

PARM計画：脈動オーロラ観測ロケット Rocksat-XN 搭載オーロラカメラの開発

八木 直志 [1]; 坂野井 健 [2]; 吹澤 瑞貴 [3]; 浅村 和史 [4]; 細川 敬祐 [5]; 津田 卓雄 [5]; 三好 由純 [6]
[1] 東北大・理・地物; [2] 東北大・理; [3] 東北大・理・地物・PPARC; [4] 宇宙研; [5] 電通大; [6] 名大 ISEE

PARM project: Development of an auroral camera for the pulsating auroral experiment PARM on the Rocksat-XN rocket

Naoshi Yagi[1]; Takeshi Sakanoi[2]; Mizuki Fukizawa[3]; Kazushi Asamura[4]; Keisuke Hosokawa[5]; Takuo Tsuda[5];
Yoshizumi Miyoshi[6]

[1] Geophys. , Tohoku Univ.; [2] Grad. School of Science, Tohoku Univ.; [3] PPARC, Tohoku Univ.; [4] ISAS/JAXA; [5] UEC;
[6] ISEE, Nagoya Univ.

We are developing an Aurora Imaging Camera (AIC) for the pulsating auroral experiment Pulsating AuRora and Microburst (PARM) on the Rocksat-XN rocket which is scheduled to be launched in January 2019 at Andoya space center to clarify the relationship between high-energy electron precipitation and pulsating aurora (PsA). In this presentation, we mainly focus on the development and current status of AIC, and also report the mission purpose and plan.

It is suggested that high energy electrons (>100 keV) precipitate down to about 70 km altitude during the PsA [Miyoshi et al., 2015]. However, there is no simultaneous observation between such high-energy electrons and PsA. On the other hand, Jones et al. [2009] estimated the thickness of the PsA to be 15-25km by ground radar observations. However, there are no direct measurement of the thickness of PsA by rocket.

PARM consists of an intermediate energy (20 - 100 keV) electron detector MED, high energy (several hundred keV - 2 MeV) electron detector HEP, fluxgate magnetometer AFG, and auroral camera AIC. AIC will observe the thickness of the emission layer of PsA directly and captures horizontal distribution of PsA fluctuation at the magnetic footprint.

As a development of AIC, we conducted sensitivity calibration experiment, performance evaluation, assembly, environmental test. AIC consists of detector unit AIC-S and power/data processing electric unit AIC-E. AIC-S consists of a CCD camera (Watec 910 HX), wide-angle lens (F value:1.6, focal length:3.5 mm) with a field of view in the vertical direction of 96.4 degrees and in the horizontal direction of 74.0 degrees, and an optical filter (RG665) that transmits light with a wavelength of >665 nm. Although the number of CCD pixels is 756 x 482, 24 x 30 pixel binning is performed for data compression and sensitivity improvement, and the spatial resolution of one frame is 31×16 bin. The imaging interval of AIC data is 100 ms and the exposure time is 67 ms.

We carried out the development of AIC, such as sensitivity calibration using the integrating sphere of the National Institute of Polar Research on March 12, 2018, focus alignment, and environmental tests. To estimate sensitivity of PsA emission, we must take into account the spectra of PsA in the wavelength range of RG665 filter since the integrating sphere emission is continuum. We used typical PsA spectra obtained at 3:00-4:00UT on March 3, 2017 at Norway Tromsø. However, the spectral range was limited in the 480-880, while the CCD on AIC has a sensitivity up to 1025 nm. Thus, we infer the PsA spectra in the range of 880-1025 nm by Hunten [1958]. As a result, $S/N > 5$ and $S/N > 18$ are expected to obtain when PsA intensity is ~ 10 kR, and 50 kR the exposure time of 67ms. The saturation level of the AIC is estimated to be >100 kR, which is sufficient to observe the auroral intensity integrated along the limb direction.

The AIC focus adjustment was conducted on 12th to 13th July 2018. Taking image data for the target far from 85, we adjusted the distance between lens and CCD detector using precise shim rings. Environment tests (vacuum, vibration test, and temperature) of AIC were conducted from 18th to 20th July 2018, and we confirmed sufficient performances of AIC. In the vibration test, random vibration of 10 Grms, sine wave vibration at maximum of 7G were put in the Z axis direction. For the X and Y axes, random vibration of 7.6 Grms was conducted respectively. In the temperature, putting AIC in the thermostat we changed the temperature from 0 to 50 degree at atmospheric pressure level, and confirmed the performance of AIC.

