

Swarm 衛星を用いた北半球極冠域の沿磁力線電流の統計解析

山内 淑寛 [1]; 細川 敬祐 [1]; Ohtani Shinichi[2]; 塩川 和夫 [3]; 大塚 雄一 [3]
[1] 電通大; [2] なし; [3] 名大宇地研

Statistical analysis of field-aligned currents in the northern polar cap region with Swarm satellites

Toshihiro Yamauchi[1]; Keisuke Hosokawa[1]; Shinichi Ohtani[2]; Kazuo Shiokawa[3]; Yuichi Otsuka[3]
[1] UEC; [2] The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory; [3] ISEE, Nagoya Univ.

One of the dynamical phenomena occurring in the polar cap is so-called polar cap arcs. Polar cap arcs are generally aligned with the noon-midnight meridian; thus, they are sometimes called Sun-aligned arcs. It is well known that the dawn-dusk motion of polar cap arcs depends on the By component of interplanetary magnetic field (IMF). However, the details of their source region and generation mechanism have not yet been clarified. To discuss such unresolved problems, it is necessary to elucidate the M-I coupling process occurring above polar cap auroras. One possible approach to understanding the M-I coupling in the vicinity of aurora is to examine the spatial structure of field-aligned currents (FAC). Within auroral arcs, the energetic electrons precipitate downward from the magnetosphere into the ionosphere along the magnetic field line and then upward FAC flows from the ionosphere to the magnetosphere. By measuring FAC, it is possible to understand the M-I coupling process above polar cap arcs. In the past, FAC was derived indirectly from the temporal variations of the magnetic field measured by the low-altitude satellites such as DMSP and CHAMP. However, since these observations are single satellite measurement, it was necessary to assume that the structure of arcs does not change so much in the direction along the arcs. However, when the horizontal structure of FAC and the satellite orbit are close to parallel, the assumption is often invalid and it would be difficult possible to measure the FAC structure accurately.

To resolve this problem, the geomagnetic observation satellite Swarm has been conducting formation flight observation with multiple satellites. It consists of Swarm A, B, and C, and among them Swarm A and C fly nearly parallel on the almost same orbit. Therefore, it is possible to estimate FAC using dual satellites. This dual-satellite method makes it possible to estimate FAC regardless of the geometric relationship between the FAC structure and the satellite orbit. In this study, we conducted a statistical analysis using dual-satellite method FAC data, and examined the dependence of polar cap FAC characteristics on IMF and season. First, we extracted 4335 signatures of upward FAC in the polar cap, whose current density is larger than 0.5 Am^{-8} . Many of them were located on the dayside, which are FAC in the cusp. Since our focus is on FACs associated with polar cap arcs in the central polar cap, such dayside FACs was excluded from the statistics. As a result, the total number of FAC signatures is 1808. We confirmed that there are the dependences of FAC occurrence on both the IMF Bz and By. In addition, it was also found that the occurrence of high FAC region depends on season. In the presentation, we will discuss the origin of these dependences on IMF and season in detail.

オーロラオーバルより極側の高緯度地域を極冠と呼ぶ。極冠で発生する現象のひとつに極冠オーロラがある。極冠オーロラは太陽方向に伸びた構造をしており、弱い赤色の発光をするという特徴がある。また、Interplanetary Magnetic Field (IMF) By が正の時に夕方方向、負の時に朝側方向に運動することが知られている。しかし、そのソース領域や発生メカニズムの詳細は明らかになっていない。極冠オーロラが発生している領域では電離圏から磁気圏に向けて磁力線に沿って流れるFAC (Field-Aligned Current) が存在する。このFACを測定することでオーロラ近傍のM-I Couplingの時空間変動や、磁気圏側のソース領域に関する情報を得ることができる。FACは従来、DMSPやCHAMP等の単機衛星による磁場観測の時間変化を空間変化と見なすことで、その回転を計算することによって推定が行われてきた。この時、回転を計算する場の空間構造がアークに沿って大きく変化しないことが暗に仮定されている。しかし、衛星軌道とFACの水平構造の幾何学的関係が平行に近くなると、この仮定が破れ、極冠オーロラ近傍のFACの空間構造を正しく観測できないと考えられる。

この問題点を克服するために、地磁気観測衛星Swarmは複数機による編隊飛行観測を行っている。Swarm A, B, Cの3機で構成されており、このうちAとCは同一軌道をほぼ平行に飛行することで、2機を用いたFAC推定が可能になっている。この推定方法ではFAC構造と衛星軌道の関係によらず、どのような条件でもFACの推定が可能である。これにより、従来観測できなかった極冠オーロラの観測事例を含めたFACの統計解析が可能になる。本研究では、この2機を用いて推定された極冠域FACについて、2015年-2017年の3年間に取得されたデータを統計的に解析し、北半球極冠域FACの発生分布と強度のIMF、季節に対する依存性について考察する。

まず、磁気緯度80度以上かつ、FAC密度の絶対値 0.5 Am^{-8} 以上の条件のもと上向きFACのピークを検出した結果、4335点のピークが検出された。これらの多くは昼間側に位置しており、平均のFAC密度は、夜側ではおおよそ 1.0 Am^{-8} 前後であるのに対し、昼間側では 1.5 Am^{-8} 以上の高い値を取ることが明らかになった。この昼間側の高密度FACはカスプ由来であると考えられ、本研究では極冠オーロラ由来のFACに注目するため8-16 MLTのデータは除外した。昼間側のデータを除外した結果、総検出数は1808点となった。次にIMFについて依存を確認した結果、先行研究で知られているように、IMF Bzが正の時に、極冠域で上向きFACの発生が顕著であることが分かった。また、極冠オーロラの発生頻度に大きく影響しないと考えられるIMF Byについても、その値が正の時に上向きFACの領域が高い頻度で現れることが明

らかになった。次に季節に対する依存性を確認したところ、発生数は5月を極大、12月を極小とする変化が見られた。5月の発生数は12月の発生数の約10倍となっており、これは日照域での電離圏電気伝導度が上昇しているために、FACの電流密度が大きくなったためと考えられる。発表では、以上のIMFと季節に対する極冠域FAC強度の依存性の要因について議論を行う。