

地磁気共役点における降り込みプロトンエネルギー及びフラックスの比較

#土谷 真希¹⁾, 田口 真¹⁾, 門倉 昭²⁾

(¹立教大・理・物理, (²ROIS-DS/極地研

Comparison of precipitation energy and flux of proton aurora at geomagnetic conjugate points

#Maki Tsuchiya¹⁾, Makoto Taguchi¹⁾, Akira Kadokura²⁾

(¹Rikkyo. Univ, (²ROIS-DS/NIPR

At geomagnetic conjugate points, which are two points in the northern and southern hemispheres connected by a single magnetic field line, auroras may have conjugacy such as similar shape and dynamics, because auroral particles in both hemispheres originate from the plasma sheet and enters the upper atmosphere along the magnetic field line. However, asymmetric auroras often appear actually because of differences in the Earth's magnetic field strength and ionospheric electric conductivity between the northern and southern hemispheres. Therefore, comparison of the brightness and shape of auroras at geomagnetic conjugate points is useful for probing the state of the magnetosphere and ionosphere. However, because most of the southern auroral zone is above the sea, there are only a few geomagnetic conjugate points located on land in both regions. The pair of Tjornes in Iceland and Syowa Station in Antarctica is one of them, and data obtained at these geomagnetic conjugate points are used in this study.

Proton auroras are not as bright as electron auroras, and, therefore, there have been few observations of them. In particular, there have been no observations of proton auroras at the geomagnetic conjugate points, except for those by Sato et al. [1986]. For this reason, an emission intensity ratio of proton auroras in both hemispheres, and spatial and temporal relationship of proton aurora with electron aurora have not yet been studied.

In this study, we observed proton auroras simultaneously between geomagnetic conjugate points in Iceland and Antarctica using Proton Aurora Spectrograph (PAS), which was designed to acquire an emission spectrum of auroras along a geomagnetic meridian. The main purpose is to compare the precipitation energy and flux of protons from a hydrogen Balmer beta line (486.1 nm) which is the brightest line among the proton auroras. The precipitation energy is estimated from a Doppler shift of the line. PAS is based on an all-sky optical system with a transmission grating and a slit, which enables spectroscopy of auroral emissions in one spatial dimension along the geomagnetic meridian. The observation wavelength range is from 417 nm to 579 nm, where emission lines of nitrogen molecular ion at 427.8 nm and 470.9 nm and an emission line of oxygen atom at 557.7 nm can be simultaneously observed as well as the hydrogen Balmer beta line. The data used for the analysis were mainly taken at the time of the spring equinox and autumn equinox when spectra obtained during dark nights are available in both hemispheres in 2018, 2020, and 2021. An image was acquired every minute with an exposure time of 55 seconds.

Sensitivity calibration of the Antarctic PAS was performed using a standard light source with an integrating sphere at the National Institute of Polar Research before it was transported to Antarctica, but the Iceland PAS was not due to time constraints. Therefore, sensitivity calibrations were performed on both instruments using stars in observed images for both Iceland and Antarctic PASs. This enabled us to compare the emission intensity of proton auroras in both hemispheres. Time series data of the simultaneously observed emission intensity of the hydrogen Balmer beta and oxygen atom emission lines as well as a comparison of the hydrogen Balmer beta line precipitation energies are presented. Relationship between the precipitation energy and flux of proton aurora and the geomagnetic activity level will be investigated.

一本の磁力線でつながった南北半球の二地点(地磁気共役点)では、オーロラ粒子が両半球ともにプラズマシートに由来し、磁力線に沿って超高層大気に入射するため、オーロラが同じ形状や動態といった共役性を持つことがある。しかし、地球磁場や電離圏の電気伝導度の南北半球での違いにより実際に観測されたオーロラでは非対称性が生じることも多い。そのため地磁気共役点でのオーロラの明るさや形状の比較は、磁気圏や電離圏の状態の探査に有効である。しかし、南極域のオーロラ帯の大部分は海であるため、地磁気共役点の関係になっている南北両半球の地点は少なく、この研究で観測を行うアイスランド(チョルネス)と南極(昭和基地)は地上に位置する数少ない地磁気共役点である。

プロトンオーロラはエレクトロンオーロラと比較して発光強度が小さく、観測例が少ない。特に地磁気共役点でのプロトンオーロラ観測は、Sato et al. [1986]による観測以後例がなく、両半球の発光強度比や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。

本研究は、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製作された Proton Aurora Spectrograph(PAS)を用いて、地磁気共役点(アイスランド(チョルネス)と南極(昭和基地))間で同時観測を行い、プロトンオーロラで最も明るい水素バルマーベータ線(486.1nm)のドップラーシフトを用いた振り込みエネルギーやフラックスの比較を目的とする。PASは、全天観測用の光学系に透過型回折格子とスリットを組み込まれ、地磁気子午線に沿った空間一次元のオーロラ発光を分光することを可能とする装置である。観測波長範囲は417nmから579nmで、窒素分子イオン427.8nm, 470.9nmと酸素原子557.7nmの発光が同時に取得できるようになっている。解析に使用するデータは主に2018年、2020年、2021年の両地点に暗夜のある春分秋分の時期のもので、露光時間は55秒で1分毎に撮像された。

南極 PAS では装置の現地輸送前に国立極地研究所で積分球校正光源を用いた感度校正が行われたが、アイスランド PAS では時間の都合で行っていない。そこで、画像に映りこむ恒星を用いた感度校正を両装置で行い、アイスランド PAS の感度を求めた。それにより、両半球の発光強度比較が可能となった。水素バルマーベータ線や酸素原子 557.7 nm の同時観測された発光強度時系列データや、水素バルマーベータ線の降り込みエネルギー比較について紹介する。今後は、地磁気活動度との関連を調査していく予定である。