

南極昭和基地 PANSY レーダーを用いた非干渉性散乱エコー観測手法の開発

#高山 祐輝¹⁾, 橋本 大志²⁾, 佐藤 薫³⁾

(¹ 京大理, ² 情報・システム研究機構 国立極地研究所, ³ 東京大学)

Development of PANSY Radar Incoherent Scatter Echo Observation Technique at Syowa Station, Antarctica

#Yuki Takayama¹⁾, Taishi HASHIMOTO²⁾, Kaoru SATO³⁾

(¹Graduate School of Science, Kyoto University, ²National Institute of Polar Research, ³The University of Tokyo)

The PANSY radar is a large VHF-band atmospheric radar installed at Syowa Station, Antarctica, which can measure ionospheric electron density through incoherent scatter (IS) observation. Field-aligned irregularities (FAI) are density structures of plasma aligned with magnetic field lines, and they cause coherent scatter for specific radar beams. Since the ionospheric observation data from the PANSY radar is contaminated with coherent echoes from FAI, it is difficult to estimate electron density data, and only test observations have been conducted so far. In this study, we developed a data processing method to remove coherent echoes from FAI from PANSY radar ionospheric observation data. Currently, there are two types of ionospheric observations conducted by the PANSY radar: routine observations and special observations. Routine observations have been conducted continuously for about three days each month since September 2024. The observation beam directions are four directions with a zenith angle of 20 degrees, shifted by 90 degrees in azimuth from the magnetic south direction. Special observations aim to search for coherent echoes that are not from FAI. That echoes are called naturally enhanced ion acoustic lines (NEIALs), which appear along the magnetic field lines. Observations are conducted using multiple beams, mainly in directions parallel to the magnetic field lines. Both types of observations are single-pulse electron density observations. As a data processing method, we applied a process to the radar received intensity data to extract IS observation data with reduced noise. This was done by using the mean and standard deviation to exclude remarkably large values as outliers, and then calculating the average value for each fixed time interval. This method successfully produced valid data as IS observation data for the special observation data from March 2024, test observation data from November 2023, and routine observation data from October 2024 used in the development phase, except for periods where the mixture of coherent echoes was so significant that complete removal was not possible. We will apply the above method to one year of routine observation data and newly obtained special observation data, and compare it with data from an ionosonde and GPS TEC data.

PANSY レーダーは、南極昭和基地に設置された VHF 帯の大型大気レーダーであり、非干渉性散乱 (IS : Incoherent Scatter) 観測によって電離圏の電子密度を測定できる。沿磁力線不規則構造 (FAI:Field Aligned Irregularity) は磁力線に沿ったプラズマの粗密構造であり、特定のレーダービームに対してコヒーレント散乱を引き起こす。PANSY レーダーによる電離圏観測データには FAI 由来のコヒーレントエコーが混在するため、電子密度データの推定が難しく、これまで試験的な観測しかおこなわれていなかった。本研究では、PANSY レーダー電離圏観測データから FAI 由来のコヒーレントエコーを除去するために、データ処理手法を開発した。現在 PANSY レーダーで行われている電離圏観測は、定常観測と特別観測の 2 種類であり、定常観測は 2024 年 9 月から継続的に毎月 3 日間程度実施している。観測ビーム方向は、天頂角 20 度で磁南方向から方位角を 90 度ずつずらした 4 方向を観測している。特別観測は、NEIALs (Naturally Enhanced Ion Acoustic Lines) という磁力線方向に出現する FAI 由来ではないコヒーレントエコーの探索をしており、磁力線に平行な方向を中心に複数方向のビームで観測をおこなっている。両観測ともにシングルバルスによる電子密度観測である。データ処理手法としては、レーダーの受信強度データに対し、平均値と標準偏差を用いて、著しく大きい値を異常値として除外し、その上で一定時間ごとの平均値を算出する処理を適用することでノイズの少ない IS 観測データを抽出した。この手法は、開発段階で用いた 2024 年 3 月の特別観測データ、2023 年 11 月の試験観測データ、および 2024 年 10 月の定常観測データに対しては、コヒーレントエコーの混在が著しく多いため除去しきれない時間帯を除いて IS 観測データとして有効なデータを生み出すことに成功した。上記の手法を 1 年間の定常観測データや、新たに得られた特別観測データにも適用し、また、イオノゾンデのデータや GPS TEC データと比較する。