

地磁気共役点—プロトンオーロラの振り込みエネルギー推定

高橋優希¹、田口真¹、門倉昭²

¹立教大学

²極地研究所

Estimation of precipitating energy of proton aurora at geomagnetic conjugate points

Yuki Takahashi¹, Makoto Taguchi¹, and Akira Kadokura²

¹Rikkyo University

²NIPR

Intensity of proton aurora is weaker than that of electronic aurora so that observation of proton aurora is difficult. However, due to improvement in the sensitivity of observation instruments, observations of proton aurora has been increasing. Observation of proton aurora at geomagnetic conjugate points was carried out by using a scanning photometer at Iceland and Syowa Station by Sato et al. [1986], who measured intensities of H_{β} 486.1 nm along geomagnetic meridians. However, there are no observations after that. For this reason conjugacy, an emission intensity ratio of both hemispheres, and spatial /temporal relationship of proton aurora with the electron aurora have not yet been studied.

Observation of proton aurora is more difficult than that of electron aurora, because it is much weaker than electron auroras, which can be contamination in observation of proton aurora. We tried to estimate intensities of proton aurora from all-sky images of proton aurora and its background obtained at Syowa Station, but we found it very difficult to strictly extract intensities of proton aurora. To estimate intensities of proton aurora by eliminating background of electron aurora spectral observation is required. Therefore, we have developed a Proton Aurora Spectrograph (PAS) which measures proton aurora along a geomagnetic meridian.

PAS has a narrow field-of-view along a geomagnetic meridian of 180° , which is accomplished by a variable-width slit placed at the focal plane of an all-sky optics. Light that passes through the slit is converted to a parallel beam and fed into a transmission diffraction grating. Then a space vs wavelength image is projected on a CCD with 1024×1024 pixels. Pixel counts are increased by 2×2 pixel binning. PAS is designed to observe a wavelength range from 417 nm to 579 nm with a spectral resolution of 1.9 nm. N_2^+ 427.8 nm and OI 557.7 nm as well as H_{β} 486.1 nm are included in this spectral region. PAS was installed at the optical observation site at Tjornes in Iceland which is one of a pair of geomagnetic conjugate points in early September 2016. In addition, it will be also installed at Showa Station in 2017(2018) and will start conjugate point observation. Observation by PAS in Iceland started on September 27, 2016, and ended on April 26, 2017. An image was obtained every 3 min with an exposure time of 177 sec from September 27, 2016 to December 8, 2016 and every 1 min with an exposure time of 55 sec from December 12, 2016. The change in the exposure time is due to increase of sensitivity by updating the CCD camera.

It is possible to estimate energy of precipitating protons by the Doppler shift amount of proton aurora emissions. During this observation period, more than 10 events of proton aurora are identified. We estimated the temporal change of brightness at 486.1 nm, 427.8 nm, and 557.7 nm and the temporal change of energy of precipitating protons using image data obtained during the last season. The results will be introduced in the presentation, and its interpretation will be discussed. For the data obtained the last season we have found two problems. One is inhomogeneity of sensitivity the zenith angle. This arose from difficulty in adjusting the width of variable slit to be constant. Another is insufficient spectral resolution to obtain an energy distribution of precipitating protons. Then, a fixed width slit will be introduced to PAS in Iceland. Geomagnetic conjugate observation of proton auroras will be conducted from March 2018 at Tjornes in Iceland and Syowa Station.

プロトンオーロラの発光は電子オーロラと比較すると弱く、観測は難しい。しかし観測機器の感度の向上により、その観測例も増えはじめている。一本の磁力線で繋がる二地点（地磁気共役点）でのプロトンオーロラの観

測は、Satoら[1986]によるアイスランドと南極昭和基地においてフォトメーターを用いて波長 486.1 nm の水素バルマーベータ線 (H_{β} 線) の子午線方向の地磁気共役点観測を行った以後例がなく、プロトンオーロラの共役性の有無、両半球の発光強度比、電子オーロラとの空間的・時間的な関係といった点はまだわかっていない。

プロトンオーロラの観測で問題となるのは、発光の弱さと発光に混じる電子オーロラの発光である。昭和基地で得られた全天イメージャーによるプロトンオーロラとそのバックグラウンドの画像データを用いてプロトンオーロラの抽出を試みたが、プロトンオーロラの発光のみを厳密に抽出することは非常に困難であることが分かった。プロトンオーロラの発光を厳密にバックグラウンドから取り出すにはスペクトルを取得することが必要である。そこで、地磁気子午線に沿ったプロトンオーロラ発光の抽出を目指して Proton Aurora Spectrograph(PAS)を製作した。

PAS は、全天観測用の光学系にスリット、回折格子を組み込むことで視野内に光を分散させることを可能とした分光観測機器である。PAS は地磁気子午線に沿った南北 180° の細い視野を持ち、空間次元、波長次元の画像を取得する。この画像のサイズは 1024×1024 pixels で、感度を高めるために 2×2 pixels のビニングを行っている。観測波長範囲は 417nm から 579nm で、 H_{β} 線 (486.1nm) の他、窒素分子イオン 427.8 nm と酸素原子 557.7 nm の発光が同時に取得できるようになっている。また、波長分解能は 1.9nm である。PAS はまず 2016 年 9 月初めに共役点のペアの一方となるアイスランド・チョルネスに設置された。2017 年度に南極・昭和基地にも設置され、共役点観測を実現する予定である。先んじて設置されたアイスランドの PAS では、2016 年 9 月 27 日から 4 月 26 日まで観測を行った。観測は 2016 年 9 月 27 日から 2016 年 12 月 8 日までは 177 秒の露光時間で 3 分ごとに、2016 年 12 月 12 日から 2017 年 4 月 26 日までは 55 秒の露光時間で 1 分ごとに画像を取得した。この露光時間の変化は 2016 年 12 月にカメラを交換したことで感度が上昇したことによるものである。

PAS によって得られたプロトンオーロラスペクトルのドップラーシフト量から注入プロトンのエネルギーを推定することが可能である。この観測期間中で、プロトンオーロラのイベントは 10 以上確認できている。今回は、このシーズン中のデータを使用し、各日の 486.1nm、427.8 nm、557.7 nm での発光の時間変化と、エネルギー推定値の時間変化を推定した結果について考察する。昨シーズンの観測では、可変スリットの幅を一定に調節するのが困難で、天頂角に対して感度が一定ではないという問題、プロトンのエネルギー推定をするためにはスペクトル分解能が不足しているという問題が明らかになった。それらの問題を解決するために、スリットを固定幅のスリットに交換した。2018 年 3 月の共役点観測シーズンから、アイスランド・昭和基地での同時プロトンオーロラ観測が実現する。