

全天イメージャと非干渉散乱レーダーを用いた2つのタイプの極冠オーロラの比較

井上 恵一¹、細川 敬祐¹、塩川和夫²、大塚雄一²

¹ 電気通信大学大学院情報理工学研究科

² 名古屋大学太陽地球環境研究所

Comparison of two types of polar cap aurora: Simultaneous observations with ASI and ISR at Resolute Bay, Canada

Keiichi Inoue¹, Keisuke Hosokawa¹, Kazuo Shiokawa² and Yuichi Otsuka²

¹University of electro-communications

²Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

Polar cap auroras often appear in the polar cap region during the northward IMF conditions. In general, the polar cap is defined as a region of open magnetic field lines; thus, the polar cap aurora should be a phenomenon which originates from the magnetospheric lobe or solar wind. In this study, however, the term “polar cap aurora” is simply used as auroral features which appear at the polar cap latitudes. In the past studies, polar cap auroras have been roughly classified into the following two types. The one type is a single isolated arc showing relatively small time variation. This type of arc has a structure extending towards the sun and then is sometimes called as sun-aligned arc. Such quiet polar cap arcs are known to move in the dawn-dusk direction depending on the sign of the IMF By. Another type of polar cap aurora is composed of multiple arcs propagating poleward intermittently. This type of polar cap aurora is mostly observed in the dawnside polar cap. The source regions and generation mechanisms of these two types of polar cap aurora have not been revealed so far. In particular, for the latter type, its generation mechanism has not been understood at all mainly due to limitations in the time resolution of the radio and optical observations. To answer these questions, we need to directly compare the electromagnetic structure in the vicinity of these two types of arcs. In this study, we have carried out simultaneous observations of polar cap aurora by combining data from an all-sky airglow imager (Optical Mesosphere Thermosphere Imagers: OMTIs) with those from incoherent scatter radar (Resolute Bay Incoherent Scatter Radar: RISR) at Resolute bay, Canada. Then, we investigated temporal evolution of the parameters of plasma in the vicinity of the arcs. Especially, we clarified the differences between an isolated single arc on the dusk side and multiple arcs propagating poleward on the dawn side.

On January 6, 2013, polar cap auroras were observed at Resolute Bay during two intervals: 0820-1120 UT and 1300-1500 UT. The arc observed during 0820-1120 UT corresponds to the isolated arc on the dusk side. The optical intensity of the 630.0 nm emission from the arcs was about 300-500 R. The line-of-sight (LOS) ion velocity changed rapidly from 70 m/s to -540 m/s when the arc passed through the field-of-view (FOV) of RISR. This variation in the LOS velocity corresponds to a shear structure in the background ionospheric convection surrounding the arc. During the passage of the arc, the electron density at an altitude of 200 km increased from $10^{9.5}$ to $10^{11.1}$ m⁻³. The IMF By was stable at about 4 nT. The arcs observed during 1300-1500 UT correspond to the poleward-propagating multiple arcs on the dawn side. The 630.0 nm emission intensity was about 500-700 R, which was relatively higher than that of the arc on the duskside. The LOS ion velocity changed from 760 m/s to -100 m/s when the arc passed through the FOV of RISR. The electron density at an altitude of 200 km increased from $10^{9.4}$ to $10^{10.8}$ m⁻³ in response to the passage of the arcs. The electron and ion temperatures increased up to 1800 K and 2500 K, respectively.

For both the case of the polar cap arcs, an abrupt change was identified in the LOS ion velocity when the arcs passed through the FOV of RISR. This corresponds to the shear in the background convection closely associated with the arcs. Now we are trying to compute the 2D distribution of the convection by using the data from beams pointing toward 11 different directions. By examining the flow pattern in the vicinity of the arcs, we will discuss the differences in the electromagnetic structure between the two types of polar cap aurora.

極冠オーロラ (Polar Cap Aurora) は、惑星間空間磁場 (IMF) が北向きのときに、磁気緯度 75 ° 以上の極冠域で頻繁に観測される現象である。一般に、極冠域は開いた磁力線の領域として定義されるため、本来、極冠オーロラは太陽風もしくは磁気圏ローブ領域にその起源を持つものを指す言葉であるが、ここでは極冠の緯度に現れるオーロラを広く示すものとして用いている。極冠オーロラは、過去の研究から、大きく以下の2つのタイプに分類されることが知られている。1つは、孤立した状態で現れる比較的長時間変化の少ないアークで、太陽方向に伸びた構造をしており、Sun-aligned arc とも呼ばれるものである。この種のオーロラは朝夕方向にゆっくりと移動することが知られており、その移動方向は IMF By の正負に依存することが統計的に示されている。もう1つは、複数のアークが極方向に間欠的に伝搬する長時間変化の激しいタイプである。この種の極冠オーロラは、朝側の地方時で観測されることが多いが、観測機器の時間分解能の限界のために、未だに解明されていない部分が多い。これらの2つのタイプの極冠オーロラは、発生の物理メカニズムやソース領域が異なることが予想されるが、特に後者のタイプについて、その起源が明らかになっていない。これは、2つのタイプの極冠オーロラについて、その近傍の電磁気的な構造を直接的に比較し、相違点を明らかにすることが行われて来なかったことに起因する。本

研究では、カナダレゾリュートベイに設置されている全天大気光イメージャ（Optical Mesosphere Thermosphere Imagers: OMTIs）と非干渉散乱レーダー（Resolute Bay Incoherent Scatter Radar: RISR）による極冠オーロラの同時観測を行い、アーク周辺におけるプラズマのパラメータの時間発展について調べた。特に、極冠の夕方側で孤立型のアークが存在する場合と、朝側で複数のアークが極方向に伝搬するケースについて相違点を明らかにし、それぞれの極冠オーロラの起源を明らかにすることを目的としている。

2013年1月6日に得られた光学・レーダーによる同時観測事例において、0820-1120 UT と 1300-1500 UT に極冠オーロラが観測された。0820-1120 UT に得られた観測事例は、夕方側に孤立型のアークが現れた場合に対応する。オーロラの発光強度は、およそ 300-500 R ほどであった。アークが通過するときにはイオン速度が 70 m/s から -540 m/s まで急激に変化し、オーロラアークに伴う電離圏対流のシア構造が見られた。この時、高度 200 km 付近においては、オーロラの発光に対応して電子密度が $10^{9.5} \text{ m}^{-3}$ から $10^{11.1} \text{ m}^{-3}$ 程度まで上昇していた。また、IMF By は 4 nT 程度の状態が継続していた。1300-1500 UT に得られた観測事例は、朝側で複数のアークが極方向に伝搬する場合に対応する。オーロラの発光強度はおよそ 500-700 R ほどであった。アークが通過するときにはおよそ 760 m/s から -100 m/s へイオン速度の変化が見られた。このときオーロラの発光に対応して高度 200 km 付近では電子密度の $10^{9.4} \text{ m}^{-3}$ から $10^{10.8} \text{ m}^{-3}$ への上昇が見られた。電子温度は 1800 K、イオン温度は 2500 K 程度まで上昇していた。また、IMF By は -5 nT 程度の値を取っていた。どちらのアークの場合も、レーダーの視野を通過する際に、イオン速度に急激な変化が見られることが分かった。これはオーロラアークを作り出す対流のシアに対応するものであるが、今後は、計 11 本のビームのデータを用いて、その空間構造を 2 次元的に導出し、両者の相違点を明らかにしていく。発表では、電子密度と対流に見られる違いにポイントを絞り、2 つのタイプの極冠オーロラのソース領域に関する考察を行う予定である。