

しらせ船舶搭載オーロラ・大気光の観測全天イメージャーの開発

八木 直志 [1]; 坂野井 健 [2]; 穂積 裕太 [3]; 津田 卓雄 [3]; 齊藤 昭則 [4]; 江尻 省 [5]; 西山 尚典 [5]; 解良 拓海 [6]
[1] 東北大・理・地物; [2] 東北大・理; [3] 電通大; [4] 京都大・理・地球物理; [5] 極地研; [6] 東北大・理・PPARC

The development of all-sky imagers on Shirase for aurora and airglow observations

Naoshi Yagi[1]; Takeshi Sakanoi[2]; Yuta Hozumi[3]; Takuo Tsuda[3]; Akinori Saito[4]; Mitsumu K. Ejiri[5]; Takanori Nishiyama[5]; Takumi Kera[6]

[1] Geophys., Tohoku Univ.; [2] Grad. School of Science, Tohoku Univ.; [3] UEC; [4] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.; [5] NIPR; [6] PPARC, Tohoku Univ.

We developed an All Sky Imager (ASI) which will be installed on Antarctic research ship Shirase to observe aurora and airglow. In this presentation, we report the development of ASI.

Optical observation with all-sky imager so far has been limited only to the ground. In North America, THEMIS All Sky Imager Array, which consists of 20 all sky imagers made much progress in understanding of auroral phenomena. On the other hand, in the Southern hemisphere, while some imagers are working at Syowa Station ($S69^\circ$, $E39^\circ$), from East of Syowa station to South of Australia, there are huge blank area of ground-based observations under the aurora and sub-aurora regions due to the lack of lands. Moreover, a research on propagation of atmospheric gravity wave associated with polar winds in a latitude direction, which is supported by ANtarctic Gravity Wave Instrument Network (ANGWIN) on the Antarctica, can be better understood from that blank area on the sea.

In order to cover this blank area of ground-based observations, we developed the high-sensitivity ASI system which will be installed on Antarctic research ship Shirase. The ASI on Shirase can cover the blank area with optical observation. The ASI can also detect the faint emission of airglow with exposure time of a few minutes. During the time of a few minute exposure, the shake of Shirase is designed to be canceled by using a 3-axis controlled gimbal. The ASI consists of bandpass filter (central wavelength: 630nm), fisheye lens (field of view: $185^\circ \times 185^\circ$, focal length: 2.7mm, F-number: 1.8), 1-inch cooling CMOS camera (ZWO/ASI-183MMPPro 5496x3672pix) and 3-axis controlled gimbal. The camera is operated with LINUX pc, named LIVA-Q2. Automatic camera operation system has been built in the pc. This system achieves automatic adjustment of camera operational parameters such as time period and interval of taking images, exposure time and gain of image sensor, depending on its geological coordinates which can be obtained from GPS. All the observation equipments are stored inside of box with an acrylic dome on top of that. The box is going to be installed on the 06th left deck and data logger while data logger system will be built in the observation room of Shirase.

The calibration test of ASI was conducted at National Institute of Polar Research on July 26th and 27th, 2019, by using integrating sphere. From the result of calibration tests, we confirmed that ASI can detect emissions from 400R to 200kR with $S/N > 100$ by adjusting its exposure time to 10s, 30s, and 120s.

In addition, we conducted ground test observation with the ASI at Zao observatory of Tohoku University ($N38^\circ$, $E140^\circ$), from 1am to 3am on June 13th, 2019 (JST). From images taken with 2-minute exposure and 30 second frame intervals, subtracting 1-hour averaged image as background emissions, we concluded that OI 630nm emission of airglow was detected with the ASI. After 2am, striped structure of airglow with the wavelength of 300km moved to south-westward and the TEC data from GPS satellites at corresponding time shows good similarity in the structure. From those characteristics, that striped structure indicated the existence of Medium-scale traveling ionospheric disturbance at that time.

After the installation to Shirase on September and operation verification at the shakedown cruise from the end of September to October, whole observation system will be completed. From the departure on November and to the return to Japan on March, 2020, the observation of airglow and aurora in wavelength of 630nm will be continuously conducted by the ASI. Although the observation data will be collected on March 2020, a part of the data will be sent on the internet as a thumbnail.