Rocksat-XN ロケット実験は、高エネルギー降下電子と脈動オーロラ (PsA) の関係を解明することを目的としている。今回我々は、これに搭載されるオーロラ観測カメラ (AIC) の開発成果を報告する。

PsA 発光時、高エネルギー電子 (>100 keV) が降り込み、中間圏高度 70km 付近まで電離する可能性が地上レーダー観測により示唆されている [Miyoshi et al., 2015]。しかし、PsA 発生時の 100keV 以上の降下電子をその場観測した事例報告されていない。また、降下電子のエネルギー分布によって決定される PsA の発光層の厚さについて、S.L. Jones et al., [2009] は地上レーダー観測からその厚さを 15km-25km と見積もったが、PsA 発光層の厚さをロケット観測で見積もった例は未だにない。

米国とノルウェーが主催し、2019年1月に Andoya Space Center から打ち上げられる Rocksat-XN ロケット実験には、日本から Pulsating AuroRa and Microburst (PARM) という観測機器群が搭載され、地上観測と共同で PsA 現象を観測する。PARM は、中間エネルギー (20 - 100keV) 電子計測器 MED、高エネルギー (数百 keV - 2MeV) 電子計測器 HEP、フラックスゲート磁力計 AFG、オーロラカメラ AIC から構成される。AIC はこの観測実験において、PsA の発光を観測する事で、発光層の厚さの直接観測ならびに上空から磁力線方向の PsA 変動を捉える。

我々は AIC の開発として、感度校正実験、性能評価、組み上げ、環境試験を行った。AIC は検出器ユニット AIC-S と

電源・データ処理エレキユニット AIC-E から構成される。AIC-S は、波長 665nm 以上の光を透過させる光学フィルター (RG665)、垂直方向 96.4 度、水平方向 74.0 度の広角レンズ (F 値 1.6、焦点距離 3.5mm)、CCD カメラ (Watec 910HX) からなる。CCD 画素数は 756 x 482 だが、データ圧縮と感度向上のため 24 x 30pixel ビニングを行い、1 画面 31x16bin の空間分解能となる。AIC データの撮像インターバル 100ms であり、露光時間は 67ms ある。

我々は、2018 年 3 月 12 日に国立極地研究所の積分球を用いて校正実験を行った。この積分球は連続光であるため、RG665 フィルター透過帯における PsA スペクトルを用いて、PsA 観測時の感度を見積もる必要がある。PsA スペクトルは、ノルウェー・トロムソにおける 2017 年 3 月 3 日 3:00-4:00UT に観測された典型的な PsA 発生時のものを用いた。ただし、このスペクトル観測は 480-880nm の範囲のみである一方で、AIC の CCD 感度は 1025nm まで感度を有するため、880-1025nm の範囲は Hunten[1958] の赤外オーロラスペクトルを用いて推定した。積分球による校正結果と PsA スペクトルデータを組み合わせ、AIC 観測波長範囲の PsA 強度の明滅が >10kR で変動している際、露光時間 67ms で AIC は視野中心において S/N>5、同様に 50kR の PsA では S/N>18 という十分な感度を達成することがわかった。また、この設定で AIC の飽和レベルは 100kR 以上であり、リム方向を見ても飽和することは無いと考えられる。

AIC のフォーカス調整は 2018 年 7 月 12 日から 13 日にかけて行われた。敷地内にある 85m より遠い距離の対象物の構造を撮像し、フランジバックの距離を精密シムリングによって調整した。

AIC の環境試験 (真空試験、振動試験、温度試験) は 2018 年 7 月 18 日から 20 日にかけて行われ、いずれの AIC も十分な性能を満たすことを確認した。振動試験では、RockSat-XN の要求レベルすなわち Z 軸方向にランダム加振 10Grms、正弦波加振最大 7G、X 軸ならびに Y 軸ランダム加振 7.6Grms をあたえた。振動試験における AIC 性能評価は、加震前後で画像を取得し、その変化がないことを確認することで実施した。温度試験では、大気圧で 0℃ から 50℃ まで変化させながら AIC のダークデータならびに光を入射させてデータを取得し、AIC の動作確認を行った。