30)

9:45~10:00

#川村 美季¹⁾, 坂野井 健¹⁾, 吹澤 瑞貴¹⁾, 三好 由純²⁾, 細川 敬祐³⁾, 土屋 史紀¹⁾, 加藤 雄人¹⁾, 小川 泰信⁴⁾, 浅村 和史⁵⁾, 齊藤 慎司⁶⁾, スペンス ハラン⁷⁾, ジョンソン アルロ⁸⁾, 大山 伸一郎²⁾, ウルバン ブランドストローム⁹⁾
(¹⁾東北大学, (²⁾名大 ISEE, (³⁾電通大, (⁴⁾極地研, (⁵⁾宇宙研, (⁶⁾情報通信研究機構, (⁷⁾ニューハンプシャー大学, (⁸⁾モンタナ大学, (⁹⁾スウェーデン宇宙物理研究所

Simultaneous pulsating aurora and microburst observations with ground-based fast auroral imagers and CubeSat FIREBIRD-II

#Miki Kawamura¹⁾, Takeshi Sakanoi¹⁾, Mizuki Fukizawa¹⁾, Yoshizumi Miyoshi²⁾, Keisuke Hosokawa³⁾, Fuminori Tsuchiya¹⁾, Yuto Katoh¹⁾, Yasunobu Ogawa⁴⁾, Yasunobu Ogawa⁵⁾, Shinji Saito⁶⁾, Harlan Spence⁷⁾, Arlo Johnson⁸⁾, Shin'ichiro Oyama²⁾, Brandstorm Urban⁹⁾

(¹⁾TU, (²⁾ISEE, Nagoya Univ., (³⁾UEC, (⁴⁾NIPR, (⁵⁾ISAS/JAXA, (⁶⁾NICT, (⁷⁾Univ. New Hampshire, (⁸⁾Montana State University, (⁹⁾Swedish Institute of Space Physics

We report the relationship between pulsating aurora and relativistic electron microburst using simultaneous observation of ground-based fast auroral imagers and the FIREBIRD-II CubeSat for the first time.

Miyoshi et al. (2020) has proposed that both of the 10 keV electron that generates pulsating aurora and microburst (high-speed modulation of MeV electron at 1 Hz or higher) are caused by chorus waves propagating along the field line. However, simultaneous pulsating aurora and microbursts were not reported so far. In this study, we examined the data taken by ground optical auroral EMCCD imagers (100 FPS, BG3 grass filter) at two locations (Sodankyla (67.37 degree north, 26.63 degree east) and Tjautjas (67.31 degree north, 20.73 degree east)) and high-energy electron data (~220 keV to >1 MeV) obtained by a low-altitude (433 ~632 km) satellite FIREBIRD-II CubeSat Flight Unit 4 (FU4) to clarify the relationship between pulsating aurora and microburst. We found one event when FU4 passed over the pulsating auroral patch at latitude 67.1 degree north and longitude 23.1 degree east (L = 5.4) during the period from 00:28:16 UT to 00:28:19 UT on October 8, 2018. FU4 observed the energy-dispersed precipitating electrons, i.e., sub-relativistic/relativistic microburst, from ~210eV to ~MeV. On the other hand, all-sky imagers observed pulsating auroral variations with a typical period of 2 sec with internal modulations of 300ms (~3Hz). Similar 3Hz modulations were also seen in the high-energy electron precipitations obtained with FU4. We carried out detailed analysis of the timings of the electron precipitations in the energy range higher than ~220 keV the timing of the pulsating auroral emission. We found that the start time of the pulsating auroral emission was ~585 ms later than those of the electron precipitations in the energy range higher than ~220 keV. We calculated the velocity dispersion of precipitating electrons, which have been theoretically derived in Miyoshi et al.(2010,2020) and Saito et al.(2012), at L = 5.4 to explain the delays estimated above. In this analysis, we assumed that the electron density n of 10 /cm³ is constant along the same field line, the sweep rate of the rising tone element to 2 kHz/s, and used the dipole magnetic field model. The time accuracy of FIREBIRD and EMCCD to the Universal Time is ± 55 ms and ± 10 ms respectively. The estimated velocity dispersion curves reproduce overall trend of the observed energy dispersion by FU4 and EMCCD. The results confirmed for the first time the theoretical prediction by Miyoshi et al.(2020) that the relativistic electron microburst is a high-energy tail of the pulsating aurora electrons, and show that the chorus waves propagating from the magnetic equator to the high-latitudes cause wide energy electron scattering from a few keV to MeV.

本研究では、FIREBIRD-II CubeSat 衛星と地上全天イメージャーによる脈動オーロラとマイクロバーストの同時観測結果について報告する。

脈動オーロラを発生させる~10keV 電子とマイクロバースト (MeV 電子の 1 Hz 以上の高速変調) はともに磁気赤道付近のコラス波により引き起こされるモデルが提唱されているが、両者が同時に観測された例はまだ無く実証されていない。そこで、本研究では北欧の Sodankyla(北緯 67.37° 東経 26.63°) と Tjautjas(北緯 67.31°、東経 20.73°) の 2 地点に設置された EMCCD イメージャー (サンプリング周波数 100Hz、BG3 ガラスフィルター) による全天オーロラ観測と、低高度 (高度 433 - 632km) 衛星 FIREBIRD-II CubeSat Flight Unit4 (FU4) による ~220 keV から ~MeV の高エネルギー電子観測との同時観測による脈動オーロラとマイクロバーストのイベント解析を実施した。2018 年 10 月 8 日 00:28:16-00:28:19 UT において、地上イメージャーにより捉えられた北緯 67.1° 東経 23.1° (L = 5.4) 近傍の脈動オーロラのパッチ上空を FU4 が通過した。このとき、~220 keV から ~MeV の範囲に速度分散構造をもつマイクロバーストが観測された。地上イメージャーでは、脈動オーロラ発光の 2 秒周期の主脈動内に 1 秒以下の内部変調が観測された。一方で、FU4 の高エネルギー電子にも同様の 1 秒以下の周期の変調が見られた。この脈動オーロラとマイクロバーストの同時観測は世界初である。また、FU4 が観測した 220 keV 以上の電子降下と脈動オーロラの発光の立ち上がりの時間差は、約 585ms 高エネルギーの電子降下のほうが先行していた。この観測結果に対して、Miyoshi et al. (2010, 2020) や Saito et al. (2012) で示された磁気赤道から高緯度に伝搬するコラス波動により、磁力線上の異なる緯度で電子が散乱されたことにより生じる Time-of-flight(TOF) モデル計算を行い、観測された降下電子の速度分散を検証した。この TOF モデルでは、L=5.4 の地点において、磁力線上での密度 n=10/(cm)³、双極子磁場モデル、また、

コーラスエレメントの Sweep rate を 2 kHz/s と仮定した。FIREBIRD と EMCCD の時間精度はそれぞれ $\pm 55\text{ms}$ と $\pm 10\text{ms}$ であるが、想定されたパラメータを使用した TOF モデルは FU4 および EMCCD によって観測されたエネルギー分散の全体的な傾向を再現した。この結果は、Miyoshi et al.(2020) が提案した脈動オーロラと相対論的マイクロバーストの起源が同一であるというモデルを実証するものでありコーラス波動が脈動オーロラからマイクロバーストまでの広いエネルギー帯の電子降下が同時に引き起こすことを示すものである。