Moreover, additional imagers for N2 1PG emission and Na airglow is going to be installed in 2020 and 2021 respectively so more quantitative and multiple observations will be conducted.

我々はオーロラ・大気光観測を目的とし、南極観測船しらせ船舶に搭載される全天イメージャーを開発した。今回はその開発状況と初期成果を報告する。

これまでの地上オーロラ・大気光観測は陸域上に限られていた。例えば北米 THEMIS All-Sky Imager Array では約 20 台の全天イメージャーが、上空のオーロラ帯・サブオーロラ帯のオーロラ発光現象を観測しており [Donovan et al., 2006]、多くの成果を上げている。一方南半球では昭和基地 (南緯 69 度、東経 39 度) がオーロラ帯に位置しているが、その東側のオーロラ帯は海洋があり、観測の空白域となっている。さらに南極大陸で近年盛んに研究されている、極夜ジェットに伴う大気重力波の伝搬に関する観測研究は、ANtarctic Gravity Wave Instrument Network (ANGWIN) プロジェクトによって南極大陸上空がサポートされているが、大気重力波の緯度方向伝搬を効率よく捉えるためには、観測の空白域である海洋上観測点が不可欠である。

我々は、この観測空白域を補うことを目指し、船舶上からの高感度全天イメージャーシステムの開発を進めている。本研究では南極観測船しらせに搭載する全天イメージャーを開発した。国立極地研究所の南極地域研究活動を担う南極観測船しらせは、日本を 11 月に出発し同年 12 月末に昭和基地に到着した後、翌年 2 月初旬に昭和基地を出発、4 月に

日本に帰港する。特に、12月から2月にかけてしらせの航路上でオーロラ帯を通過するためオーロラ観測が期待される。この全天イメージャーは、露光時間を数分に設定することで大気光を観測できる性能を持つ。数分間の露光中に生じ得る船舶の揺れは、ジャイロと駆動モータによる3軸制御ジンバル機構を用いることで打ち消すことができる設計である。

我々が開発した全天イメージャーは、中心波長630nmバンドパスフィルター、魚眼レンズ（視野185x185度、焦点距離2.7mm、F値1.8）、冷却1インチCMOSカメラ（ZWO/ASI-183MMPPro 5496x3672ピクセル）、そして3軸制御ジンバル（DJI Ronin-S）から構成される。カメラはLINUX搭載小型PCのLIVA-Q2で制御され、データ取得、ビニング処理、データ送信を自動で行うシステムが構築されている。カメラ自動運用システムは、しらせが供給するGPSデータから、地理座標、標準時間を取得し、そこから適切な撮像モード（撮像する時間帯、撮像間隔、露光時間、ゲイン）を設定することができる。観測装置一式は、アクリルドームを有する耐候性の観測箱に格納され、しらせ06甲板左舷側に設置される。また、データロガー等はしらせ観測室に設置する。

我々は、2019年6月26日、27日に国立極地研究所の積分球を用いてカメラの校正実験を行なった。校正実験の結果から、対象物の明るさに応じて露光時間を5秒、10秒、30秒、120秒に設定することで、400Rから200kRの発光に対してS/N>100でデータ取得できることを確認した。

また、大気光の試験観測を、2019年6月13日に東北大学蔵王観測所（北緯38度、東経140度、海拔685m）で行なった。2分の露光時間で30秒おきに撮像を行った画像から、前後30分に平均した画像を背景光として差し引くことで、大気光のOI630nm発光を確認した。午前2時JST以降は南西方向に伝播するおよそ波長300kmの縞構造を観測した。この構造はGPS衛星Total Electron Content(TEC)データが示す構造とも良い対応があり、中規模伝搬性電離圏擾乱(MSTID)と考えられる。

今後9月にしらせへの設置、9月末から10月にかけて試験航海による船舶上観測による動作実証を行い、観測システムを完成させる。11月のしらせ出航以降2020年3月に日本に帰港するまで、630nm大気光とオーロラ発光観測の連続観測を継続して行う。観測データは3月に帰国後収集するが、インターネットで一部少量の観測結果を配信する。また、2020年度にはオーロラN2 1PG発光やNa大気光を観測するイメージャーを追加し、より定量的・多角的な科学観測を実施する計画である。