

地磁気共役点観測を目指したプロトンオーロラスペクトログラフの開発

高橋優希¹、田口 真¹、門倉 昭²

¹立教大学大学院理学研究科

²国立極地研究所

Development of a proton aurora spectrograph for geomagnetic conjugate aurora observation

Yuki Takahashi¹, Makoto Taguchi¹ and Akira Kadokura²

¹Rikkyo University

²National Institute of Polar Research

Electron auroras have been mainly studied by optical methods, because they are bright. However, proton auroras can also be a target of optical observation as the technology in optical measurement of a faint object has progressed. For example, Roldugin et al. (2014) showed that the H_{α} (656.3nm) emission on January 22, 2012 was caused by solar wind protons. The emission was determined with a spectrometer, which obtained the meridian arc spectrum image. Comparison of proton auroras at Tjornes in Iceland and Syowa Station in Antarctica where are a pair of geomagnetic conjugate points was considered. Before starting a conjugate proton aurora observation, we examined proton aurora data observed by two all-sky monochromatic imagers (PAI1 and PAI2) operated at Syowa Station for observation of proton aurora at the wavelength of H_{β} (486.1nm). The two imagers have passbands of H_{β} and its background, respectively based on an idea in which use of these data enables us to extract proton aurora from the observed image of a mixture of proton and electron auroras mainly emitted by nitrogen ions. Proton aurora has been extracted using the data obtained by PAI1 and PAI2, and they have been evaluated in the point of view whether the features characterized by proton auroras can be identified or not.

The data analyzed in this study was obtained from February 25 to July 11, 2013 and from February 26 to October 15, 2014. The size of images is 512 x 512 pixels, and pixel counts are increased by 8 x 8 pixel binning. Since the cameras and optical systems of PAI1 and PAI2 are identical, we have only corrected shift and rotation of the field of views of the two imagers using stars identified in the images. Sensitivities of the two imagers have been calibrated taking the difference between the transmittances of the two filters into account. As a result of subtracting the background we obtained a proton aurora image. However, the resulting image showed only the diffuse aurora in a wide range of all-sky and was darker than electron aurora. If we can see proton aurora with electron aurora, we also confirmed the proton aurora emission was changed as changing electron aurora emission range. However, we determined that it is difficult to observe by using only this fact without eliminating the background. In addition, in this way of analysis of all-sky image data, it is difficult to quantitatively discuss contamination of electron aurora in the proton aurora image. It is concluded that precise evaluation of proton aurora using only all-sky images is impossible and that we should obtain a spectrum in the wavelength range that includes the wavelength of proton aurora in order to precisely eliminate the background.

According to the results of analysis of proton aurora data obtained at Syowa Station we developed a proton aurora spectrograph (PAS), which has been installed at the optical observation site at Tjornes in Iceland in early September in 2016. PAS has a narrow field-of-view along the geomagnetic meridian and disperses light into the field-of-view by a diffraction grating. An image of space vs wavelength is obtained. An example of the obtained data will be introduced. In the future a long-term observation will be conducted and geomagnetic conjugate proton aurora will be investigated using the data obtained by PAS.

オーロラ光学観測はこれまで明るい電子起源のオーロラを主な観測対象としてきた。しかし、観測技術の向上により、暗い陽子起源のオーロラ（プロトンオーロラ）も観測されるようになってきた。例えば Roldugin et al. (2014) によれば、2012 年 1 月 22 日の H_{α} (656.3 nm) の発光を地磁気子午線に沿った視野で分光観測した結果から、この発光が太陽風由来の陽子により生じたことを示した。地磁気共役点であるアイスランド・チョルネスと南極昭和基地でのプロトンオーロラの比較観測を考えてみた。共役点プロトンオーロラ観測を実施する前に、昭和基地で H_{β} (486.1nm) 観測のために稼働している二台の全天単色イメージャー PAI1、PAI2 によって得られたプロトンオーロラデータを詳しく調べてみた。プロトンオーロラと電子オーロラの混ざった画像データからプロトンオーロラを抽出することができるという考えに基づいて、これらの二台のイメージャーはそれぞれ H_{β} とそのバックグラウンドの透過帯域を持っている。陽子起源のオーロラで最も明るい H_{β} (486.1 nm) の発光を観測する場合、電子起源の窒素分子イオンの発光が混入する。これはバンドパスフィルターを使用しても完全には除去できない。 H_{β} の観測を行う上ではこの電子起源の発光の寄与を見積もる必要がある。PAI1 と PAI2 のデータからプロトンオーロラを抽出し、プロトンオーロラの特徴が見られるかどうか調査した。

解析に使用したデータは 2013 年 2 月 25 日から 7 月 11 日まで、2014 年 2 月 26 日から 10 月 15 日までの期間の観測データである。画像は 512×512 画素のサイズで、弱い発光のプロトンオーロラを短時間に十分なカウン

ト数を得るため、 8×8 画素のビニングを行っている。解析では、PAI1、PAI2の光学系と使用しているカメラが一致していたことから、星を用いて二つの装置の視野のずれを補正する視野補正と、使用するフィルターの透過率の違いを用いて装置の得られる光量を一致させる感度補正を行った。これらの補正を行ったうえでバックグラウンドを除去した結果、プロトンオーロラらしきオーロラ画像を得られた。しかし、得られた画像は電子オーロラよりも暗く、全天の広い範囲で発光するディフューズオーロラのみであった。電子オーロラを伴う場合、電子オーロラの発光の位置の変化に合わせて発光範囲が変化する様子も確認できたが、広範囲で光るのみではバックグラウンドの除去なしで観測を行うことは難しいと判断した。また、全天観測のみの場合、プロトンオーロラに対してどの程度電子オーロラが含まれていたかといった定量的な議論が困難である。最終的に全天観測のみでのプロトンオーロラの厳密な抽出は難しく、プロトンオーロラを含む波長領域のスペクトルを取得して、バックグラウンドを除去する方法を採用すべきであると結論付けた。

この結果を受けて、スペクトル取得のためのプロトンオーロラ分光観測装置(Proton Aurora Spectrograph: PAS)を2016年9月初めにアイスランド・チョルネスにある観測拠点に設置した。PASは地磁気子午線に沿った細長い視野を持ち、視野内の発光を透過型回折格子で分光して、空間1次元、波長1次元の2次元画像を得る。ここで得られたデータについても紹介する。今後は長期間の観測を行い、プロトンオーロライベントを抽出、調査していく予定である。

References

A.V.Roldugin, S.V.Pilgaev, and V.C.Roldugin, Observation of H_{α} hydrogen emission on Spitsbergen during the proton event on January 22, 2012, *Geomagnetism and Aeronomy*, Vol.54, No.6, 773-779, 2014.