

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解析

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所

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 frequently 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. One 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 (SAA). The other type of polar cap aurora is composed of multiple arcs propagating poleward intermittently and is sometimes called as poleward-moving auroral arcs (PMAA). This type of polar cap aurora is mostly observed in the morning side. 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 have carried out simultaneous observations of polar cap aurora by using an all-sky airglow imager (Optical Mesosphere Thermosphere Imagers: OMTIs) and an incoherent scatter radar (Resolute Bay Incoherent Scatter Radar: RISR) at Resolute bay, Canada. Then, we investigated temporal-spatial evolution of the parameters of plasma in the vicinity of the arcs. Especially, we clarified the differences between an isolated single arc on the nightside (SAA-type) and multiple arcs propagating poleward in the morning side (PMAA-type).

During two intervals respectively on November 14, 2009 and January 6, 2013, the SAA-type and PMAA-type polar cap auroras were observed at Resolute Bay. The one observed on November 14, 2009 is categorized as the SAA-type. According to the radar observation, the SAA showed a velocity shear structure of ± 900 m/s. In this case, since the direction of line-of-sight (LOS) and the shear structure are almost parallel, we have assumed that the background convection speed and projection of LOS ion velocity to the horizontal plane are identical. We also examined the altitude distribution of the electron density variation associated with SAA. By subtracting an 1-hour average profile, we estimated the altitude of the peak electron density to be around 230 km. The event observed on January 6, 2013 is categorized as PMAA-type in the morning side. According to the optical observation, PMAA was moving poleward at a speed of 200-300 m/s. During this interval, the radar observations showed an existence of velocity shear structure of ± 500 m/s superimposed on the background convection of ~ 200 m/s. This result indicates that PMAA was moving with the background convection velocity. In addition, the magnitude of the shear structure should have been underestimated because the radar beam direction and the motion of PMAA were almost perpendicular. Therefore, the shear structure of PMAA could be comparable to the shear structure seen in the case of SAA (± 900 m/s). We also investigated the altitude profile of the electron density during PMAA and found that the peak altitude of PMAA was around 210 km. This result indicates that the energy of precipitating electrons was several hundred eV. In summary, we found that the two types of polar cap aurora (PMAA and SAA) have similar electrodynamic structures and precipitation characteristics. This implies that the source of SAA and PMAA is common in the magnetosphere.

極冠オーロラは、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。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が、本研究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る。極冠オーロラは、過去の研究から、大きく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 (SAA) と呼ばれるものである。もう1つは Poleward-moving auroral arcs (PMAA) と呼ばれ、複数のアークが極方向に間欠的に伝搬する時間変化の激しい極冠オーロラである。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、時間分解能の限界のために、解明されていない部分が多い。これら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は、未だに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、その近傍の電磁気学的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) を組み合わせて、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空間発展について調べた。特に、孤立型のアークが存在する場合 (SAA) と、朝側で複数のアークが極方向に伝搬する場合 (PMAA) についてその電磁気学的構造を直接的に比較し、それぞれの極冠オーロラの性質と起源を明らかにすることを目的とする。この目的のために、2009年11月14日と2013年1月6日に得られた2つの同時観測事例の解析を行った。

2009年11月14日に得られた同時観測事例においてはSAA型の極冠オーロラが観測された。レーダー観測から、SAAの近傍には ± 900 m/s程度の対流速度のシア構造が存在していることが分かった。この見積もりでは、レーダーの視線方向とシア構造がほとんど平行であったことから、視線方向イオン速度の水平面への射影が背景の対流に一致すると仮定している。次に、SAAの電子密度高度分布を調べた。極冠オーロラの発生時間の前後一時間の平均プロファイルからの差分を導出し、オーロラによる電子密度のピーク高度を求めた。その結果、SAAのピーク高度は230 kmであることがわかった。2013年1月6日に得られた同時観測事例においてはPMAA型の極冠オーロラが観測された。光学観測からPMAAは極方向に200-300 m/sで運動していることが分かった。このとき、レーダー観測から、200 m/s程度の背景対流に乗って、 ± 500 m/s程度のシア構造がアークの近傍に存在していることが分かった。この結果はPMAAの運動と背景対流速度がほぼ一致していることを示している。また、レーダーの視線方向とPMAAの運動方向がほとんど直交することから、シア構造のイオン速度は真の値より過小評価されていると考え、PMAAのシア構造は、SAAのシア構造 (± 900 m/s) と同程度の速度を持つことも分かった。PMAAに伴う電子密度変動の高度分布を調べたところ、電子密度増大のピーク高度は210 km程度であることがわかった。この結果は、降下粒子のエネルギーが数百 eVであることを示している。また、PMAAとSAAのピーク高度の比較から、どちらも似通ったソース領域を持つことが推測される。以上の結果から、PMAAとSAAは似通った電磁気学的構造とソース領域を持つと考えられる。今後は高空間分解能のデータを用いることで、空間構造をより正確に導出していくとともに、エネルギー分布と広域構造にも着目した考察を行っていく予定である。