

高速EMCCDイメージャーを用いたフラッシュオーロラの時空間解析

井上 拓海 [1]; 尾崎 光紀 [1]; 八木谷 聡 [1]; 今村 幸祐 [1]; 塩川 和夫 [2]; 三好 由純 [3]; 大山 伸一郎 [3]; 片岡 龍峰 [4]; 海老原 祐輔 [5]; 細川 敬祐 [6]

[1] 金沢大; [2] 名大宇地研; [3] 名大 ISEE; [4] 極地研; [5] 京大生存圏; [6] 電通大

Spatio-temporal analysis of flash aurora using a fast EMCCD imager

Takumi Inoue[1]; Mitsunori Ozaki[1]; Satoshi Yagitani[1]; Kosuke Imamura[1]; Kazuo Shiokawa[2]; Yoshizumi Miyoshi[3]; Shin-ichiro Oyama[3]; Ryuho Kataoka[4]; Yusuke Ebihara[5]; Keisuke Hosokawa[6]

[1] Kanazawa Univ.; [2] ISEE, Nagoya Univ.; [3] ISEE, Nagoya Univ.; [4] NIPR; [5] RISH, Kyoto Univ.; [6] UEC

High-energy electrons are accelerated and precipitated by resonant interactions with whistler mode waves in the magnetosphere. These electrons travel along the geomagnetic field lines and some of these precipitate into the atmosphere. Then, auroral phenomena are happened. We can investigate indirectly the behavior of electrons in the magnetosphere by observing auroras on the ground. We focus on flash auroras, which illuminate suddenly at less than 1 s, taken by an EMCCD camera (100 Hz sampling). Flash auroras can be a manifestation of resonant interactions with one packet of whistler mode waves and show the spatial evolution of wave-particle interaction regions. Since the luminous time of flash aurora is much shorter than that of discrete auroras, statistical analysis of flash aurora has not been performed. In this study, we have performed statistical analysis of the spatio-temporal variations of flash aurora taken by an EMCCD camera. We used the flash aurora data (about 100 events) taken at Gakona (Alaska) on March 30th, 2017. In order to extract the spatial information on the flash auroras, we used Otsu's method, which is a basic method of contour extraction. Based on the extraction results of spatial shape, we analyzed the spatial size of flash aurora, the total counts in a flash auroral region, luminous time, and spatial extent. The total counts in a flash auroral region is equivalent to the total amount of precipitated electron flux along the geomagnetic field lines connected to each pixel of the image. We found that the spatial size of flash aurora has a strong correlation with the total counts in a flash auroral region. It suggests that precipitating electrons saturate with a certain threshold value at the wave-particle interaction region, and the total amount of precipitating electron flux increases with the spatial size of flash aurora. We also found that the luminous time did not depend on the magnetic longitudes and latitudes in the field-of-view of camera and the average luminous time was 0.17 ± 0.09 s. By projecting flash auroras onto the magnetic equator, we confirmed that most events (about 80%) expand the earthward at the magnetic equator with an average spatial difference of 0.04 Re. We think that this result can be caused by wave normal angles of whistler mode waves and/or the nonuniformity of spatial distribution of loss cones in the magnetosphere.

In this presentation, we will report on the results of spatio-temporal analysis of flash aurora in detail.

宇宙空間では、プラズマ波動の一種であるホイッスラー波動と電子が相互作用することによって高エネルギー電子が加速・消失している。この高エネルギー電子は地球の磁力線に沿って運動し、一部は地上まで降下する。降下した高エネルギー電子が高層大気と衝突することによってオーロラが発光している。オーロラを地上で観測することで間接的に磁気圏に存在している電子の様相を知ることができる。EMCCD カメラを用いて高速撮像 (100 Hz) されたオーロラの中で、私たちは一秒以下で突発的に発光するフラッシュオーロラに注目している。このフラッシュオーロラは、一つの波群のホイッスラー波動との相互作用によって生じていると考えられ、波動粒子相互作用領域の空間発展を示すものと考えられる。しかし、ディスクリートオーロラなどと比べて発光時間が非常に短く、詳細な解析は行われていない。本研究では、EMCCD カメラで観測されたフラッシュオーロラの時空間変動の統計解析を行った。2017年3月30日にガコナ (アラスカ) で撮像されたフラッシュオーロラ (約 100 イベント) の撮像データを用いた。フラッシュオーロラの空間情報を得るために、代表的な二値化手法である大津の二値化を用いて、フラッシュオーロラ領域の抽出を行った。抽出結果をもとに、フラッシュオーロラの面積、フラッシュオーロラ内の輝度値の合計、発光時間、発光分布を調べた。輝度値の合計は、画像の各ピクセルにつながる磁力線に沿った降下電子フラックスの総量と考えることができる。解析の結果、フラッシュオーロラ面積とフラッシュオーロラ内の輝度値の合計には高い相関 (0.9) があることが分かった。これは、フラッシュオーロラ内の各ピクセルにつながる磁力線で生じた波動粒子相互作用により散乱された電子はある閾値で飽和し、降下電子フラックスの総量がフラッシュオーロラの空間サイズとともに増大したことを示唆している。発光時間は EMCCD カメラ視野内の磁気緯度、磁気経度に依存しておらず、平均 0.17 ± 0.09 秒であることが分かった。また、観測されたフラッシュオーロラを磁気赤道に投影することによって、全イベントのうちの約 80 % が磁気赤道で内側に向けて平均 0.04 Re より大きく拡大することが確認された。この結果は、波動の伝搬角や磁気圏におけるロスコーンの空間分布の不均一性が関係していると考えられる。

本発表では、フラッシュオーロラの時空間解析結果について詳細に報告する予定である。