

SWARM 衛星を用いた半球間沿磁力線電流の地方時および季節依存性に関する調査

#圖子 裕亮¹⁾, 北村 健太郎¹⁾, 寺本 万里子¹⁾, 藤本 晶子¹⁾

⁽¹⁾九州工業大学

Analysis of the dependence of Inter Hemispheric Field Aligned Current on solar period and seasonal variation

#Yusuke ZUSHI¹⁾, Kentaro KITAMURA¹⁾, Mariko TERAMOTO¹⁾, Akiko FUJIMOTO¹⁾

⁽¹⁾Kyushu Institute of Technology

The formation of current systems in the ionosphere is driven by various factors, including the motion of the neutral atmosphere and current input from the magnetosphere, which interact in a complex manner. However, their overall structure has not yet been fully elucidated. While the two-dimensional characteristics of the Sq current system have long been studied (Takeda, 1980), its three-dimensional configuration that considers the inter-hemispheric field-aligned current (IHFAC) remains unresolved. The IHFAC is considered to arise from the potential difference between the northern and southern hemispheres associated with the Sq current system during geomagnetically quiet conditions. Nevertheless, its polarity and spatial relationship with the Sq current system have so far been investigated mainly through ground-based geomagnetic observations.

Fukushima (1979) reported three key features regarding the polarity of IHFAC: (1) in the dawn sector, the current flows from the summer to the winter hemisphere, whereas in the noon sector it flows in the opposite direction; (2) the polarity of IHFAC in the noon and dusk sectors is in phase; and (3) the current intensity is stronger in the dawn and noon sectors than in the dusk sector. In contrast, Ranasinghe et al. (2019, Earth, Planets and Space) analyzed ground-based magnetic field data at the Davao Observatory (7° N, 124.5° E) and reported different results from the classical model: polarity reversals were observed in the dawn and noon sectors around February and October, and the polarities of the noon and dusk sectors were found to be in anti-phase around June and December. However, these results were derived solely from the east – west component of the ground magnetic field and thus do not provide a comprehensive three-dimensional description that includes magnetic field variations at ionospheric altitudes.

In this study, we used the SWARM satellites, which observe the Earth's magnetic field in low Earth orbit (altitude about 450 – 500 m, orbital inclination about 87.4°), to analyze the variations of the east – west magnetic field due to IHFAC when the satellites passed over the observation point of the Davao Observatory in the Philippines (latitude $\pm 5^\circ$, longitude $\pm 10^\circ$), where previous studies had been conducted. We then compared these variations with ground-based observations in terms of seasonal dependence in three sectors: dawn, noon, and dusk. As a result, the seasonal polarity variations in each sector were generally consistent with those obtained from ground-based observations. On the other hand, in the dusk sector, while the ground-based observations showed symmetric variations in the D-component around 0 nT, the SWARM satellite observations at around 450 km altitude exhibited a baseline offset of about 10 nT eastward. This feature persisted throughout the year and suggests a new seasonal dependence of the southward current.

電離圏において電流システムを形成する要因は様々あり（中性大気の運動、磁気圏からの電流の入力など）、それらが複雑に影響を及ぼし合うが、現在もその全体的な構造は解明されていない。特に Sq 電流系に関しては、その二次元的な描像は古くから研究されてきているが（Takeda, 1980）、半球間沿磁力線電流 (inter-hemispheric field-aligned current; IHFAC) を加味した三次元的な描像についてはいまだに明らかになっていない。IHFAC は、大気の静穏時に発生する渦状電流の Solar quiet(Sq) に起因する地球南北半球の電位差によって生じるとされているが、その極性や Sq 電流系との空間的な整合性については、これまで主に地上観測による解析が行われてきた。

Fukushima (1979) では、IHFAC の極性として (1) 明け方のセクターでは夏半球から冬半球に流れ、正午のセクターでは逆向きに流れる、(2) 正午と夕方のセクター間の IHFAC の極性は同位相になる、(3) IHFAC の強度は明け方と正午の両セクターで夕方より強い、といった 3 つの特徴を示している。これに対し、Ranasinghe et al. (Earth, Planets and Space, 2019) はダバオ観測所 (7° N, 124.5° E) における地上磁場解析から、明け方および正午のセクターにおいて 2 月、10 月付近で極性の反転が見られ、さらに 6 月、12 月で正午と夕方のセクターにおいて極性が逆位相になる、といった古典的モデルと異なる結果を報告している。しかし、これらの結果は地上磁場の東西成分のみより解析したものであり、電離圏高度における磁場変動を含めた三次元的な描像を示すには至っていない。

本研究では極低軌道で地球磁場を観測している SWARM 衛星 (高度約 450~500km、軌道傾斜角約 87.4°) を用いて、観測点を先行研究が行われたフィリピンのダバオ観測所 (緯度 $\pm 5^\circ$ 、経度 $\pm 10^\circ$) を衛星が通過した際の磁場変動によって、IHFAC による東西方向磁場の変動を解析し、夜明け、正午、夕方の 3 つのセクターにおける季節依存性の地上観測との比較を行った。その結果、各セクターにおいて極性の季節変化はおおむね地上観測と同様の結行っても同様の結果が得られた。一方で夕方のセクターについては地上観測では D 成分の変動は 0nT 付近を基準に対称な変動を示していたが、SWARM 衛星による高度 450km 付近の観測では、東向きに 10nT 程度のベースラインのオフセットが見られた。この特徴は年間を通して発生しており、南向き電流の新たな季節依存性を示唆している。