

R005-55

Zoom meeting C : 11/3 AM2 (10:45-12:30)

11:00-11:15

南極昭和基地大型大気レーダーによる電離圏沿磁力線不規則構造のイメージング観測

#香川 大輔¹⁾, 橋本 大志²⁾, 齊藤 昭則¹⁾, 西村 耕司²⁾, 堤 雅基²⁾, 佐藤 亨³⁾, 佐藤 薫⁴⁾

¹⁾京大・理・地惑,²⁾国立極地研究所,³⁾京大・情報学・通信情報システム,⁴⁾東大・理

Imaging observation of Ionospheric Field Aligned Irregularities by the PANSY radar at Antarctic Syowa Station

#Daisuke Kagawa¹⁾, Taishi Hashimoto²⁾, Akinori Saito¹⁾, Koji Nishimura²⁾, Masaki Tsutsumi²⁾, Toru Sato³⁾, Kaoru Sato⁴⁾

¹⁾Earth and Planetary Sciences, Kyoto Univ.,²⁾National Institute of Polar Research,³⁾Communications and Computer Eng., Kyoto Univ.,⁴⁾Graduate School of Science, Univ. of Tokyo

Program of Antarctic Syowa MST/IS radar (PANSY radar) is the large atmospheric and VHF-band radar located at the Antarctic Syowa Station. This radar has the capability of observing plasma quantities at altitudes of 100-500km using the ionospheric incoherent scatter (IS). In 2015, the PANSY radar performed the first ionospheric IS observation in the Antarctica.

This has a frequency of 47MHz, so it is capable of observing the echoes of field aligned irregularities (FAI) in E-region. If FAI has a space scale of half wavelength of radio waves, they are coherently backscattered, so the PANSY radar observes the coherent echoes from 3-meter-scale FAI in E-region. In order to suppress contamination from the FAI echoes during the IS observation by the PANSY radar, Hashimoto et al. (2019) developed a signal processing using adaptive beamforming. The PANSY radar has the FAI array in addition to the main array, and it can separate the signal from various angles using the method based on directionally-constrained minimization of power (DCMP) algorithm. In fact, using this method we can observe E-region FAI and its motion.

In December 2017, FAI imaging observation was performed, and periodic-like echoes were detected with global Pc5 pulsations. Studies and observations of Pc5 and FAI are performed before. For example, Wang et al. (2019) provided measurements of 2-dimensional structures of dayside Pc5 waves utilizing coordinated observations by the THEMIS satellites and the all-sky imager at South Pole, and F-region FAI observation by the SuperDARN also detected periodic echoes for the same period as one by the PANSY radar. The former, however, reported the events only at nighttime and the latter cannot measure detailed spatial structures because of its HF frequency. Therefore, utilizing the PANSY radar, it is expected that we can provide observations also at daytime and measurements of spatial structures of the FAI occurring with Pc5 pulsations.

However, it is found that FAI imaging using the Capon method cannot measure the spatial structures accurately. FAI echoes are generally observed if the conditions that radio waves are perpendicular to FAI are satisfied, but the imaging also shows the "ghosts" which were mistakenly observed as FAI in the non-echoing region. This problem occurs probably because objects in the grating lobes which are in the FAI array radiation pattern are not identified. So, we should develop the new imaging method which removes the effects of them and provides accurate spatial structures. The new method is based on the CLEAN algorithm, and in the iteration the responses of the non-mainlobe region in the radiation pattern of the FAI array, such as grating lobes and sidelobes, are suppressed, which gives the imaging of FAI detected by the mainlobe without contamination of noises.

In the presentation, we will show the new FAI imaging method which removes the effects of antenna radiation pattern, and gives accurate and high-resolution spatial structures of FAI. Moreover, performing the imaging using this method we try to find out physical processes of FAI generation.

南極昭和基地大型大気レーダー (PANSY レーダー) は南極の昭和基地に設置されている大型 VHF 帯大気レーダーである。本レーダーは電離圏非干渉性散乱 (IS) を用いて地表 100km から 500km におけるプラズマ物理量を観測することが可能であり、2015 年には南極で初となる電離圏 IS 観測が開始された。また、47MHz の周波数を用いており、E 領域における沿磁力線不規則構造 (Field Aligned Irregularity; FAI) エコーの観測も可能である。FAI がレーダー電波の半波長の空間スケールを持つとき電波はコヒーレント散乱を起こすため、PANSY レーダーでは約 3m スケールの E 領域 FAI からのコヒーレント・エコーの観測が行われる。この FAI エコーの混入による PANSY レーダーの IS 観測への影響に対処するため、Hashimoto et al. (2019) では適応的ビーム形成技術を用いた信号処理法が開発された。PANSY レーダーにはメインアレイに加え FAI アレイが導入されており、方向拘束付き出力電力最小化法に基づいた手法を用いて異なる角度からの信号を分離できる。つまり、この手法を用いることにより E 領域 FAI やその運動を観測することが可能である。

2017 年 12 月に行われた FAI のイメージング観測において、グローバルな Pc5 地磁気脈動イベントに伴って周期的に発生する FAI エコーが確認された。これまでも、南極域における Pc5 や FAI に関する研究・観測は行われてきた。例えば、Wang et al. (2019) では、THEMIS 衛星と全天イメージャーの協同観測により昼側 Pc5 の二次元構造の推定が行われた。また、昭和基地に設置されている SuperDARN による F 領域 FAI の観測では、PANSY レーダーによる観測と同じ時間帯において同様の周期的なエコーが検出された。しかし、前者は夜間のみ観測にと

どまり、後者は HF 帯の周波数を用いているために FAI の詳細な空間構造を測定するには至っていない。そこで、PANSY レーダーを用いることで、夜間だけでなく昼間においても観測を行うことができ、周期的に発生する FAI の詳細な構造を測定できると期待される。

しかしながら、現在の Capon 法を用いた FAI イメージングでは、空間構造の測定に不確定性があることがわかった。FAI は、本来レーダー電波と地磁気の磁力線が直交するところで観測されるはずであるが、それ以外のところにおいても FAI エコーとして観測が行われている。これは、PANSY レーダーの FAI 観測の視野内に現れるグレーティングローブが原因であると考えられる。そのため、その影響を除去し真の空間構造を推定する新しいイメージング手法の開発が必要である。新手法では CLEAN アルゴリズムに基づき、イタレーションを行う中で、グレーティングローブやサイドローブといった、FAI アレイの放射パターンにおけるメインローブ以外の領域の応答値を小さくしていく。これにより、ノイズの影響をほとんど受けることなく、メインローブで検出された FAI のイメージングを得ることができる。

本発表では、アンテナの放射パターンの影響を除去し、FAI の正確かつ高分解能な空間構造を得るための新しいイメージング手法を紹介する。また、その手法を用いて行われるイメージングから、FAI 発生 of 物理過程の解明を試みる。